

Hochschule Magdeburg-Stendal
Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign (IWID)
Institut für Elektrotechnik

Bachelorarbeit

zur Erlangung des Grades eines "Bachelor of Engineering"
im Studiengang Mechatronische Systemtechnik

Thema: "Entwurf von standardisierten Softwarebausteinen zur Durchführung von virtuellen Inbetriebnahmen für Fördergeräte und -anlagen"

Eingereicht von: Sascha Elsner

Angefertigt für: GPA Gesellschaft für Prozeßautomation mbH
(Förderanlagen Magdeburg)

Matrikel: E 2007

Ausgabetermin: 13. Dezember 2012

Abgabetermin: 21. Februar 2013

Schulischer Betreuer: Herr Prof. Dr.-Ing. Yongjiang Ding

Betrieblicher Betreuer: Herr Dipl.-Ing. Frank Zittlau

Bachelorthesis

Mit Hilfe der virtuellen Inbetriebnahme können Softwareprogramme unter realen Bedingungen getestet werden. Die eingesetzten Anlagenkomponenten werden dafür per Simulationssoftware abgebildet und zusammen mit dem Steuerungsprogramm getestet.

Im Rahmen der Bachelorarbeit werden Anlagenkomponenten erarbeitet und mit der WinMOD-Simulationssoftware nachempfunden. Die entwickelten Simulationsbausteine sollen so aufgebaut werden, dass sie in möglichst vielen Fördergeräten und -anlagen eingesetzt werden können. Zudem ist die Erstellung einer Standardbibliothek erforderlich, um die Simulationsbausteine wiederverwenden zu können. Als Schwerpunkte sind zu erarbeiten:

- Analyse der eingesetzten Anlagenkomponenten
- Entwicklung von standardisierten Bausteinen mit Hilfe der WinMOD-Simulationssoftware
- Erstellung einer Standardbibliothek, in der die Softwarebausteine hinterlegt werden können
- Aufbau einer Simulationsumgebung mit den entwickelten Softwarebausteinen
- ein Standardmaschinenprogramm mit der erstellten Simulationsumgebung koppeln
- Durchführung einer virtuellen Inbetriebnahme

Kurzfassung

Zu Beginn werden Untersuchungen durchgeführt, die sich mit den aktuell eingesetzten Softwareprüfverfahren und der virtuellen Inbetriebnahme befassen. Die verschiedenen Verfahren werden im Einzelnen beschrieben und in einem direkten Vergleich gegenübergestellt. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, die Vorteile der virtuellen Inbetriebnahme gegenüber den bisherigen Prüfmethoden aufzuzeigen.

Die anschließende Auswahl der Anlagenkomponenten erfolgt durch eine Analyse der verschiedenen Antriebssysteme und einem Vergleich von Simulationselementen der Abbildungssoftware.

Die ausgewählten Komponenten werden darauffolgend mit der WinMOD-Simulationssoftware abgebildet. Dazu wird die Handhabung der Software sowie die einzelnen Schritte bei der Funktionsabbildung detailliert beschrieben und an einem Beispiel umgesetzt.

Abschließend wird die virtuelle Inbetriebnahme eines einzelnen Antriebssystems untersucht. Diese beschreibt den Aufbau der Simulationsumgebung, die Kopplung des Steuerungsprogramms sowie die Überprüfung der Steuerungssoftware in Form einer Inbetriebnahme.

Die Ergebnisse der Teilaufgaben werden am Ende zusammengefasst und es wird ein Ausblick gegeben, der sich mit weiteren Untersuchungen im Bereich der virtuellen Inbetriebnahme von Steuerungsprogrammen bei der GPA befasst.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit eigenständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Magdeburg, den 06.02.2013

Sascha Elsner

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Firmenprofil	12
2 Motivation	13
2.1 Problemstellung	13
2.2 Vorhandene Softwareprüfverfahren	14
2.2.1 Hardwaretechnische Simulation	14
2.2.2 Softwaretechnische Simulation	15
2.3 Softwareprüfung mit Hilfe der virtuellen Inbetriebnahme (VIBN)	16
2.4 Vergleich der Softwareprüfverfahren	16
3 Auswahl der Anlagenkomponenten	19
3.1 Analyse der Antriebssysteme	19
3.1.1 Eingesetzte Ansteuerungsarten	20
3.1.2 Eingesetzte Antriebsmotoren	24
3.1.3 Eingesetzte Messtechnik	26
3.1.4 Eingesetzte Betätigungseinheiten	28
3.3 Funktionsvergleich	29
3.4 Ausgewählte Anlagenkomponenten	33
4 Virtuelle Abbildung von Anlagenkomponenten	35
4.1 Erstellung eines neuen Simulationsbausteins	36
4.1.1 Erstellung der lokalen Operanden und Schnittstellen	38
4.1.2 Funktionsabbildung mit Hilfe der Simulationselemente	41
4.1.3 Signaldarstellung in der Blockansicht	45
4.2 Funktionsüberprüfung der erstellten Simulationsbausteine	49
4.3 Erstellung einer eigenen Bausteinbibliothek	53
5 Virtuelle Inbetriebnahme einzelner Antriebssysteme	54
5.1 Auswahl des Antriebssystems und Teilprogramms	56
5.1.1 Antriebssystem	56
5.2.1 Teilprogramm	57

5.2	Aufbau der Simulationsumgebung.....	58
5.2.1	Kopplung der Simulationsumgebung und PLCSIM.....	59
5.2.2	Nachbildung der Antriebsfunktionen.....	61
5.3	Überprüfung des Teilprogramms durch eine virtuelle Inbetriebnahme.....	73
6	Zusammenfassung und Ausblick	75
	Quellenverzeichnis	77
	Anlagenverzeichnis	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1 : FAM Referenzen [5]	12
Abbildung 2.1 : Zeitanteile bei der Inbetriebnahme von Anlagenprojekten [12].....	13
Abbildung 2.2 : Projektverlauf ohne und mit Verbesserung der Softwarequalität [6].....	13
Abbildung 2.3 : Aufbau der hardwaretechnischen Simulation	14
Abbildung 2.4 : Aufbau der softwaretechnischen Simulation	15
Abbildung 2.5 : Prinzipieller Aufbau für eine virtuelle Inbetriebnahme	16
Abbildung 3.1 : Einteilung der Anlagenkomponenten	20
Abbildung 3.2 : Einfache Schützschaltung.....	21
Abbildung 3.3 : Wendeschützschaltung für zwei Drehrichtungen.....	22
Abbildung 3.4 : Wendeschützschaltung für zwei feste Drehzahlen und Drehrichtungen	23
Abbildung 3.5 : Ansteuerung über einen Frequenzumrichter	24
Abbildung 3.6 : Asynchronmaschine mit einer Wicklung	25
Abbildung 3.7 : Asynchronmaschine mit zwei getrennten Wicklungen	25
Abbildung 3.8 : Eingesetzte Messtechnik.....	26
Abbildung 3.9 : Zeitkontinuierliche Signalerfassung	27
Abbildung 3.10 : Zeitdiskrete Signalerfassung	27
Abbildung 3.11 : Eingesetzte Betätigungseinrichtungen	29
Abbildung 3.12 : WinMOD Elementbibliothek [11]	30
Abbildung 3.13 : Vergleichsverfahren	31
Abbildung 4.1 : Systematischer Ablauf bei der Abbildung von Anlagenkomponenten.....	35
Abbildung 4.2 : Analyse der Anlagenkomponente.....	36
Abbildung 4.3 : Makrobereiche	37
Abbildung 4.4 : Makrobereich „Operandenliste“.....	38
Abbildung 4.5 : Ablauf bei der Erstellung von Operanden.....	39
Abbildung 4.6 : Operandenliste „Motor_2_wicklungen“	40
Abbildung 4.7 : Schnittstellendefinition	41
Abbildung 4.8 : Beschaltung des PT1-Elements	41
Abbildung 4.9 : Beschreibung des Analogmultiplexers „CAM_01“	42
Abbildung 4.10 : Nachbildung der Drehrichtungen	43
Abbildung 4.11 : Nachbildung der Drehzahlen	44
Abbildung 4.12 : Verbindung der einzelnen Teilfunktionen	44
Abbildung 4.13 : Grafische Signaldarstellung	46
Abbildung 4.14 : Direkte Signaldarstellung der Operanden	46

Abbildung 4.15 : Aufgelöste Bausteindarstellung „Motor_2_Wicklungen“	47
Abbildung 4.16 : Blockansicht „Motor_2_Wicklungen“	48
Abbildung 4.17 : Recorderbereiche	49
Abbildung 4.18 : Globale Operanden.....	50
Abbildung 4.19 : Kopplung der lokalen Operanden mit globalen Operanden	51
Abbildung 4.20 : Überführung der Operanden per „Drag & Drop“	52
Abbildung 4.21 : Teilausschnitt Signalauswertung „Motor_2_Wicklungen“	52
Abbildung 4.22 : Erstellung der Bausteinbibliothek.....	53
Abbildung 5.1 : VIBN am Ende der Entwicklungsphase	54
Abbildung 5.2 : VIBN während der Entwicklungsphase	55
Abbildung 5.3 : Eingesetzte Antriebskomponenten und Einsatzort [2].....	56
Abbildung 5.4 : Anschaltung des PLCSIM-Treibers.....	59
Abbildung 5.5 : Import der Peripheriebaugruppen.....	60
Abbildung 5.6 : Teilfunktion Motor	61
Abbildung 5.7 : Simulationsbaustein „Motor_2_Wicklungen“	62
Abbildung 5.8 : Simulationsbaustein „Schützschaltung 4 Leistungsschütze“	63
Abbildung 5.9 : Simulationsbaustein „Motorschutzschalter“	64
Abbildung 5.10 : Teilfunktion Bremse.....	65
Abbildung 5.11 : Simulationsbaustein „Bremseinheit“	65
Abbildung 5.12 : Simulationsbaustein „Schützschaltung 1 Leistungsschütz“	66
Abbildung 5.13 : Simulationsbaustein „Endschalter“	67
Abbildung 5.14 : Nachbildung Schlaffseilendschalter.....	68
Abbildung 5.15 : Simulationsbaustein „Überstromschutz“	68
Abbildung 5.16 : Simulationsbaustein „Temperaturschutz“	69
Abbildung 5.17 : Nachbildung Drehgeber	70
Abbildung 5.18 : Nachbildung Mehrstufenjoystick.....	71
Abbildung 5.19 : Nachbildung Drehschalter	72
Abbildung 5.20 : Nachbildung Taster	72
Abbildung 5.21 : Prüfprotokoll.....	74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1 : Vergleich der Prüfverfahren	17
Tabelle 3.1 : Antriebsgruppen der Stromlaufpläne [2]	19
Tabelle 3.2 : Vergleich Ansteuerungsvarianten	31
Tabelle 3.3 : Vergleich Antriebsmotoren	32
Tabelle 3.4 : Vergleich Messtechnik.....	32
Tabelle 3.5 : Vergleich Betätigungseinheiten.....	33
Tabelle 4.1 : Signaltyp der globalen Operanden	51
Tabelle 5.1 : Eingesetzte Überwachungseinrichtungen [3]	57

Abkürzungsverzeichnis

CPU	Central Processing Unit
FAM	Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH
FC	Funktionsbaustein
FU	Frequenzumrichter
GPA	Gesellschaft für Prozeßautomation mbH
MPI	Multi Point Interface
PB	Profibus
PC	Personal Computer
PLCSIM	Programmable Logic Controller Simulation
SPS	Speicher Programmierbare Steuerung
VIBN	Virtuelle Inbetriebnahme

1 Firmenprofil

Die Gesellschaft für Prozeßautomation mbH ist für die Projektierung sowie für die Konstruktion der elektrischen Komponenten und Steuerungsprogramme verschiedener Fördergeräte und -anlagen zuständig. Sie ist eine Tochtergesellschaft der FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH, die mit circa 1300 Mitarbeitern und Referenzen in mehr als 75 Ländern zu den führenden Herstellern im Bereich der Fördertechnik, Tagebautechnik und Schüttguttechnik gehört.

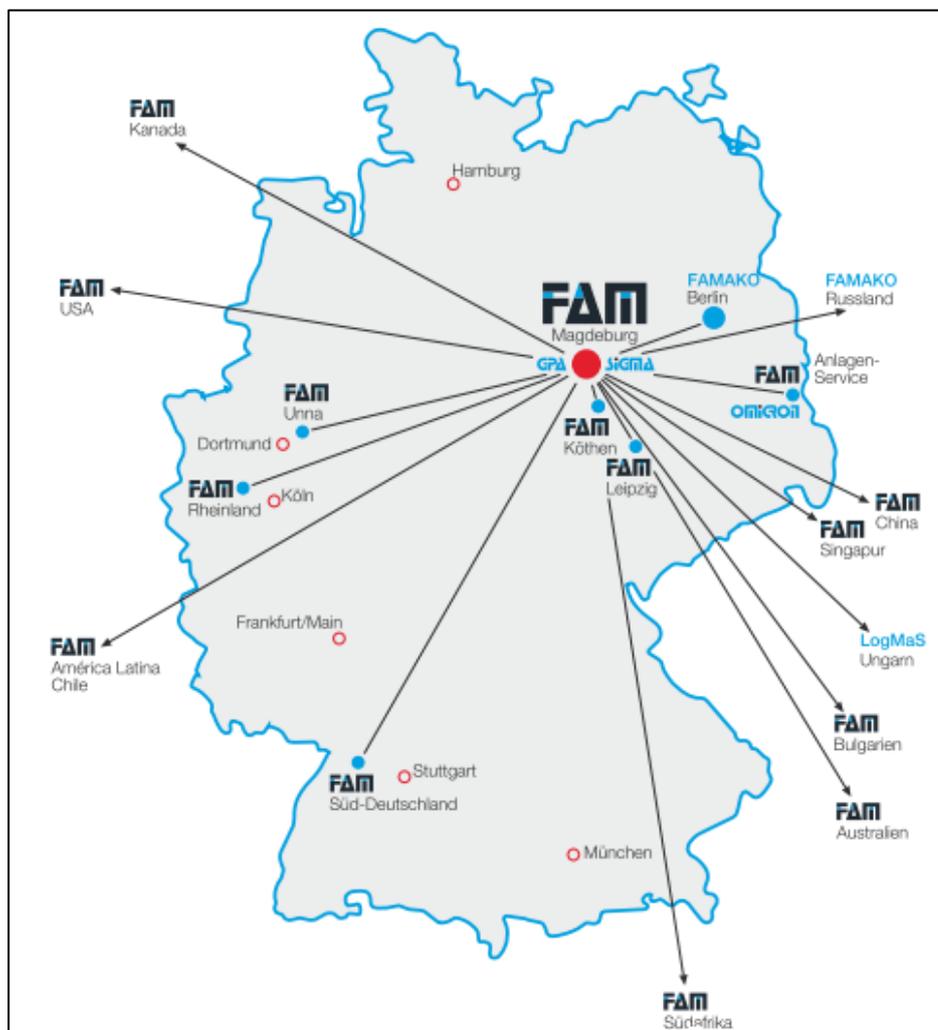


Abbildung 1.1: FAM-Referenz [5]

2 Motivation

2.1 Problemstellung

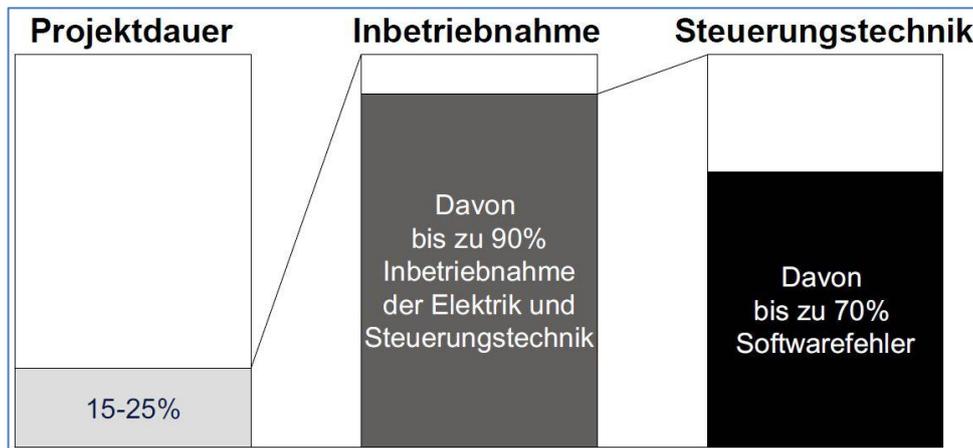


Abbildung 2.1: Zeitanteile bei der Inbetriebnahme von Anlagenprojekten [12]

Aus der Abbildung 2.1 ist zu erkennen, dass die Phase der Inbetriebnahme bis zu 25% der gesamten Projektlaufzeit eines Anlagenprojektes einnehmen kann. Den größten zeitlichen Anteil in dieser Phase nimmt dabei die Fehlerkorrektur des Softwareprogramms ein. Aus diesem Sachverhalt ist zu schließen, dass, wenn die Softwarefehler reduziert werden, die Inbetriebnahmezeit verringert werden kann, wie in der Abbildung 2.2 gezeigt wird.

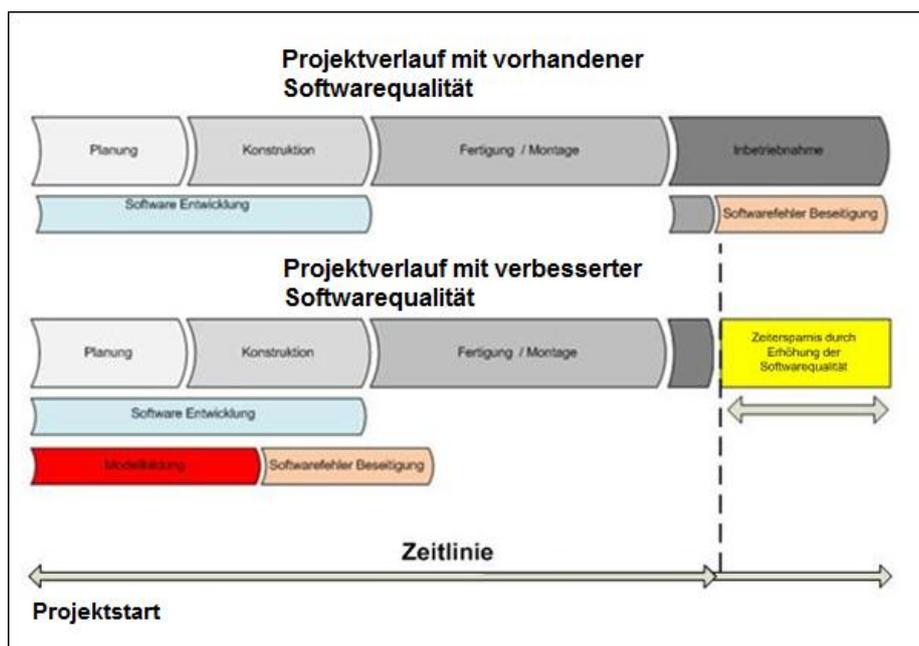


Abbildung 2.2: Projektverlauf ohne und mit Verbesserung der Softwarequalität [6]

Um Softwarefehler zu vermeiden müssen Prüfverfahren entwickelt und eingesetzt werden, mit denen eine möglichst hohe Softwarequalität erreicht werden kann. Die folgenden Untersuchungen sollen aufzeigen, inwieweit sich die Softwareprogramme durch vorhandene Methoden überprüfen lassen und welche Vorteile durch die Integration einer neuen Prüfmethode, in Form der virtuellen Inbetriebnahme, für das Unternehmen entstehen.

2.2 Vorhandene Softwareprüfverfahren

Für die Softwareprüfung werden zurzeit folgende Prüfverfahren eingesetzt:

- hardwaretechnische Simulation
- softwaretechnische Simulation

2.2.1 Hardwaretechnische Simulation

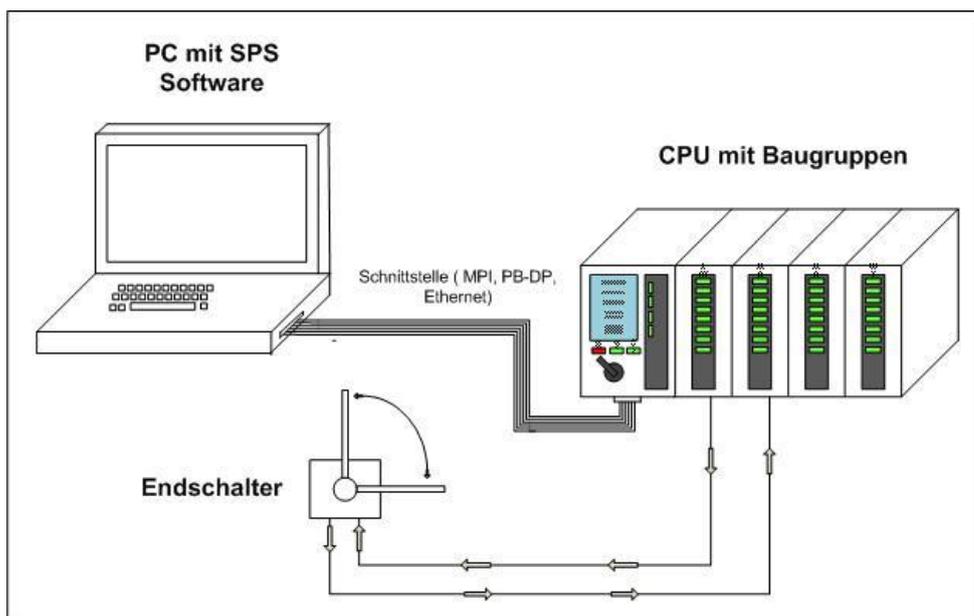


Abbildung 2.3: Aufbau der hardwaretechnischen Simulation

Bei dieser Art der Funktionsprüfung wird das Steuerungsprogramm in eine reale CPU geladen und über verschiedene Schnittstellen (MPI/PB/Ethernet) mit einem PC gekoppelt.

Der verbundene PC enthält die benötigten Entwicklungsumgebungen (zum Beispiel: Siemens SIMATIC STEP 7 Manager, Rockwell RSLogix) für die Softwareprüfung und die hardwaremäßig aufgebauten Ein- und Ausgangsbaugruppen werden mit den Endgeräten (Endschalter, Sensoren, Bedieneinheiten) verbunden.

Durch die Betätigung der Endgeräte werden nun Signaländerungen hervorgerufen, die bestimmte Aktionen im Softwareprogramm auslösen. Somit können Teilfunktionen im Softwareprogramm getestet werden. Der prinzipielle Aufbau einer derartigen hardwaretechnischen Simulation wird in der Abbildung 2.3 gezeigt.

2.2.2 Softwaretechnische Simulation

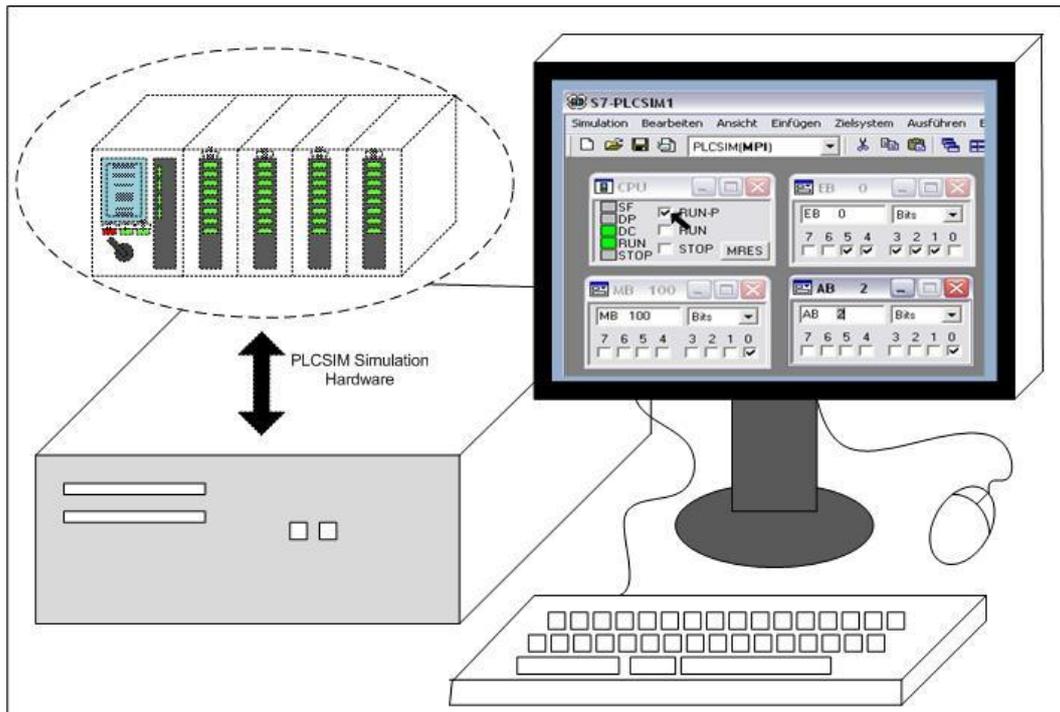


Abbildung 2.4: Aufbau der softwaretechnischen Simulation

Bei dieser Art der Funktionsprüfung wird kein hardwareseitiger Aufbau der CPU, Eingangs- und Ausgangsbaugruppen oder Endgeräte benötigt. Das zu testende Steuerungsprogramm wird in eine CPU-Einheit geladen, die von der Entwicklungsumgebung (zum Beispiel: SIMATIC Manager, RSLogix) simuliert wird.

Der Funktionstest wird über die intern vorhandenen Eingangs- und Ausgangsadressen durchgeführt. Diese Adressen können per Hand gesetzt werden und simulieren die Signale der Endgeräte.

Mit dieser softwaretechnischen Simulation können eine Vielzahl von Signaleingängen und -ausgängen überprüft werden. Es können jedoch keine Zustände in der Hardware selbst kontrolliert werden. Der Aufbau dieses Prüfverfahrens ist in der Abbildung 2.4 noch einmal grafisch dargestellt.

2.3. Softwareprüfung mit Hilfe der virtuellen Inbetriebnahme (VIBN)

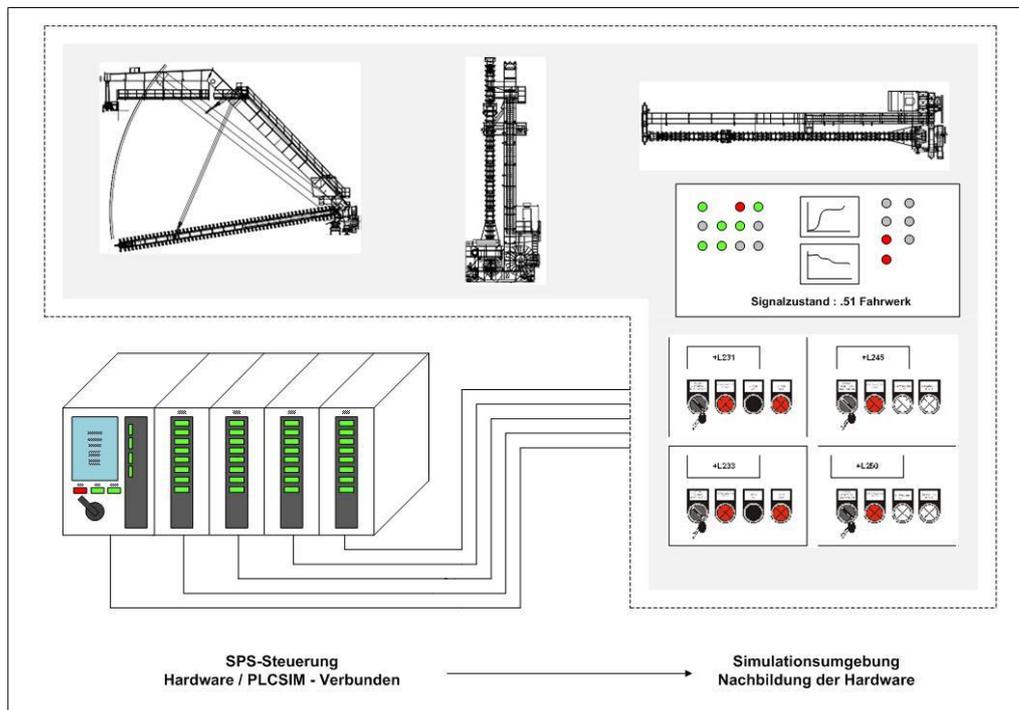


Abbildung 2.5: Prinzipieller Aufbau für die virtuelle Inbetriebnahme

Bei einer VIBN werden Hardwarekomponenten der Anlage softwaretechnisch abgebildet und mit der Steuerungssoftware der SPS-Technik getestet. Dafür werden speziell entwickelte Simulationsprogramme eingesetzt. Diese Programme ermöglichen es, mit Hilfe von Simulationsbausteinen eine virtuelle Anlagenumgebung aufzubauen. Die folgende Abbildung 2.5 zeigt in vereinfachter Form den Aufbau einer virtuellen Anlagenumgebung mit gekoppelter SPS-Technik.

