

Projektarbeit

Digitaler Zwilling für eine Förderstrecke

Christian Alonso y Gonzalez

Julian Buhl

Erik Freitag

Betreuer: Herr Professor, Dr.-Ing., Dr. sc. techn. S. Zacher
(Hochschule Darmstadt)

Inhaltsverzeichnis

ERKLÄRUNG	II
INHALTSVERZEICHNIS	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
BEGRIFFSVERZEICHNIS	VII
1 AUFGABENBESCHREIBUNG	8
1.1 Motivation der Arbeit	8
1.2 Aufgabenstellung	8
2 KONZEPTIONIERUNG	9
2.1 Grundlage	9
2.2 Anlagenentwurf	9
2.3 Regelstrecke	10
2.4 Controller	10
3 REALISIERUNG & SIMULATION	12
3.1 Grundlage	12
3.2 Realisierung der realen Anlage	12
3.3 Simulation	12
4 PROJEKTMANAGEMENTTOOLS	13
4.1 Stakeholderanalyse	13
4.2 Risikomanagement	14
4.3 Projektplan	16

5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	18
5.1	Zusammenfassung	18
5.2	Fazit, Ausblick und Lessons Learned	18
6	ANHANG	20
6.1	Anhang A: Projektplan	A
6.2	Anhang B: Risikoanalyse	B
6.3	Anhang C: Stakeholder Analyse	C

1 Aufgabenbeschreibung

1.1 Motivation der Arbeit

In der Welt der modernen Automatisierungstechnik ist die Simulation und Visualisierung längst fester Bestandteil von technischen Anlagen. Ergänzt man die erfassten und simulierten Daten um realitätsnahe Abbildungen, entsteht ein vollständiges digitales Abbild, digitaler Zwilling (DigiZwi), der existierenden Anlage.

Im Rahmen des Masterstudiums wurde das Projektteam mit diesem Konzept vertraut gemacht und wir haben uns dazu entschieden, selbst Erfahrungen auf diesem interessanten und komplexen Teilgebiet der Automatisierungs- und Regelungstechnik zu sammeln.

1.2 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung umfasst die Konzeptionierung und Realisierung einer Modellanlage anhand derer die Grundprinzipien eines Digitalen Zwillings veranschaulicht werden können. Bei der Gestaltung der Anlage wird dem Projektteam freie Hand gelassen, es gilt jedoch, folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Abbildung einer Regelstrecke und Regler
- Transportfähigkeit des Modells (Größe ca. ein DIN-A4-Blatt)
- Einhaltung des Budgets von 500€
- Simulation und Design der Anlage in einem 3D Modell mit der Siemens NX (inkl. MCD) Software

2 Konzeptionierung

2.1 Grundlage

Zunächst hat sich das Projektteam daher um einen Anlagenentwurf bemüht, der transportabel, im Rahmen der verfügbaren Zeit und des verfügbaren Budgets umsetzbar ist. Er muss zudem einem gewissen technischen Anspruch genügen, um die wissenschaftlichen Prinzipien zu erläutern, die dem Digitalen Zwilling zugrunde liegen (s. [Abbildung 1: Verfahrensfließbild](#)).

Innerhalb des Projektteams wurde sich auf die Realisierung einer Förderanlage für den Transport von sogenannten SiliBeads verständigt.

Der nächste Schritt in der Konzeptentwicklung besteht darin, die Regelstrecke zu definieren, um mit Hilfe von MatLab einen Regler zu entwerfen, der anschließend im Controller eingesetzt werden soll, um den Prozess und die damit verbundene Regelstrecke zu regeln. Im letzten Schritt wird der passende Controller für die Anlage ausgewählt. Dazu muss betrachtet werden, welche Prozessgeschwindigkeit vorliegt und welche Regelgröße im Prozess geregelt werden sollen, aber auch die Anzahl und Art der Prozess I/Os spielt eine wichtige Rolle. Die Programmiersprache spielt bei der Betrachtung eine untergeordnete Rolle und steht in Abhängigkeit zur Auswahl des Controllers.

2.2 Anlagenentwurf

Die nachgebildete Anlage soll so nah wie möglich einer realen Anwendung entsprechen. Eine gute Variante, Regelungstechnik greifbar zu machen, besteht in der Projektierung einer Förderanlage, die Feststoffe abwägen soll. Die Feststoffe, hier sog. SiliBeads, werden von einem Vorratsbehälter über eine elektrisch angetriebene Förderschnecke auf ein elektrisch angetriebenes Förderband befördert und fallen von dort in einen Wiegebehälter. In einem realen Prozess wird das abgewogene Produkt von hier aus weiteren Bearbeitungsprozessen, wie z.B. Verpackung, Etikettierung und Versand zugeführt. Dieser Schritt kann durch die manuelle Entnahme des Wiegebehälters simuliert werden.

