

Bachelorarbeiten

FH-VORARLBERG:
MATERIALPARAMETER VON CFK-BAUTEILEN
 EINE EXPERIMENTELLE UND SIMULATIONSTECHNISCHE STUDIE

Student: HÄMMERLE Florian, PK: 0410245015
FH-Betreuer: DI Dr. MOHR Stefan

Kurzfassung: Die Konstruktion und Berechnung von CFK-Bauteilen (Kohlefaserverstärkter Kunststoff) ist, unter anderem auf Grund der anisotropen Materialeigenschaften von CFK, sehr schwierig. Aus diesem Grund werden besonders zur Berechnung komplexer Strukturen numerische Methoden verwendet. Damit diese Berechnungen möglichst aussagekräftige Ergebnisse liefern, müssen die genauen Materialparameter des verwendeten Materials bekannt sein. In dieser Arbeit wurden die wichtigsten Materialparameter eines Kohlefaserverpreps (vorimprägnierte Faserplatte) bestimmt. Dazu wurden verschiedenste Probekörper gebaut und deren Eigenfrequenzen gemessen. Zur Identifizierung der Materialparameter wurden die gemessenen Eigenfrequenzen mit den berechneten Eigenfrequenzen abgeglichen. Die Ergebnisse wurden anhand einer komplexen geometrischen Struktur verifiziert. Hier zeigte sich, dass mit den identifizierten Parametern die Eigenfrequenzen eines CFK-Bauteils sehr genau berechnet werden können.

Schlüsselwörter: Materialparameter, CFK, FEM, ANSYS.

1. EINLEITUNG

Die Firma HEAD produziert und entwickelt seit über 25 Jahren Tennisschläger für den weltweiten Markt. Während die ersten Tennisschläger aus Holz gefertigt wurden, besteht ein moderner, hochwertiger Tennisschläger aus Faserverbundwerkstoffen, hauptsächlich aus CFK. Die Auslegung und Berechnung von Kohlefaserverstärkten Bauteilen ist sehr komplex. Aus diesem Grund werden verstärkt FEM (Finite Elemente Methode) Simulationen im Entwicklungsprozess verwendet, die es ermöglichen das Verhalten einer neuen Schlägergeometrie oder eines neuen Kohlefaserverbaus zu berechnen. Entscheidende Eingabeparameter für diese Simulationen sind:

- Geometrie
- Materialverhalten

Während die Geometrie weitgehend genau bestimmt ist, stellen die Materialparameter für Faserverbundwerkstoffe ein Problem dar. Die Hersteller der Rohmaterialien liefern nicht alle nötigen Werte und es ist nicht garantiert, dass die vorhandenen Werte als Eingabeparameter für die Simulationen geeignet sind. Wird die Geometrie als genau bekannt angenommen, beeinflusst nur das Materialverhalten das Ergebnis der Simulation. Somit ist es möglich, anhand eines Probekörpers, mit genau definierter Geometrie, die Materialparameter zu identifizieren. Dazu werden die gemessenen Eigenschaften der Struktur mit den berechneten verglichen und die Simulation angepasst, bis sie mit der Messung übereinstimmt.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Das Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung der korrekten Materialparameter für ein Kohlefaserverprege. Außerdem soll eine geeignete Methode gefunden werden, die es ermöglicht, die Materialparameter einfach und sicher zu bestimmen.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Die Modellierung des Materialverhaltens für die FE-Simulationen erfolgte über ein linear-elastisches, orthotropes Materialmodell. Dieses Modell benötigt 9 Materialparameter zur vollständigen Beschreibung des Materialverhaltens. Bei der Simulation von dünnen Laminaten unter Berücksichtigung der Symmetrie der unidirektionalen Einzelschicht, reduzieren sich diese 9 Parameter auf 4 wichtige Materialparameter. Diese sind:

1. E_x ...Elastizitätsmodul in Faserrichtung
2. E_y ...Elastizitätsmodul quer zur Faserrichtung
3. G_{xy} ...Schubmodul in der Ebene
4. ν_{xy} ...Querkontraktion quer zur Faser bei Belastung in Faserrichtung

Die klassische Bestimmung dieser Materialparameter erfolgt mit Hilfe von Zugversuchen. Mit einer 0°-Probe (d.h. Zug in Faserrichtung) kann E_x bestimmt werden. Das Zugversuchsergebnis einer 90°-Probe liefert den Elastizitätsmodul quer zur Faserrichtung E_y . Über das Anbringen von Dehnmessstreifen kann auch die Querkontraktionszahl bestimmt werden. Bei bekannter Querkontraktionszahl, kann über einen ±45°-Zugversuch der Schubmodul in der Ebene berechnet werden.

Problematisch ist jedoch, dass hierbei nur das Verhalten des Materials bei Zugbelastungen gemessen wird. Zur vollständigen Bestimmung des Materialverhaltens müssten sämtliche Versuche auch als Druckversuche durchgeführt werden, was in der Praxis mit einem sehr hohen Versuchsaufwand verbunden wäre. Die Simulation des unterschiedlichen Zug-/Druck-Materialverhaltens erfordert ein nichtlineares Materialmodell, welches den Simulations-/Rechenaufwand erhöhen würde.

Aus diesem Grund wurde eine gemischt numerische/experimentelle Methode verwendet um das Materialverhalten zu identifizieren.

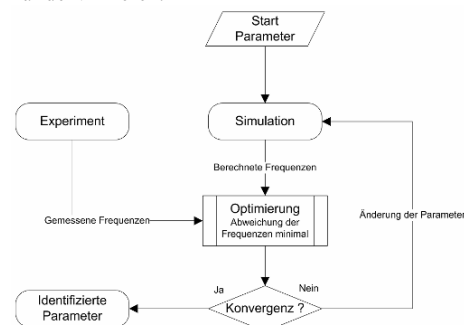


Abb. 1: Numerisch/experimentelle Methode

Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Ablauf dieser Methode bei der die gemessenen Eigenfrequenzen eines Probekörpers mit

den berechneten Eigenfrequenzen abgeglichen werden, um die korrekten Materialparameter zu identifizieren.

Sämtliche in dieser Arbeit durchgeführten Simulationen wurden mit dem FEM-Programm *ANSYS 10.0 Structural* durchgeführt. Die Herstellung der Probekörper erfolgte in der Fertigungsabteilung der Firma HEAD. Sämtliche Proben wurden aus demselben Prepreg hergestellt um die Wiederholbarkeit zu garantieren. Die Messung der Eigenfrequenzen der Proben erfolgte mit einem Laservibrometer (Polytech, Type: PDV-100) durch Messung der Impulsantwort der Struktur. Die Impuls-gabe wurde mit einem Piezoelektrischen Impulshammer (PCB, Type: 086C02) durchgeführt. Die Zugversuche wurden an einer Zwick/Roell Z1010 und einer Dyna-Mess Zugprüfmaschine durchgeführt.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Im Laufe der Arbeit wurden verschiedene Probengeometrien gefertigt und untersucht, um die Materialparameter zu identifizieren. Aus Platzgründen sind hier jedoch nur die wichtigsten Experimente angeführt.

4.1 Rohrförmige Probekörper

Durch die Messung der Eigenfrequenzen von Rohren mit 0° Faserorientierung, 90° und 45° Faserorientierung konnten über eine lineare 1-Parameter Optimierung die Materialparameter E_x , E_y , und G_{xy} bestimmt werden. Problematisch an dieser Probengeometrie sind jedoch die unvermeidbaren Fertigungsfehler und damit der unsymmetrische Aufbau (siehe Abb.2).



Abb.2: Unsymmetrie des Laminats

Die Unsymmetrien im Laminat haben zur Folge, dass die entarteten Frequenzen verschwinden und somit für eine Schwingungsform zwei Frequenzen im gemessenen Frequenzspektrum erscheinen.

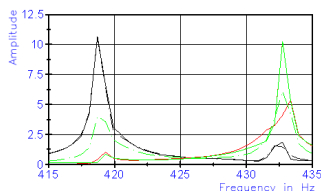


Abb. 3: Erste Biegefrequenz des 0°-Rohrs

Die Ergebnisse aus den Optimierungsrechnungen zeigten speziell für E_x überraschende Werte. Beispielsweise liegt die Herstellerangabe bei $E_x=137\text{GPa}$, die Experimente ergaben aber einen Wert von $E_x=110\text{GPa}$. Um diese Abweichung zu untersuchen wurden Zugversuche durchgeführt.

4.2 Zugversuche

Die Zugversuche mit 0°-Proben und 90°-Proben ergaben Werte für E_x und E_y . Die Ergebnisse für E_x entsprachen mit ca. 135GPa den Herstellerangaben, die Ergebnisse für E_y mit ca. 5GPa lagen weit unter den Herstellerangaben von ca. 9GPa. Diese Ergebnisse lassen sich nur durch die Unterschiede im Zug/Druckverhalten erklären. Außerdem zeigen die Spannungs-Dehnungsverläufe ein leicht progressives Verhalten des Materials. Dies muss berücksichtigt werden, wenn beispielsweise Simulationen mit stark unterschiedlichen Belastungen durchgeführt werden.

4.3 Balkenförmiger Probekörper

Die Biegeschwingungen eines unidirektionalen Balkens aus CFK sind praktisch nur sensitiv auf den Elastizitätsmodul, während die Torsionsschwingungen auch auf den Schubmodul sensitiv sind. Der Vorteil dieser Probengeometrie liegt in der einfachen Fertigung, und der Unempfindlichkeit auf Unsymmetrien und Fertigungsschwankungen.

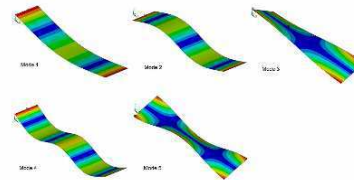


Abb. 3: Eigenschwingungen des CFK-Balkens

Durch Messung der Eigenfrequenzen eines 0°-Balkens und einen 90°-Balkens war es möglich, über eine Optimierungsrechnung in ANSYS, die Materialparameter E_x , E_y und G_{xy} zu identifizieren.

4.4 Tennisschläger

Zur Verifikation der gewonnenen Materialparameter wurde ein Tennisschläger mit definiertem Layup gebaut und simuliert. Die Ergebnisse der Modalanalyse wurden mit den Ergebnissen der Eigenfrequenzmessung verglichen.



Abb. 4: Eigenschwingungen des Tennisschlägers

4. ERGEBNISSE

Der Vergleich der Ergebnisse von Simulation und Experiment des Tennisschlägers zeigt, dass mit den gewonnenen Materialparametern Eigenfrequenzen einer CFK-Struktur mit ausgezeichneter Genauigkeit berechnet werden können. Der Fehler bei der ersten Biegeschwingung liegt, wie in Tabelle 1 ersichtlich, unter 1%.

	f_{b1} Hz	f_{t2} Hz	f_{b3} Hz	m g
Messung	180,66	415	468,8	119,9
Simulation	181,6	395	481	120,4
Abweichung in %	+0,5	-4,8	+2,6	+0,5

Tabelle 1: Ergebnisse für den Tennisschläger

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass das Zug/Druckverhalten von CFK völlig verschieden ist. Aus diesem Grund können Materialdaten die aus Zugversuchen gewonnen werden, nicht für Simulationen verwendet werden, in denen vorwiegend Biegebeanspruchung auftritt.