Im Vorfeld dieser Arbeit wurden bereits Untersuchungen zu diesem Prüfverfahren, im Bereich „Vergleich und Anwendungen von Simulationsumgebungen zum Test von SPS-Programmen“ [1], durchgeführt. Die Wahl des Simulationsprogramms fiel dabei auf die WinMOD-Simulationssoftware der Firma Mewes & Partner.

.2.4 Vergleich der Softwareprüfverfahren

Die verschiedenen Prüfverfahren sollen nun gegenübergestellt werden, um Vor- und Nachteile im direkten Vergleich aufzuzeigen. Dafür werden sechs Kriterien definiert und bewertet, die beim Einsatz von Prüfverfahren von Bedeutung sind. Für die Bewertung wird folgender Wertebereich gewählt:

3 Punkte: Das Prüfverfahren liefert im Vergleich die beste Umsetzung.

2 Punkte: Das Prüfverfahren liefert im Vergleich einen mittleren Nutzen bei der Umsetzung.

1 Punkt: Das Prüfverfahren liefert im Vergleich die schlechteste Umsetzung.

Bei dem Vergleich kann ein Maximalwert von 18 Punkten erreicht werden, der sich aus der Summe der einzelnen Punkte zusammensetzt, die pro Kriterium vergeben werden.

		Prüfverfahren		
		hardwaretechnische Simulation	softwaretechnische Simulation	virtuelle Inbetriebnahme
Bewertungskriterien	Einbindung der Hardware	Bei diesem Verfahren ist die Einbindung einzelner Hardwarekomponenten möglich ++	Bei diesem Verfahren ist keine Einbindung von Hardwarekomponenten möglich +	Bei diesem Verfahren ist die Einbindung der kompletten Hardware möglich +++
	Prüfung der Steuerungssoftware	Bei diesem Verfahren können nur die Programmteile getestet werden, die mit der Hardware verbunden sind +	Bei diesem Verfahren kann das komplette Programm und Teilprogramme getestet werden ohne Hardware +	Bei diesem Verfahren kann das komplette Programm, sowie Teilprogramme in Verbindung mit der Hardware getestet werden +++
	Zeitlicher Aufbau der Prüfumgebung	Bei diesem Verfahren muss die Hardware aufgebaut und mit dem Steuerungsprogramm gekoppelt werden +	Bei diesem Verfahren müssen in der Entwicklungsumgebung die benötigten Ein- und Ausgangsadressen aufgerufen werden +++	Bei diesem Verfahren muss die Simulationsumgebung aufgebaut werden und mit dem Steuerungsprogramm gekoppelt werden ++
	Platzbedarf des Prüfverfahrens	PC mit vorhandener Entwicklungsumgebung und Hardwareaufbau +	PC mit vorhandener Entwicklungsumgebung +++	PC mit vorhandener Entwicklungsumgebung +++
	zeitlicher Aufwand der Softwareprüfung	Hoch, da die verschiedenen Hardwarekomponenten aufgebaut werden müssen +	Liegt im mittleren Bereich da einzelne Ein- und Ausgangsadressen von Hand betätigt werden müssen ++	Im Vergleich gering. Durch die simulierte Anlage kann ein Fehlverhalten schnell erkannt werden +++
	Erkenntnisse aus den Prüfverfahren	Bei diesem Verfahren können Aussagen zu dem Steuerungsprogramm in Verbindung mit einzelnen Hardwarekomponenten getroffen werden. ++	Bei diesem Verfahren können nur Aussagen zum vorhandenen Steuerungsprogramm getroffen werden +	Bei diesem Verfahren können Aussagen über das Verhalten der kompletten Anlage in Verbindung mit dem Steuerungsprogramm getroffen werden +++
Ergebnis		8/18	11/18	17/18

Tabelle 2.1: Vergleichsverfahren

Der Gegenüberstellung in der Tabelle 2.1 ist zu entnehmen, dass das Prüfverfahren der virtuellen Inbetriebnahme gegenüber den bisher eingesetzten Verfahren in vielen Bereichen überlegen ist. Folglich kann durch dem Einsatz des Prüfverfahrens die Softwarequalität der Steuerungsprogramme gesteigert werden und die Inbetriebnahmephase verringert werden (siehe 2.1 Problemstellung).

Diese gewonnen Erkenntnisse begründen die Motivation der Arbeit und die zu behandelnden Schwerpunkte.

3 Auswahl der Anlagenkomponenten

Das Ziel dieses Kapitels ist es Anlagenkomponenten zu erarbeiten, mit deren Abbildung verschiedene Antriebsysteme nachgebildet werden können, um die Steuerungsprogramme mit einer virtuellen Anlagensimulation überprüfen zu können.

Die Antriebsysteme werden zunächst analysiert und verschiedene Anlagenkomponenten ausgewählt, aus denen sich die verschiedenen Systeme zusammensetzen. Durch ein anschließendes Vergleichsverfahren werden die für die Abbildung vorgesehenen Anlagenkomponenten herausgefiltert.

3.1 Analyse der Antriebssysteme

Für die Analyse der Anlagenkomponenten werden die Antriebsgruppen .11 bis .91 der Stromlaufpläne herangezogen, die in der folgenden Tabelle 3.1 beschrieben werden.

Baugruppennummer	Bezeichnung
.11	Förderantrieb
.21	Hubwerk
.31	Schwenkwerk
.41	Wippwerk
.51	Fahrwerk
.61	Kabeltrommel
.71	Schmieranlage
.81	Spannstation
.82	Beduesung
.84	Entstaubungsanlage
.91	Schienezangen / Bolzenverriegelung

Tabelle 3.1: Antriebsgruppen der Stromlaufpläne [2]

Diese realisieren die antriebstechnischen Funktionen der Fördergeräte. In der folgenden Analyse werden die enthaltenen Anlagenkomponenten der Antriebsgruppen .11 bis .91 funktionsabhängig unterteilt, wie in der Abbildung 3.1 zu sehen ist und verschiedene Untersuchungen durchgeführt in Bezug auf den Aufbau und besondere Einsatzmerkmale der Komponenten.

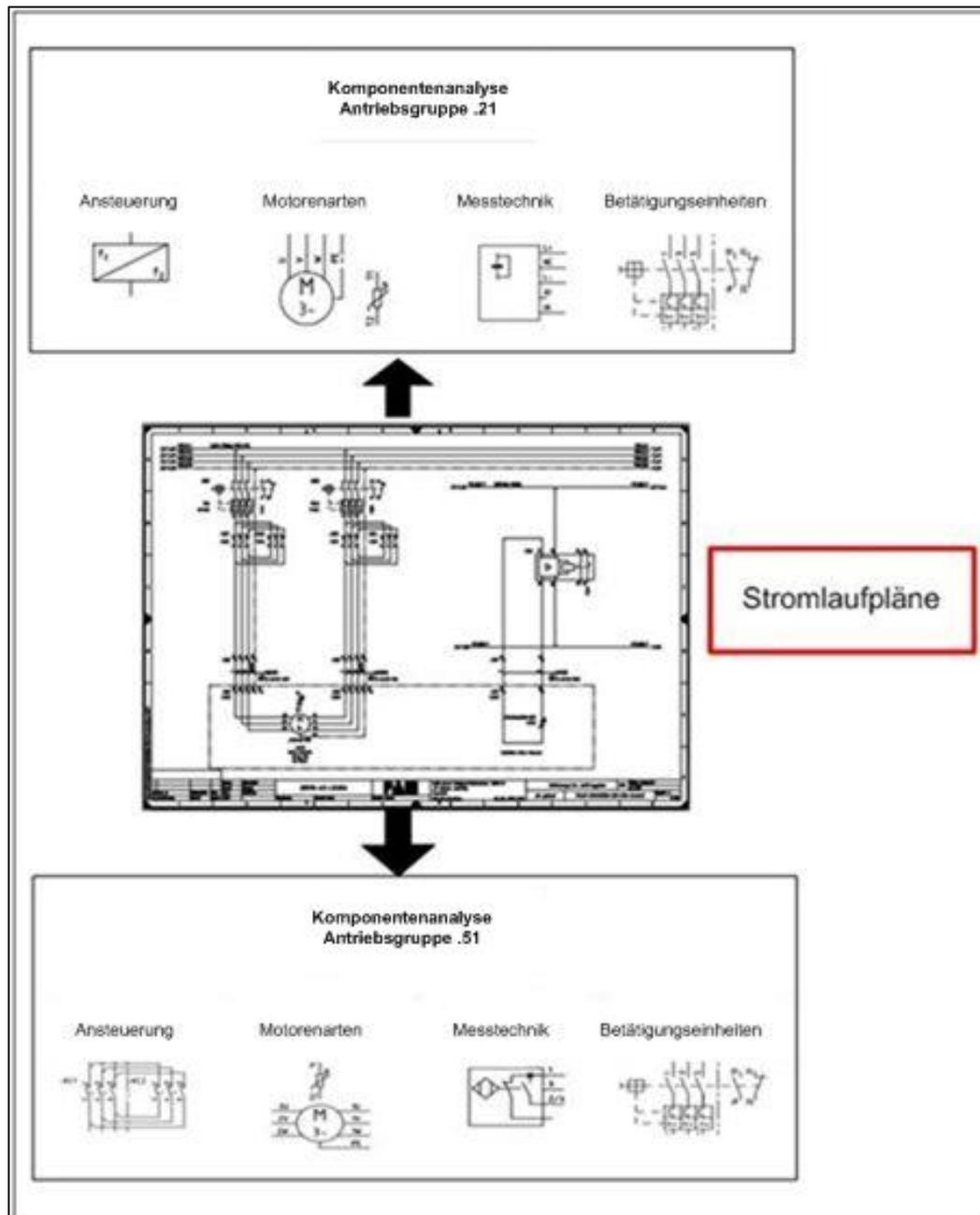


Abbildung 3.1: Einteilung der Anlagenkomponenten

3.1.1 Eingesetzte Ansteuerungsarten

Die eingesetzten Ansteuerungsarten haben die Aufgabe, die verschiedenen Verbraucher (Motoren, Bremsen) mit dem Laststromkreis zu verbinden und durch Steuerungsbefehle an- und abzuschalten. Sie können in zwei Grundarten unterteilt werden:

- Ansteuerung der Verbraucher über Schütze
- Ansteuerung der Verbraucher mit Frequenzumrichter

Ansteuerung der Verbraucher über Schütze

Diese Ansteuerungsart wird in unterschiedlicher Ausführung in den verschiedenen Antriebssystemen eingesetzt.

- Schützschtaltung für eine Drehrichtung

Bei dieser Art werden die angesteuerten Verbraucher (zum Beispiel: elektrische Motoren und Bremsen) über ein Schütz mit dem Spannungsnetz verbunden und über die Schaltkontakte des Schützes gesteuert, wie die Abbildung 3.2 aufzeigt.

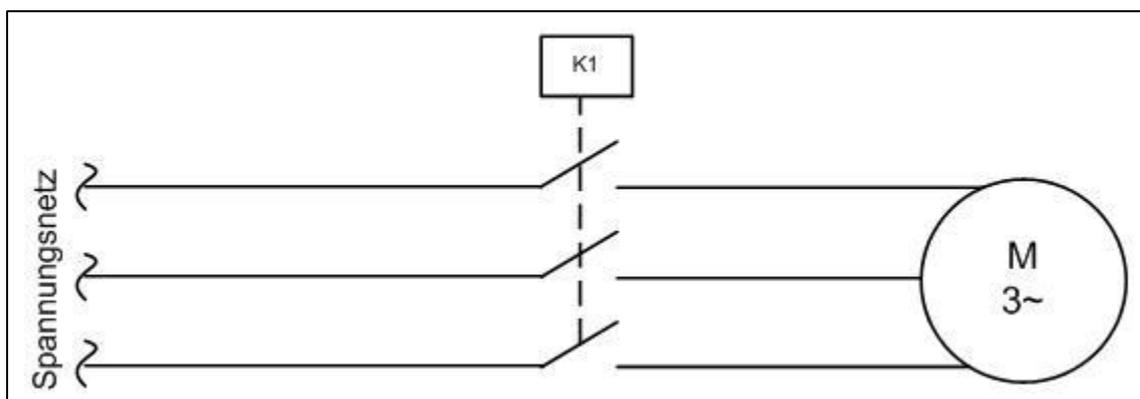


Abbildung 3.2: Einfache Schützschtaltung

- Wendeschützschtaltung für zwei Drehrichtungen

Bei dieser Ansteuerungsvariante werden die Verbraucher über zwei parallel aufgebaute Schütze mit dem Spannungsnetz verbunden. Für den Drehrichtungswechsel wird über eins der beiden Schütze ein Phasenwechsel durchgeführt. Damit beim Wechsel der Phasen kein Kurzschluss auftritt, sind die Schütze gegeneinander verriegelt. In der Abbildung 3.3 wird diese Variante noch einmal grafisch dargestellt.

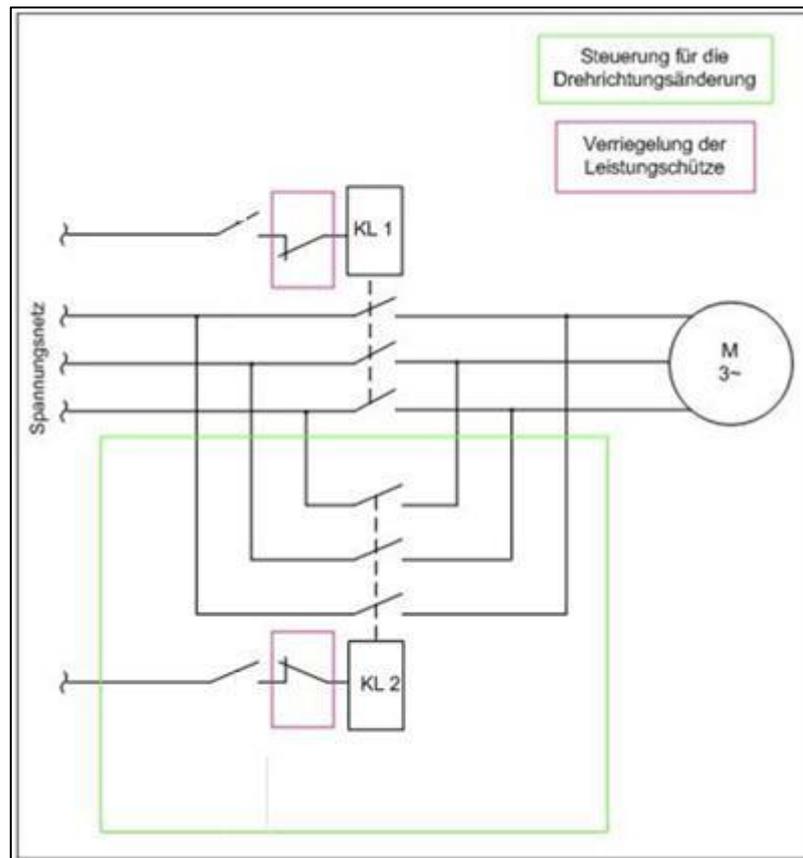


Abbildung 3.3: Wendeschützschtaltung für zwei Drehrichtungen

- Wendeschützschtaltung für zwei feste Drehzahlen und Drehrichtungen

Diese Variante wird bei Verbrauchern eingesetzt, bei denen neben der Drehrichtungsänderung zusätzlich auch eine Drehzahländerung durchgeführt werden kann (zum Beispiel: Motor mit zwei getrennten Wicklungen).

Dafür werden zwei Wendeschützschtaltungen parallel aufgebaut und mit den Verbrauchern verbunden. Alle steuerungstechnischen Aufgaben werden durch Schütze realisiert. Die zwei Schaltungen werden gegeneinander verriegelt, so dass jeweils immer nur eine Drehrichtung und -geschwindigkeit aktiv ist.

In den Fördergeräten und -anlagen werden unterschiedliche Verriegelungsvarianten bei dieser Ansteuerungsart eingesetzt. Die gezeigte Abbildung 3.4 enthält neben der grafischen Darstellung der Ansteuerungsvariante die Grundverriegelung (Drehrichtungs- und Drehzahlverriegelung).

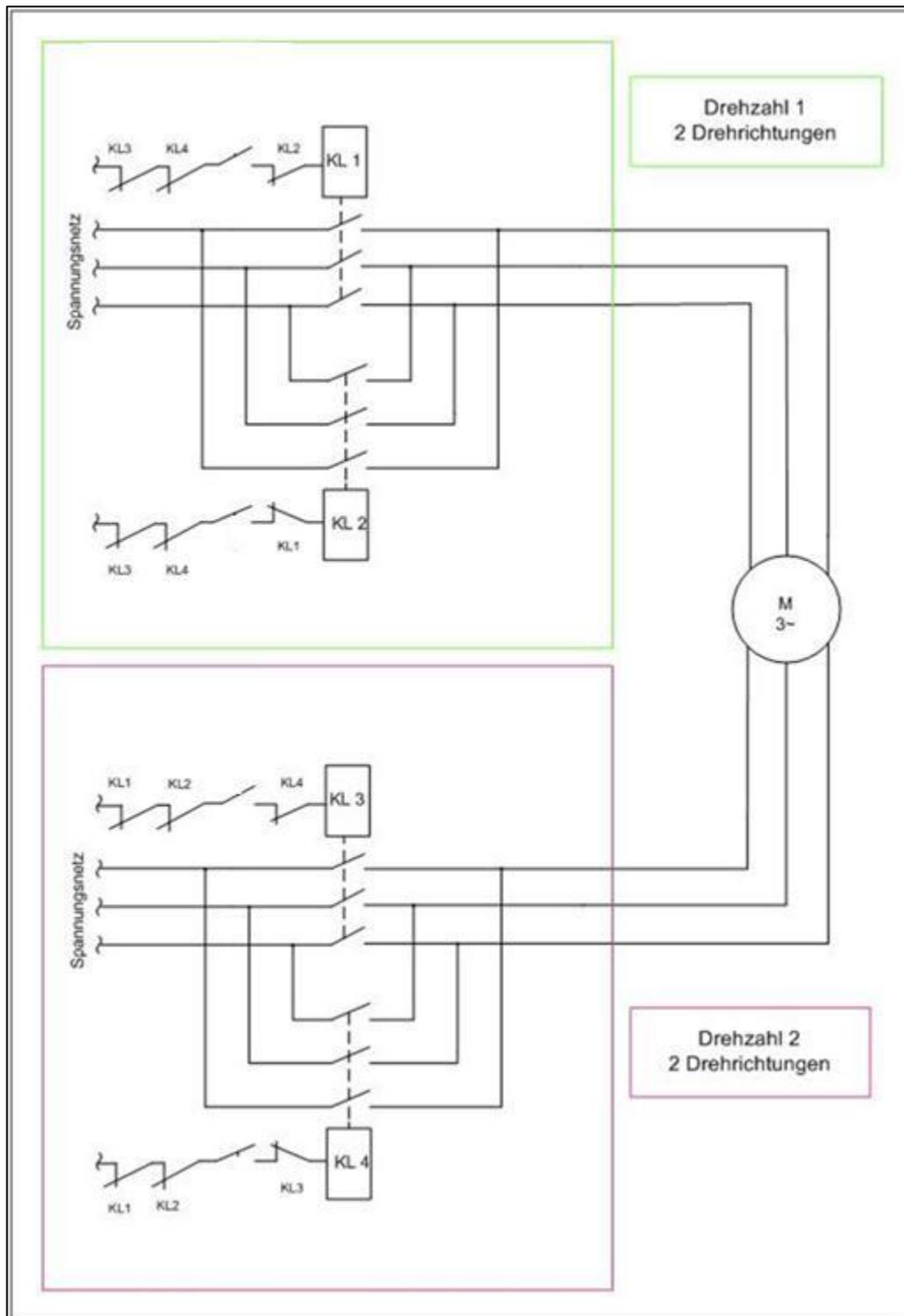


Abbildung 3.4: Wendeschützschtaltung für zwei feste Drehzahlen und Drehrichtungen

Ansteuerung der Verbraucher mit Frequenzumrichter

Die bisher aufgezeigten Ansteuerungsarten können Antriebsmotoren steuern, jedoch keine stufenlose Drehzahlveränderung realisieren. Dafür wird die Ansteuerungsvariante mittels Frequenzumrichter (FU) eingesetzt.

Der FU wird zwischen Netz und Motor geschaltet und wandelt eine feste Spannung mit konstanter Frequenz in eine variable Spannung und Frequenz um. Damit wird eine stufenlose Drehzahlsteuerung ermöglicht.

Über eine Schnittstelle werden die Sollwerte von der Steuerungseinheit an den Frequenzumrichter übermittelt. Der Grundaufbau dieser Ansteuerungsart wird in der folgenden Abbildung 3.5 gezeigt.

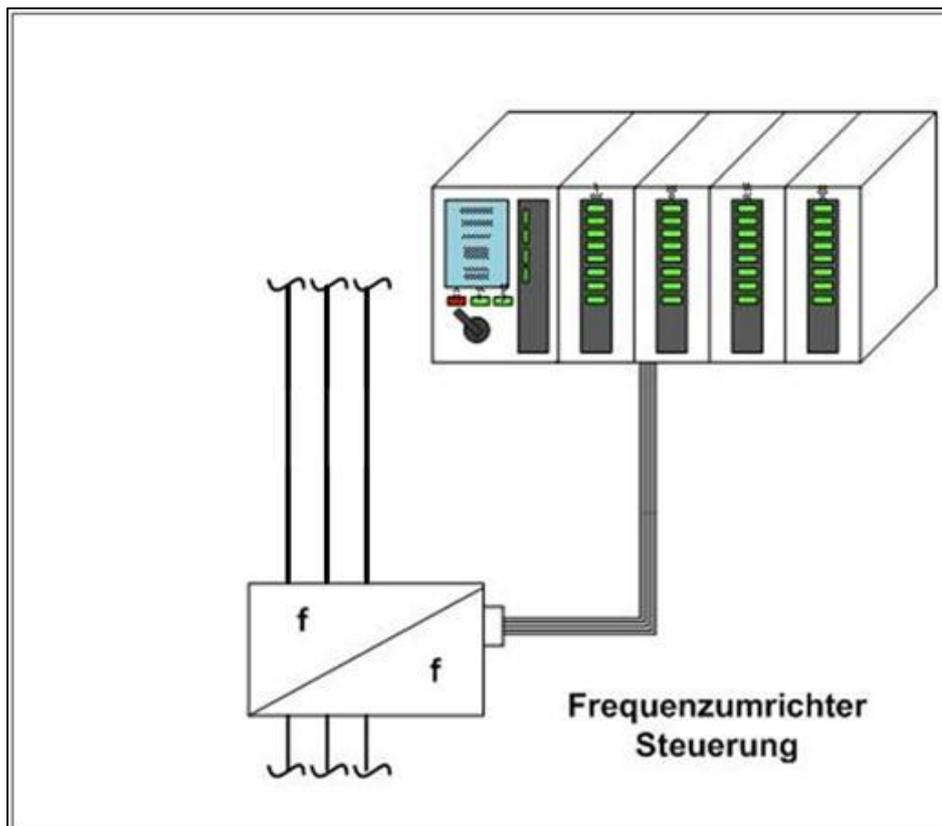


Abbildung 3.5: Ansteuerung über einen Frequenzumrichter

3.1.2 Eingesetzte Antriebsmotoren

Diese Antriebskomponenten sind für die Umsetzung verschiedener Bewegungsabläufe in den einzelnen Antriebssystemen zuständig. Mit ihnen werden Fahr- und Drehbewegungen, Hub- und Senkbewegungen sowie unterstützende Betriebsfunktionen (Kabeltrommel) realisiert. In den Antriebssystemen werden hauptsächlich Asynchronmaschinen für die Bewegungsabläufe eingesetzt. Die eingesetzten Varianten sind:

- Asynchronmaschine mit einer Wicklung

Diese Maschine liefert eine feste Drehzahl, die abhängig von der Polpaarzahl ist. Sie kann mit einer Drehrichtung oder zwei Drehrichtungen betrieben werden. In den Antriebssystemen wird sie einzeln oder in Verbindung mit einer Bremseinheit verwendet, wie die Abbildung 3.6 zeigt.

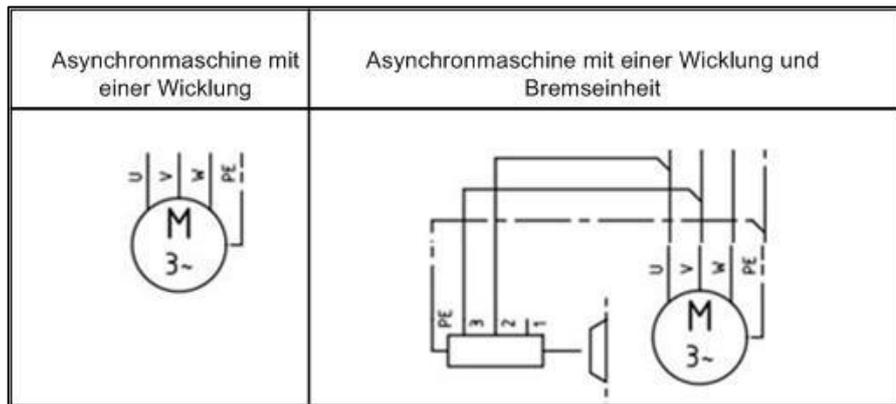


Abbildung 3.6: Asynchronmaschine mit einer Wicklung

- Asynchronmaschine mit zwei getrennten Wicklungen

Diese Variante besitzt alle Eigenschaften der normalen Asynchronmaschine und ist zusätzlich mit einer zweiten getrennten Wicklung ausgestattet, die sich mit ihrer Polpaarzahl von der ersten Wicklung unterscheidet.

Auf diese Weise können zwei unterschiedliche Drehzahlen mit einer Maschine realisiert werden. Sie wird, wie die Abbildung 3.7 zeigt, separat oder in Verbindung mit einer Bremseinheit eingesetzt.