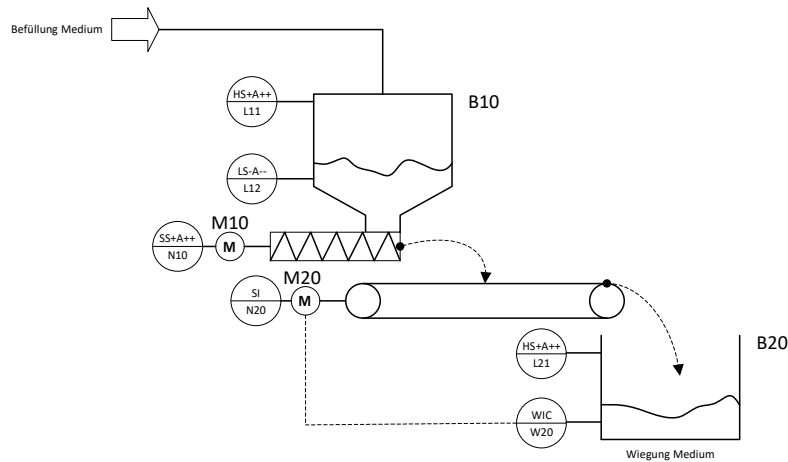


Abbildung 1: Verfahrensfließbild

2.3 Regelstrecke

Trotz des relativ simplen Aufbaus der Testanlage gestaltet sich die Regelung der Befüllung des Messbehälters als komplex. Die Regelstrecke besteht hierbei aus zwei wesentlichen Bestandteilen, der erste Teil ist die Regelung der Motordrehzahl, auf die direkten Einfluss genommen werden kann, und somit als Stellglied fungiert. Dabei spaltet sich die Drehzahlregelung wiederum in drei Phasen, Beschleunigen, konstante Drehzahl und Abfahrt, auf.

Der zweite Teil der Regelstrecke besteht aus dem Gewicht des Messbehälters und beinhaltet zusätzlich noch eine Totzeit des Systems, welche sich durch den Transportprozess der Versuchsanlage ergibt. Das Verhalten der Totzeiten innerhalb des Regelkreises wird durch PT1-Glieder angenähert.

Auf das Gewicht des Messbehälters kann nur indirekt, durch Anpassung der Motordrehzahl, Einfluss genommen werden. Um eine unzulässige Überfüllung des Messbehälters zu vermeiden ist es daher von entscheidender Bedeutung die Motordrehzahl entsprechend genau zu regeln und den Einfluss der Totzeit durch eine geeignete Auswahl des Reglers zu minimieren.

2.4 Controller

Bei der hier konzipierten Anlage stellt die Prozesszeit keinen kritischen Punkt dar, weil der Befüllungsprozess und die Gewichtsregelung im Verhältnis deutlich langsamer sind. Die Anzahl und Art der Prozesseingänge und -ausgänge sowie die Frage, ob der Controller den

benötigten Regelalgorithmus in der CPU bearbeiten kann, steht somit im Fokus der Betrachtung. Die Entscheidung ist auf eine S7-1215C CPU gefallen, die 14 digitale Eingänge, 10 digitale Ausgänge, 2 analoge Eingänge und 2 analoge Ausgänge bietet sowie die Möglichkeit einen PID-Regler zu implementieren. Über die digitalen Eingänge werden Signale aus der Peripherie erfasst (z.B. Taster, Sensoren). Die digitalen Ausgänge steuern die LEDs an, die den Status der Anlage anzeigen und somit dem Bediener helfen. Die Drehzahl des Förderbandes sowie die Gewichtsmessung des Wiegebehälters sind analoge Signale und werden als Prozessabbild der analogen Eingänge des Controllers erfasst. Da die Anlage über zwei elektrisch angetriebene Motoren verfügt, die in der Drehzahl variabel sind, werden die beiden analogen Ausgänge dazu verwendet, die Drehzahl der Motoren einzustellen bzw. zu regeln.

3 Realisierung & Simulation

3.1 Grundlage

Ziel der Simulation ist es, die projektierte Anlage als Software-Modell (Siemens NX mit der Erweiterung Mechatronics Concept Designer) nachzubilden. Eine mögliche Erweiterung der Simulation über Schnittstellen zum simulierten oder realen Controller ist möglich.

3.2 Realisierung der realen Anlage

Nach erfolgter Konzeption der Anlage wurden die einzelnen Bauteile in der Konstruktionsumgebung entworfen. Es wurde darauf geachtet mit Normteilen zu arbeiten, um im vorgegebenen Budget zu bleiben. In mehreren Schleifen entstand so das Modell in 3D. Diese Daten wurden dann für die Herstellung verwendet. Einige der Hauptkomponenten wurden mithilfe von 3D-Drucker hergestellt. Stabilere Verbindungen wurden aus Stahl gedreht. Als Montageplatte dient eine Alu-Platte.