Aus den gewonnenen Ergebnissen wurde ein Methodikvorschlag für die Firma HEAD erarbeitet, nach dem in Zukunft sämtliche verwendeten Materialien auf ihre Materialeigenschaften untersucht werden. Dies wird die Genauigkeit der Simulationsergebnisse weiter erhöhen.

Weitere Untersuchungen wären nötig, um die gewonnenen Materialparameter auf ihre Gültigkeit bei großen Verformungen und Spannungen zu testen. Ein weiterer Schritt ist der Übergang von Steifigkeitswerten auf Festigkeitswerte für Simulationen.

FH-VORARLBERG: DPFC DIGITAL POWER FACTOR CORRECTOR

Student: Schmitt, Thomas, PK: 0410245019

FH-Betreuer: Dipl.-Ing. Pilsan, Horatiu O.

Kurzfassung: Im ersten Teil der Bachelorarbeit werden die grundlegenden Konverter sowie die verschiedenen Arten von Leistungsfaktor Korrektur beschrieben. Des Weiteren wird der Kontrollmechanismus eines herkömmlichen analogen PFC Boost Converters erläutert. Im Hauptteil wird anhand des Bode Diagramms speziell auf das Thema Stabilität und Reglerauslegung des PFC Boost Converters eingegangen. Um die Stabilität überprüfen zu können, werden die Übertragungsfunktionen von verschiedenen Strecken (mit Konstant Leistungs-, Konstant Strom- oder Widerstands-Last) und Reglern hergeleitet. Mit Hilfe der durchgeführten Stabilitätsuntersuchungen wird dann ein Regler ausgewählt und digitalisiert. Mit den bisherigen Erkenntnissen wird ein Modell des digitalen PFC Boost Converters erstellt. Der digitale Regler wird mit Hilfe der so genannten Fixed-Point Arithmetik implementiert und mit Simulink Modellen verifiziert. Es werden Messungen im Labor durchgeführt, um die erstellten Simulationen auf deren Richtigkeit zu überprüfen. Des Weiteren werden die Probleme der harmonischen Verzerrungen (THD) besprochen. Zusätzlich wird ein Modell vorgestellt um den THD zu simulieren. Um den Regler anhand des Bode Diagramms auslegen zu können wird ein Programm mit graphischer Benutzeroberfläche entwickelt. Der letzte Teil der Arbeit befasst sich mit der Optimierung der Register der Reglerkonstanten.

Schlüsselwörter: DPFC, PFC, Power Factor, Boost Konverter, Simulink

1. EINLEITUNG

Durch Leistungsfaktorkorrektur – eliminieren der Blindleistung – werden die Verluste in den Zuleitungen gering gehalten und somit wird das Netz weniger stark belastet. Dies wird durch den Einsatz spezieller elektronischer Schaltungen erreicht. Dabei hat die Regelung zwei Aufgaben. Zum einen müssen Strom und Spannung wieder in Phase gebracht werden und zum anderen muss die Ausgangsspannung konstant gehalten werden. Durch den Einsatz von Simulationsprogrammen bietet sich die Möglichkeit solche Systeme komplett in der Simulationsumgebung zu modellieren. Die folgende Arbeit befasst sich mit der Modellbildung und Simulation (zur Stabilitätsuntersuchung und Reglerauslegung) von digitalen PFC Boost Convertern, wie sie bei der Firma Tridonic.Atco – Hersteller von elektronischen Vorschaltgeräten – zum Einsatz kommen.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Um Stabilitätsuntersuchungen durchführen zu können, muss die Übertragungsfunktion des Systems (Regler und Strecke) ermittelt werden. Der Einsatz von Leistungshalbleitern (FET, Diode) erschwert jedoch die Ermittlung der Übertragungsfunktion der Strecke, da es sich hierbei um nichtlineare Bauelemente handelt. Primäres Ziel der Arbeit ist

die Reglerauslegung des digitalen PFC Boost Converters anhand des Bodediagramms.

3. METHODEN

Für die Herleitung der Übertragungsfunktionen der Strecke (Boost Konverter) wurde der so genannte AC Modellierungsansatz verwendet (Erickson und Maksimovic 2001). Im ersten Schritt werden die Signale über eine Schaltperiode gemittelt. Stellt man nun die Beziehungen am Boost Konverter auf, erhält man eine nichtlineare Differentialgleichung erster Ordnung. Durch Linearisieren der Differentialgleichung im Arbeitspunkt erhält man das Kleinsignalersatzschaltbild, durch das schlussendlich die benötigten Übertragungsfunktionen ermittelt werden können. Die Stabilitätsuntersuchungen wurden mit Matlab R2006a durchgeführt (Unbehauen 2005). Dabei wurde die Stabilität über die Phasenreserve im Bodediagramm bestimmt. Anschließend wurden mit Simulink Modelle des analogen sowie des digitalisierten PFCs gebildet. Die Erstellung des Programms (GUI) zur Modifizierung der bestehenden digitalen Reglerkonstanten wurde ebenfalls mit Matlab R2006a durchgeführt.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Das Hauptkriterium für die praktische Durchführung waren die korrekt ermittelten Übertragungsfunktionen von Regler und den lastabhängigen Strecken. Nachdem die Stabilitätsuntersuchungen beendet waren, wurde der ausgewählte Regler (PI-Regler) digitalisiert (Gausch, Hofer und Schlacher 1991) (siehe Abb.1).

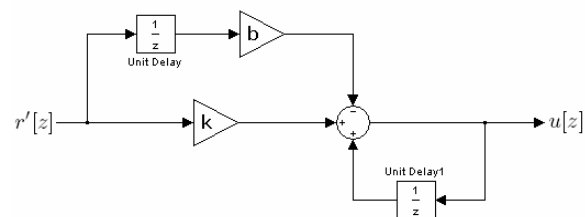


Abb. 1: Simulink Modell des digitalen Reglers

Anschließend wurden mit Hilfe von Simulink Modelle des Boost Converters mit analogem und digitalem Regler erstellt. Um die Sprungantwort der modellierten Systeme bei einem Lastsprung mit bestehenden Geräten im Labor vergleichen zu können, musste der digitalisierte Regler modifiziert werden. Dieser ist in einem ASIC integriert. Die Reglerkonstanten sind in Registern als 16 Bit Werte gespeichert. Die analogen Signale werden mit einem 12 Bit D/A Wandler digitalisiert. Unter Berücksichtigung all dieser Faktoren und mit Hilfe der so genannten Fixed-Point Arithmetik erhält man schlussendlich den modifizierten Regler (siehe Abb.2).

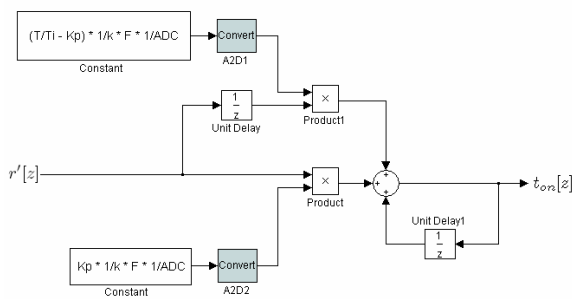


Abb. 2: Simulink Modell des modifizierten Reglers

Ein stabiler Regelkreis zeichnet sich durch eine ausreichend große Phasenreserve aus. Um gewisse Anforderungen an die geregelte Schaltung nicht zu verletzen und die entsprechende Norm einzuhalten, müssen die harmonischen Verzerrungen (THD) berücksichtigt werden. Je schneller der Regler auf Änderungen reagiert, desto größer ist die Phasenreserve und desto schlechter der THD. Aus diesem Grunde wurden Modelle zur Simulation des THD angefertigt. Für die Erstellung dieser Modelle wurde die Simulink Toolbox PLECS verwendet. Somit ist es jetzt möglich, die komplette Auslegung des Reglers mittels Computersimulationen durchzuführen.

Eine weitere Aufgabe war es, die bestehenden implementierten digitalen Reglerkonstanten auszulesen, um dann mit Hilfe von Matlab ebenfalls die Stabilität anhand des Bodediagramms zu überprüfen. Die Stabilität wurde bisher mittels Sprungantwort überprüft. Damit dies auch zu einem späteren Zeitpunkt von Mitarbeitern der Firma Tridonic.Atco ohne Probleme durchgeführt werden kann, wurde ein Programm mit graphischer Benutzeroberfläche (GUI) erstellt (siehe Abb. 3).

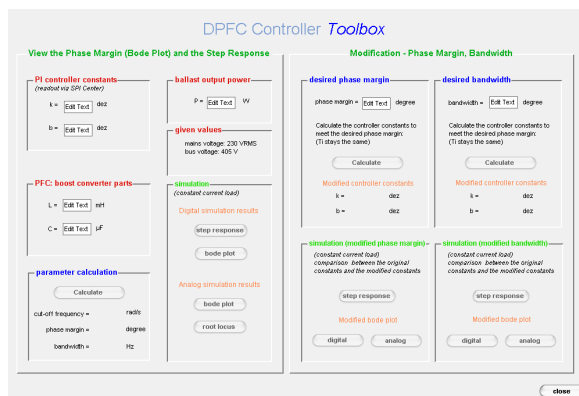


Abb. 3: GUI zur Modifizierung der digitalen Reglerkonstanten

Nach Eingabe der gerätespezifischen Parameter und der ausgelesenen digitalen Reglerkonstanten (abhängig von der Ausgangsleistung des jeweiligen elektronischen Vorschaltgerätes) werden im Hintergrund Berechnungen durchgeführt, die dann für die Modifikation der Reglerkonstanten in Abhängigkeit von der Phasenreserve (oder zusätzlich der Bandbreite) herangezogen werden. Die Stabilität der Systeme kann mit Hilfe der Sprungantwort, der Wurzelortskurve und des Bodediagramms überprüft werden.

Nach Eingabe der gewünschten Phasenreserve (oder Bandbreite) werden dann die modifizierten Reglerkonstanten berechnet und angezeigt. Zusätzlich können die Sprungantwort und das Bodediagramm beider Systeme (original und modifiziert) miteinander verglichen werden.

Wie bereits erwähnt, sind die digitalen Reglerkonstanten derzeit als 16 Bit Werte implementiert. Der letzte Punkt der Arbeit war ein Versuch, diese im Bezug auf die Bitbreite zu optimieren. Dies wurde mit dem Fixed-Point Arithmetik Modell durchgeführt. So war es möglich, die Größe der Register zu ändern und die Sprungantwort (Lastsprung) mit dem originalen Modell (mit 16 Bit Konstanten) zu vergleichen. Die Register wurden dadurch in der Simulation von 16 Bit auf 8 Bit reduziert, ohne dabei Verluste in der Genauigkeit zu erleiden.