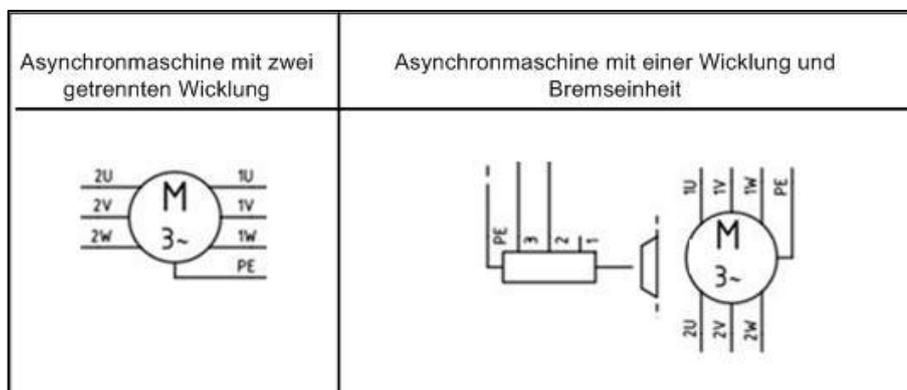


Abbildung 3.7: Asynchronmaschine mit zwei getrennten Wicklungen

- Bremsseinheit

Diese Antriebskomponente wird in Verbindung mit den Antriebsmotoren eingesetzt. Ihre Aufgabe ist das Abbremsen der Antriebsmotoren. Sie wird in der Abbildung 3.6 und 3.7 gezeigt.

3.1.3 Eingesetzte Messtechnik

Die eingesetzten Geräte dienen der Erfassung von physikalischen Größen und werden in verschiedenen Gebieten (zum Beispiel: Anlagenschutz, Höhenmessung oder Positionierung) eingesetzt. Die in der Abbildung 3.8 präsentierten Messgeräte sind in nahezu allen Antriebssystemen vorhanden.

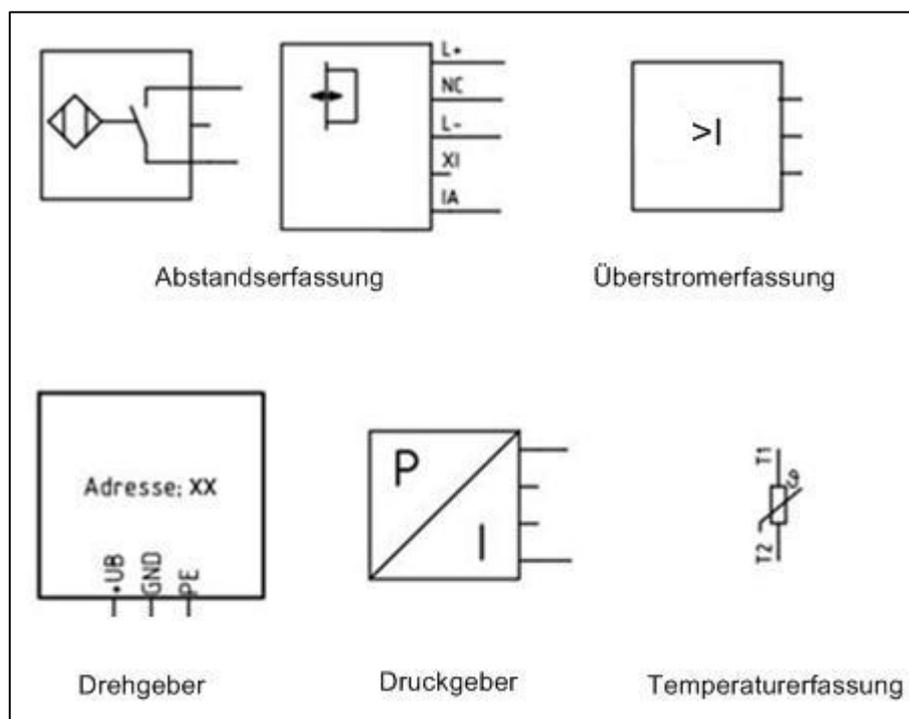


Abbildung 3.8: Eingesetzte Messtechnik

Bei diesen Geräten werden zwei Betriebsvarianten der Signalerfassung eingesetzt:

a) die zeitkontinuierliche Signalerfassung

Zu jedem Zeitpunkt wird ein Signal erfasst, wie die Abbildung 3.9 zeigt.

b) die zeitdiskrete Signalerfassung

Ein Signal wird zu voneinander unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst, wie in der Abbildung 3.10 zu sehen ist

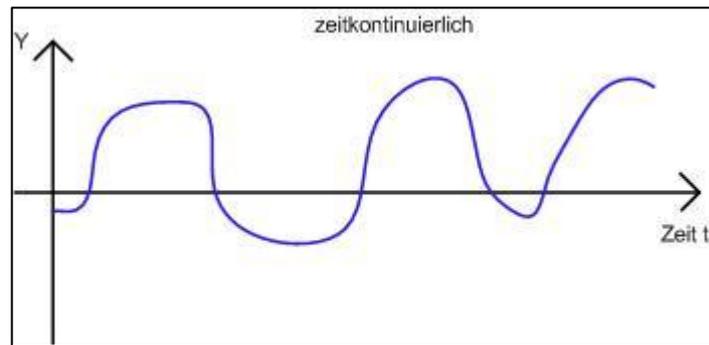


Abbildung 3.9: Zeitkontinuierliche Signalerfassung

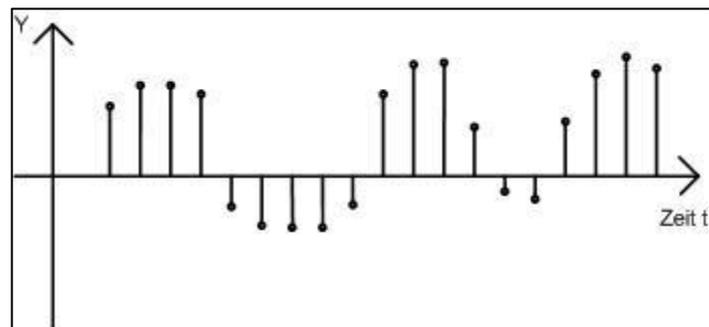


Abbildung 3.10: Zeitdiskrete Signalerfassung

- Abstandserfassung

Diese Messsysteme arbeiten mit beiden aufgezeigten Betriebsarten. Die Auswahl der Signalerfassung ist dabei vom Einsatzort in der Förderanlage abhängig. Sie werden für den Kollisionsschutz sowie für Positionierungsaufgaben der Fördergeräte und -anlagen eingesetzt.

- Überstromerfassung

Das Messsystem wird für die Überprüfung von Motorströmen eingesetzt und schützt die Antriebssysteme vor Überlast. Die Signalerfassung läuft zeitkontinuierlich ab. Der in der Zuleitung fließende Strom wird permanent überwacht und mit einem definierten Maximalwert verglichen.

- Drehgeber

Diese Messsysteme werden für die Anzeige und Auswertung von Drehbewegungen eingesetzt. Es werden Inkrementalwertgeber (Wertbildung durch Erfassung von Zählimpulsen) und Absolutwertgeber (Wertbildung durch eine Kodierscheibe) eingesetzt.

- Druckgeber

Druckgeber dienen zur Messung von Gas- und Flüssigkeitsdrücken in den Systemen. Dabei wird eine kontinuierliche Signalerfassung verwendet. Der Systemdruck wird mit einem definierten Maximalwert verglichen.

- Temperaturerfassung

Dieses Messsystem wird für die Überwachung von Betriebstemperaturen eingesetzt (zum Beispiel Motorwicklungen). Ein analoger Wert wird über eine Steuerungseinheit mit einem Referenzwert verglichen. Bei Über- oder Unterschreitung des Wertes geschieht eine Signalauslösung.

3.1.4 Eingesetzte Betätigungseinheiten

Die Betätigungseinrichtungen (Abbildung 3.11) sind mechanisch aufgebaute Komponenten, die bis auf wenige Ausnahmen (zum Beispiel: Drehschalter) vorwiegend zwei Schaltzustände besitzen und werden in verschiedenen Bereichen der Anlage eingesetzt.

- Bereich Steuerkabinen und Vor-Ort-Steuertafeln

Taster, Drehschalter, Stufenschalter

Diese Elemente setzen verschiedene Fahrtriebe in Betrieb oder stellen unterschiedliche Betriebsarten ein.

- Bereich Anlagenschutz und -überwachung

Endschalter, Not-Aus-Schalter

Sie werden durch bestimmte Anlagenzustände ausgelöst oder unterbrechen den Anlagenbetrieb im Fehlerfall.

- Bereich Spannungsversorgung

Leistungsschalter, Motorschutzschalter

Die Aufgabe dieser Elemente ist die Spannungsversorgung der verschiedenen Anlagenbereiche und Anlagenverbraucher.

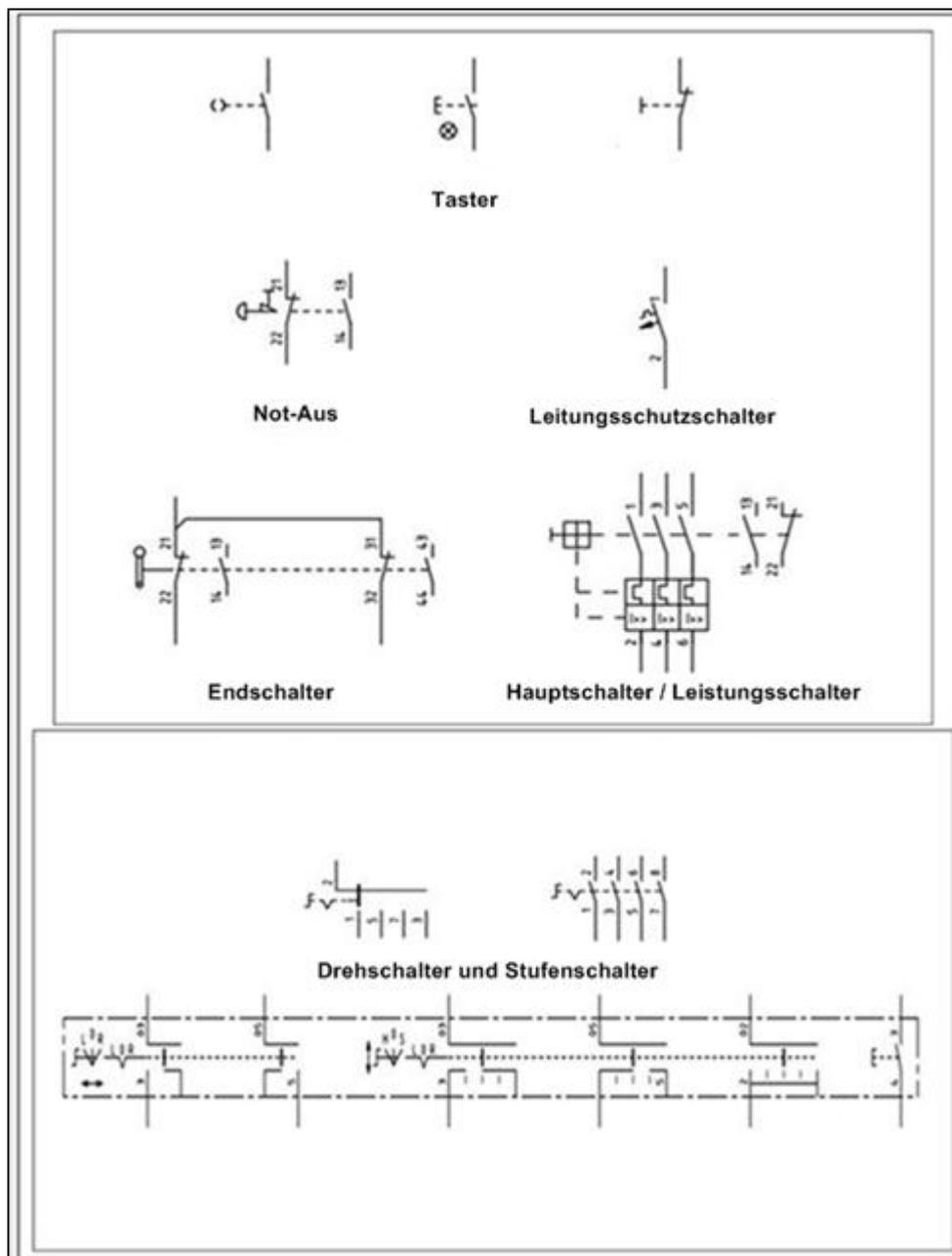


Abbildung 3.11: Eingesetzte Betätigungseinrichtungen

3.3 Funktionsvergleich

Bevor eine abschließende Entscheidung getroffen wird, welche Anlagenkomponenten abzubilden sind, werden die einzelnen Komponenten mit der WinMOD-Elementbibliothek verglichen (Abbildung 3.12). Der Vergleich soll aufdecken, welche Anlagenfunktionen bereits durch vorhandene Simulationselemente abgebildet werden.

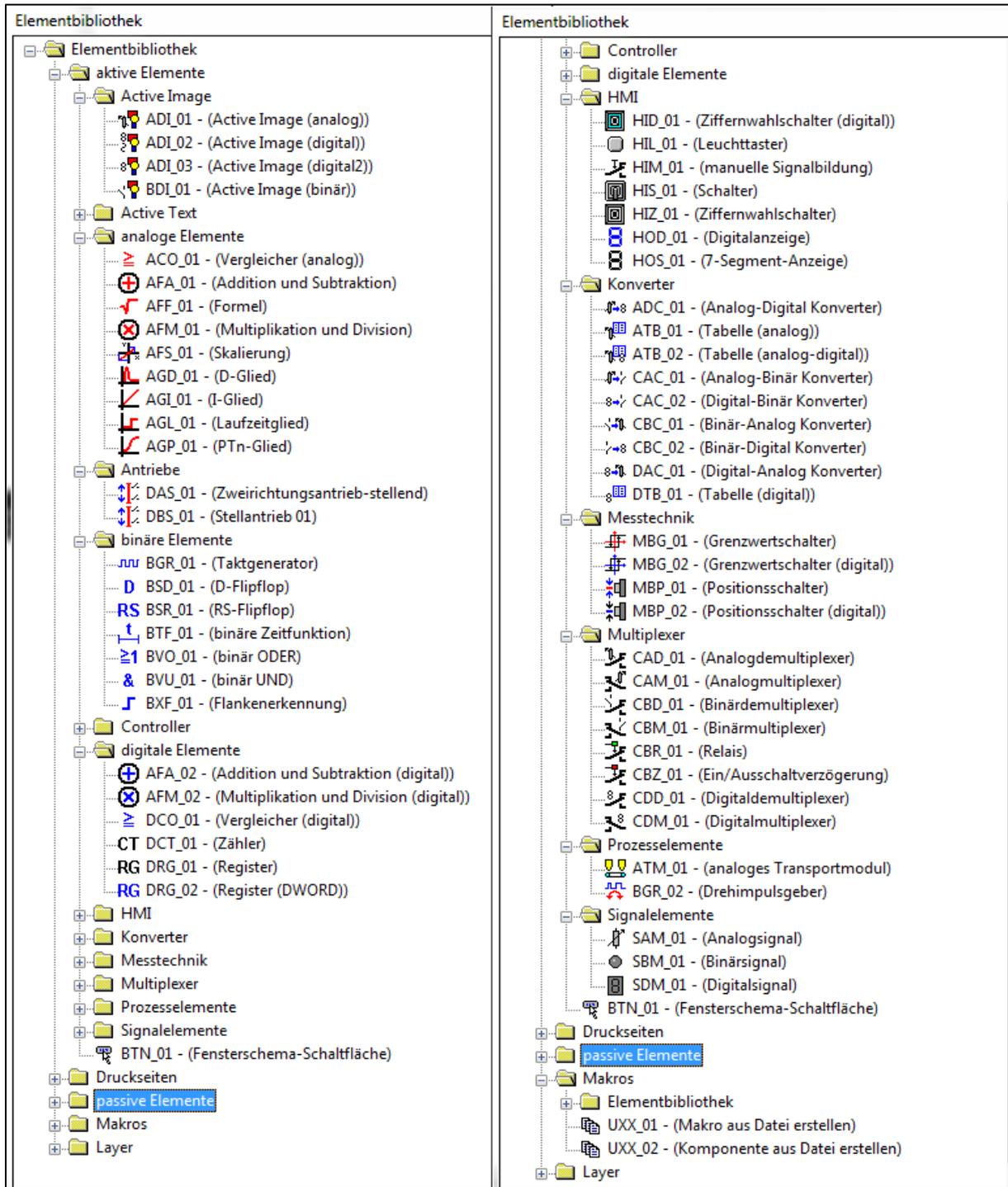


Abbildung 3.12: WinMOD Elementbibliothek [11]

Die verschiedenen Funktionsgruppen werden den vorhandenen Elementen gegenübergestellt (Tabelle 3.2 bis 3.5) und Aussagen über den Stand des vorhandenen Abbildungsgrades getroffen. Das Vergleichsverfahren wird in der Abbildung 3.13 noch einmal grafisch dargestellt.

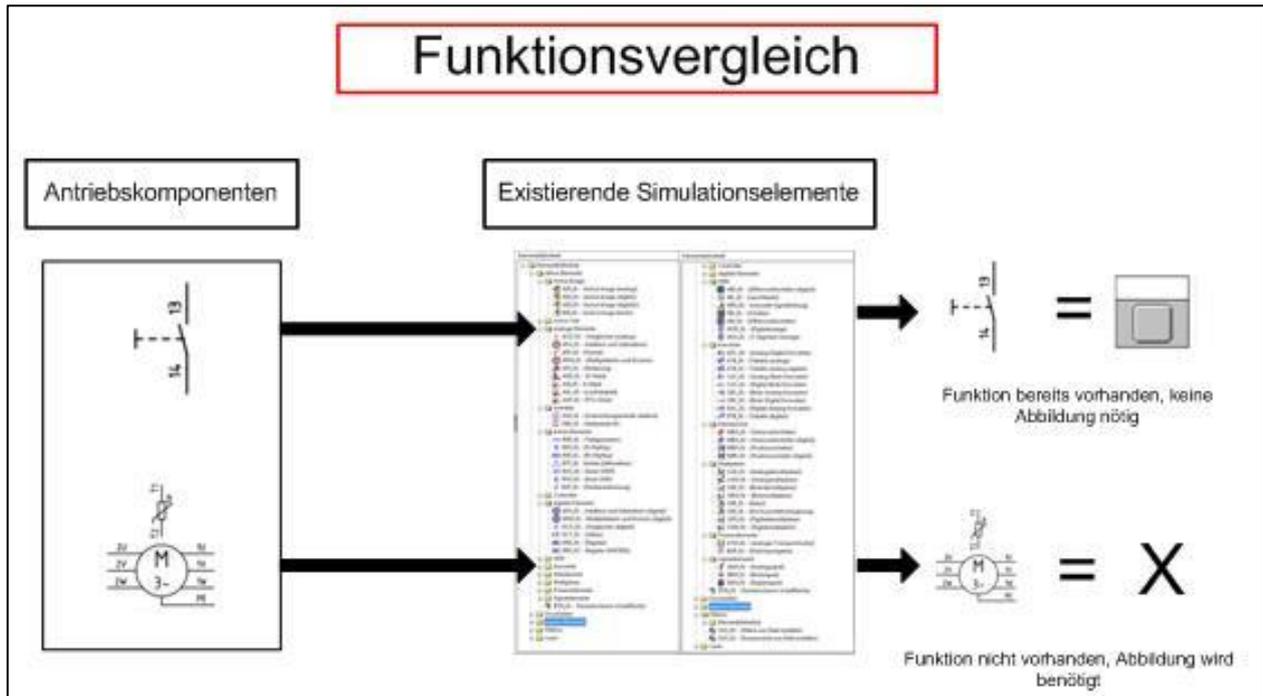


Abbildung 3.13: Vergleichsverfahren

- WinMOD-Vergleich mit den Ansteuerungsvarianten

Antriebskomponente	WinMOD-Simulationselement	Enthaltener Abbildungsgrad in der Elementbibliothek
Schützschtaltung für eine Drehrichtung	Teilfunktionen vorhanden: CBR_01 , BVU_01,BVO_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die vorhandenen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Wendeschtaltschtaltung für zwei Drehrichtungen	Teilfunktionen vorhanden: CBR_01, BVU_01,BVO_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die vorhandenen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Wendeschtaltschtaltung für zwei Drehrichtungen und zwei feste Drehzahlen	Teilfunktionen vorhanden: CBR_01, BVU_01, BVO_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die vorhandenen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Frequenzumrichter	Teilfunktionen vorhanden: AGP-01, CAC_02, CBC_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die vorhandenen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.

Tabelle 3.2: Vergleich Ansteuerungsvarianten

- WinMOD-Vergleich mit den Antriebsmotoren

Antriebskomponente	WinMOD-Simulationselement	Enthaltener Abbildungsgrad in der Elementbibliothek
Asyn chronmotor mit einer Wicklung	Teilfunktionen vorhanden: AGP_01, AGI_01, CAM_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die einzelnen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Asynchronmotor mit zwei getrennten Wicklungen	Teilfunktionen vorhanden: AGP_01, AGI_01, CAM_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die einzelnen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Bremseinheit	Teilfunktionen vorhanden: CBR_01, BVU_01	Für die Funktionsrealisierung müssen die einzelnen Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.

Tabelle 3.3: Vergleich Antriebsmotoren

- WinMOD-Vergleich mit der Messtechnik

Antriebskomponente	WinMOD-Simulationselement	Enthaltener Abbildungsgrad in der Elementbibliothek
Abstandserfassung	ACO_01	Die benötigten Funktionen sind vorhanden und müssen nur noch angepasst werden.
Drehgeber	Element für Teilfunktion: AGI_01, ADC_01, BGR_02	Für die Funktionsabbildung müssen verschiedene Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Temperaturerfassung	ACO_01	Die benötigten Funktionen sind vorhanden und müssen nur noch angepasst werden.
Überstromerfassung	ACO_01	Die benötigten Funktionen sind vorhanden und müssen nur noch angepasst werden.
Druckgeber	ACO_01	Die benötigten Funktionen sind vorhanden und müssen nur noch angepasst werden.

Tabelle 3.4: Vergleich Messtechnik

-WinMOD-Vergleich mit den Betätigungseinrichtungen

Antriebskomponente	WinMOD-Simulationselement	Abbildung der Komponente
Taster	HIL_01	Die Funktion ist vorhanden, es müssen nur grafische Anpassungen durchgeführt werden.
Drehschalter	Teilfunktionen vorhanden: BDI_01, HIL_01	Die Funktion ist vorhanden, es müssen nur grafische Anpassungen durchgeführt werden.
Stufenschalter	Teilfunktion vorhanden: BDI_01, HIL_01	Für die Funktionsabbildung müssen verschiedene Teilfunktionen miteinander kombiniert werden.
Endschalter	MBG_01	Die Funktion ist vorhanden, es müssen nur grafische Anpassungen durchgeführt werden.
Not-Aus-Schalter	HIL_01	Die Funktion ist vorhanden, es müssen nur grafische Anpassungen durchgeführt werden.
Leistungsschalter	HIS_01	Die Funktion ist vorhanden, es müssen nur grafische Anpassungen durchgeführt werden.
Motorschutzschalter	HIS_01	Die Funktion ist vorhanden, es müssen nur grafische Anpassungen durchgeführt werden.

Tabelle 3.5: Vergleich Betätigungseinrichtungen

3.4 Ausgewählte Anlagenkomponenten

Die folgenden Anlagenkomponenten und deren Funktionen sind nicht in der WinMOD-Elementbibliothek enthalten und werden mit Hilfe der Simulationssoftware abgebildet werden.

Ansteuerungsvarianten

- Einfache Schützschtaltung
- Wendeschützschtaltung für zwei Drehrichtungen

- Wendeschützschtaltung für zwei Drehrichtungen und zwei feste Drehzahlen
- Frequenzumrichter

Motorenarten

- Asynchronmaschine mit einer Wicklung
- Asynchronmaschine mit zwei getrennten Wicklungen
- Bremseinheit

Messtechnik

- Drehgeber

Betätigungseinrichtungen

Endschalter

4 Virtuelle Abbildung von Anlagenkomponenten

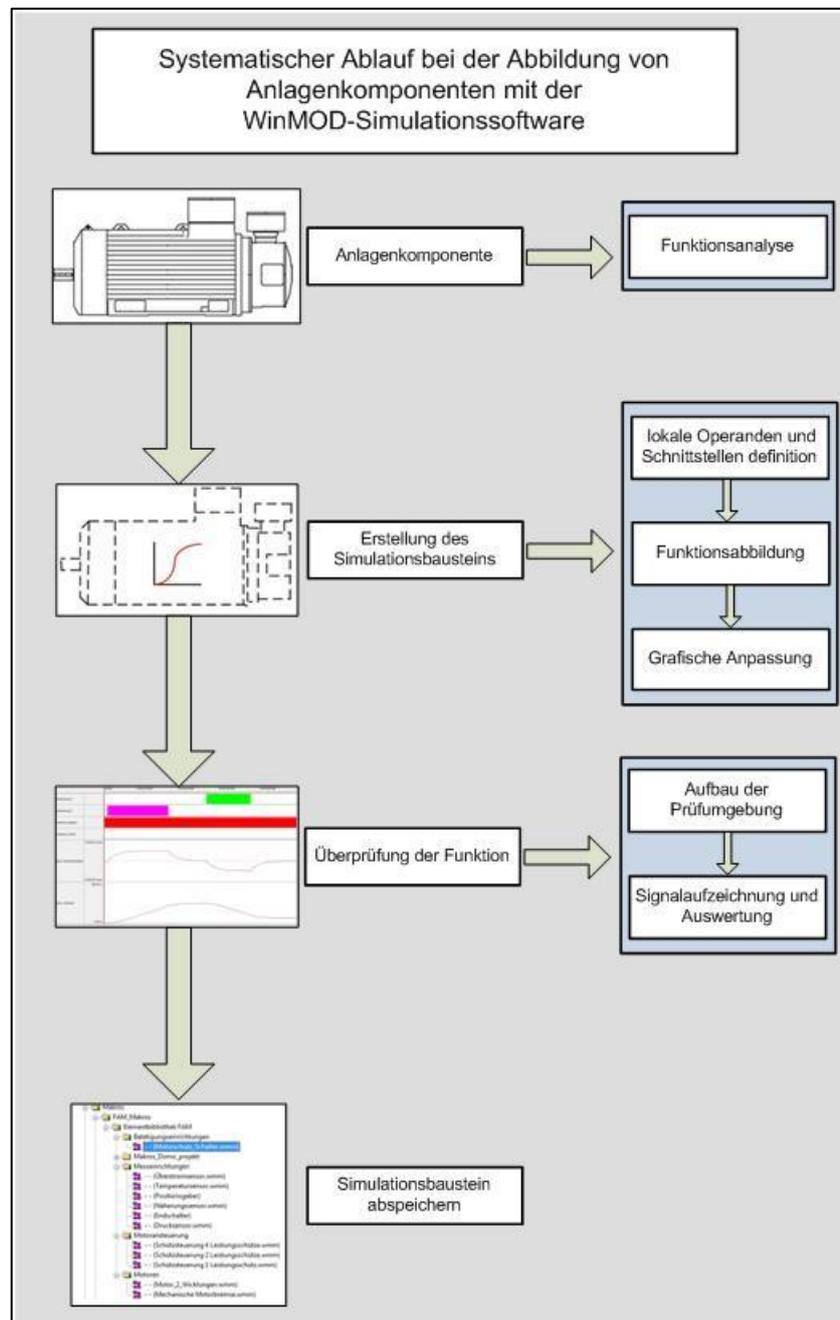


Abbildung 4.1: Systematischer Ablauf bei der Abbildung von Anlagenkomponenten

Die Abbildung der Anlagenkomponenten erfolgt durch einen systematischen Ablauf (siehe Abbildung 4.1), der im Vorfeld mit Hilfe der verschiedenen Handbücher und Dokumentationen der WinMOD-Simulationssoftware erarbeitet wurde.