3.3 Simulation

Im Nächsten Schritt wurden dann, ausgehend von der späteren Gesamtfunktion „Abwiegen“, die einzelnen Komponenten/Baugruppen dynamisiert. Dazu werden den Bauteilen physikalische Eigenschaften zugewiesen. Diese sind u.a. die Gewichtskraft, Trägheitsmomente und Reibwerte. Über Kollisionsbedingungen wird dann dem System vorschrieben, welche Flächen miteinander interagieren sollen. Weitere wichtige Elemente sind rotatorische und translatorische Bedingungen und die Erstellung von Kollisionssensoren. Über die Definition von einer Quelle und einer Senke können nun die SiliBeads als Kugeln in das Modell übergeben und wieder entnommen werden.

Damit kann nun, sehr nah an der Realität, der Durchlauf des zu transportierenden Mediums in Abhängigkeit von den Geschwindigkeiten der Schnecke und des Bandes simuliert werden. Es war jedoch zu beobachten, dass bereits bei eher kleineren Anzahlen an Kugeln die rechnerischen Kapazitäten des verwendeten Laptops unzureichend waren. Daraus ist zu schlussfolgern, dass selbst für diese relativ gering komplexe Simulationsaufgabe erhebliche Rechenkapazitäten benötigt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Zusammenfassung

Digitale Zwillinge sind wichtig sowohl für die Industrie als auch für das Hochschulstudium. Besonders bei dualen und berufsbegleitenden Studiengängen kann das Praktikum mit DigiZwi einfacher und komfortabler gestaltet werden, als in klassischen Laborräumen. Zwar sind einige Punkte bei der Erstellung von DigiZwi kritisch zu betrachten, machen die zahlreiche Vorteile den digitalen Zwilling zu einem unerlässlichen Instrument in der heutigen Technik- und Hochschulwelt.

5.2 Fazit, Ausblick und Lessons Learned

Die von uns entwickelte und erstellte Modellanlage stellt eine gute Grundlage zum Erlernen der Grundprinzipien eines DigiZwi dar. Durch die Komplexität der Thematik bietet unsere Projektarbeit nachfolgenden Studenten die Möglichkeit das digitale Abbild zu Vervollständigen und somit weitere Erfahrung auf dem Gebiet der DigiZwi zu erlangen. Das von der Hochschule zur Verfügung gestellte Budget konnte nur eingehalten werden, weil der Controller durch BASF gesponsort wurde. Bei der Weiterentwicklung ist in Betracht zu ziehen, ob ein günstiger Microcontroller eine günstige Alternative bietet. Bei Umstellung sollte allerdings beachtet werden, dass mehrere Spannungsebenen und evtl. Messumformer benötigt werden, um alle I/Os entsprechend verarbeiten zu können.

Bei der Verarbeitung der analogen Eingangs- und Ausgangswerte und der damit verbundenen Auswahl des Controllers sind wir bei der Programmierung auf Hindernisse gestoßen, die wir vorher nicht absehen konnten. Diese Hindernisse haben uns viel Zeit gekostet und es macht für folgende Projekte Sinn, dieses Hindernis zu vermeiden, indem man bei der Projektierung des Controllers und der Auswahl der Sensoren und Aktoren genau überlegt, was man benötigt und wie die Funktionalität im Controller abgebildet werden kann. In einer industriellen Anlage würde man die Feldebene sicher von der Controllerebene trennen und mit Trennverstärkern und Messumformern arbeiten, da dies aus budget- und platztechnischen Gründen aber nicht realisierbar war, muss hierauf ein gesondertes Augenmerk gelegt werden.

Eine weitere Herausforderung für das Projekt ist die Lizenzierung der Siemens Software, da die Lizenzen für Studienzwecke zeitlich begrenzt sind und über die Semesterferien kein Ansprechpartner erreichbar war, um die Verlängerung der Lizenzen abzustimmen, ist dieser

Punkt sehr relevant in der Umsetzung des Projekts. Die Software ist zwingend notwendig, um die Verbindung zwischen Controller und Software Simulation zu realisieren. Dieses Arbeitspaket sollte für nachfolgende Projekte auf dem kritischen Pfad der Projektplanung liegen, da er in diesem Projekt unterschätzt wurde.

Der Abschluss des Projekts wird aus den oben aufgeführten Gründen ohne die digitale Simulation der Anlage im Zusammenspiel mit der realen Anlage durchgeführt, die beiden Teilaspekte des Projekts werden separat präsentiert. Die Integration und Realisierung der Schnittstelle zwischen digitalem und realem Modell wird zur Weiterführung in einem studentischen Folgeprojekt empfohlen, um die volle Funktionalität des Digitalen Zwillings abzubilden.