4. ERGEBNISSE

Es wurden die Übertragungsfunktionen von verschiedenen Strecken (mit Konstant Leistungs-, Konstant Strom- oder Widerstands-Last) und Reglern (I, PI) hergeleitet. Um ein Modell des digitalen PFC Boost Konverters erstellen zu können, wurde der ausgewählte analoge Regler digitalisiert. Des Weiteren wurde ein Modell des analogen Reglers erstellt und mit dem digitalen Regler verglichen. Um den Regler optimal auslegen zu können, wurden zusätzlich Modelle des analogen und digitalen PFC Boost Konverter zur Simulation des THD angefertigt. Die Simulink Modelle wurden mit den bestehenden digitalen PFC Boost Konvertern im Labor verglichen. Zur Optimierung der digitalen Reglerkonstanten der bestehenden PFC Boost Konverter, wurde ein Programm mit graphischer Benutzeroberfläche entwickelt. Zum Schluss wurden die Register der digitalen Reglerkonstanten mittels Simulation optimiert.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Mit Hilfe der Herleitung der Übertragungsfunktionen der Strecke ist es nun möglich, Stabilitätsuntersuchungen anhand des Bodediagramms durchzuführen. Durch die zusätzlich erstellten Modelle zur Simulation des THD kann der Regler komplett durch Computersimulation ausgelegt werden. Bestehende Reglerkonstanten können mit dem GUI auf Stabilität untersucht und gegebenenfalls modifiziert werden.

Durch die rasante technische Entwicklung gewinnt das Thema Modellbildung und Simulation einen immer größer werdenden Stellenwert. Darüber hinaus können ganze Systeme – wie es auch in dieser Arbeit der Fall war – simuliert werden. Somit können Kosten gespart werden, da der experimentelle Laboraufbau im ersten Schritt nicht mehr nötig ist.

6. LITERATURVERZEICHNIS

Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic: *Fundamentals of Power Electronics*, Springer, 2nd Edition, 2001
 Heinz Unbehauen: *Regelungstechnik I*, Vieweg, 13. Auflage, April 2005
 F. Gausch, A. Hofer, K. Schlacher: *Digitale Regelkreise*, Institut für Regelungstechnik, TU-Graz, Februar 1991

IMPLEMENTIERUNG EINES TOOLS ZUR SIMULATION KRAFTFLUSSOPTIMIERTER STRUKTUREN

Student: Haßmann Michaela, BSc

FH-Betreuer: Prof. (FH) Univ. Doz. DI Dr. Peter Fotiu

Kurzfassung: Die Designoptimierung mit automatischen Computerprogrammen dient dem Berechner v. a. bei komplexen Problemen als Hilfestellung bei der Suche nach einer optimalen Bauteilstruktur, die gegenüber einer herkömmlichen Konstruktion Material und Kosten einspart. Es soll ein einfaches Optimierungstool erstellt werden, das in mehreren Iterationsschritten kraftflussoptimierte Strukturen mit 3D-Elementen erzeugt. Ausgehend von einem bereits vernetzten FE-Modell eines Designraums werden die Spannungsergebnisse einer linear statischen Nastran-Rechnung herangezogen, um gering belastete Bereiche nach der SKO (Soft Kill Option)-Methode zu entfernen. Ein Eingreifen des Benutzers nach jeder Iteration ist möglich. Diese Arbeit beschreibt die Grundlagen der Optimierung, diverse Verfahren und Programme sowie die Entwicklung des Optimierungstools dTechOptimizer und einen Vergleich der damit erzielten Resultate mit dem Optimierungsprogramm Nastran (SOL 200).
Schlüsselwörter: Bauteiloptimierung, Kraftfluss, SKO, Finite Elemente Methode

1. EINLEITUNG

Unter den Schlagwörtern Leichtbau, Bionik und Designoptimierung gibt es am Markt bereits zahllose Programme unterschiedlicher Komplexität und Möglichkeiten zur praktischen Hilfestellung für den Berechner beim Finden einer hinsichtlich bestimmter Kriterien optimalen Konstruktionslösung.

Da diese meist teuer und in der Anwendung sehr kompliziert sind, soll ein möglichst einfacher Optimierungsalgorithmus entwickelt werden, der von einem vorhandenen FE-Modell ausgeht und die Spannungsergebnisse einer linear statischen Nastran-Rechnung heranzieht, um gering belastete Bereiche nach der SKO-Methode wegzulassen. Ein Eingreifen des Benutzers wird ermöglicht, indem er sich nach jedem Loop das Zwischenergebnis ansehen und gegebenenfalls Änderungen vornehmen kann.

Es wird die in der Praxis durchaus gängige Vorgehensweise verwendet, mehrere bestehende Programme mehrmals in einer Schleife hintereinander zu schalten, um die Vorteile der einzelnen Tools zu nutzen und in einem iterativen Prozess eine optimierte Konstruktion zu finden.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Es soll ein Optimierungsprogramm erstellt werden, welches es ermöglicht, kraftflussoptimierte Strukturen mit 3D-Elementen zu erzeugen. Dies soll durch eine im Loop laufende lineare statische Analyse mit dem Softwarepaket Nastran erreicht werden, wobei Elemente, die am Kraftfluss (fast) nicht beteiligt sind, automatisch entfernt oder weich geschaltet werden. Die dabei zu bewältigenden Hauptaufgaben sind das Auslesen von Ergebnissen der statischen Analyse und die Umsetzung dieser Ergebnisse in Kriterien für die Modelländerungen im Eingabefile.

3. GRUNDLAGEN DER BAUTEILOPTIMIERUNG

3.1 Formulierung des Optimierungsproblems

Die Zielfunktion stellt den Zusammenhang zwischen der zu optimierenden Größe und den wählbaren Parametern her, von denen sie abhängig ist. Die Schwierigkeit bei Optimierungsaufgaben besteht darin, das absolute (globale) Minimum oder Maximum der Zielfunktion zu finden, wobei alle äußeren Einschränkungen (Restriktionen) berücksichtigt werden müssen. Das daraus entstehende Gleichungssystem wird linear oder nichtlinear gelöst.

Bauteile mit ungünstiger geometrischer Gestaltung weisen eine Verengung oder Umlenkung des Kraftflusses und dadurch bedingt Belastungsspitzen auf. Der Zustand des Optimums wird in der Bauteiloptimierung am häufigsten durch das Axiom der konstanten Spannungen oder Fully Stressed Design beschrieben, das bedeutet, dass die Spannungen im gesamten Bauteil gleichmäßig verteilt sind.

3.2 Aufgabe der Bauteiloptimierung

Die Bauteiloptimierung unterteilt sich in verschiedene Problemstellungen. Neben der Bauweise (Vollmaterial oder Fachwerk) können Topologie (Lage und Anordnung), Form oder Gestalt (verfeinerte Formgebung), Dimensionierung (Wanddicken, Querschnittsgrößen) und Materialeigenschaften (Art des Werkstoffes, Ausrichtung von Verbundwerkstoffen) optimiert werden. Die Topologieoptimierung erarbeitet hierbei die allgemeinsten Designvorschläge, auf deren Basis andere Verfahren zu einer weiteren Verfeinerung und Verbesserung führen.

Ausgehend von einem Referenzmodell (z.B. einer bestehenden Konstruktionslösung) oder einem so genannten Design- oder Bauraum und Vorgaben bezüglich Geometrie, Randbedingungen und Designvariablen sollen hinsichtlich bestimmter Kriterien optimale Lösungen gefunden werden, die an die technischen Anforderungen besser angepasst sind als das Ausgangsmodell. Mögliche Kriterien sind beispielsweise Masse, Steifigkeit oder Eigenfrequenzen.

3.3 Methoden der Bauteiloptimierung

Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Bauteiloptimierung:

- Topologieoptimierung, z.B. Soft Kill Option (SKO): Sie dient der Bestimmung einer optimalen Materialverteilung innerhalb eines vorgegebenen Designraums und liefert meist einen ersten Konstruktionsvorschlag nach Leichtbau-Gesichtspunkten. In einer Schleife wird zuerst eine FE-Berechnung durchgeführt und dann der E-Modul der einzelnen Elemente betragsmäßig der dort herrschenden Spannung gleichgesetzt. Nach und nach werden so Bereiche hoher und geringer Belastung ermittelt und am Ende alle Elemente mit einer Spannung geringer einer gewählten Referenzspannung entfernt. So ergeben sich Fachwerkstrukturen, die je nach verwendeter Referenzspannung mehr oder weniger filigran ausfallen.

- Form- oder Gestaltoptimierung, z.B. Computer Aided Optimization (CAO): In einem beliebig zu wählenden Designvorschlag wird die Verteilung der mechanischen Spannungen berechnet und dann formal einer fiktiven Temperaturverteilung gleichgesetzt. Diese wird in einem nachfolgenden Rechenschritt als alleinige Belastung aufgebracht. Die höchstbelasteten Bereiche, die hauptsächlich an der Oberfläche liegen, sind nun die heißesten und dehnen sich daher am stärksten aus. Sie „wachsen“ am meisten und gleichen so die Spannungsspitzen aus, während Elemente mit negativen Temperaturen „schrumpfen“ (Mattheck, 1992, S.45). Diese Methode dient der Reduktion von Kerbspannungen in kritischen Bauteilbereichen; Modifikationen werden nur an der Oberfläche vorgenommen, eine generelle Veränderung der Bauteiltopologie findet nicht statt.
- Parameteroptimierung: Hierbei werden ideale Bauteilparameter (Designvariablen, bei mehrdimensionalen Problemen Vektoren) wie z.B. Wanddicken, Querschnittsgrößen, Werkstoffkennwerte, Volumen, Spannungen oder Temperaturen innerhalb festgelegter Grenzen so lange variiert, bis eine optimale Wertekombination gefunden wurde. Die Form der Ausgangskonstruktion bleibt unverändert.

4. ABLAUF DER OPTIMIERUNG

Das entwickelte Programm *dTechOptimizer* stellt einen möglichst einfachen und somit rechenzeitsparenden Algorithmus zur Optimierung dar. Der Benutzer erstellt ein Modell des Bauteils, das dreidimensionale Kontinuums-elemente und Randbedingungen enthält. Der Fortschritt der Optimierung kann jederzeit überwacht werden und bei Bedarf können auch Veränderungen vorgenommen werden. Die einzelnen Iterationsschritte laufen in einer firmeneigenen Skriptsprache ab.

Die linear statische FE-Berechnung wird vom Programm Nastran durchgeführt. Je nach gewählter Methode werden die Ergebnisse der Verzerrungsenergie, von Mises-Spannung oder Schädigungswerte einer Lebensdauerberechnung ausgewertet. Nach der SKO-Methode werden dann gering belastete Elemente mit einem geringeren E-Modul versehen und ein geändertes Modell für den nächsten Schleifendurchlauf erzeugt.