Im Folgenden Kapitel wird der Weg bei der Abbildung von Anlagenkomponenten durch diesen Ablauf gezeigt. Die durchzuführenden Arbeitsschritte von der realen Anlagenkomponente bis zum fertigen Simulationsbaustein werden in den einzelnen Teilabschnitten genau beschrieben und an einem ausgewählten Beispiel umgesetzt. Bei der ausgewählten Beispielkomponente handelt es sich um einen Asynchronmotor mit zwei getrennten Wicklungen, der im Vorfeld der Abbildung durch das Auswahlverfahren erarbeitet wurde.

Der Ablauf beginnt mit der Funktionsanalyse der realen Anlagenkomponente. Ist die Analyse abgeschlossen, werden die verschiedenen Funktionen mit Hilfe der Simulationssoftware abgebildet.

Anschließend werden die abgebildeten Funktionen überprüft, um festzustellen, ob das gewünschte Funktionsverhalten dem der realen Anlagenkomponente entspricht. Bildet der Baustein die gewünschten Funktionen ab, wird dieser in einer Bibliothek abgespeichert.

4.1 Erstellung eines neuen Simulationsbausteins

Für die Abbildung muss zuerst eine Funktionsanalyse der realen Anlagenkomponente durchgeführt werden. Die Analyse bezieht sich auf konstruktive Merkmale sowie das physikalische Verhalten, aus denen die abzubildenden Funktionen ermittelt werden. In der Abbildung 4.2 wird diese Analyse an der ausgewählten Anlagenkomponente durchgeführt.

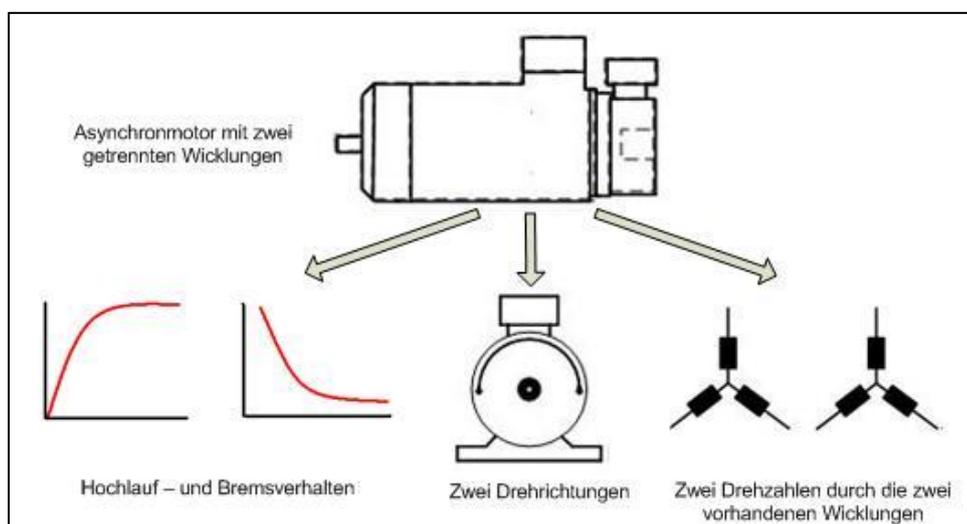


Abbildung 4.2: Analyse der Anlagenkomponenten

Folgende Eigenschaften müssen durch den Simulationsbaustein abgebildet werden:

- Anfahr- und Bremsverhalten eines Motors
- zwei Drehrichtungen: Links- und Rechtslauf
- zwei Geschwindigkeiten: variabel einstellbar

Die Abbildung der Funktionen startet mit der Erstellung eines Makrofensters. Das Fenster dient als Entwicklungsumgebung für den Baustein und besteht aus vier verschiedenen Bereichen, die in der Abbildung 4.3 gezeigt werden.

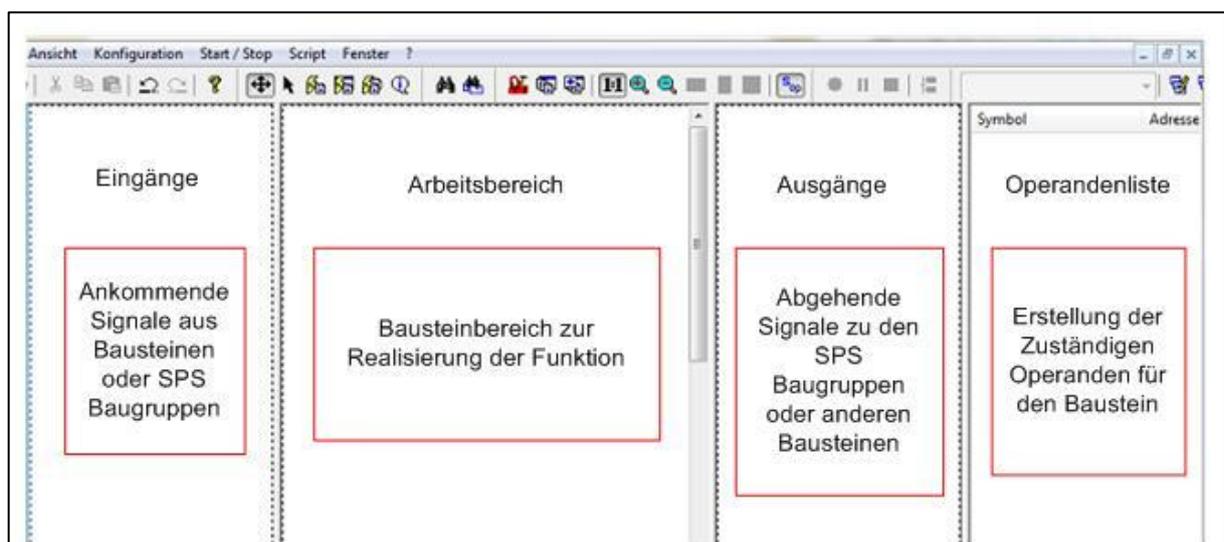


Abbildung 4.3: Makrobereiche

- Eingänge:

Dieser Bereich dient als Eingangsschnittstelle. Alle Signale, die Einfluss auf den funktionellen Ablauf des Bausteins haben, werden hier eingetragen.

- Arbeitsbereich:

Die verschiedenen technischen Funktionen sowie der grafische Aufbau des Simulationsbausteins werden hier durchgeführt.

- Ausgänge:

In diesem Bereich werden die Signale aus dem Baustein herausgeführt. Er dient als Ausgangsschnittstelle.

- Operandenliste:

Alle intern verwendeten Operanden, wie Ein- und Ausgangssignale oder Konstanten, die in dem Makrofenster verwendet werden, müssen hier definiert werden.

4.1.1 Erstellung der lokalen Operanden und Schnittstellen

Die Lokale Operanden sind Datenpunkte, die Ein- und Ausgangswerte beinhalten. Über diese Operanden erfolgt der Informationsaustausch von und zu Signal- und Simulationselementen, externen Systemen sowie Simulationsbausteinen. Es werden drei Signaltypen von Operanden unterschieden:

- binäre Signale: Übertragung von Bit-Informationen (wahr/falsch, 1/0)
- digitale Signale: Übertragung von Bitsequenzen (zum Beispiel: 32 Bit)
- analoge Signale: Übertragung von kontinuierlichen Werten (- 100 % bis + 100 %)

Die Erstellung wird im Makrofenster „Operandenliste“ durchgeführt, das in der Abbildung 4.4 dargestellt wird.

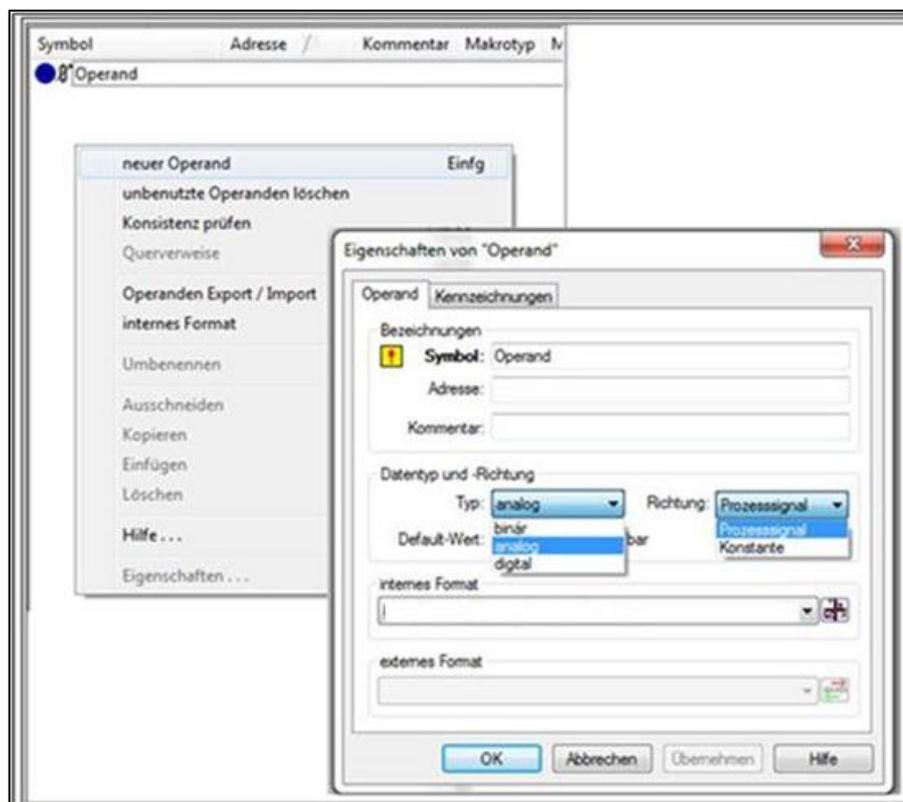


Abbildung 4.4: Makrobereich „Operandenliste“

Die Erstellung der lokalen Operanden erfolgt nach einem allgemeinen Ablauf. Dieser wird in der Abbildung 4.5 dargestellt und speziell an einem lokalen Operanden der Beispielkomponente umgesetzt und beschrieben.

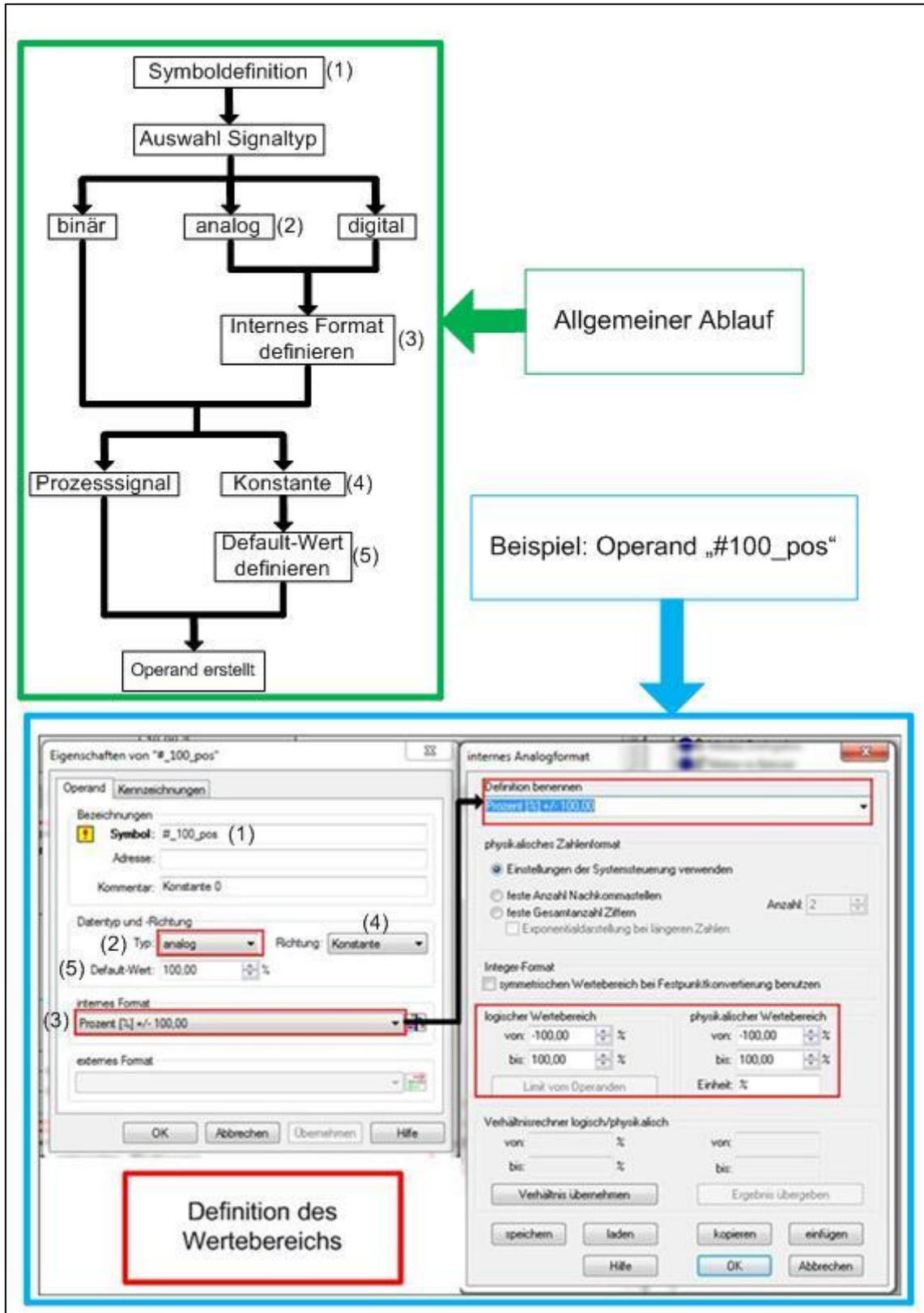


Abbildung 4.5: Ablauf bei der Erstellung von Operanden

Der Beispieloperand erhält die Symbolbezeichnung „#_100_pos“ und einen analogen Signaltyp. Dieser wird als Konstante mit einem Default-Wert (Standardwert) von 100 %

definiert. Als internes Format wird ein logischer und physikalischer Wertebereich von -100 % bis +100 % erstellt.

Der Operand wird zu einem späteren Zeitpunkt für die Umsetzung einer der zwei Drehrichtungen eingesetzt. In der nachfolgenden Abbildung 4.6 wird eine Übersicht aller erstellten Operanden präsentiert, die für die Abbildung der behandelten Anlagenkomponente benötigt werden.

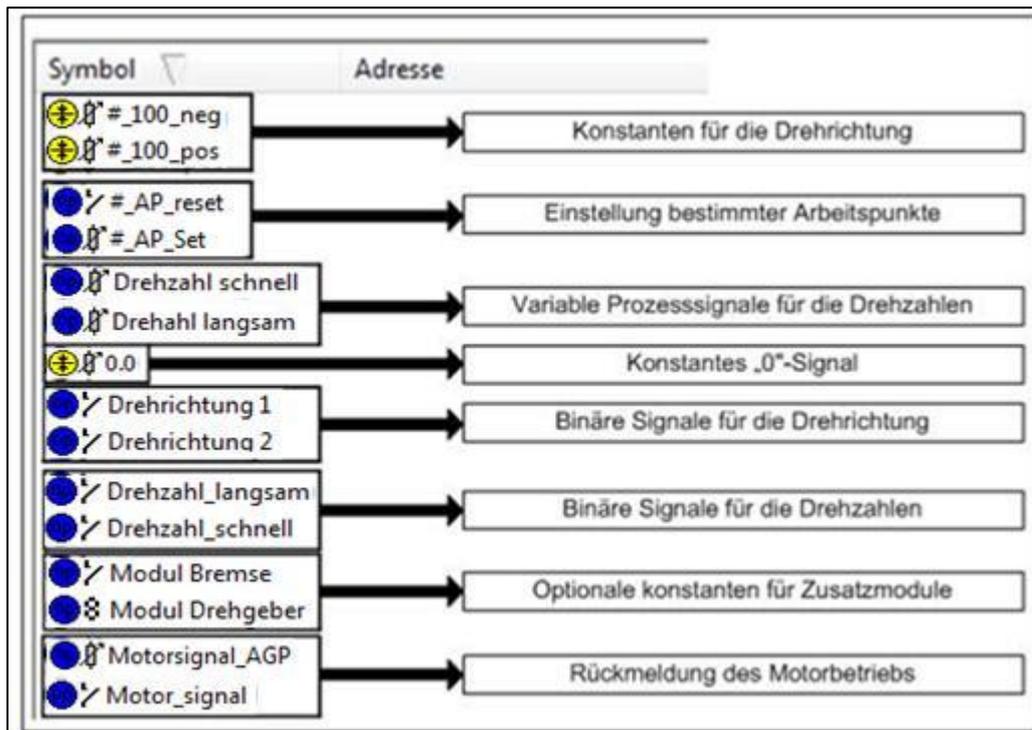


Abbildung 4.6: Operandenliste „Motor_2_Wicklungen“

Die Kopplung, eines Simulationsbausteins mit externen Signalen oder Systemen wird ebenfalls mit lokalen Operanden durchgeführt. Durch die Zuweisung in den Eingangs- und Ausgangsbereich des Makrofensters dienen sie als Schnittstelle. Die Schnittstelle erhält den gleichen Signaltyp des Operanden. Die Definition von Schnittstellen wird in der Abbildung 4.7 mit Hilfe der Beispielkomponente gezeigt. Die Operanden werden über das „Drag & Drop“-Verfahren in die beiden Bereiche eingefügt.

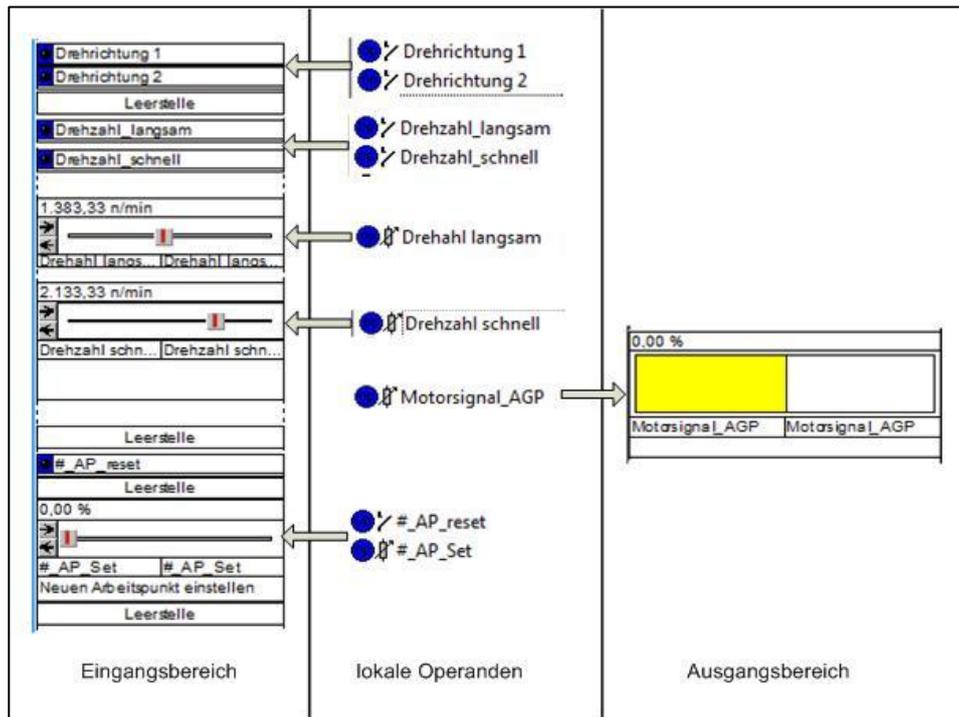


Abbildung 4.7: Schnittstellendefinition

4.1.2 Funktionsabbildung mit Hilfe der Simulationselemente

Die verschiedenen Funktionen der Anlagenkomponenten werden mit Hilfe der Simulationselemente aus der WinMOD Elementbibliothek realisiert. Dazu werden die erstellten Operanden mit den Elementen im Arbeitsbereich des Makrofensters kombiniert. Dieser Vorgang wird im Folgenden an der Anlagenkomponente Asynchronmotor mit zwei Wicklungen demonstriert.

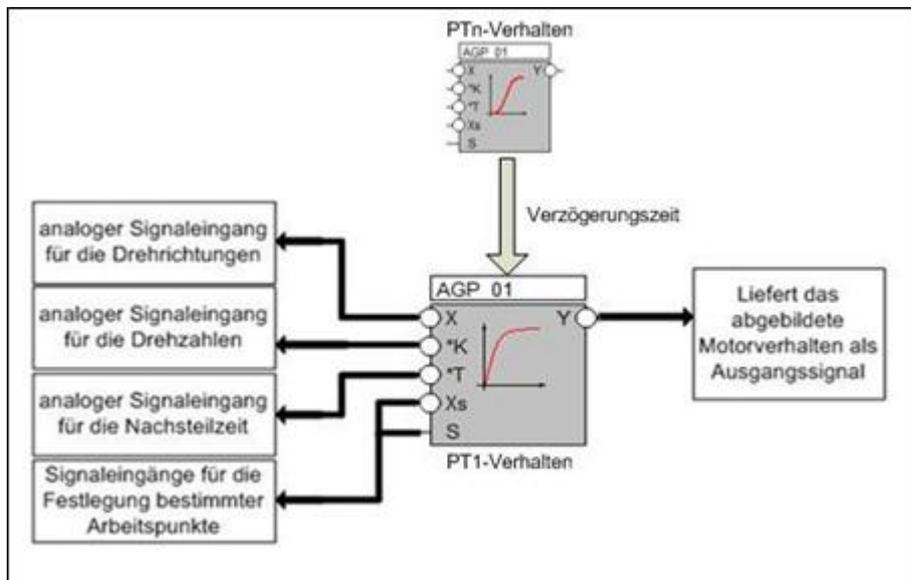


Abbildung 4.8: Beschaltung des PT1-Elements

Als Grundelement wird ein PTn-Glied „AGP_01“ eingesetzt. Über eine interne Verzögerungszeit wird ein PT1-Verhalten realisiert. Das PT1-Glied bildet das einfache Anfahr- und Bremsverhalten eines Motors ab. Dieses Element wird mit weiteren Teilfunktionen zusammenschaltet (siehe Abbildung 4.8), um die geforderten Motoreigenschaften zu realisieren.

Der Eingang (X) des PT1-Glieds wird mit Hilfe der Teilfunktion „Drehrichtung“ für die Abbildung der zwei Drehrichtungen eingesetzt. Die verschiedenen Drehzahlen werden mit Hilfe des Übertragungsfaktor (Eingang *K) und der Teilfunktion „Drehzahl“ realisiert.

Teilfunktion „Drehrichtung“

Für die zwei Drehrichtungen werden die beiden Operanden „#_100_pos“ und „#_100_neg“ benötigt.

- #_100_neg = konstanter Wert von -100% → Drehrichtung 1
- #_100_pos = konstanter Wert von +100% → Drehrichtung 2

Der Drehrichtungswechsel wird mit Hilfe von zwei Analogmultiplexern „CAM_01“ umgesetzt. Mit dem Element können abwechselnd zwei analoge Signale über die Eingänge (X0) und (X1) durchgeschaltet werden. Der Signalzustand am Schalteingang (C) entscheidet, welcher der beiden Eingänge der aktive ist. Das „CAM_01“-Element wird in der Abbildung 4.9 dargestellt.

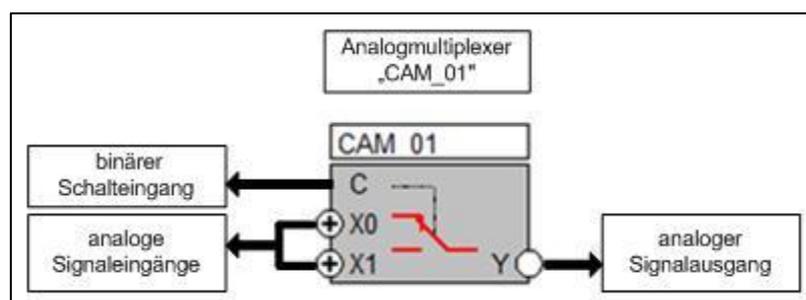


Abbildung 4.9: Beschreibung des Analogmultiplexers „CAM_01“

Die Nachbildung der Teilfunktion erfolgt, wie in der Abbildung 4.10 dargestellt wird. Die beiden Analogmultiplexer werden mit den Operanden belegt und grafisch in Reihe miteinander verbunden. Der Ausgang (Y) des Analogmultiplexers (1) wird anschließend auf den Eingang (X0) des nachfolgenden Analogmultiplexers (2) geführt.

Der Eingang (X0) des Analogmultiplexers (1) wird mit einem konstanten „0“-Signal belegt. Dieses Signal dient dazu, unerwartete Signalzustände durch den unbenutzten Eingang (X0) zu vermeiden.

Wird nun der Schalteingang (C) 1 betätigt, wird die positive Konstante durch die beiden „CAM_01“-Elemente geschaltet und bei Betätigung des Schalteingangs (C) 2 die negative Konstante.

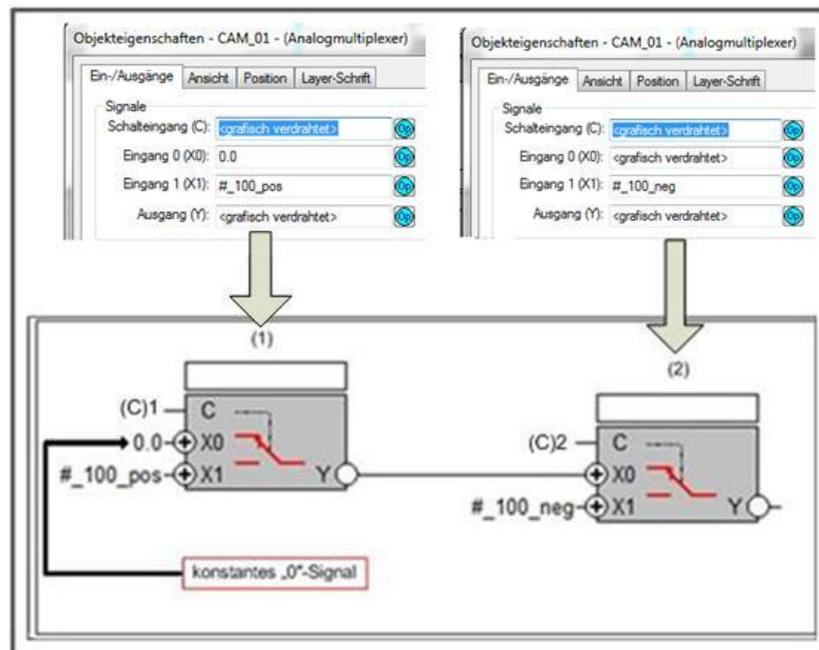


Abbildung 4.10: Nachbildung der Drehrichtungen

Teilfunktion „Drehzahl“

Für die Abbildung der zwei Drehzahlen werden die Operanden „Drehzahl schnell“ und „Drehzahl langsam“ benötigt.

- Drehzahl schnell = 0,00 U/min bis 2950 U/min → hohe Drehgeschwindigkeit
- Drehzahl langsam = 0,00 U/min bis 2950 U/min → niedrige Drehgeschwindigkeit

Diese Operanden sind als analoge Prozesssignale definiert und können, im Gegensatz zu den analogen Konstanten, veränderliche Werte annehmen. Für die Teilfunktion werden zwei Analogmultiplexer-Elemente „CAM_01“ mit den Operanden belegt und zusammengeschaltet.