5. ERGEBNISSE

Zur Überprüfung der Funktionsweise wurde als Beispiel ein Kragträger gewählt, der durch eine Einzelkraft belastet wird. Im ersten Loop wurde so viel Material wie möglich entfernt, danach bilden sich die einzelnen Stege heraus und werden mit fortlaufender Optimierung immer mehr geglättet und dünner (s. Abb. 1 und 2). Aus dem Endergebnis nach 100 Loops wurde ein Designvorschlag generiert und nachgerechnet. Deutlich ersichtlich wird, wie gleichmäßig die Belastungen im Bauteil verteilt sind, und dass v.a. in den Radien keine Spannungsspitzen auftreten (s. Abb. 3 und 4).

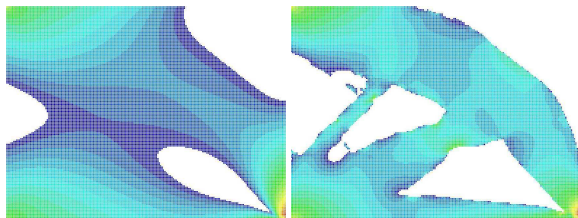


Abb. 1: Verzerrungsenergie im 1. und 4. Loop

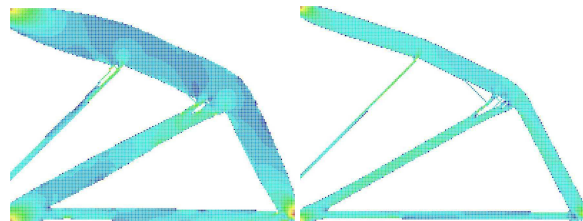


Abb. 2: Verzerrungsenergie im 40. und 100. Loop

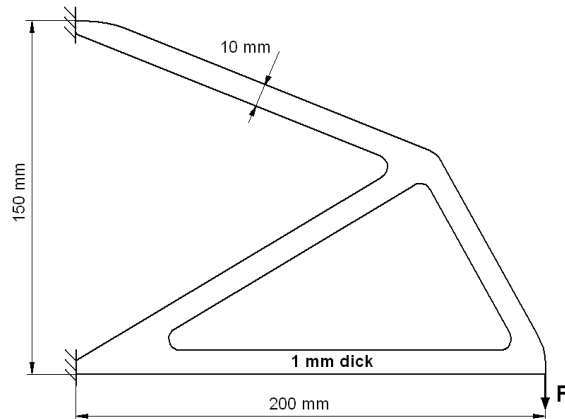


Abb. 3: Designvorschlag

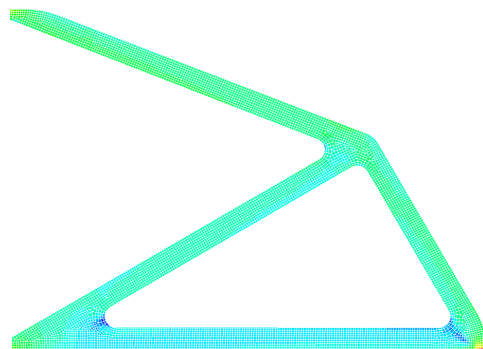


Abb. 4: Verzerrungsenergie im Designvorschlag

Zur Verifizierung des Ergebnisses wurde zusätzlich ein Vergleich mit der Optimierungsoption SOL 200 in Nastran angestellt. Der hier erhaltene Designvorschlag hat die gleiche Grundstruktur wie die mit dem Programm *dTechOptimizer* erzielten Ergebnisse.

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Programm *dTechOptimizer* im Bezug auf die Wahl der Parameter viel einfacher in der Handhabung ist als beispielsweise Nastran (SOL 200). Die Zeitdauer und die Qualität der Lösung sind durchaus vergleichbar oder besser. Es können explizit Schädigungswerte verwendet werden, was die meisten kommerziellen Optimierungsprogramme nicht anbieten. Außerdem kann der Benutzer den Verlauf der Optimierung überwachen und jederzeit regulierend eingreifen, falls nötig.

7. LITERATURVERZEICHNIS


Mattheck, C., 1992. *Design in der Natur*, Rombach GmbH & Co, 3-793-09076-0, Freiburg im Breisgau

AUTOR FRAGEBOGEN MECHATRONIK PLATTFORM

DATEN ZUM ABSTRACT

Name u. E-mail Adresse des Autors: Michaela Haßmann, BSc; 04bmms012@fhwn.ac.at
Dieser Abstract wird präsentiert mittels (Vortrag / Poster): Vortrag / Poster

DATEN ZUM AUTOR

1. Digitales Foto

2. Vor- / Familien-Name: Michaela Haßmann
3. Titel: BSc
4. Position / Seit:
5. Institution: FH Wiener Neustadt
6. Nationalität: Österreich
7. E-mail address: 04bmms012@fhwn.ac.at
8. Telefon & Fax Nr.: 0664/1217260; 02282/3828-3
9. Anschrift: 2230 Gänserndorf, Grillparzerg. 29/5

ENTWICKLUNG EINES DATENERFASSUNGSSYSTEMS FUER EINEN TEILCHENDETEKTOR AM LHC

Student: NIEGL, Michael

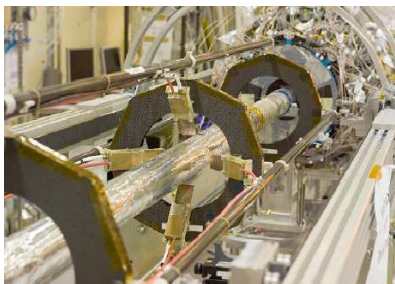
FH-Betreuer: DI FRAIS-KÖLBL, Helmut

Kurzfassung: Für den Large Hadron Collider (LHC) am CERN, Genf, dem größten Teilchenbeschleuniger der Welt, ist eine Überwachung des Teilchenstrahles nötig. Um die nötigen Informationen über den aktuellen Beam-Zustand zu erhalten, wurden einige Detektoren zur Überwachung installiert. Diese Arbeit beschreibt die Backend Elektronik dieser Detektoren des ATLAS Experiments, dem Beam Conditions Monitor (BCM). Der Hauptbestandteil ist ein Xilinx Virtex 4 FPGA. Er dient zur Datenerfassung mit den hochfrequent abtastenden RocketIOs, zur Datenspeicherung mit einem externem DDR2 RAM sowie zu einer Online-Analyse der Detektorsignale. Weiters dient er als Interface zu einer Vielzahl von anderen Systemen von ATLAS. In dieser Arbeit werden die einzelnen dazu nötigen Module sowie ihre Implementierung im FPGA beschrieben.

Schlüsselwörter: LHC, ATLAS, Beam Conditions Monitor, FPGA

1. EINLEITUNG

Am Large Hadron Collider (LHC), dem größten Teilchenbeschleuniger der Welt, am CERN in Genf kollidieren ab Mitte 2008 Protonen mit einer Energie von 14 TeV. Dies bietet nicht nur die Möglichkeit für neue Erkenntnisse der Teilchenphysik wie z.B. die Beobachtung des Higgs-Bosons oder supersymmetrischer Teilchen, sondern stellt auch eine Gefahr für den Beschleunigerkomplex und die Detektoren der fünf Experimente dar, da in den 2 Protonenstrahlen eine Energie von bis zu 362 MJ gespeichert ist. Um eine Gefährdung zu verhindern und einen eventuell nötigen Beam-Abort zeitgerecht einleiten zu können, ist eine kontinuierliche Überwachung des Beams nötig. Im Falle des ATLAS Experiments ist dies die Aufgabe des Beam Conditions Monitor (BCM). Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung des Datenerfassungssystems des BCM.



Der BCM besteht aus 8 Detektormodulen, die auf jeder Seite des Interaction Points in der Mitte von ATLAS rund um die Beampipe angeordnet sind. Als Detektormaterial dienen CVD-Diamanten, die auf Grund ihrer besonderen Strahlenhärte besonders geeignet sind. Danach folgt ein zweistufiger Verstärker der sich durch hohen Gain, Geschwindigkeit und Rauscharmut auszeichnet. Schließlich werden die Daten mittels eines ASICs digitalisiert sowie die analoge Amplitude mittels Time-over-Threshold in der Pulsweite codiert.

Das Prinzip des BCMs zum Feststellen des aktuellen Zustands des Beams ist eine Time-of-Flight Messung, d.h. aus der Eintreffzeit der Teilchen im Detektor wird mittels der bekannten Geschwindigkeit ($= c$) der Ursprung der Teilchenbahn bestimmt. So lässt sich erkennen, ob es sich um Teilchen von regulären Kollisionen im Interaction Point handelt oder um Störfälle wie Beam-Gas Interaktionen oder ähnliches auf Grund einer schlechten Position des Beams. Auf Grund der symmetrischen Anordnung lässt sich auch durch das Auftreten von Teilchen auf beiden Seiten die Lage des Beams feststellen.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

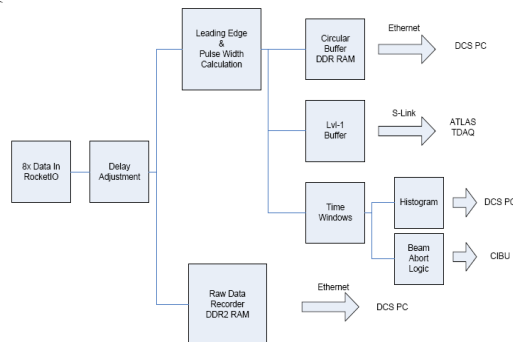
Die primäre Aufgabe besteht in der Erfassung der digitalisierten Signale der BCM-Detektor Module mit der größtmöglichen Genauigkeit. Diese Rohdaten müssen in einem zyklischen Buffer möglichst lange gespeichert werden, um im Falle eines Beam-Aborts genügend Daten für Offline Analysen zu haben. Weiters müssen aus den Detektorsignalen die für den BCM relevanten Parameter bestimmt werden und auf Grund dieser eine Echtzeitentscheidung über den Zustand des Beams getroffen werden. Zusätzlich sind verschiedene Interfaces zu verschiedenen Subsystemen von ATLAS vorgesehen, die kontinuierlich mit Informationen versorgt werden müssen.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Das BCM Back-End wurde in einem Virtex 4 FX 60 FPGA von Xilinx auf einem ML410 Board, ebenfalls von Xilinx, implementiert. FPGAs bieten hervorragende Möglichkeiten für schnelle parallele Datenverarbeitung, weshalb sie gut für die benötigten Aufgaben geeignet sind. Der gewählte Chip bietet außerdem noch RocketIOs, dies sind hoch-frequente serielle Transceiver, die mit Line Rates bis zu 6.5 Gbps ideal für das Abtasten und Erfassen der BCM Detektorsignale sind. Weiters enthält der V4FX60 noch 2 PowerPC Cores sowie 2 Ethernet MACs und über 100 DSP-Makros.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Abb. 2 zeigt das Blockschaltbild des im FPGA realisierten DAQ-Moduls:



Die RocketIOs dienen in dieser Applikation lediglich als Hochfrequenzsampler und Deserializer. Die Abtastung erfolgt mit einer Line Rate von 2.56 Gbps, was eine ausreichende Genauigkeit bietet, und durch eine externe PLL synchron zur RF-Frequenz des LHC. Diese Synchronität ist nötig, um die Eintreffzeit der Teilchen relativ zur Bunch-Struktur bestimmen zu können, da nur so eine zuverlässige Unterscheidung zwischen Kollisionen und Background-Events erfolgen kann. Da die RocketIO Receiver eine relativ hohe Anzahl an Flanken in den seriell ankommenden Daten benötigt, müssen diese in den eingehenden Datenstream eingefügt werden. Dafür wird ein fixes Muster mit den RocketIO Transmittern gesendet und mit den eigentlichen Daten per XOR extern verbunden. Im FPGA werden die BCM Daten durch ein zweites XOR mit dem selben Muster und den parallelen Daten am RocketIO Output vollständig und exakt rekonstruiert.

Aus diesen Daten werden dann mittels eines binären Suchbaums die relevanten Pulsflanken ermittelt, wodurch sowohl die Eintreffzeit der Teilchen als auch die deponierte Energie durch die Amplitudeninformation erhalten werden. Dieser Algorithmus wurde auf eine möglichst geringe Latenzzeit optimiert und benötigt für die Bestimmung aller relevanten Werte pro LHC-Bunch lediglich 125 ns.

Da im Falle eines eventuellen Beam-Abort Signales eine genaue Analyse des Beamzustandes davor nötig ist, müssen sämtliche ermittelten Daten temporär gespeichert werden. Dafür wurden 2 zyklische Ring-Buffer implementiert. Für die Rohdaten, was sämtlichen Abtastwerten von allen 8 RocketIOs, also insgesamt 256 bits pro 25 ns, entspricht, wird ein externes 256 MB großes DDR2 SDRAM verwendet. Dadurch können bis zu 1100 Turns des LHC gespeichert werden. Die Arbeitsweise des RAMs wurde auf größtmöglichen Datendurchsatz ausgelegt. Es operiert mit einer Interface-Frequenz von 200 MHz, in Burst-Modus mit Länge 8 sowie einem sequentiellen Adressierungsschema das möglichst wenige Bank- und Reihenwechsel vorsieht um die Latenzzeit so gering als möglich zu halten. Um die verschiedenen Frequenzen und Wortbreiten der RocketIOs und des DDR2 RAMs anzupassen, wird ein Buffer aus FPGA-internem Block-RAM verwendet, der als Dual Port Memory betrieben werden kann. Hier können der Read- und der Write-Port autonom mit unterschiedlichen Clockfrequenzen und Wortbreiten auf die Speicherzellen zugreifen. Um die durch Refreshes und Adresswechsel entstehenden Latenzzeit aufzufangen und eine kontinuierliche Speicherung zu garantieren, werden zusätzlich noch FIFOs vor dem Schreiben in das DDR2 verwendet.

Für die analysierten Daten nach dem Flankensuchalgorithmus (2 Eintreffzeiten und 2 analoge Amplitudenwerte pro Kanal und pro 25 ns = 176 bit gesamt) wird ein ähnlicher Ring-Buffer verwendet. Er nutzt ein externes DDR SDRAM und operiert mit einer Frequenz von 160 MHz. Das Adressierungsschema sowie die Arbeitsweise des RAM Controllers ist analog zum oben beschriebenen DDR2 RAM Controllers.

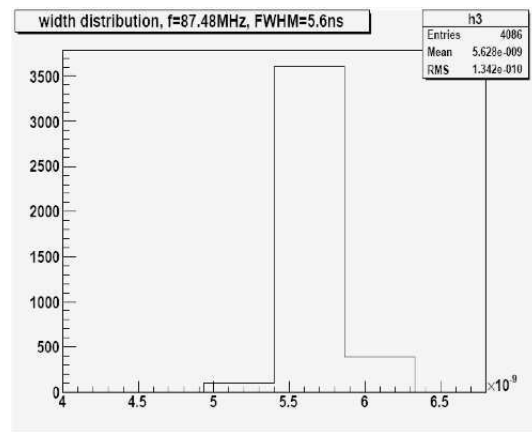
Das Read-Out der Buffer nach einem eventuellen Beam-Aborts erfolgt per Ethernet. Dazu wird einer der 2 im FPGA enthaltenen Ethernet MAC-Blöcke verwendet. Um einen

möglichst schnellen Transfer der Daten zu erreichen, wird als Protokoll UDP verwendet. Dem Vorteil einer höheren Transferrate gegenüber TCP stehen als Nachteil keinerlei Kontrollmechanismen und keine Garantie einer erfolgreichen Übermittlung gegenüber. Ob dies Probleme im hier beschriebenen Fall verursacht, wird derzeit noch evaluiert.

Der für das UDP Protokoll nötige TCP/IP Stack wurde im FPGA vollständig ohne Prozessor, also nur aus Logikelementen und RAM Blöcken realisiert. Für die Checksumberechnungen wird ein Akkumulator basierend auf einem Carry-Look-Ahead-Addierer verwendet, der mit bis zu ca. 300 MHz getaktet werden kann. Die Übertragung zum PC erfolgt schließlich mittels einer BASE-T Implementierung mit 100 MBit/s.

4. ERGEBNISSE

Die Module des FPGA-Designs wurden einzelnen im Labor getestet und verifiziert. Die untere Abbildung zeigt beispielhaft die gute Datenerfassung mit den RocketIOs. Dabei wurden Pulse mit einem Frequenzgenerator eingespeist und die dann rekonstruierten Werte mit einer Referenzmessung auf einem Oszilloskop verglichen.



Nach dieser Phase wurde schließlich das vollständige Design in einem Testbeam am SPS am CERN Ende August 2008 getestet. Eine genaue Analyse der Daten ist derzeit noch im Gange, die ersten Ergebnisse sind jedoch vielversprechend.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK


Das hier beschriebene Grundsystem des BCM DAQ-Systems als Datenrekorders in einem Xilinx Virtex-4 FPGAs ist derzeit in einer ausgiebigen Test- und Validierungsphase. Die ersten dabei erhaltenen Ergebnisse zeigen ein stabiles System das den benötigten Anforderungen voll entspricht. In den nächsten Monaten wird es noch um eine Logik zur Echtzeit-Kontrolle des Beams ergänzt bevor es Mitte 2008 rechtzeitig zum Start-Up des LHCs in der Endversion installiert werden und in Betrieb gehen wird.

AUTOR FRAGEBOGEN MECHATRONIK PLATTFORM

DATEN ZUM ABSTRACT

Name u. E-mail Adresse des Autors: Michael Niegl, Bsc, 04bmms026@fhwn.ac.at
Dieser Abstract wird präsentiert mittels (Vortrag / Poster): Poster

DATEN ZUM AUTOR

1. Digitales Foto	
	
2. Vor- / Familien-Name:	Michael Niegl
3. Titel:	Bsc
4. Position / Seit:	Assistent an der FH Wiener Neustadt und Projektmitarbeiter am CERN (seit Juni 2006)
5. Institution:	CERN European Organization for Nuclear Research
6. Nationalität:	Österreich
7. E-mail address:	04bmms026@fhwn.ac.at
8. Telefon & Fax Nr.:	Tel: 02622 89084-298, Fax: 02622 89084 - 99
9. Anschrift:	CERN, 1211 Genf 23, Schweiz, www.cern.ch

Diplomarbeiten

FH CAMPUS 02: INTELLIGENTES FEHLERDIAGNOSESYSTEM FÜR ELEKTRISCH VERSTELLBARE MÖBEL

Student: FRIEBNEGG, Christian, PK: 0310042007

FH-Betreuer: DI Dr. PAURITSCH, Manfred

Kurzfassung: Seit einigen Jahren sind elektrisch verstellbare Bürotische immer häufiger vorzufinden. Um das Service und die Reparaturzeiten zu verkürzen, wurde ein Fehlerdiagnosesystem entwickelt, um Fehler schnell und gezielt finden zu können und dem Service-Techniker Anweisungen und Hilfe zu geben.

Die Arbeit befasst sich mit den Grundlagen der Ergonomie sowie mit den häufigsten Fehlern von Tischen und der Erkennung von defekten Teilen, bis hin zur Fehlererkennung in den Tisch-Steuerungen und der Entwicklung spezieller Software für das Servicepersonal.

Besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Entwicklung einer Diagnosesoftware für Mobiltelefone gelegt – damit ist es erstmals möglich, Fehler sofort beim Kunden zu analysieren, sowie eine Ferndiagnose durchzuführen.

Durch den Einsatz dieses neuartigen und innovativen Fehlerdiagnosesystems konnte der Zeitaufwand bei der Fehlersuche um bis zu 80% gesenkt werden.

Schlüsselwörter: Fehlererkennung, Diagnosesystem, Service, elektrisch verstellbare Tische

1. EINLEITUNG

Ergonomie am Arbeitsplatz wird heutzutage immer wichtiger, gerade weil wir immer mehr Zeit im Büro vor Computern oder ähnlichem verbringen und sich die körperlichen Beschwerden häufen (Abb. 1). Elektrisch höhenverstellbare Tische sind daher nichts Ungewöhnliches in modernen Büros.

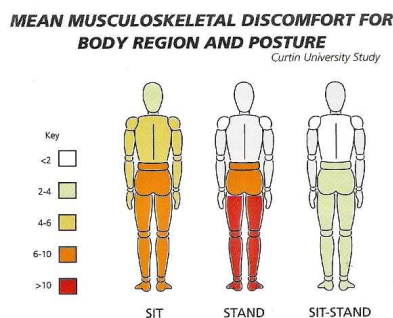


Abb. 1: Beschwerden nach Körperhaltung
(Quelle: Linak-Corporation)

Das Unternehmen LOGICDATA realisierte schon sehr früh das enorme Potenzial im Bereich der Ergonomie und ist nun Technologieführer, spezialisiert auf Steuerungen für elektrisch höhenverstellbare Tische (Abb. 2). Die Erfahrungen aus dem Service- und Reparaturbereich solcher Tische in der Vergangenheit zeigten, dass speziell die Fehlersuche sehr schwierig und zeitaufwendig ausfällt und daher einen enormen Kostenfaktor darstellt.

Die benötigte Zeit für die Fehlersuche soll daher durch die Entwicklung eines Fehlerdiagnosesystems deutlich reduziert

werden. Die Grundlage für die Realisierung der Fehleranalyse sollen Service- und Reparaturaufzeichnungen liefern. Sie geben Aufschluss über die häufigsten Fehler und deren Ursachen.

Der Umfang der Arbeit reicht von den Grundlagen der Ergonomie über die häufigsten Fehler von Tischen und der Erkennung von defekten Teilen, bis hin zur Entwicklung einer Fehlererkennung in den Tisch-Steuerungen und der Entwicklung spezieller Software für PCs und Mobiltelefone für das Service- und Reparaturpersonal, um die Fehleranalyse gezielt zur Anwendung zu bringen und so den Benutzer schnell und zielorientiert zur Lösung des Problems zu führen.