Die Umsetzung erfolgt, wie in der Abbildung 4.11 dargestellt wird. Die Analogmultiplexer (3) und (4) werden über eine grafische Verbindung in Reihe zusammengeschaltet und mit den

Prozesssignalen an den (X1)-Eingängen belegt. Der Eingang (X0) des Elements (3) wird, genau wie bei der Teilfunktion Drehzahl, mit einem konstanten „0“-Signal belegt.

Wird nun der Schalteingang (C)3 betätigt, wird der Operand „Drehzahl schnell“ durch die beiden Analogmultiplexer geschaltet. Der Schalteingang (C)4 leitet bei Betätigung den Operanden „Drehzahl langsam“ weiter.

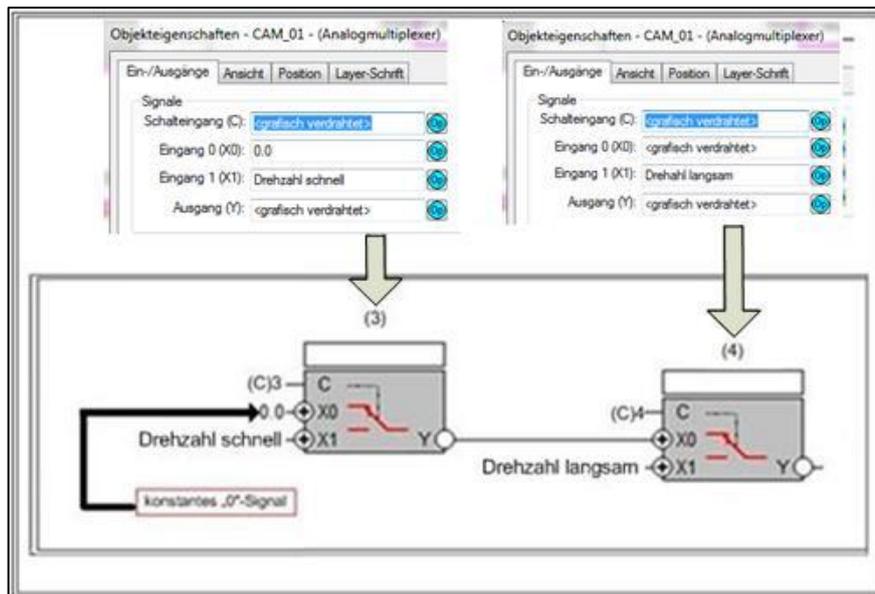


Abbildung 4.11: Nachbildung der Drehzahlen

Realisierung der Gesamtfunktion

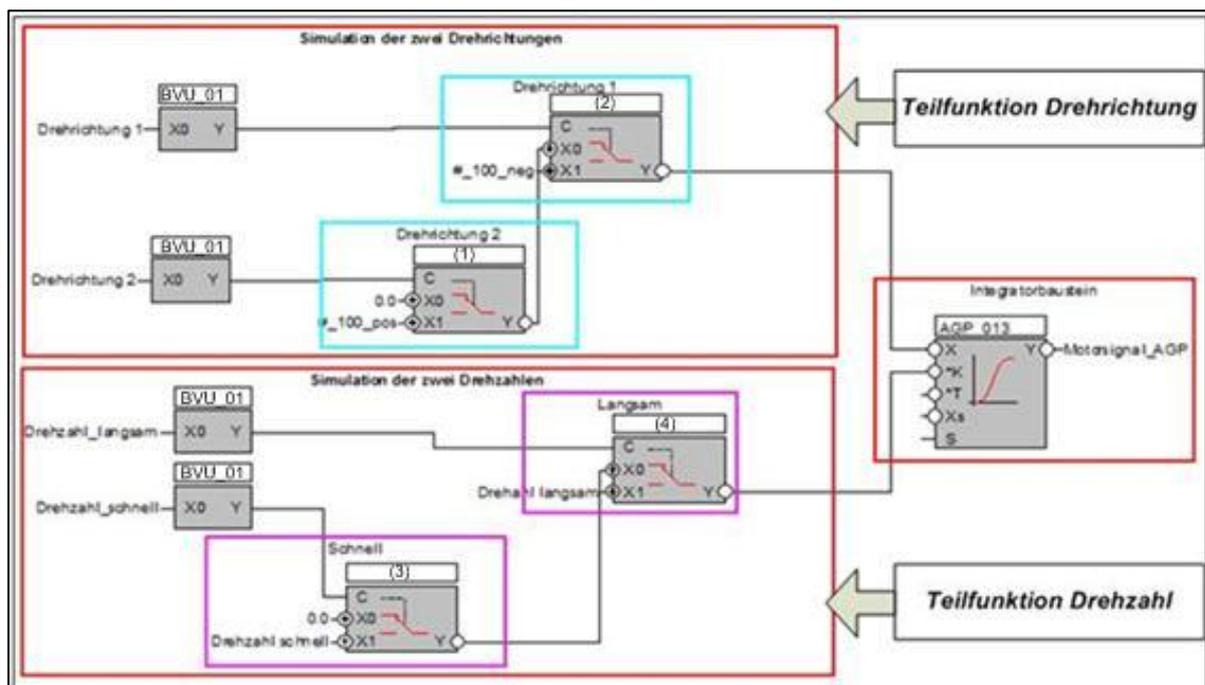


Abbildung 4.12: Verbindung der einzelnen Teilfunktionen

Die erstellten Teilfunktionen werden jetzt mit dem PT1-Element „AGP_01“ verbunden, um die Motorfunktion abzubilden. Die Vorgehensweise soll anhand der Abbildung 4.12 gezeigt werden.

Der Ausgang des Analogmultiplexers (2) wird mit dem Eingang (X) des PT1-Elements verbunden. Durch diese Verbindung wird ein realistisches Anlauf- und Bremsverhalten des Motors in zwei Drehrichtungen nachgebildet.

Die Verbindung des Eingangs (X) mit der Teilfunktion „Drehzahl“ über den Ausgang (Y) des Analogmultiplexers (4) bildet die zwei verschiedenen Drehzahlen ab und können in einem Bereich von 0 U/min bis 2950 U/min definiert werden.

Die Schalteingänge (C) der vier Analogmultiplexer werden über „BVU_01“-Elemente (UND-Verknüpfung) mit den dazugehörigen binären Operanden Drehrichtung 1, Drehrichtung 2, sowie „Drehzahl_schnell“ und „Drehzahl_langsam“ belegt, mit deren Hilfe die verschiedenen Funktionen angesteuert werden.

Das abgebildete Motorverhalten wird über den analogen Operanden „Motorsignal_AGP“ am Ausgang (Y) des PT1-Glieds herausgeführt. Damit ist die Funktionsabbildung abgeschlossen.

4.1.3 Signaldarstellung in der Blockansicht

Die Simulationsbausteine werden während der Anlagensimulation in einer Blockansicht dargestellt. In dieser Ansicht können keine internen Signalzustände beobachtet werden. Durch die Integration eines Bedienfelds kann dieses Problem gelöst werden. Mit diesem Feld können zwei Varianten der Signaldarstellung realisiert werden:

- Signaldarstellung mit Hilfe von grafischen Elementen
- direkte Signaldarstellung der Operanden

Signaldarstellung mit Hilfe von grafischen Elementen

Die Darstellung der internen Signale wird mit „Active Image“-Elementen realisiert. Diese Elemente koppeln die verschiedenen Signaltypen mit Windows-Metafiles (wmf).

Folgende Elemente stehen dafür zur Verfügung:

- ADI_01 (analoge Signale)
- ADI_02, ADI_03 (digitale Signale)
- BDI_01 (binäre Signale)

Für diesen Baustein wird ein binäres Element „BDI_01“ ausgewählt, um den Signalwechsel des Operanden „Motor_signal“ grafisch darzustellen. Die wmf-Dateien und der Operand

werden über den Eingang (X0) des „BDI_01“-Elements miteinander verknüpft. Jeder Signalzustand erhält eine wmf-Datei, wie in der Abbildung 4.13 gezeigt wird. Vollzieht der Operand nun einen Signalwechsel, wird die Bilddatei „Motor AUS“ (Zustand 0) oder die Bilddatei „Motor EIN“ (Zustand 1) angezeigt

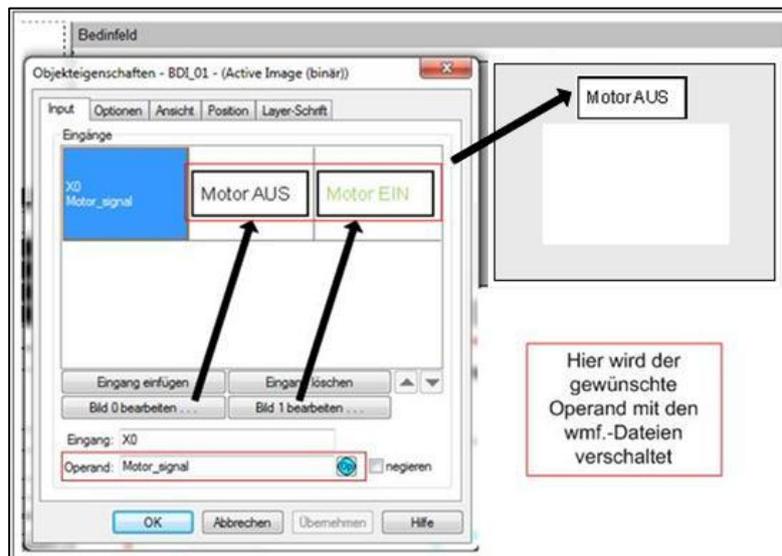


Abbildung 4.13: Grafische Signaldarstellung

Direkte Signaldarstellung der Operanden

Die Darstellungsvariante benötigt keine zusätzlichen Simulationselemente für die Umsetzung. Die Operanden werden direkt in das Bedienfeld integriert. Dafür wird der gewünschte Operand ausgewählt und auf der Bedienfeldfläche positioniert, wie in der Abbildung 4.14 an den beiden Operanden „Drehrichtung 1“ und „Drehrichtung 2“ gezeigt wird.

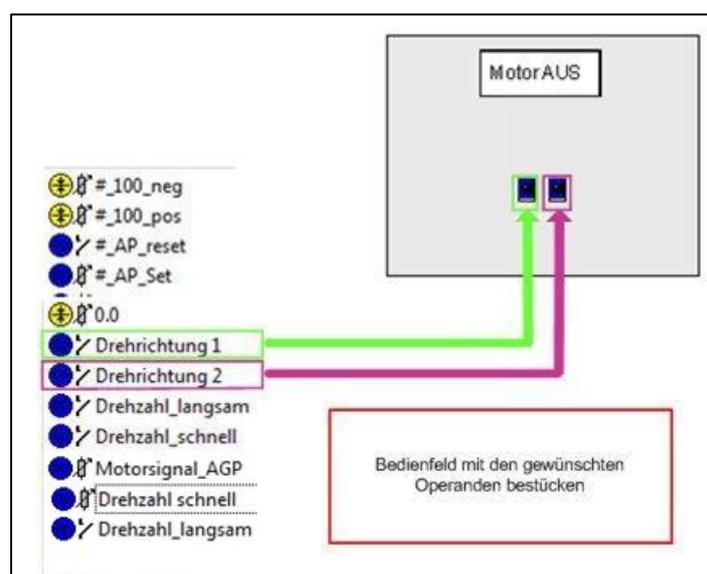


Abbildung 4.14: Direkte Signaldarstellung der Operanden

Damit ist die Erstellung des Simulationsbausteins „Motor_2_Wicklungen“ abgeschlossen. Der komplette Baustein wird noch einmal in seiner aufgelösten Makrodarstellung (Abbildung 4.15) sowie in seiner geschlossenen Blockansicht (Abbildung 4.16) dargestellt:

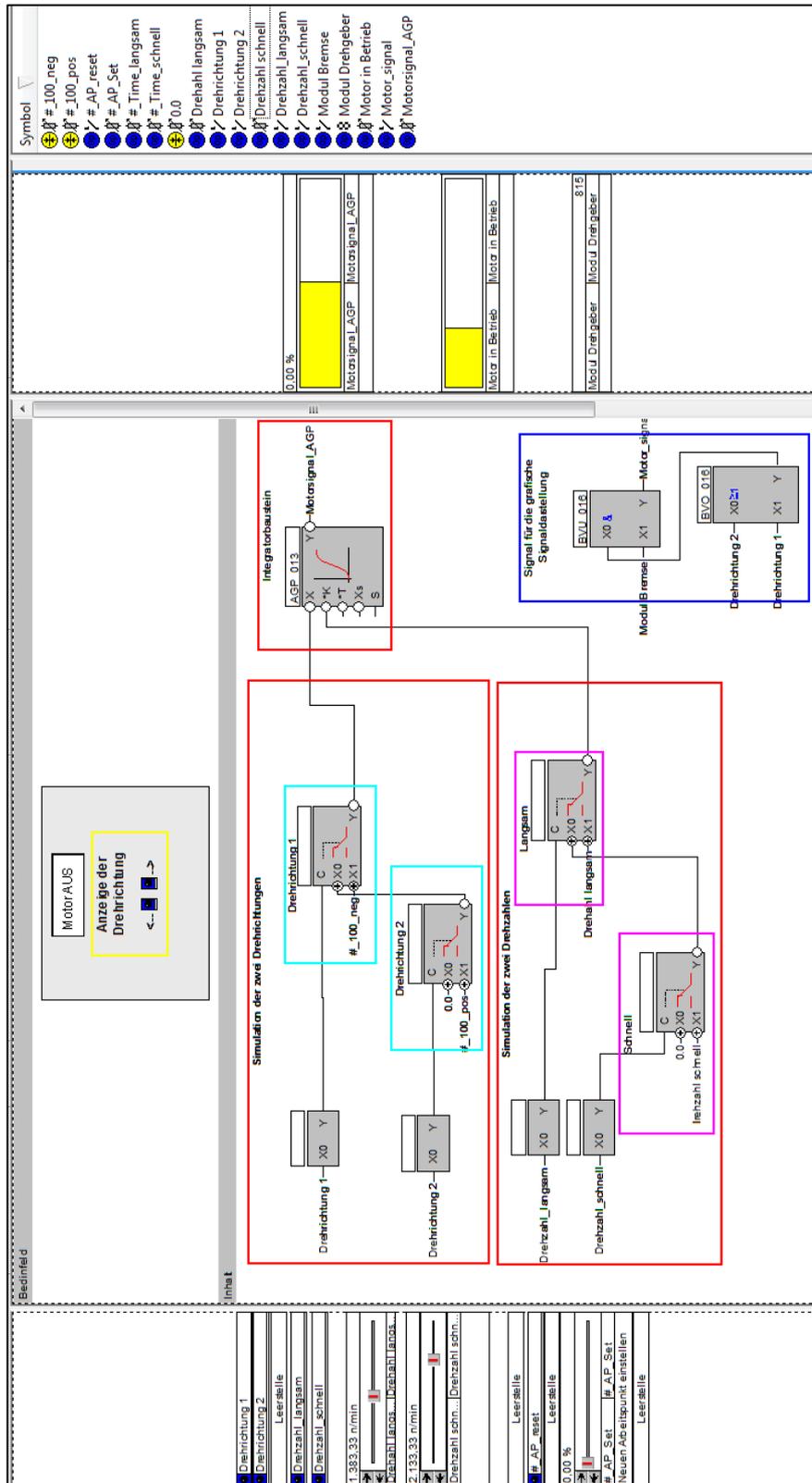


Abbildung 4.15: Aufgelöste Bausteindarstellung „Motor_2_Wicklungen“

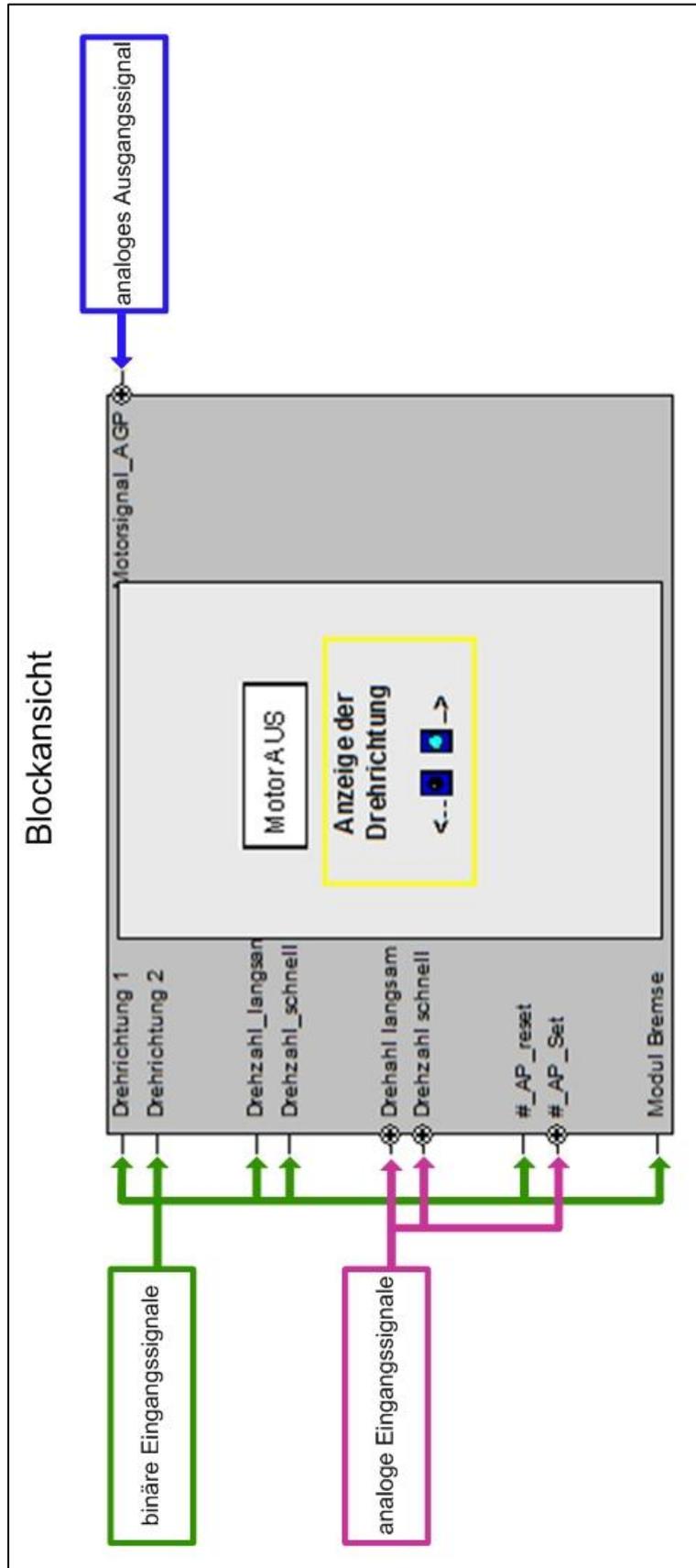


Abbildung 4.16: Blockansicht „Motor_2_Wicklungen“

4.2 Funktionsüberprüfung der erstellten Simulationsbausteine

Die erstellten Funktionen müssen abschließend überprüft werden. Die Überprüfung soll sicherstellen, dass bei späteren Anlagensimulationen Fehler seitens der Simulationsbausteine ausgeschlossen werden können. Für den Funktionstest wird die WinMOD-Recorderfunktion eingesetzt.

Der Recorder ist vollständig in der Simulationssoftware integriert und stellt eine Oberfläche zur Verfügung, mit der Signalverläufe „online“ aufgezeichnet werden. Mit dieser „online“-Funktion kann beobachtet werden, wie Funktionsausgangssignale auf Signaländerungen am Funktionseingang reagieren. Die Recorderoberfläche (siehe Abbildung 4.17) besteht aus zwei Bereichen.

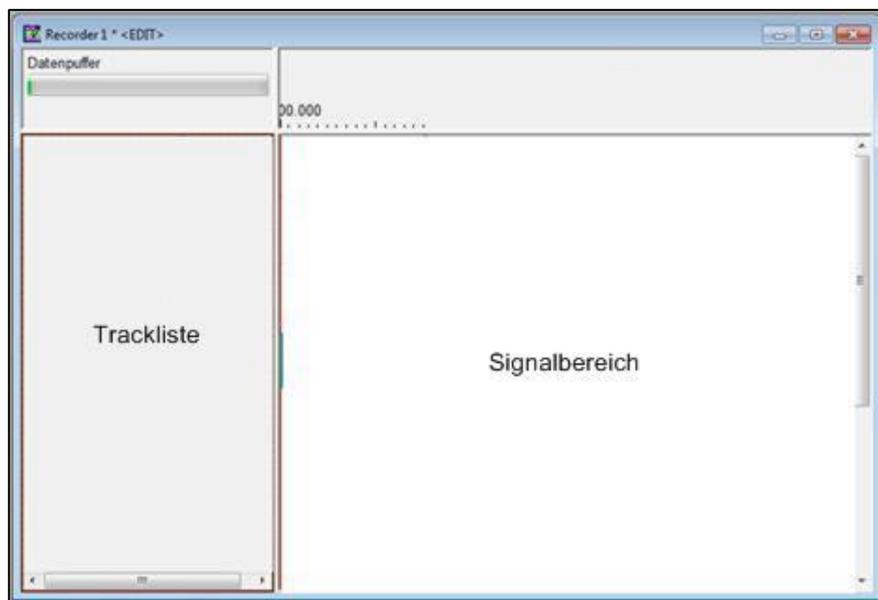


Abbildung 4.17: Recorderbereiche

- Trackliste:

In der Trackliste sind alle Signale aufgelistet, deren Signalverlauf aufgezeichnet wird.

- Signalbereich:

Die Signale werden hier „online“ aufgezeichnet. Die Darstellung der Signalwerte ist abhängig vom Signaltyp. Binäre Typen haben eine diskrete Wertdarstellung und analoge Typen eine wertkontinuierliche Darstellung.

- binäre Signale → 0 und 1

- analoge Signale → abhängig von der Definition des internen Formats

Für die Überprüfung müssen die Ein- und Ausgangssignale des Simulationselements in die Recorderoberfläche überführt werden. Das geschieht über globale Operanden, die mit den lokalen Ein- und Ausgängen der Simulationselemente verbunden werden.

Diese Art von Operanden kann Signalzustände in jede WinMOD-Oberfläche (Simulationsfenster, Recorderfenster) übertragen (siehe Abbildung 4.18) Die lokalen Operanden der Simulationselemente können nur in der Oberfläche eingesetzt werden, wo sich das Element befindet.

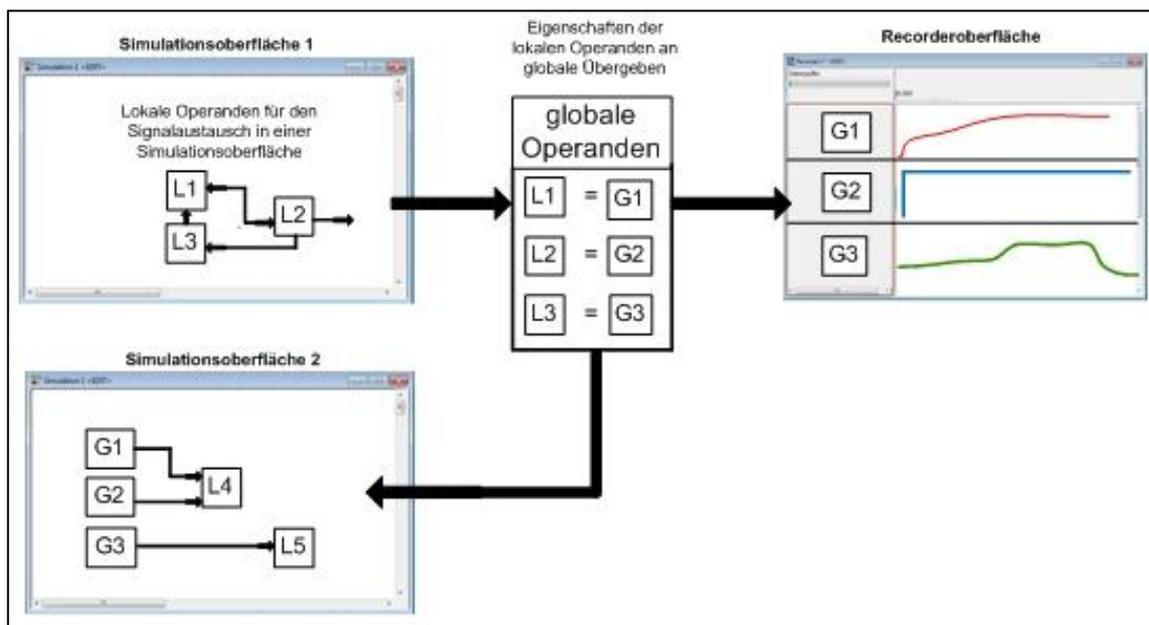


Abbildung 4.18: Globale Operanden

Die Verbindung der lokalen Operanden mit den globalen Operanden soll am Beispiel des Simulationsbausteins „Motor_2_Wicklungen“ demonstriert werden. Die Umsetzung erfolgt, wie in der Abbildung 4.19 gezeigt wird. Die globalen Operanden werden mit den lokalen Ein- und Ausgängen des Bausteins gekoppelt. Der übertragende Signaltyp wird in der Tabelle 4.1 dargestellt.

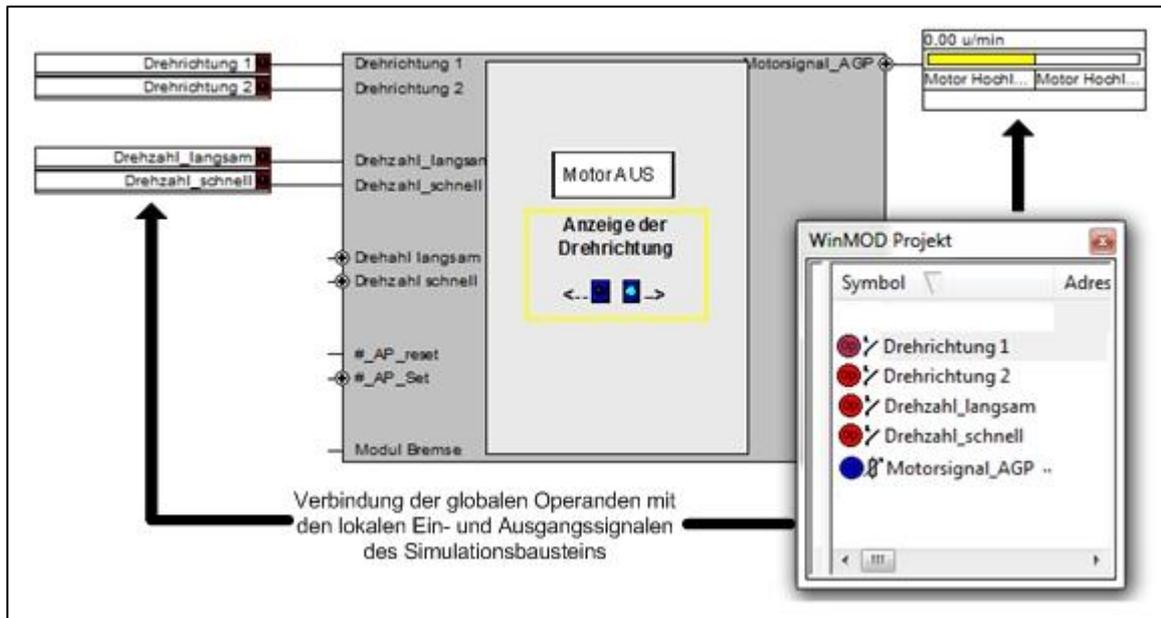


Abbildung 4.19: Kopplung der lokalen Operanden mit globalen Operanden

Globaler Operand	Signaltyp
Drehrichtung 1	binär (0 und 1)
Drehrichtung 2	binär (0 und 1)
Drehzahl_langsam	binär (0 und 1)
Drehzahl_schnell	binär (0 und 1)
Motorsignal_AGP	analog (internes Format -2950 U/min bis +2950 U/min)

Tabelle 4.1: Signaltyp der globalen Operanden

Die Überführung der Operanden in den Recorderbereich geschieht, wie in der Abbildung 4.20 gezeigt wird. Der globale Operand wird ausgewählt und per „Drag & Drop“-Verfahren in die Trackliste der Recorderoberfläche gezogen.