Abb. 2: elektrisch höhenverstellbare Bürotische
(Quelle: WorkRite Ergonomics)

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Zu Beginn stellt sich die Frage, welche die häufigsten Fehler von Tischsystemen sind und ob sich weiter eine hinreichend gute Erkennung dieser Fehler realisieren lässt. Lassen sich aus Service- und Reparaturaufzeichnungen genügend Informationen zusammenfassen, um eine aussagekräftige Statistik der häufigsten Fehler und deren Ursachen erstellen zu können? Wie lassen sich diese Fehler punktgenau und reproduzierbar erkennen? Ist es möglich, diese Fehler auch ohne Änderungen an der bestehenden Steuerungshardware zu erkennen, um auch bereits bestehende Steuerungen mit der Fehlerdiagnose nachzurüsten?

In weiterer Folge muss herausgearbeitet werden, welche Funktionen eine Benutzersoftware für PCs besitzen muss und wie sie gestaltet sein soll, um einen Service- oder Reparaturtechniker schlussendlich bei der Arbeit effektiv zu unterstützen.

Als letzter Schritt sollen die Vor- und Nachteile einer Benutzersoftware für Mobiltelefone beleuchtet werden, um eine Entwicklung in Erwägung zu ziehen. Im positiven Fall soll diese Software speziell auf die Bedürfnisse von mobilen Servicetechnikern eingehen, um die Arbeit beim Kunden zu erleichtern.

Als Abschluss soll die resultierende Zeitersparnis erfasst werden, um Aufwand und Ersparnis vergleichen zu können und den Grad der Optimierung festzustellen.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Um sich mit der Thematik „Ergonomie am Arbeitsplatz“ genauer beschäftigen zu können, wurden zuerst einige Studien und Fachartikel zusammengefasst und beleuchtet.

Darauf folgend wurden die häufigsten Fehler von Tischsystemen mit Methoden aus der Statistik ermittelt. Um diese Fehler weiter analysieren und reproduzieren zu können, wurden sie durch zahlreiche Experimente im Labor nachgestellt. Durch Simulationen der Fehler mit der bekannten Software *Cadence PSpice* wurden die Auswirkungen auf die Tisch-Steuerung genauer untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse und Rechenmodelle wurden daraufhin als Software in die Steuerung implementiert. Zum Einsatz kam eine Entwicklungsumgebung von *STMicroelectronics* für *ST7* Mikrocontroller mit der Programmiersprache *C*.

Weitere Experimente folgten im Labor, um sicherzustellen, dass die Rechenmodelle die gewünschten Resultate lieferten und so Fehler richtig erkannt werden.

Schlussendlich folgte die Entwicklung der PC-Benutzersoftware für die Service- und Reparaturtechniker. Als Programmiersprache kam dabei *Microsoft Visual Basic .NET* zum Einsatz.

Für die Entwicklung der Benutzersoftware für Mobiltelefone wurde ebenfalls *Microsoft Visual Basic .NET* eingesetzt, um den Entwicklungsaufwand minimal zu halten und bereits entwickelte Funktionen der PC-Software übernehmen zu können.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Nach einer ausführlichen Analyse der häufigsten Fehler mit Experimenten und Simulationen wurden die errungenen Erkenntnisse und Rechenmodelle in der Steuerungssoftware umgesetzt.

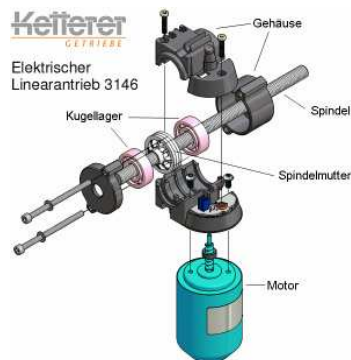


Abb. 3: Explosionszeichnung eines Tischantriebs (Quelle: Ketterer Getriebe)

Das Konzept des Diagnosesystems basiert auf der Auswertung aller zur Verfügung stehenden Messdaten. Mit Hilfe der erarbeiteten Rechenmodelle lassen sich so die Komponenten eines Tischsystems überprüfen und im Falle eines Defektes die fehlerhafte Komponente ermitteln.

Zur Fehlerauswertung wurde eine Benutzersoftware für PCs entwickelt. Sie bietet nicht nur eine übersichtliche Anzeige des Fehlers, sondern auch gleich die Anweisungen zur raschen Lösung des Problems.

Zur Kommunikation mit der Benutzersoftware für PCs und Mobiltelefone wurden drei Schnittstellen zur Verfügung gestellt (RS232, Infrarot und Bluetooth) und ein proprietäres Protokoll speziell für diese Diagnosezwecke entwickelt.

Das Diagnosesystem bietet zwei Diagnose-Funktionen. Zum einen eine interaktive Live-Diagnose, bei der alle Ströme, Spannungen, Antriebspositionen und auftretende Fehler in Echtzeit graphisch angezeigt werden, zum anderen können

gespeicherte Messdaten und Fehler aus der Vergangenheit ausgelesen werden, um einen Defekt rasch zu identifizieren.

5. ERGEBNISSE

Durch die ausgeklügelten Rechenmodelle in der Steuerung konnten alle am häufigsten auftretenden Fehler von Tischsystemen erkannt werden, sogar ohne die Hardware zu ändern. Damit ist es nun auch möglich, ältere Steuerungen mit der Diagnosefunktionalität nachzurüsten.

Auswertungen nach dem Einsatz des Diagnosesystems zeigen, dass die aufgewendete Zeit zur Fehlersuche um bis zu 80% reduziert werden konnte.



Abb. 4: Diagnose mit Hilfe eines Mobiltelefons

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das Diagnosesystem hat sich bereits sehr gut bewährt. Service- und Reparaturtechniker möchten diese Funktionalität nicht mehr missen, da sie zu einer einfachen und schnellen Reparatur der Tischsysteme führte und die Kosten dadurch enorm gesenkt werden konnten.

Die Arbeit an einem derart großen Projekt war eine Herausforderung. Die Entwicklung des Softwarepaketes wird weitergeführt und an Kundenbedürfnisse angepasst, um eine noch schnellere und einfachere Fehlerdiagnose zu ermöglichen.

Ziel für die Zukunft ist es, das Diagnosesystem für neue Steuerungs-Generationen zu überarbeiten und um weitere neue Möglichkeiten, wie etwa einer interaktiven Ferndiagnose über das Internet, zu erweitern.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- ACTiSYS-Corporation, 2006. *IrCOM Protocol*, Available from: <http://www.actisys.com> Accessed: 2006-06
- Beuth, Klaus, 1997. *Bauelemente*. 15. Auflage, Vogel Verlag, ISBN 3-8023-1713-0
- Böhmer, Erwin, 2000. *Elemente der angewandten Elektronik*. 12. Auflage. Vieweg Verlag, ISBN 3-528-14090-9
- Friedrich, Wilhelm, 1993. *Tabellenbuch Elektrotechnik Elektronik*. 552. Auflage. Dummlers Verlag, ISBN 3-427-53024-8
- Gieck, K. + R., 1995. *Technische Formelsammlung*. 30. Auflage. Gieck Verlag, ISBN 3-920379-21-7
- Hedge, Alan, 2002. *News about ergonomic study / Cornell University*. Available from: <http://www.news.cornell.edu/releases/Feb02/ergo.works.ssl.htm> Accessed: 2006-06
- Linak-Corporation, 2006. *Linak News-Folder*. Available from: <http://www.linak.com>
- Müller/Walz, 1999. *Mikroprozessortechnik*. 5. Auflage. Vogel Verlag, ISBN 3-8023-1776-9
- Schmusch, Wolfgang, 1998. *Elektronische Messtechnik*. 4. Auflage. Vogel Verlag, ISBN 3-8023-1769-6
- Schrüfer, Elmar, 2004. *Elektrische Messtechnik*. 8. Auflage. Hanser Verlag, ISBN 3-446-22070-4

KONTAKTDATEN



Christian Friessnegg
Gaißereg 99, 8551 Wies
Mail: christian.friessnegg@gmail.com
Tel: +43 650 2731650

LOGICDATA Electronic & Software Entwicklungs GmbH
Wirtschaftspark 18, 8530 Deutschlandsberg
Web: www.logicdata.at
Mail: christian.friessnegg@logicdata.at
Tel: +43 3462 5198 0
Fax: +43 3462 5198 530

FH-WIENER NEUSTADT: DEVELOPMENT OF A SHOCK AND VIBRATION TEST SETUP FOR A GYRO SENSOR SYSTEM

Student: WINKLER, Andreas
FH-Betreuer: Dr. NOLL, Humbert

Kurzfassung: Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Entwicklung eines neuen Testsystems im Bereich der mechanischen Schock- und Vibrationsmessung. Das System wurde für einen Drehratensensor entwickelt, der von der Firma SensorDynamics AG konzipiert wurde. Dieser Sensor arbeitet nach dem Coriolis-Prinzip und ist als mikro-elektro-mechanisches System (MEMS) aufgebaut. Das Testsystem verarbeitet und speichert zeitlich synchron die digitalen, internen Signale des Drehratensensors und den aktuellen, analogen Beschleunigungswert der Schwingprüfanlage (Shaker). Es wurden Messungen durchgeführt, welche das Verhalten nach mechanischer Schockeinwirkung beschreiben. Insbesondere wurde die Erholungszeit des Sensors bestimmt. Weiters wurde der Einfluss von unterschiedlichen Leiterplattentypen auf den Sensor untersucht.

Schlüsselwörter: Schock- u. Vibrationstest, Drehrate, Beschleunigung, Sensor, Erholungszeit

1. MOTIVATION

Die Entwicklung neuer Technologien im Automobilssektor führte zu einem enormen Zuwachs an verwendeten Elektronikkomponenten pro Kraftfahrzeug. Vor allem im Bereich der Sicherheit, z.B. Elektronisches Stabilitäts-Programm (ESP) oder Anti-Blockier-System (ABS), werden elektronische Komponenten mit höchster Ausfallsicherheit benötigt. Diese Fahrdynamikregelungen benötigen Sensoren zur Bestimmung von Drehraten und Beschleunigungen des Kraftfahrzeugs um aktiv in das Fahrzeugverhalten eingreifen zu können. Solche Sensoren werden üblicherweise als Mikro-elektro-mechanische Systeme (MEMS) aufgebaut und bestehen somit einerseits aus elektronischen Schaltkreisen und andererseits aus mikro-mechanischen beweglichen Strukturen, welche eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber Schock- und Vibrationseinwirkung aufweisen. In der Praxis können solche mechanische Einflüsse durch Vibrationen des Motors oder Getriebes, aber auch einfach durch einen Steinschlag gegen das Fahrwerk erzeugt werden. Bevor die Serienproduktion eines solchen Sensors gestartet werden kann, müssen diese Querempfindlichkeiten im Labor simuliert und getestet werden.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Mechanische Schock- und Vibrationstests von MEMS Sensoren werden üblicherweise im Betriebsmodus durchgeführt. Die beweglichen Strukturen eines MEMS Sensors sind im Allgemeinen sehr empfindlich auf Beschleunigungen, die während einer Schockmessung auf das Bauteil wirken. Mehrere interne Signale des Sensors, und speziell das Drehratensignal im Falle des Drehratensensors, werden während der Tests aufgenommen. Der Sensor ist dabei voll versorgt, um die Auswirkungen des Schocks auf die Signale analysieren zu können.

Das herkömmlich verwendete Messsystem verfügt über keinerlei Möglichkeiten, die Signalantworten des Sensors nach

Aufbringen eines Schocks mit den aufgebrachten Beschleunigungen zu korrelieren. Es können einzig die Sensorsignale ausgelesen und abgespeichert werden. Um das Erholverhalten des Drehratensensors nach Schockeinwirkung genauer untersuchen zu können, ist es unerlässlich, zusätzlich den Beschleunigungswert zeitlich exakt synchron aufzuzeichnen.

Die Aufgabe der Diplomarbeit war die Entwicklung eines Schock- und Vibrationsmesssystems, welches die synchrone Aufzeichnung der digitalen, internen Sensorsignale und eines externen, analogen Signals eines Beschleunigungssensors ermöglicht.

Das zu untersuchende Bauteil und seine Beschaltung sind auf einer Testleiterplatte verlötet, welche ihrerseits wieder auf einem elektrodynamischen Schwingungsprüfstand montiert ist. Bei üblichen Schocktests treten Beschleunigungen bis zum 100-fachen der Erdbeschleunigung auf. Dies verursacht eine nicht unerhebliche Durchbiegung der Testplatte. Ein weiteres Thema dieser Diplomarbeit war deshalb die Untersuchung des Einflusses der Leiterplatte auf die Messergebnisse.

3. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Das Aufbringen des Beschleunigungsprofils geschieht mittels einer elektrodynamischen Schwingprüfanlage (TIRA TV 50350), welcher mittels PC parametrierbar ist. Der aktuelle Beschleunigungswert wird mit einem piezoelektrischen Beschleunigungssensor gemessen.

Die Testplatte liefert die Signale des Drehratensensors über eine mit 20 MHz getaktete serielle Schnittstelle. Die Übertragung erfolgt über ein eigens entwickeltes Protokoll, welches von einer Auswerteeinheit interpretiert wird. Diese parallelisiert die Messwerte und legt die Daten in einem SRAM ab. Die Auswerteeinheit wurde durch ein XILINX FPGA Development Kit (Spartan LC-400) inklusive Aufsteckmodul (Communications Module 3) realisiert. Diese Entwicklungsumgebung enthält eine Vielzahl an Bausteinen wie Speicher, ADC, DAC, Oszillatoren, Schnittstellen sowie einen frei konfigurierbaren Field Programmable Gate Array (FPGA) und stellt somit eine sehr flexible und leistungsfähige Lösung dar.

Der analoge Ausgang des Beschleunigungsaufnehmers wird mit dem vorhandenen ADC der Entwicklungsumgebung digitalisiert und parallel zu den Sensorsignalen verarbeitet. Die Taktung des ADCs erfolgt dabei synchron zum Auslesen der Sensorsignale und ermöglicht somit eine zeitliche Korrelation zwischen den beiden Signalen. Da der Ausgangspegel des Beschleunigungssensors nicht mit den Eingangslimits des ADCs übereinstimmen, muss zusätzlich noch eine Signalkonditionierung durchgeführt werden. Dazu wurde eine Operationsverstärkerschaltung entwickelt, welche das Beschleunigungssignal invertieren, verstärken und den Gleichanteil anpassen kann. Der Signalkonditionierer wurde als eigenständiges Gerät entwickelt, und kann somit auch für andere Messaufgaben eingesetzt werden.

4. ERGEBNISSE

Das Hauptziel der Messungen bestand darin, die Erholzeit des Drehratensensors zu bestimmen. Dazu wurden der Drehratensensor mit standardisierten Schockpulsen beaufschlagt und gleichzeitig das Drehratensignal des Sensors aufgezeichnet. Da keine Drehrate am Sensor aufgebracht wird, sollte das Ausgangssignal idealerweise $0 \text{ }^\circ/\text{sec}$ betragen. Wirkt nun ein mechanischer Schock auf die empfindliche mikro-mechanische Struktur des Sensors, wird das Drehratensignal gestört und vom Nullwert abweichen. Die benötigte Zeit bis das Sensorsignal sich wieder in Ruhe befindet, wird Erholzeit genannt, und darf die spezifizierten Grenzen nicht überschreiten.

Die Erholzeit muss für alle drei Raumachsen und beiden Orientierungen (positiv und negativ), bestimmt werden. Dabei wirken sechs aufeinander folgende Schockpulse (halbsinusförmig) im Abstand von einer Sekunde auf den Drehratensensor. Diese sechs Erholzeiten werden gemittelt und bilden somit das Ergebnis für die jeweilige Raumkoordinate.

Die Auswertung der Messergebnisse zeigte ein sehr gutes Schockverhalten des Drehratensensors. Die Erholzeit der Sensoren liegt weit innerhalb der geforderten Spezifikation.

Weiters wurde der Einfluss der Leiterplatte auf die Messergebnisse untersucht. Messungen der Beschleunigung mit hoher zeitlicher Auflösung zeigten ein starkes Schwingverhalten der Leiterplatte. Das heißt, zusätzlich zum gewünschten Schockpuls wurden Schwingungen mit der Eigenfrequenz der Testleiterplatte überlagert. Dieses Problem war schon früher bekannt, weswegen eine steifere Leiterplatte gefertigt wurde. Eine Frequenzanalyse des Beschleunigungssignals zeigte, dass sich die Energie der überlagerten Schwingungen deutlich verringerte und im Gegensatz dazu die Frequenz angehoben wurde. Jedoch hat auch der mikro-mechanische, bewegliche Teil des Drehratensensors Eigenfrequenzen, die sich mit denen der Leiterplatte überschneiden. D.h., auch geringe Amplituden der überlagerten Frequenz können den Drehratensensor und somit die Messergebnisse erheblich beeinflussen.

Um den Einfluss der Leiterplatte zu verringern, werden nun bei allen Schocktests mechanische Filter in Form von Energie absorbierenden Schaumstoffen eingesetzt. Dieser Schaumstoff bildet eine einfache und effektive Lösung. Mehrere Messreihen zeigten, dass sich die Abweichung des Drehratensignals während eines Schockpulses (halbsinusförmig, 100G Beschleunigung) um bis zu 350% verringerte.

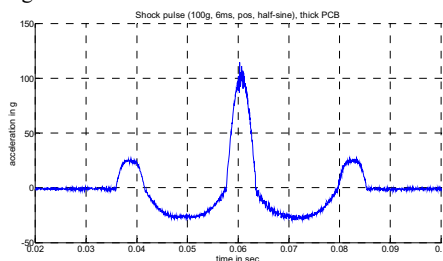


Abb. 1: Schockpuls, ohne mechanischen Filter

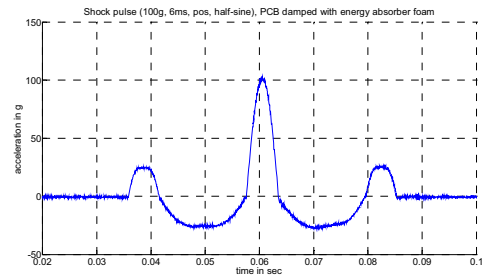


Abb. 2: Schockpuls, mit mechanischem Filter

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Automobilindustrie verlässt sich mehr und mehr auf den Gebrauch von elektronischen Komponenten, um einerseits das Leben der Fahrzeuginsassen zu schützen, und andererseits die Fahreigenschaften des Fahrzeugs zu verbessern. Diese Innovationen steigern enorm den Fahrkomfort, jedoch steigt auch die Komplexität und Fehleranfälligkeit dieser elektronischen Systeme. Der Fokus liegt heutzutage besonders auf MEMS Sensoren, welche Beschleunigungen, Drehraten und andere physikalische Größen messen können. Diese Sensoren eröffnen große Möglichkeiten im Bereich der Automobilindustrie. Aufgrund strenger Qualitätsrichtlinien, welche eine hohe Ausfallsicherheit gewährleisten sollen, müssen diese Sensoren eine Reihe von Stresstests über sich ergehen lassen, bevor eine hochvolumige Produktion gestartet werden kann.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Schock- und Vibrationstests für MEMS Drehratensensoren, welche von SensorDynamics AG entwickelt und hergestellt werden. Der praktische Teil lag in der Entwicklung eines Messsystems, welches die synchrone Erfassung der Sensorsignale und des Beschleunigungswertes während einer Schockmessung ermöglicht. Allein dieses Feature ermöglichte es, die Erholzeit des Drehratensensors nach Schockeinwirkung exakt zu bestimmen.

Mehrere Messreihen zeigten ein besonders gutes Erholverhalten des Drehratensensors. Die Untersuchung des Einflusses der verwendeten Testplatine auf die Messergebnisse zeigte überraschende Ergebnisse. So konnte durch Einsatz von mechanischen Filtern (Energie absorbierende Schaumstoffe), die Performance im Bezug auf das Schockverhalten des Sensors um mehr als das Dreifache gesteigert werden.

Das Messsystem wurde so konzipiert, dass auch zukünftige Produkte auf ihr Schockverhalten untersucht werden können. Weiter führende Arbeiten könnten sich u.a. mit der Untersuchung und Verbesserung des Testaufbaus/Leiterplatte oder mit der Schirmung zwischen Messsystem und elektrodynamischen Schwingprüfstand befassen.


Ein weiteres Thema könnte die Vereinfachung der grafischen Bedienoberfläche sein, um Handhabungsfehler während der Konfiguration der Messung zu vermeiden bzw. reduzieren zu können.