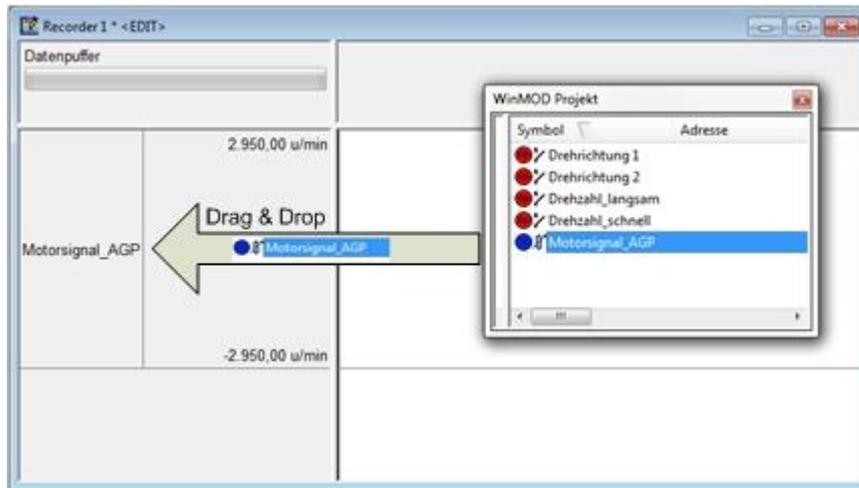


Abbildung 4.20: Überführung der Operanden per „Drag & Drop“

Wird die Recorder- und die Simulationsfunktion gestartet, findet eine Signalkommunikation zwischen den beiden Oberflächen statt. Zustandsänderungen der Ein- und Ausgangssignale des Simulationselements werden über die gekoppelten Operanden in den Signalbereich des Recorders übertragen und aufgezeichnet. Anschließend werden die Signalverläufe ausgewertet, wie die Abbildung 4.21 zeigt. Hier wird ein Teilausschnitt der Signalauswertung des Simulationsbausteins „Motor_2_Wicklungen“ dargestellt. Die komplette Auswertung ist in der Anlage C, Histogramme und Auswertung, „Motor_2_Wicklungen“ dokumentiert.

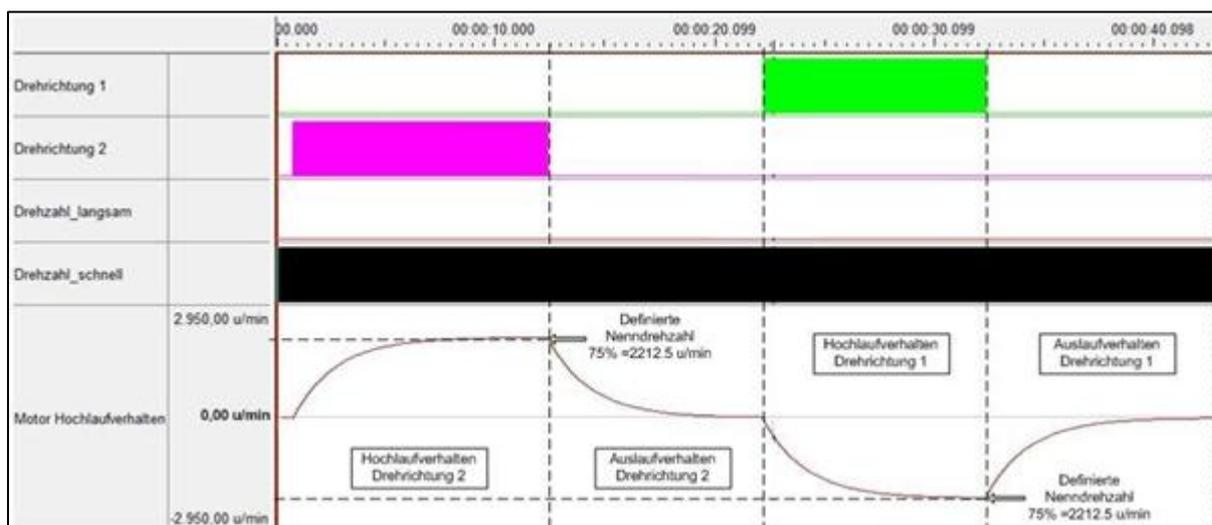


Abbildung 4.21: Teilausschnitt Signalauswertung „Motor_2_Wicklungen“

4.3 Erstellung einer eigenen Bausteinbibliothek

Die entwickelten Simulationsbausteine müssen für zukünftige virtuelle Inbetriebnahmen hinterlegt werden. Dafür werden verschiedene Bereiche in der WinMOD-Elementbibliothek erstellt und anschließend die verschiedenen Simulationsbausteine abgespeichert, wie die Abbildung 4.22 zeigt.

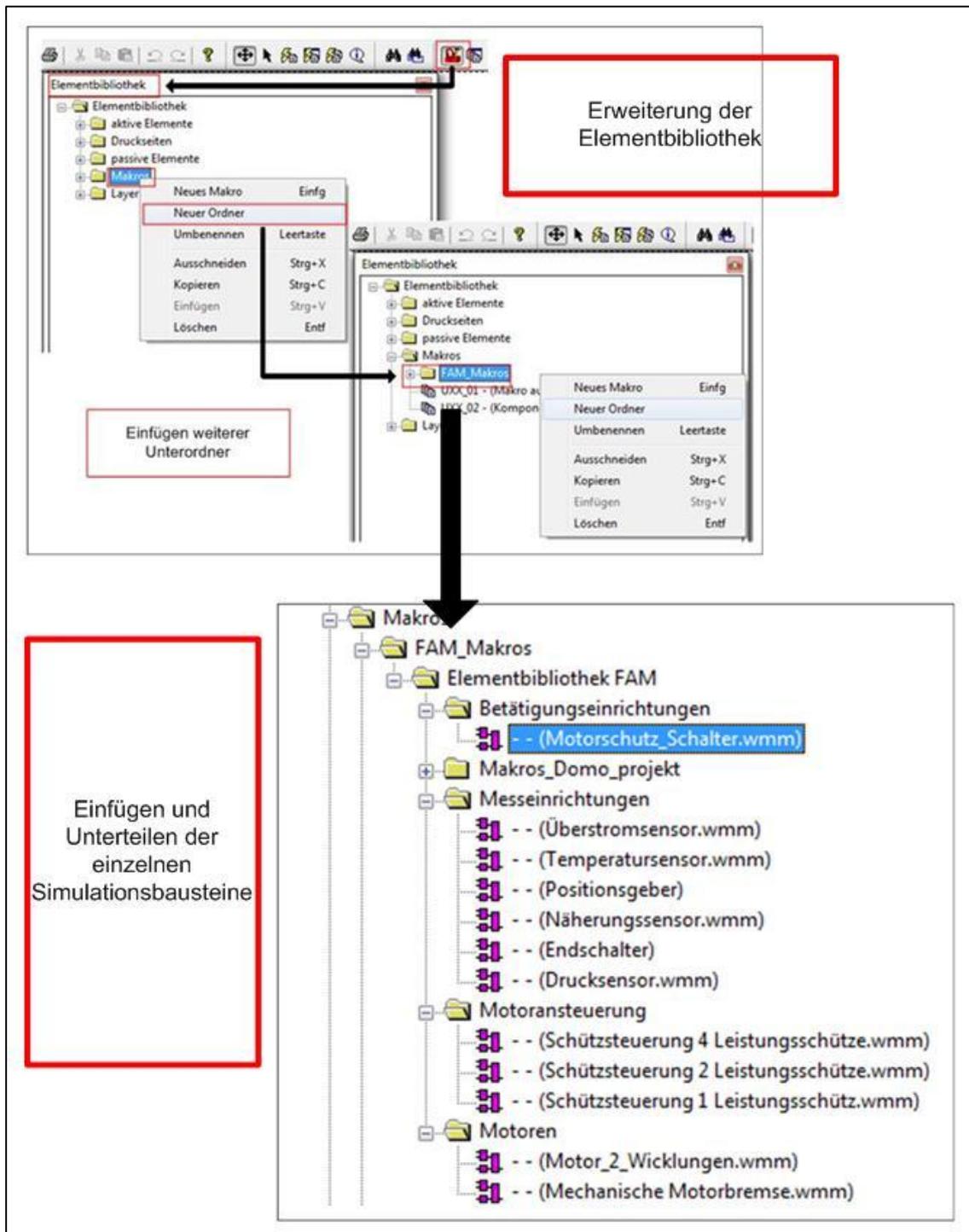


Abbildung 4.22: Erstellung der Bausteinbibliothek

5 Virtuelle Inbetriebnahme einzelner Antriebssysteme

Die virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) einer kompletten Förderanlage setzt voraus, dass alle Antriebssysteme abgebildet sind und das vollständige Steuerungsprogramm zur Verfügung steht. Die Überprüfung der Steuerungssoftware durch das Prüfverfahren findet folglich erst im Anschluss der Entwicklungsphase statt, wie in der Abbildung 5.1 gezeigt wird.

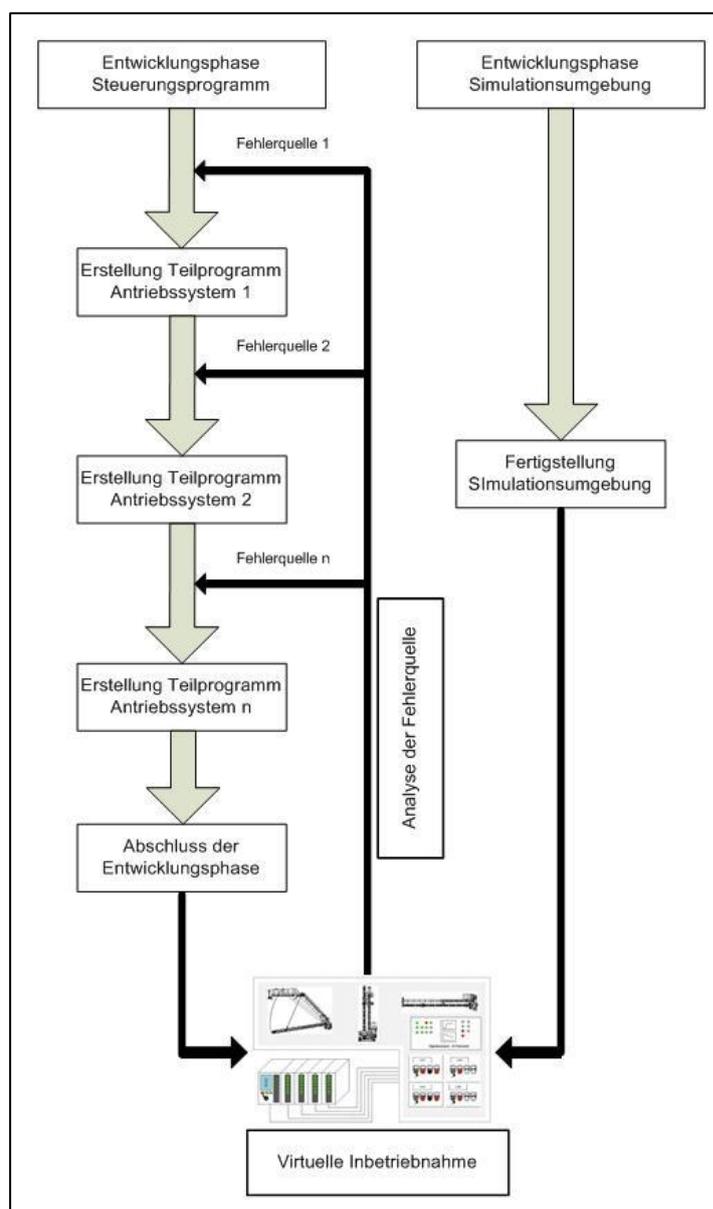


Abbildung 5.1: VIBN am Ende der Entwicklungsphase

Wird die virtuelle Inbetriebnahme durchgeführt und ein fehlerhaftes Verhalten der Software festgestellt, ist die Lokalisierung der Fehlerquellen aufwendig. Die Schwierigkeit der Fehleranalyse besteht darin, dass die verschiedenen Programmteile miteinander kooperieren und nicht eigenständig arbeiten. Ein fehlerhafter Betriebszustand kann durch verschiedene Programmteile verursacht werden.

Abhilfe bei dieser Problemstellung kann durch eine frühzeitige Integration der virtuellen Inbetriebnahme bereits in die Entwicklungsphase geschaffen werden. Die einzelnen Teilprogramme werden mit einer virtuellen Inbetriebnahme einzelner Antriebssysteme überprüft, wie in der Abbildung 5.2 gezeigt wird.

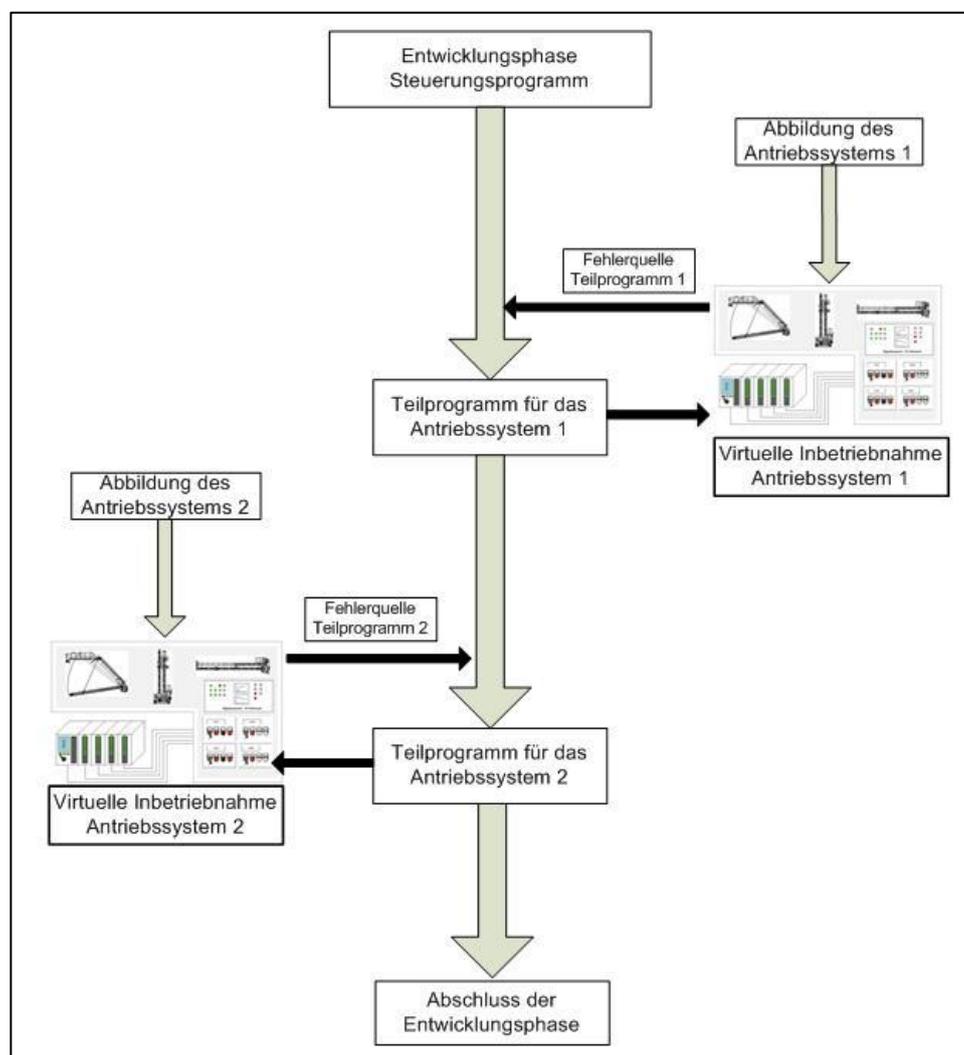


Abbildung 5.2: VIBN während der Entwicklungsphase

Bei dieser Variante können die aufgedeckten Softwarefehler sofort dem fehlerhaften Teilprogramm zugeordnet werden. Des Weiteren wird die Übertragung von fehlerhaften Bedingungen oder Werten in andere Programmteile vermieden.

In dem folgenden Kapitel soll der Aufbau und die Funktionsüberprüfung einer virtuellen Inbetriebnahme einzelner Antriebssysteme betrachtet werden.

Begonnen wird mit der Auswahl des Antriebssystems, einer typischen FAM-Förderanlage. Das System wird beschrieben und das zu überprüfende Teilprogramm vorgestellt. Der Aufbau einer virtuellen Teilinbetriebnahme wird anschließend durchgeführt.

Der Aufbau beinhaltet die Kopplung zwischen Teilprogramm und Simulationsumgebung sowie die Funktionsabbildung des Antriebssystems in Verbindung mit den im Vorfeld erstellten Simulationsbausteinen. Die Überprüfung des Teilprogramms mit einer VIBN schließt das Kapitel ab.

5.1 Auswahl des Antriebssystems und Teilprogramms

5.1.1 Antriebssystem

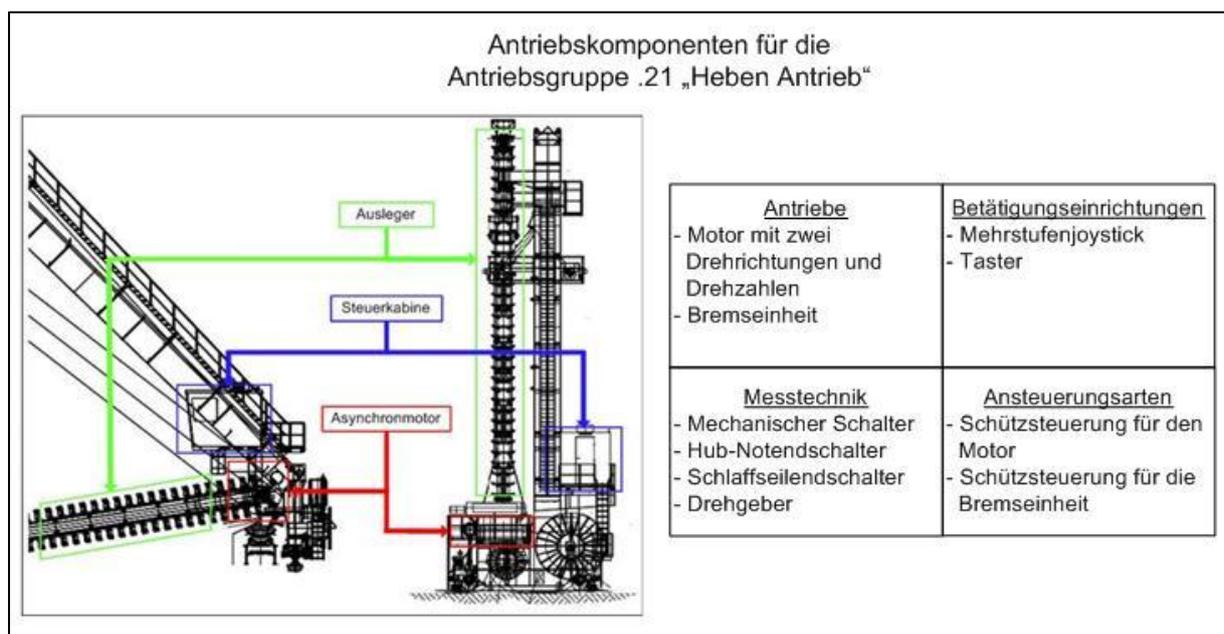


Abbildung 5.3: Eingesetzte Antriebskomponenten und Einsatzort [2]

Für die virtuelle Inbetriebnahme wird das Antriebssystem .21 „Heben Antrieb“ eines Halbportalkratzers ausgewählt. Dieses System ist für das Anheben und Absenken des Auslegers zuständig.

Die Hubfunktion wird über einen Windenantrieb realisiert, der einen polumschaltbaren Bremsmotor besitzt. Die Ansteuerung des Bremsmotors wird über Schütze realisiert, die ihre Steuerbefehle von einer SPS bekommen.

Über einen Mehrstufenjoystick wird die Hub- und Senkbewegung des Auslegers sowie die Geschwindigkeit bestimmt. Die verschiedenen Betriebsarten werden über einen Drehschalter eingestellt. In der Betriebsart „verriegelter Handbetrieb“ kann über einen Taster der Ausleger automatisch abgesenkt werden. Der Taster „Beipass“ überbrückt in der Betriebsart „Reparatur“ die Sicherheitsendschalter und ein Not-Aus-Drucktaster stoppt in jeder Betriebsart die Hubfunktion. Die behobenen Fehlerzustände der Anlage werden über einen weiteren Taster quittiert.

Für die Überwachung der Antriebsgruppe werden verschiedene Sicherheitseinrichtungen eingesetzt, die in der Tabelle 5.1 aufgelistet und beschrieben werden. Sie sind über digitale und analoge Profibus-DP-Baugruppen mit der SPS verbunden. Der Aufbau der Anlage und die verschiedenen Antriebskomponenten werden in der Abbildung 5.3 gezeigt.

Geber	Beschreibung
mechanischer Schalter Bremsen offen	Überwacht die Stellung der Bremse und ist mit der Antriebsansteuerung verriegelt.
Hub-Notendschalter	Rollenhebel-Endschalter: Sie dienen der Abschaltung der Hubwinde in den Endlagen oben und unten.
Drehgeber	Absolutwertgeber: Er dient zur Erkennung der absoluten Winkelposition des Auslegers.
Schlaffseilendschalter	Wippe mit Endschalter: Er dient der Erkennung eines Schlaffseils am Windenantrieb und ist mit diesem verriegelt. Bei der Schlaffseilerkennung wird der Windenantrieb ausgeschaltet.

Tabelle 5.1: Eingesetzte Überwachungseinrichtungen [3]

5.1.2 Teilprogramm

Das Teilprogramm setzt sich aus den folgenden Programmbausteinen zusammen:

- Funktionsbausteine der Antriebsgruppe .21
- FC 210; Allgemein (beinhaltet Einschaltfreigaben)
- FC 211; Ein/Aus (beinhaltet die verschiedenen Betriebsarten)

- FC 212; Hilfsantriebe (beinhaltet Bremse)
- FC 213; Fehler (beinhaltet alle Fehlermeldungen, die in der Gruppe auftreten können)
- FC 215; Virt. Endschalter (beinhaltet die virtuellen Grenzschalter und Grenzwerte)
- FC 216; Winkelberechnung (Skalierung und Umrechnung von technologischen Werten)
- FC 217; Synchronisation (beinhaltet die Synchronisation der Encoder)

Diese Bausteine enthalten alle Softwarefunktionen, die durch eine virtuelle Inbetriebnahme überprüft werden sollen. Die nachfolgenden Bausteine sind antriebsgruppenunabhängig und werden für die Kopplung und Überprüfung der Teilprogramme benötigt.

- Funktionsbaustein „General“

Dieser Baustein arbeitet antriebsgruppenübergreifend und steuert allgemeine Bedingungen (Einschaltbedingungen, Bildung der Betriebsarten). Mit ihm werden die verschiedenen Betriebsarten der Förderanlage aktiviert.

- Funktionsbaustein „Inputlink“

Dieser Baustein dient als Schnittstelle zwischen den eingehenden Signalen der Anlagenkomponenten und den entsprechenden Softwarebausteinen.

- Funktionsbaustein „Outputlink“

Dieser Baustein dient als Ausgangsschnittstelle. Alle Steuerbefehle der Software werden über ihn an die entsprechenden Ausgangsadressen der Anlagenkomponenten weitergeleitet.

5.2 Aufbau der Simulationsumgebung

In den folgenden Teilabschnitten wird die Kopplung der Simulations- und Steuerungssoftware sowie die Abbildung der Antriebsgruppe .21 beschrieben und anhand von Beispielen erläutert.

Begonnen wird mit der Kopplung der Systeme. Diese liefert alle benötigten Ein- und Ausgangsadressen, die für den Signalaustausch zwischen den Simulationsbausteinen und dem Steuerungsprogramm benötigt werden. Anschließend wird eine Nachbildung der Antriebsfunktionen durchgeführt.

5.2.1 Kopplung der Simulationsumgebung und PLCSIM

Um die Steuerungssoftware mit dem Simulationsprogramm zu koppeln, muss zuerst eine Treiberkonfiguration im WinMOD-Projektfenster durchgeführt werden. Es können verschiedene Peripherie-Treiber eingebunden werden, je nach Lizenzstatus des Simulationsprogrammes. In dieser Arbeit wird die Anschaltung eines A750-PLCSIM-Treibers durchgeführt. Die Einbindung des verwendeten Treibers wird in der Abbildung 5.4 durchgeführt.

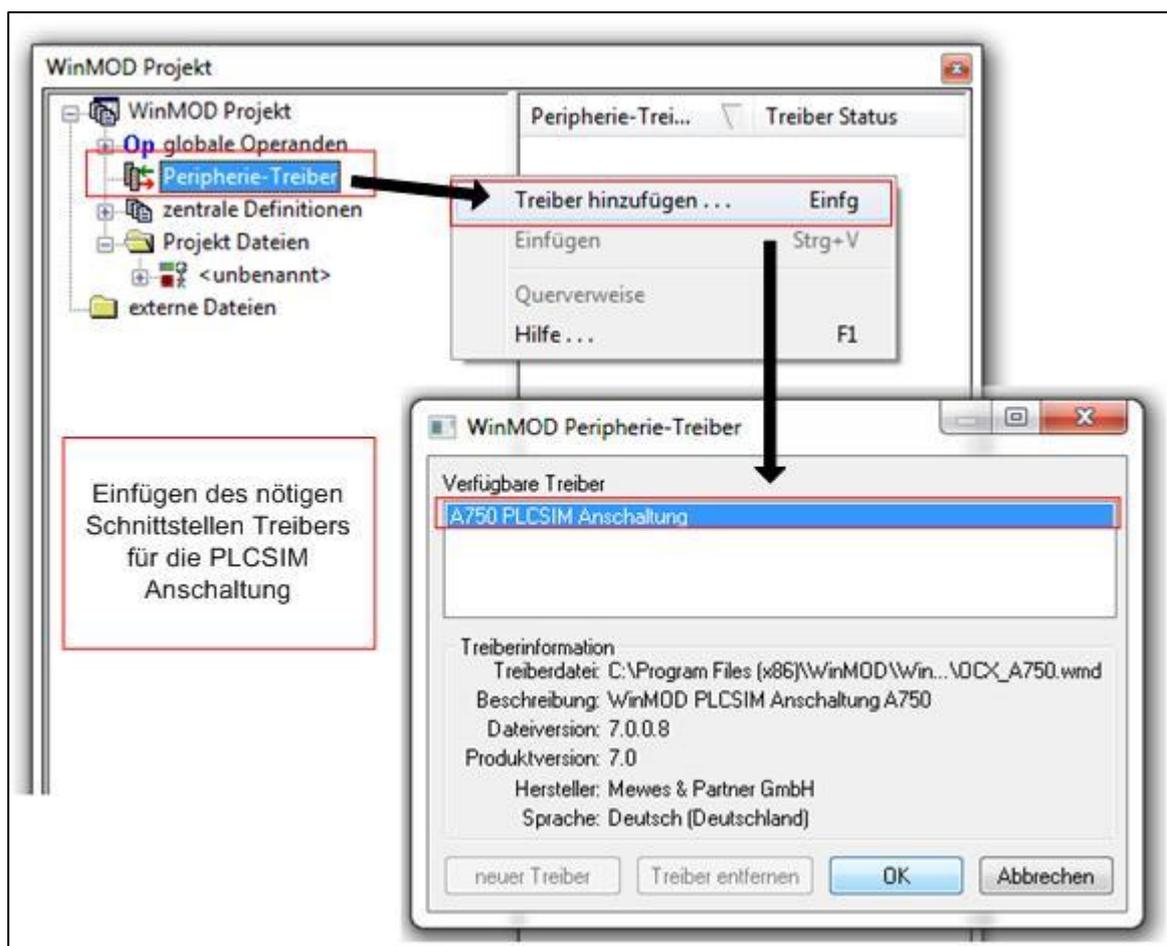


Abbildung 5.4: Anschaltung des PLCSIM-Treibers

Im nächsten Schritt wird die Hardwarekonfiguration des zu koppelnden SPS-Systems importiert. Das wird, wie in der Abbildung 5.5 gezeigt, über die Einbindung einer cfg-Datei realisiert. Diese enthält alle eingesetzten Peripheriebaugruppen des Steuerungssystems. Damit stehen alle Adressbereiche der Peripheriebaugruppen der Simulationsumgebung zur Verfügung.

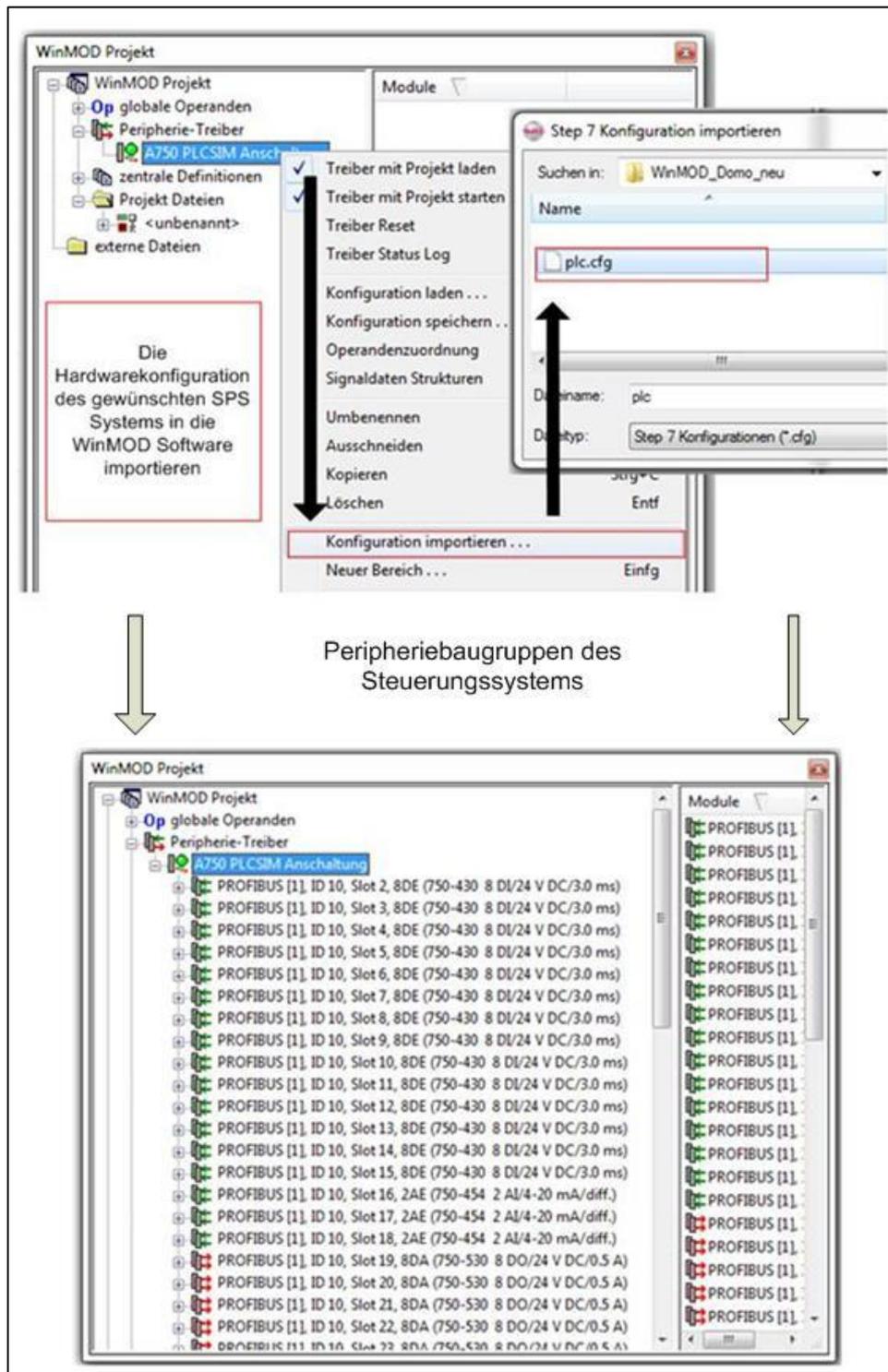


Abbildung 5.5: Import der Peripheriebaugruppen

5.2.2 Nachbildung der Antriebsfunktionen

Für die Funktionsabbildung der Antriebsgruppe werden verschiedene standardisierte Simulationsbausteine eingesetzt. Diese Bausteine bilden bereits verschiedene Antriebsfunktionen ab. Sie werden an die gewünschten Funktionen angepasst und

miteinander kombiniert. Welche Funktionen die einzelnen Bausteine abbilden und wie sie kombiniert werden, wird in den folgenden Teilabschnitten genau beschrieben.

Teilfunktion Motor

Hier werden jetzt die benötigten Antriebsfunktionen nachgebildet, die für den Bewegungsablauf der Hub- und Senkfunktion des polumschaltbaren Bremsmotors benötigt werden.

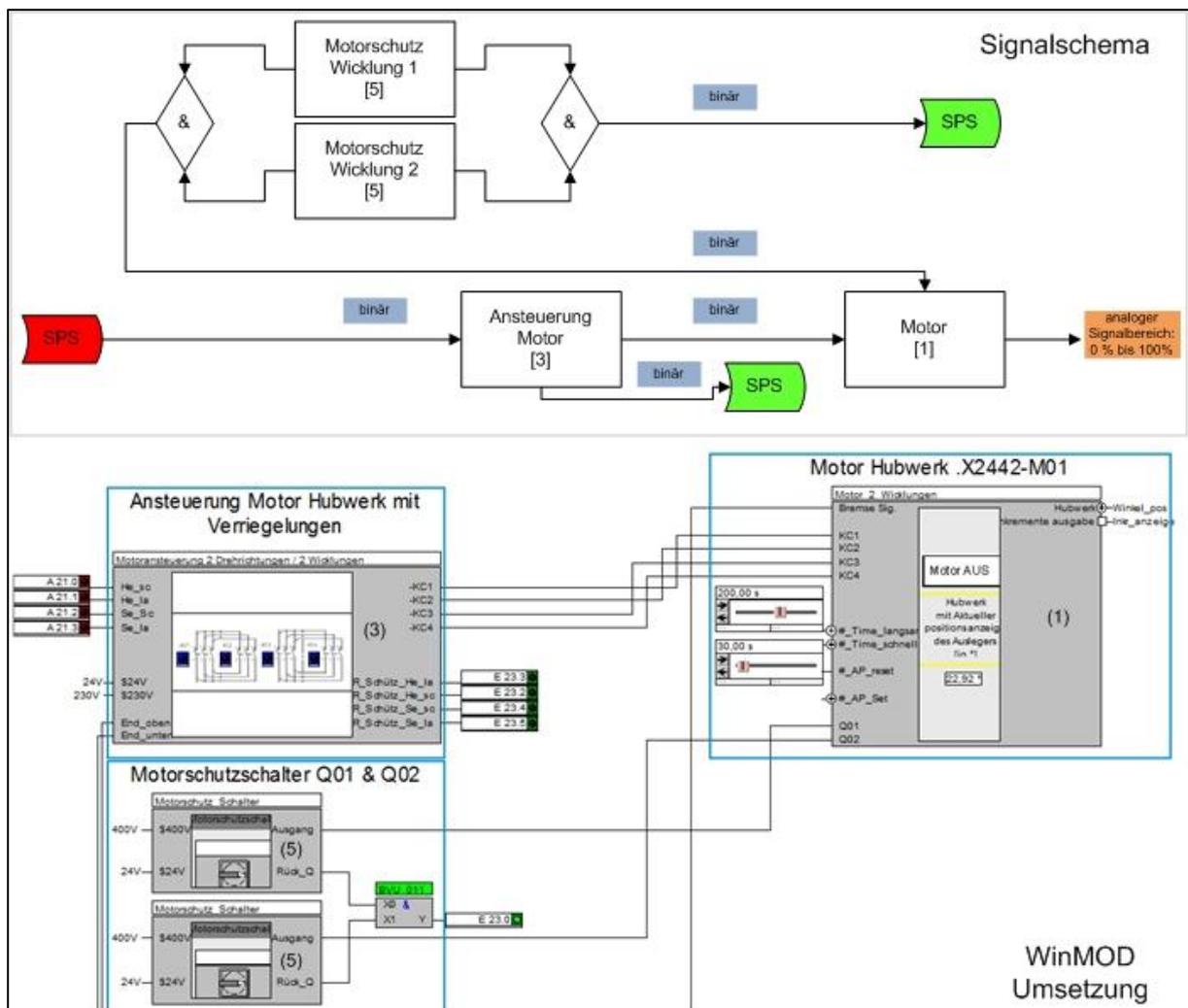


Abbildung 5.6: Teilfunktion Motor

Die Abbildung der Motorfunktion erfolgt wie in der Abbildung 5.6 gezeigt. Der Motorbaustein (1) erhält über seine binären Eingangssignale die Steuerbefehle aus dem Schützbaustein (3).

Der Schützbaustein (3) erhält seine Steuersignale von der SPS und sendet über die Hilfskontakte der Ausgangseite Signale an die SPS zurück, die Informationen über den internen Zustand enthalten.

Die Motorschutzbausteine (5) werden mit dem Motorbaustein (1) verbunden und simulieren die Betriebsspannung der Wicklungen. Sie senden ihren Schaltstatus über einen Rückmeldeausgang an die SPS.

- Motorbaustein (1)

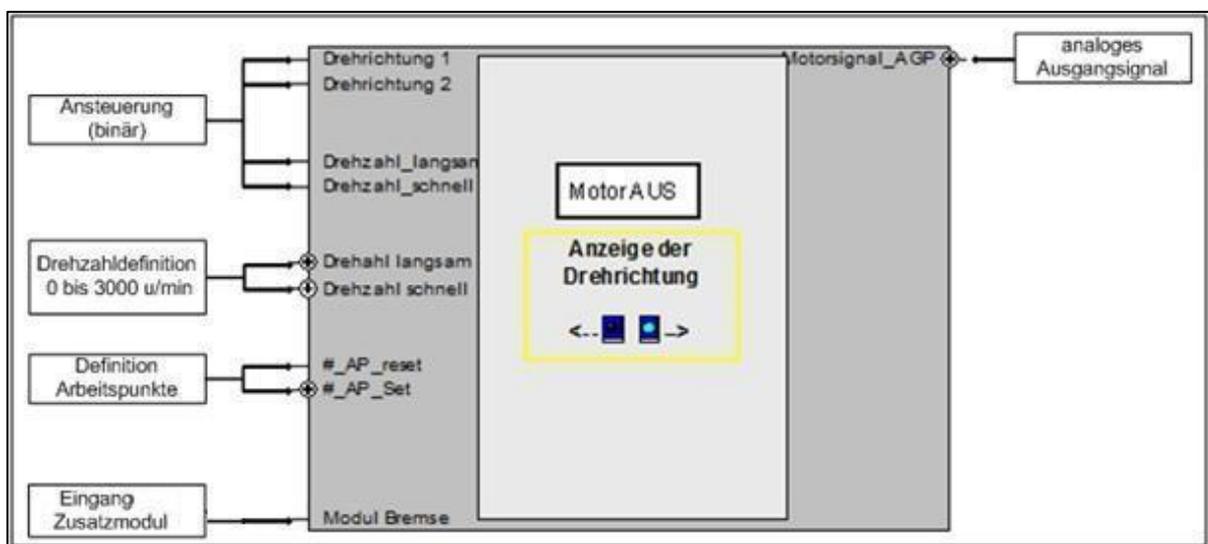


Abbildung 5.7: Simulationsbaustein „Motor_2_Wicklungen“

Der in der Abbildung 5.7 gezeigte Baustein simuliert das Anlauf- und Bremsverhalten eines Asynchronmotors für verschiedene Drehrichtungen sowie Drehzahlen.

Die binären Steuereingänge dienen dazu, die zwei Drehrichtungen und Drehzahlen zu aktivieren. Die verschiedenen Drehgeschwindigkeiten der beiden Wicklungen werden über die analogen Eingänge „Drehzahl langsam“ und „Drehzahl schnell“ definiert. Dafür steht ein Drehzahlbereich von 0 bis 3000 U/min zur Verfügung.

Mit Hilfe der Eingänge „#_AP_reset“ und „#_AP_Set“ kann ein Arbeitspunkt definiert werden, von dem aus der Baustein starten soll (Drehzahlwert). Über den Zusatzeingang „Modul_Bremse“ kann eine externe Bremsenheit oder Sicherheitsfunktion integriert werden. Dieser binäre Eingang ist den Steuerungseingängen übergeordnet und stoppt den Motorbaustein bei einem „0“-Signal.

Der Ausgang „Motorsignal_AGP“ liefert ein analoges Signal mit PT1-Verhalten, das einen logischen Wertebereich von 0 % bis 100 % in einen physikalischen Wertebereich von 0 U/min bis 3000 U/min umwandelt.

- Ansteuerung Motor (3)

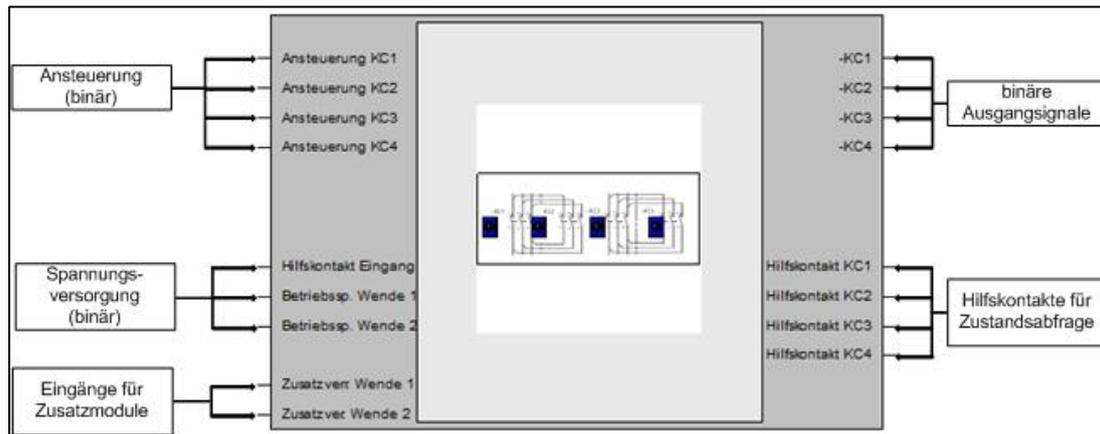


Abbildung 5.8: Simulationsbaustein „Schützschaltung 4 Leistungsschütze“

Der Simulationsbaustein „Schützschaltung 4 Leistungsschütze“ (siehe Abbildung 5.8) bildet eine doppelte Wendeschützschaltung mit vier Leistungsschützen inklusive Verriegelung ab. Die Eingangssignale „Ansteuerung KC1 bis KC4“ simulieren die Steuerspulen der vier Schütze. Die Eingänge für die Spannungsversorgung werden mit ihrer Hilfe auf die Ausgänge KC1 bis KC4 weitergeleitet. Über die Eingänge „Zusatzverr. Wende 1 und Wende 2“ können weitere Verriegelungen oder Sicherheitseinrichtungen von anderen Bausteinen integriert werden. Es handelt sich bei allen Eingängen um binäre Signale.

Die binären Ausgangssignale werden in Abhängigkeit der Steuerungseingänge (Ansteuerung KC1 bis KC4) aktiv geschaltet, womit ein „Anziehen“ der Haupt- und Hilfskontakte simuliert wird. Die interne Verriegelung ist so aufgebaut, dass unabhängig von der Anzahl aktiver Steuereingänge nur ein Ausgang (KC1 bis KC4) aktiv ist. Die binären Hilfskontakte der Ausgangsseite liefern Auskunft über den internen Schaltzustand der einzelnen simulierten Hauptschütze.

- Motorschutz (5)

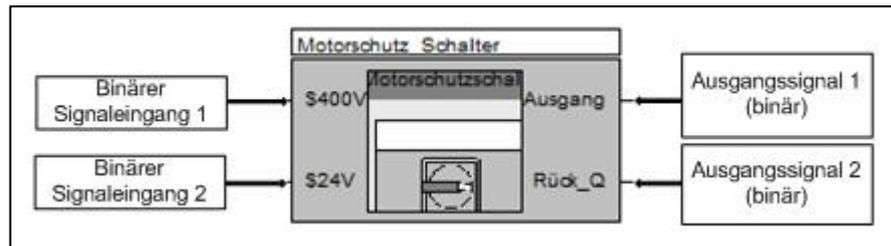


Abbildung 5.9: Simulationsbaustein „Motorschutzschalter“

Der in der Abbildung 5.9 gezeigte Baustein simuliert das Verhalten eines Motorschutzschalters. Die binären Eingänge simulieren die anliegenden Betriebsspannungen. Die binären Ausgangssignale leiten die Eingangssignale bei Betätigung der Schaltfläche aus dem Baustein heraus, wo sie mit anderen Elementen verbunden werden können.

Teilfunktion Bremse

Hier wird jetzt die Bremsfunktion des Windenmotors abgebildet. In Verbindung mit der Teilfunktion 1 entsteht dadurch die vollständige Nachbildung des benötigten polumschaltbaren Bremsmotors.

Die Realisierung der Bremsfunktion erfolgt, wie in der Abbildung 5.10 gezeigt wird. Der Baustein Bremse (2) liefert ein binäres Ausgangssignal, das mit dem Motorbaustein (1) verbunden wird. Die Kombination der zwei Bausteine simuliert einen polumschaltbaren Bremsmotor. Die Ansteuerung der Bremse erfolgt durch den Baustein (4) über ein binäres Signal.

Der Baustein (4) wird über eine Ausgangsbaugruppe der SPS gesteuert. Die Simulation der Spannungsversorgung wird mit dem Motorschutzbaustein (5) realisiert. Eine genaue Beschreibung der eingesetzten Bausteine wird im Folgenden durchgeführt.

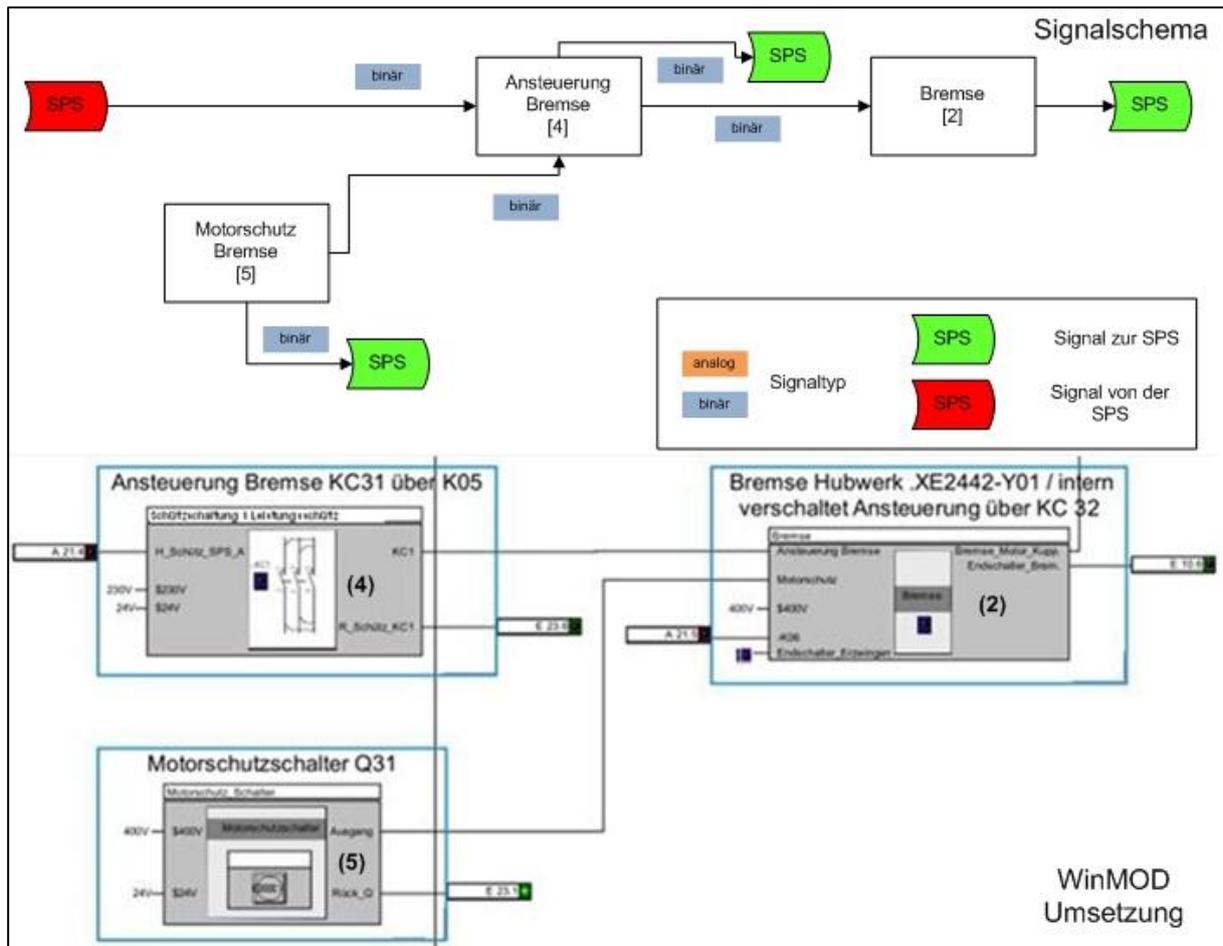


Abbildung 5.10: Teilfunktion Bremse

- Bremseinheit (2)

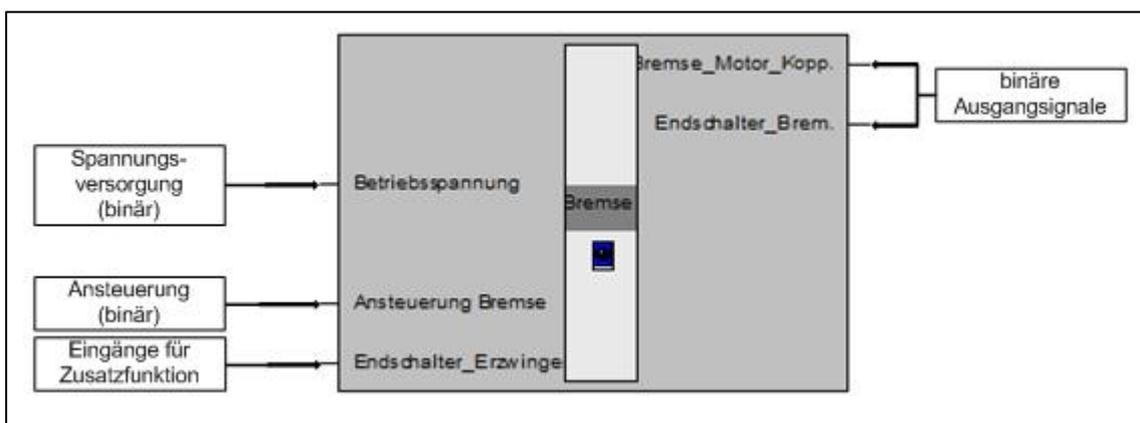


Abbildung 5.11: Simulationsbaustein „Bremseinheit“

Der Baustein „Bremseinheit“ (siehe Abbildung 5.11) kann für die Simulation einer mechanischen oder elektrischen Bremse eingesetzt werden.

Die Ansteuerung der Bremse erfolgt über den Eingang „Ansteuerung Bremse“. Die Betriebsspannung wird über den Eingang „Spannungsversorgung“ simuliert. Die Zusatzfunktion „Endschalter_Erzwingen“ kann eingesetzt werden, um den Baustein unabhängig der Steuerbefehle auslösen zu lassen (Bremse schließt).

Der Ausgang „Bremse_Motor_Kopp.“ liefert ein binäres Signal, was den Zustand der Bremse (offen oder geschlossen) simuliert. Ein „1“-Signal am Ausgang „Endschalter_Brem.“ signalisiert eine erzwungene Auslösung der Bremse.

- Ansteuerung Bremse (4)

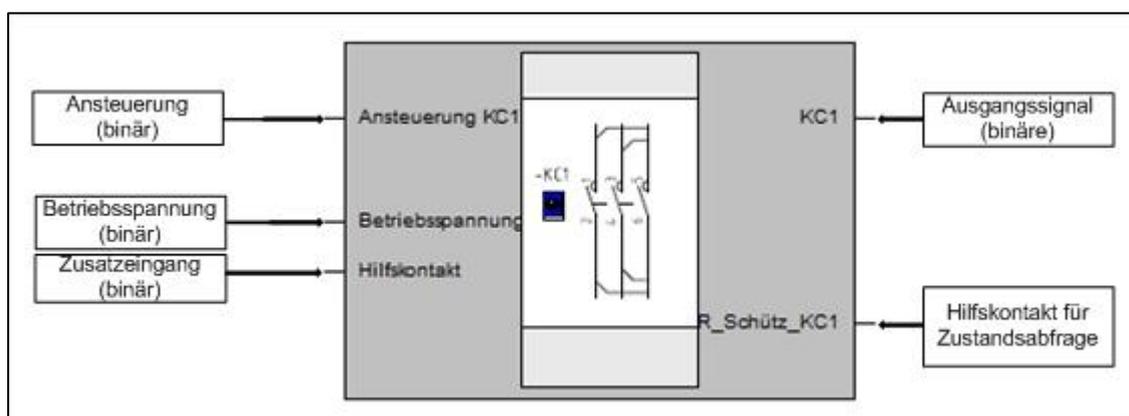


Abbildung 5.12: Simulationsbaustein „Schützschaltung 1 Leistungsschütz“

Die Funktion des Simulationsbausteins „Schützschaltung 1 Leistungsschütz“ (siehe Abbildung 5.12) besteht darin, eine Ansteuerung über ein Leistungsschütz mit Hilfskontakt zu simulieren.

Der Eingang „Ansteuerung KC1“ simuliert die Steuerspule des Leistungsschützes und schließt die simulierten Schaltkontakte. Die Betriebsspannung wird über ein „1“-Signal am Eingang „Betriebsspannung“ simuliert und ein zusätzlicher Hilfskontakt durch den Eingang „Hilfskontakt“.

Liegt ein „1“-Signal am Steuereingang und Spannungseingang an, simuliert dieser Ausgang durch ein „1“-Signal die geschlossenen und spannungsführenden Schaltkontakte des Schützes. Der Ausgang „R_Schütz_KC1“ liefert ein binäres Signal, das Auskunft über den simulierten Schaltzustand des Schützes liefert.

Mechanische Anlagenüberwachung

Im Folgenden werden alle benötigten mechanischen Sicherheitseinrichtungen des Antriebssystems abgebildet.

- Sicherheitsendschalter

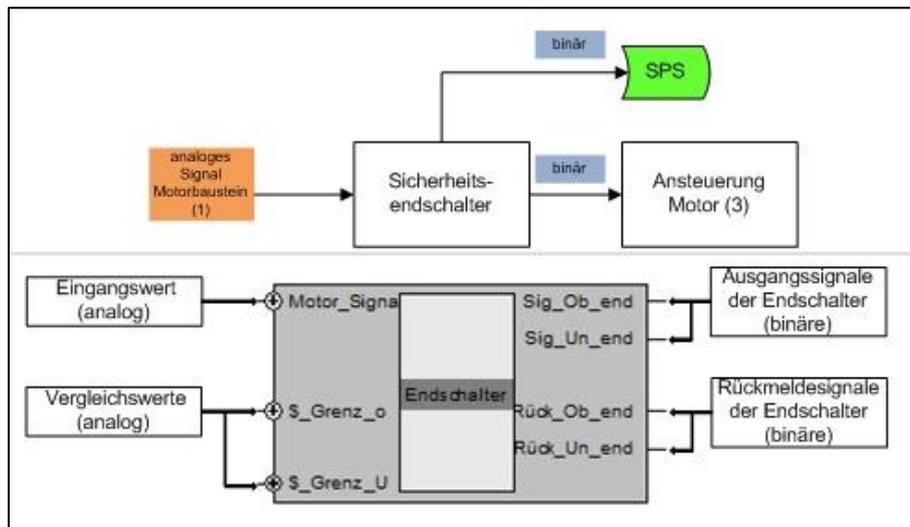


Abbildung 5.13: Simulationsbaustein „Endschalter“

Die Sicherheitsendschalter werden hardwaretechnisch ausgelöst und sind den softwaretechnischen Schutzfunktionen übergeordnet. Bei Betätigung wird der Betrieb des Hubwerkes sofort gestoppt. Sie werden durch den in der Abbildung 5.13 dargestellten Baustein „Endschalter“ umgesetzt.

Der Baustein vergleicht das analoge Ausgangssignal des Motorbausteins (Winkel_pos) mit festgelegten Grenzwerten (analoge Werte in der Einheit Grad [°]). Werden diese Grenzwerte über- oder unterschritten, trennt der Baustein über die Ausgänge „Sig_Ob_end“ oder „Sig_Un_end“ die simulierten Steuerschütze von dem Betriebsspannungssignal und der Motor stoppt.

- Schlaffseilendschalter

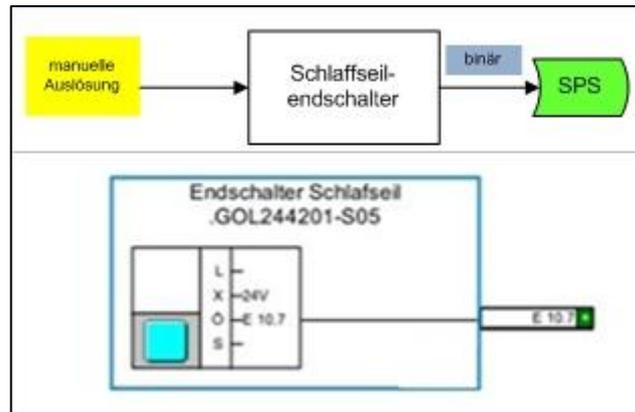


Abbildung 5.14: Nachbildung Schlaffseilendschalter

Der Schalter überwacht die Seilspannung der Winde und löst aus, sobald das Gewicht des Auslegers nicht mehr vom Seil getragen wird (Ausleger liegt auf). Die Umsetzung des Schalters wird durch das Simulationselement „HIL_01“ realisiert. Über ein binäres Signal wird der Zustand des Endschalters mit der SPS verknüpft, wie die Abbildung 5.14 zeigt. Die Signaländerung erfolgt durch Betätigung der Eingangsadresse.

Messtechnische Anlagenüberwachung

Hier werden jetzt alle benötigten Messsysteme des Antriebssystems abgebildet.

- Überlastschutz

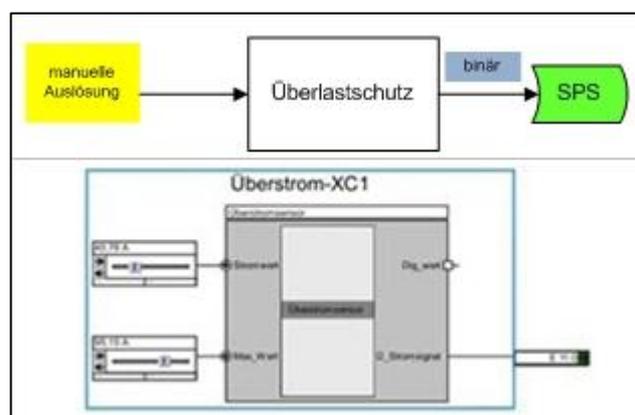


Abbildung 5.15: simulationsbaustein „Überstromschutz“

Die Überlast wird mit Hilfe eines Stromwandlers überwacht. Dieser ermittelt den Stromwert in der Zuleitung des Antriebsmotors. Überschreitet der Motorstrom einen bestimmten Wert, wird der Motor über die Steuerungssoftware abgeschaltet.

Die Abschaltung wird mit einem binären Signal realisiert, das über eine Eingangsadresse an die Software geleitet wird. Das Signal wird mit Hilfe des Bausteins „Überstromschutz“ (Abbildung 5.15) erzeugt. Der Baustein vergleicht zwei analoge Signale (Einheit in Ampere [A]) miteinander. Ein Signal simuliert den Motorstrom und das andere den Grenzwert des Stromwandlers. Überschreitet der Wert des Motorstroms den des Grenzwertes, löst der Baustein aus.

- Temperaturschutz des Bremsmotors

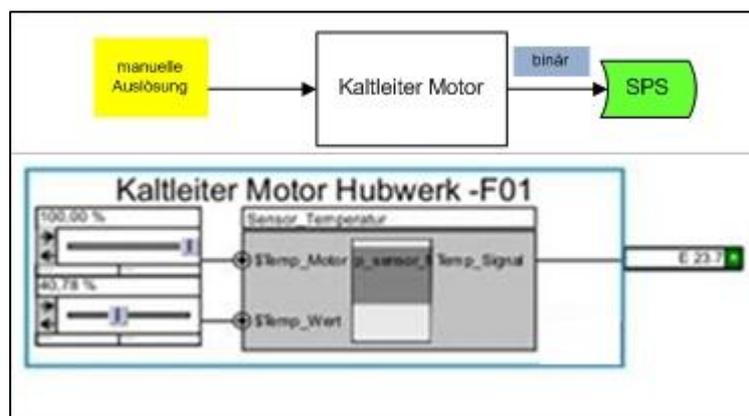


Abbildung 5.16: Simulationsbaustein „Temperaturschutz“

Der Kaltleiter des Motors liefert einen von der Wicklungstemperatur abhängigen analogen Wert (Spannung oder Strom). Dieser wird in einem Steuergerät mit einem definierten Grenzwert verglichen. Bei Überschreitung des Grenzwertes wird über einen Schaltkontakt ein Signal an die SPS übertragen und der Motor abgeschaltet.

Diese Funktion wird mit dem Simulationsbaustein „Temperaturschutz“ erzielt. Das Prinzip ist dem des Bausteins „Überstromschutz“ gleich, jedoch erhalten die analogen Signale die Einheit Grad Celsius [°C]. Der Aufbau erfolgt, wie in der Abbildung 5.16 gezeigt wird.

- Drehgeber

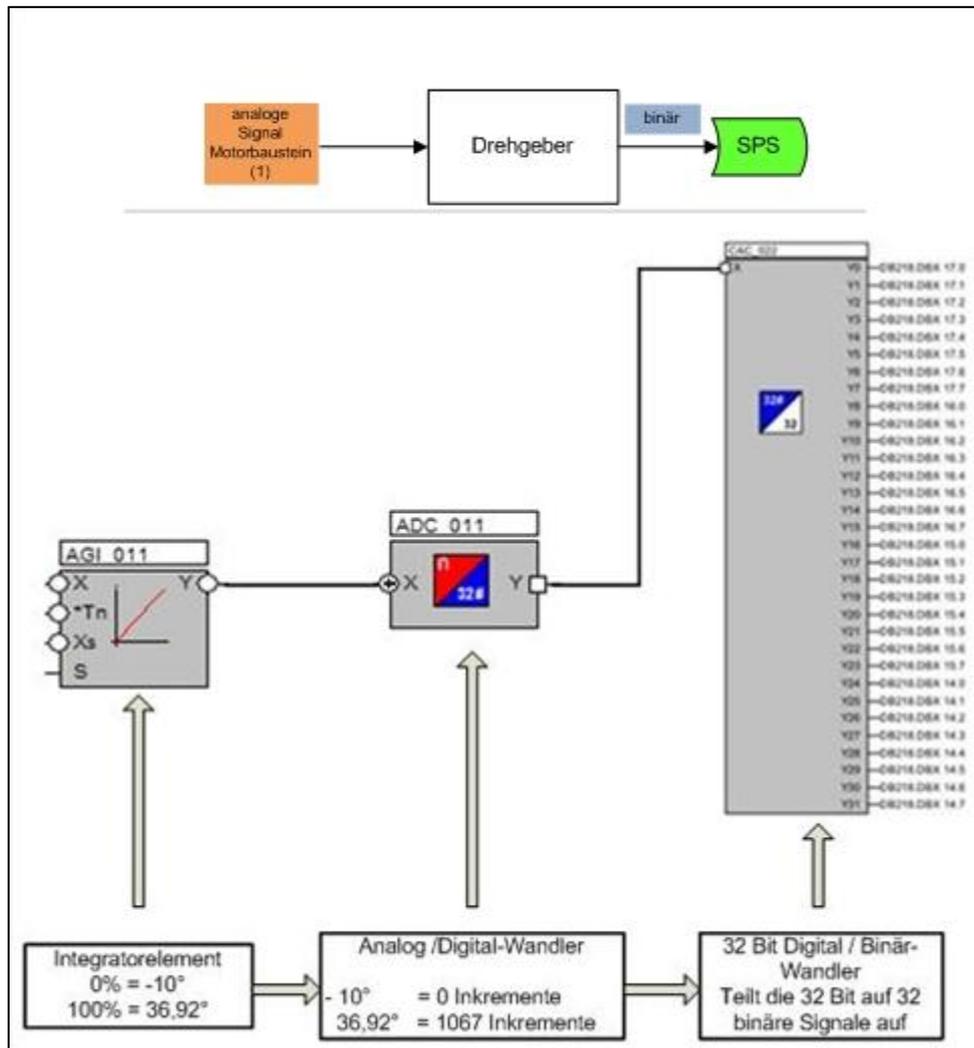


Abbildung 5.17: Nachbildung Drehgeber

Der aktuelle Auslegerwinkel wird mit Hilfe eines Multiturn-Absolutwertgebers erfasst. Dieser besitzt eine Auflösung von 16 Bit. Für die Winkelerfassung werden jedoch nur 13 Bit eingesetzt. Damit ist eine maximale Auflösung von 8192 Inkrementen pro Umdrehung (360°) möglich. Das entspricht einer Darstellung von $0,0439^\circ$ pro Inkrement.

Die Umsetzung des Drehgebers erfolgt, wie in der Abbildung 5.17 gezeigt wird. Das Integratorelement „AGI_01“ erfasst das analoge Ausgangssignal des Motorbausteins „Motor_2_Wicklungen“ und wandelt den Wertebereich 0 % bis 100 % in einen Winkelbereich von -10° bis $36,92^\circ$ um. Dieses Signal wird dann in einem „ADC_01“-Element in einen inkrementellen Wert umgerechnet.

-10° entsprechen einem inkrementellen Wert von 0.

36,92° entsprechen einem inkrementellen Wert von 1067.

Dieser digitale Wert wird anschließend mit Hilfe eines Digital-/Binär-Wandlers in 32 einzelne Binär-Signale aufgeteilt, um die nötigen Signale an die SPS-Schnittstelle zu übertragen.

Betätigungseinheiten

Hier werden alle benötigten Betätigungseinrichtungen der Steuerungskabine nachgebildet, die für die Eingabe der verschiedenen technologischen Vorgänge des Antriebssystems benötigt werden.

- Mehrstufenjoystick

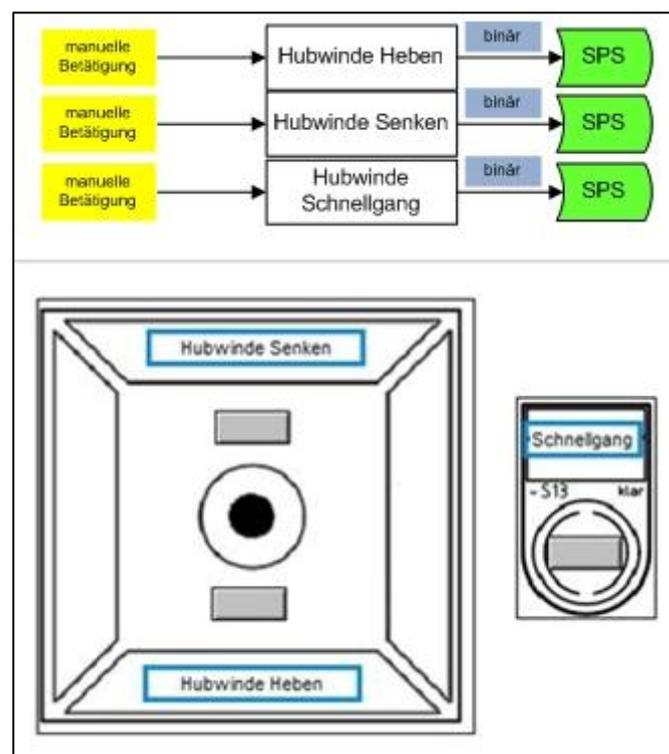


Abbildung 5.18: Nachbildung Mehrstufenjoystick

Der Mehrstufenjoystick wird mit drei „HMI_01“-Elementen nachgebildet. Die Schaltelemente erhalten rastende Schließerkontakte und eine grafische Anpassung an die eingesetzten Bedienfelder der Anlage. Die grafische Anpassung wird über „Metadatei“-Elemente realisiert. Der Mehrstufenjoystick wird in der Abbildung 5.18 dargestellt.

- Drehschalter

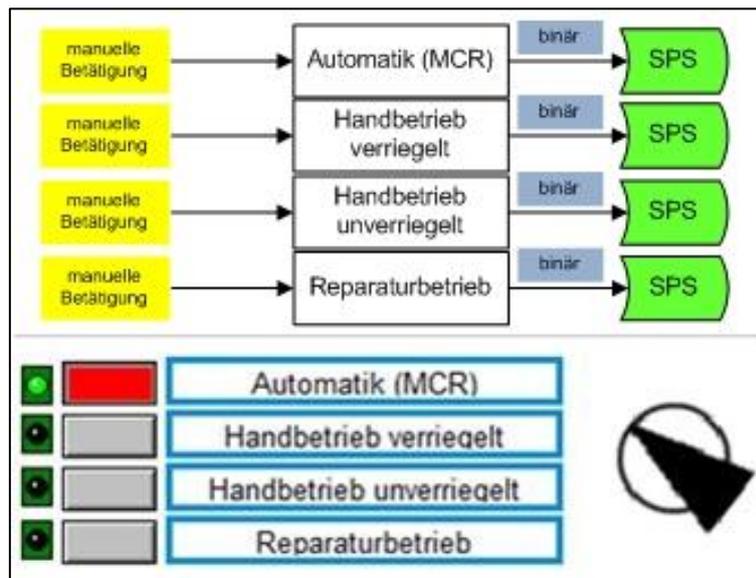


Abbildung 5.19: Nachbildung Drehschalter

Die Umsetzung des Drehschalters erfolgt, wie in der Abbildung 5.19 gezeigt wird. Für die verschiedenen Betriebsarten werden vier „HMI_01“-Elemente eingesetzt. Diese Elemente erhalten eine rastende Schaltfunktion und behalten ihren Schaltzustand bis zur nächsten Betätigung bei. Ein zusätzliches Grafikelement (BDI_01) realisiert die optische Anpassung an den realen Drehschalter.

- Taster

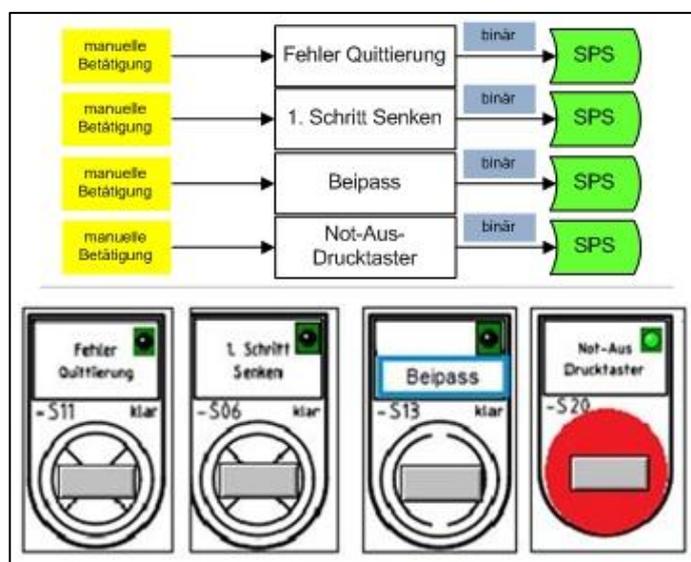


Abbildung 5.20: Nachbildung Taster

Die Taster „Fehler Quittierung“, „1 Schritt senken“ und „Beipass“ werden als nicht rastende Schließerkontakte umgesetzt. Der Not-Aus-Drucktaster wird als rastender Öffnerkontakt definiert. Alle „HMI_01“-Elemente werden mit Grafiken hinterlegt, die sich an den realen Bedienfeldern orientieren. In der Abbildung 5.20 sind alle eingesetzten Taster mit ihren Signaltypen dargestellt.

Die Abbildung der Antriebsfunktionen ist abgeschlossen und das Steuerungsprogramm gekoppelt. Damit sind alle Voraussetzungen für eine virtuelle Inbetriebnahme gegeben. Im Folgenden wird ein Prüfverfahren aufgezeigt, das die Möglichkeit bietet, die Steuerprogramme während der virtuellen Anlagensimulation zu testen.

5.3 Überprüfung des Teilprogramms durch eine virtuelle Inbetriebnahme

Die Überprüfung erfolgt mit Hilfe eines Prüfprotokolls und der WinMOD-Recorderfunktion. Das Prüfprotokoll (siehe Abbildung 5.21) beinhaltet folgende Punkte:

- Allgemeine Projektangaben

Der Bereich enthält nähere Informationen zu dem Projekt, deren Steuerungsprogramm mit einer virtuellen Inbetriebnahme überprüft werden soll.

- Fahrbefehle

Die Fahrbefehle werden aus der maschinentechnischen Dokumentation entnommen und sind abhängig von der Betriebsart und dem Antriebssystem. Es sind verschiedene Betriebszustände, die bei fehlerfreiem Verhalten von Steuerungssoftware und Anlagenhardware absolviert werden können. Sie werden nacheinander durchlaufen und überprüft.

- Sicherheitsfunktionen

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Überprüfung von Sicherheitsfunktionen. Die eingesetzten Schutzeinrichtungen (zum Beispiel Endschalter oder Überlastschutz) werden im Normalbetrieb ausgelöst, um Störfälle zu simulieren. In diesem Punkt wird kontrolliert, wie sich die Steuerungssoftware bei Störfällen verhält. Welche Schutzeinrichtungen eingesetzt werden und wie sich das Steuerungsprogramm verhalten soll, kann aus den technologischen Beschreibungen und Stromlauplänen der Anlage entnommen werden.

Die verschiedenen Signalverläufe der simulierten Anlagenkomponenten werden während der Überprüfung mit dem WinMOD-Recorder aufgezeichnet. Durch die Aufzeichnung können genaue Aussagen zu den fehlerhaften Funktionen der Steuerungssoftware getroffen werden und die Fehlerquellen im Programm lokalisiert werden. Die Überprüfung wird für jede Betriebsart durchgeführt, die das Fördergerät besitzt.

Die Durchführung einer solchen Überprüfung ist in der Anlage C: Histogramme und Auswertung, Funktionsüberprüfung Antriebssystem .21 dokumentiert.

PRÜFPROTOKOLL NR.: INSPECTION PROTOCOL NO.:		Allgemeine Angaben			
AUFTRAGGEBER CUSTOMER		ORT LOCATION			
ANLAGE PLANT		AUFTRAGSNUMMER COMMISSION NO:			
PROGRAMMIERER SOFTWARE DEVELOPER		DATUM DATE			
TEILPROGRAMM PARTIAL PROGRAMM		ANTRIEBSSYSTEM DRIVE SYSTEM			
BETRIEBSART OPERATION MODE					

FAHRBEFEHL RUN COMMAND	ERGEBNIS RESULT
Fahrbefehle	

SICHERHEITSFUNKTIONEN SAFETY FUNCTIONS		
SCHUTZEINRICHTUNG SAFETY DEVICES	FUNKTION FUNCTION	ERGEBNIS RESULT
	Sicherheitsfunktionen	

Abbildung 5.21: Prüfprotokoll

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Mittelpunkt dieser Bachelorarbeit stand die Entwicklung von standardisierten Simulationsbausteinen, die in Verbindung mit virtuellen Inbetriebnahmen im Bereich der Softwareüberprüfung und Qualitätssicherung von Steuerungsprogrammen eingesetzt werden können.

Dazu wurden Anlagenkomponenten aus den verschiedenen Antriebssystemen erarbeitet und mit der Simulationssoftware abgebildet. Mit den erstellten Simulationsbausteinen wurde ein Antriebssystem nachgebildet und das dazugehörige Steuerungsprogramm durch eine virtuelle Inbetriebnahme überprüft.

Für die Abbildung wurden verschiedene Anlagenkomponenten ausgewählt, mit denen die Grundfunktionen der Antriebssysteme aufgebaut werden können. Die Auswahl geschah über ein Analyse- und Vergleichsverfahren. Die Verfahren bezogen sich darauf, grundlegende Anlagenkomponenten aus den Stromlaufplänen herauszufiltern, durch deren Abbildung die Funktionen der Antriebssysteme virtuell nachgebildet werden können.

Die Abbildung der Anlagenkomponenten geschah durch ein systematisches Ablaufverfahren, das im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurde. Die nötigen Entwicklungsschritte des Verfahrens wurden dazu speziell an der Abbildung einer Anlagenkomponente untersucht und erläutert sowie deren Umsetzung genau beschrieben. Des Weiteren wurde ein Lösungsansatz erarbeitet, um einzelne Simulationsbausteine zu überprüfen und für weitere Anlagensimulationen abzuspeichern.

Die Durchführung einer virtuellen Inbetriebnahme war ebenfalls Teil der Aufgabenstellung. Es wurde untersucht, inwieweit sich das Prüfverfahren in die Entwicklungsphase von Steuerungsprogrammen integrieren lässt. Dazu wurden Betrachtungen bezüglich der Nachbildung und Überprüfung einzelner Antriebssysteme durchgeführt und an einem speziellen Antriebssystem umgesetzt. Das Antriebssystem wurde mit Hilfe der Simulationsbausteine aufgebaut und mit dem dazugehörigen Teilprogramm gekoppelt.

Abschließend wurde ein Funktionstest durchgeführt der ergab, dass Teilprogramme durch die virtuelle Inbetriebnahme des Antriebsystems überprüft werden können.

Betrachtet man abschließend die einzelnen Ergebnisse der Arbeit so wird ersichtlich, dass Grundlagen geschaffen wurden Steuerungsprogramme durch virtuelle Inbetriebnahmen zu überprüfen. Aufbauend auf diesen Grundlagen sind jedoch weitere Untersuchungen nötig, um die Steuerungssoftware stätig zu verbessern und den Qualitätsstandard zu erhöhen.

Im Vordergrund weiterer Betrachtungen sollte dabei die Abbildung weiterer Anlagenkomponenten stehen sowie die Optimierung der Softwareüberprüfung durch weitere Prüfstrategien. Insbesondere die Möglichkeit das Softwareverhalten bei Störfällen und fehlerhaften Betriebszuständen zu überprüfen.

Ein wichtiger Ansatzpunkt könnte dabei die Erarbeitung und Abbildung häufig auftretender Fehlfunktionen sein, die bei vorhandenen Anlagenkomponenten auftreten. Deren Integration in vorhandene Bausteinstrukturen müsste ebenso betrachtet werden, wie die Variante eines reinen Fehlerbausteins. Ebenfalls sind weitere Untersuchungen im Bereich der virtuellen Inbetriebnahmen einzelner Antriebsysteme notwendig, da aufgrund der begrenzten zur Verfügung stehenden Zeit diese nur an einem speziellen Antriebssystem durchgeführt werden konnte.

Quellenverzeichnis

- [1] Denecke, Mathias (04.03.2011): Bachelorarbeit: Vergleich und Anwendung von Simulationsumgebungen zum Test von SPS-Programmen. FAM Förderanlagen und Baumaschinen GmbH, Hochschule Magdeburg-Stendal: Fachbereich Ingenieurwesen und Industriedesign, Institut für Elektrotechnik
 - [2] FAM (24.11.2008): Elektro Schaltbuch DOMO-AS-LEUNA. FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH
 - [3] FAM (04.09.2008): Funktionsbeschreibung: Bedienhandbuch Halbportalkratzer Projekt DOMO Caproleuna. FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH
 - [4] FAM (10.06.2012): Maschinentechnische Dokumentation DOMO Caproleuna. FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH
 - [5] FAM (26.06.2012): Unternehmensprofil. FAM Magdeburger Förderanlagen und Baumaschinen GmbH.
 - [6] Kopfer, Peter (13.10.2010): Ziele, Kosten und Nutzen der „Virtuellen Inbetriebnahme“. URL: http://wiki.zimt.uni-siegen.de/fertigungsautomatisierung/index.php/Ziele,_Kosten_und_Nutzen_der_%E2%80%9EVirtuellen_Inbetriebnahme%E2%80%9C zuletzt geprüft am 29.01.2013
 - [7] Mewes & Partner (2010): WinMOD Softwareprüfung und Prozesssimulation für die Automatisierungstechnik. Handbuch OCA-Bibliotheken
 - [8] Mewes & Partner (2012): WinMOD Softwareprüfung und Prozesssimulation für die Automatisierungstechnik. Handbuch Projektierungsempfehlung
 - [9] Mewes & Partner: WinMOD Softwareprüfung und Prozesssimulation für die Automatisierungstechnik. Handbuch WinMOD-Konfiguration A750
 - [10] Mewes & Partner: WinMOD Softwareprüfung und Prozesssimulation für die Automatisierungstechnik. Handbuch WinMOD-Recorder
 - [11] Mewes & Partner: WinMOD Softwareprüfung und Prozesssimulation für die Automatisierungstechnik. Handbuch WinMOD-Systemsoftware V7.0
 - [12] Wunsch, Georg (18.09.2007): Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme. URL: http://www.iwb.tum.de/iwbmedia/Downloads/Publikationen/iwb_Forschungsberichte/Wuensch.pdf zuletzt geprüft am 29.01.2013
-

Anlagenverzeichnis

Anlage A: WinMOD Simulationsumgebung

Anlage B: WinMOD Simulationsbausteine

Anlage C: Histogramme und Auswertung