AUTOR FRAGEBOGEN MECHATRONIK PLATTFORM

DATEN ZUM ABSTRACT

Name u. E-mail Adresse des Autors: Dipl.-Ing.(FH) Andreas Winkler, awi@sensordynamics.cc
Dieser Abstract wird präsentiert mittels (Vortrag / Poster): Poster

DATEN ZUM AUTOR

1. Digitales Foto

2. Vor- / Familien-Name: Andreas Winkler
3. Titel: Dipl.-Ing.(FH)
4. Position / Seit: Seit Juli 2007 Produktingenieur bei SensorDynamics AG
5. Institution: SensorDynamics AG, Schloss Eybesfeld 1e, 8403 Graz-Lebring
6. Nationalität: Österreich
7. E-mail address: awi@sensordynamics.cc
8. Telefon & Fax Nr.: Tel: +43 3182 40160 894 & Fax: +43 3182 40160 70
9. Anschrift: SensorDynamics AG, Schloss Eybesfeld 1e, A 8403 Graz-Lebring www.sensordynamics.cc

FH-VORARLBERG: TEMPERATURBEDINGTE SCHMIERSTOFFMIGRATION AUF TRIBO-OBERFLÄCHEN

Student: Klien, Stefan , PK: 0310009015

FH-Betreuer: Dr. Steinschaden, Johannes

Kurzfassung: In hoch beanspruchten geschmierten Maschinenelementen kommt es immer wieder zu Spontanausfällen während des Betriebs. Ein Auslöser solcher Spontanausfälle könnte die temperaturbedingte Schmierstoffmigration, der so genannte Marangoni-Effekt, sein. Die treibende Kraft des Marangoni-Effekts ist die sich ändernde Oberflächenspannung einer Flüssigkeit mit der Temperatur. Mit größer werdender Temperatur sinkt die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit. Ein Temperaturgradient in einem Flüssigkeitsfilm führt zu einem Oberflächenspannungsgradienten auf der Oberfläche der Flüssigkeit. Wenn der Oberflächenspannungsgradient groß genug ist, so kann er zu einem Aufreißen und zu einer Migration des Flüssigkeitsfilms von der warmen zur kalten Zone einer Oberfläche führen. Auf diesem Hintergrund analysierte diese Arbeit das Migrationsverhalten von Flüssigkeiten auf Oberflächen mit einem Temperaturgradienten. Zu diesem Zweck wurde ein Versuchsaufbau gebaut, auf dem das Migrationsverhalten verschiedener Öle bei anliegen eines Temperaturgradienten auf Oberflächen unterschiedlicher Topographie untersucht werden kann. Die Migrationsgeschwindigkeit wurde anhand eines einzelnen Tropfens, durch Aufzeichnung der Tropfenmigration mittels industrieller Bildverarbeitung bestimmt. Versuche haben gezeigt, dass die Geschwindigkeit der Tropfen sehr stark vom verwendeten Öl abhängen. Ein starker Einfluss der Oberflächentopographie auf den Marangoni-Effekt konnte ebenfalls nachgewiesen werden.

Schlüsselwörter: Marangoni, Schmierstoffmigration, Oberflächenspannung, Spontanausfall,

1. EINLEITUNG

In hoch belasteten geschmierten Maschinenelementen kommt es immer wieder zu Spontanausfällen. Solche Spontanausfälle treten ohne vorheriges Anzeichen für einen Ausfall des Maschinenelements und innerhalb sehr kurzer Zeit auf (Stehr 2006). Ein Auslöser solcher Spontanausfälle könnte der Marangoni-Effekt sein. Der Marangoni-Effekt resultiert aus der sich ändernden Oberflächenspannung einer Flüssigkeit mit der Temperatur. Die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit sinkt mit steigender Temperatur. Dies hat bei Flüssigkeiten, die einem Temperaturgradienten unterliegen, einen Oberflächenspannungsgradienten zur Folge. Wenn der Oberflächenspannungsgradient groß genug ist, so kann es zu einer Migration des Flüssigkeitsfilms von der wärmeren zur kühleren Zone einer Oberfläche kommen. Die meisten Techniker stellen sich vor, dass mit steigender Temperatur Öl dünnflüssiger wird und somit besser in den Bereich migrieren, in dem Schmierstoff benötigt wird. Der Marangoni-Effekt besagt aber genau das Gegenteil. Maschinenelemente, wie z.B. Wälz- oder Gleitlager, sind in den Gleit- bzw. Wälzkontakten stets wärmer wie deren Umgebung. Dies hat einen Temperaturgradienten von der

warmen Kontaktzone in die kühleren Lagerrandzone zur Folge. Der Marangoni-Effekt versucht die Flüssigkeit in die kühleren Lagerrandzone zu ziehen. Wenn die Marangoni-Kraft größer ist, wie die Kapillarkräfte, welche den Schmierstoff in den Lagerspalt ziehen wollen, so kommt es zu einem Schmierstoffmangel, also einem Trockenlaufen, und zu einem Ausfall des Maschinenelements.

Auf diesem Hintergrund wurde in dieser Arbeit die Theorie zum Marangoni-Effekt aufgearbeitet, ein Versuchsstand gebaut, auf dem der Marangoni-Effekt anhand einzelner Öltropfen untersucht werden kann, und die Einflussgrößen auf den physikalischen Effekt durch praktische Versuche bestimmt.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

In dieser Arbeit sollten die theoretischen Grundlagen des Marangoni-Effekts aufgearbeitet werden, um die wesentlichen Größen zu bestimmen, welche einen Einfluss auf den Marangoni-Effekt haben. Weiters sollte ein Versuchsstand gebaut werden, auf dem die Marangoni-Migration erzeugt und gemessen werden kann. Auf dem Versuchsstand sollten Versuche mit verschiedenen Ölen durchgeführt und miteinander verglichen werden. Aus den Größen der Migrationsgeschwindigkeiten sollte eine Aussage darüber gemacht werden, ob der Marangoni-Effekt tatsächlich einen Einfluss auf die Schmierung eines Maschinenelements haben kann. Eine weitere Aufgabe, die sich aber erst nach der Literaturrecherche ergab, war es, den Einfluss der Oberflächentopographie auf den Marangoni-Effekt zu bestimmen, da die Oberflächentopographie, laut Theorie, nicht in die Berechnung der Flüssigkeitsmigration eingeht.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Mit steigender Temperatur einer Flüssigkeit sinkt deren Oberflächenspannung (Oertel 2001). In einem Flüssigkeitsfilm, der einem Temperaturverlauf unterliegt führt diese physikalische Begebenheit zu einem Oberflächenspannungsgradienten. Dieses Ungleichgewicht versucht der Flüssigkeitsfilm durch eine Flüssigkeitsbewegung auszugleichen (Velarde 2002). Einer Flüssigkeitsbewegung wirken aber die Viskosität und die Temperaturleitfähigkeit der Flüssigkeit entgegen (VanHook 1997). Ab einem bestimmten kritischen Temperaturunterschied ist der Oberflächenspannungsgradient groß genug, um die Widerstände gegen die Bewegung zu überwinden und so beginnt sich die Flüssigkeiten von der warmen in die kühleren Zone zu bewegen (Velarde 2002).

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Auf dem theoretischen Hintergrund der Marangoni-Migration wurde ein Versuchsstand gebaut (siehe Abb. 1),

auf dem der Marangoni-Effekt an einem Tropfen untersucht werden kann. Der Versuchsstand besteht aus einem Heiz- und einem Kühlblock, deren Temperaturen sich exakt regeln lassen. Die Kühlung erfolgte mit einem Peltierelement, einem Halbleiterelement, das ähnlich den Prinzip eines Wärmetauschers funktioniert. Beheizt wird der Versuchsstand mit einer Heizfolie. Für die Temperaturregelung wurde eigens eine Platine angefertigt, mit welcher die Messung der Temperatur und die Ansteuerung der Versorgungsspannung für das Heiz- und das Kühlelement implementiert wurden. Damit Untersuchungen eines Öltropfens auf verschiedenen Migrationsoberflächen durchgeführt werden konnte, wurde der Versuchsstand so konzeptioniert, dass Oberflächen mit unterschiedlicher Oberflächentopographie auf dem Versuchsstand platziert werden können. Um ein wiederholbares Positionieren des Tropfens zu gewährleisten, wird der Tropfen durch eine Positionierschablone mit einer Pipette auf die Oberfläche aufgebracht. Durch das Einstellen verschiedener Temperaturen an den Blöcken stellt sich auf der Migrationsoberfläche ein linearer Temperaturgradient ein. Die, aufgrund des Temperaturverlaufes auftretende Tropfenmigration, wird mittels industrieller Bildverarbeitung in einem konstanten Zeitintervall aufgezeichnet. Aus den aufgezeichneten Tropfenbildern lässt sich die Migrationsgeschwindigkeit der Tropfen berechnen. Um eine exakte Bestimmung des Temperaturgradienten zu gewährleisten wird eine Wärmebildkamera eingesetzt.

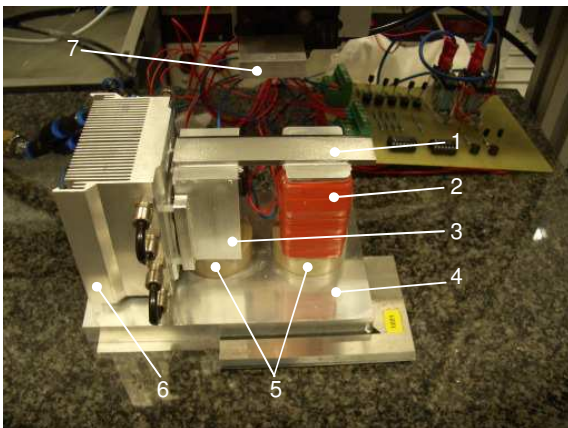


Abbildung 1: Versuchsstand für Tropfenmigration.
 1 Migrations-Oberfläche, 2 Heizblock,
 3 Kühlblock, 4 Grundplatte, 5 Isolatoren,
 6 Kühlkörper, 7 Schablone

4. ERGEBNISSE

Um die Migrationsgeschwindigkeit verschiedener Öle zu bestimmen wurden Versuche mit vier verschiedenen Ölen auf einer geschliffenen Oberfläche durchgeführt. In Abbildung 2 ist die Migrationsgeschwindigkeit der verschiedenen Öle in Abhängigkeit von der Kante des Heizblocks aufgetragen. In einer weiteren Versuchsreihe wurde der Einfluss der Oberflächentopographie auf den Marangoni-Effekt bestimmt. Dazu wurden Versuche auf zwei unterschiedliche geschliffenen und einer kugelgestrahlten Oberfläche durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass auf Oberflächen, deren Riefen in Richtung des anliegenden

Temperaturgradienten verlaufen, der Marangoni-Effekt durch Kapillarkräfte noch verstärkt wird.

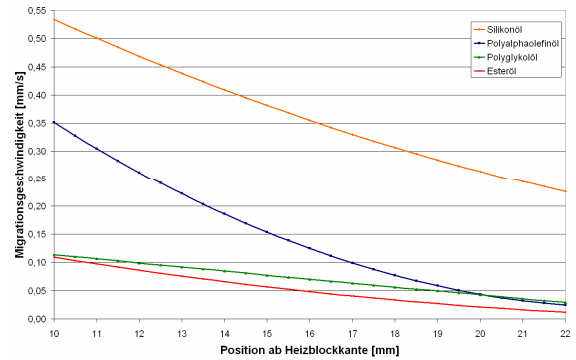


Abbildung 2: Migrationsgeschwindigkeit der Öle

Schräg zum Temperaturgradienten verlaufende Schleifriefen bewirken eine Verlangsamung der Tropfenmigration. Auch auf kugelgestrahlten Oberflächen, auf denen keine gerichteten Kapillarkräfte wirken, migrierte ein platzierter Tropfen Silikonöl mit einer beachtlichen Geschwindigkeit von 13.8mm/min.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Versuchsergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sich die Migrationsgeschwindigkeiten verschiedener Öle bei gleichen Bedingungen sehr stark unterscheiden. Eine Abhängigkeit der Oberflächentopographie auf den Marangoni-Effekt konnte nachgewiesen werden. Dies bedeutet für technische Anwendungen, dass durch entsprechende Wahl der Oberflächentopographie der Effekt verstärkt beziehungsweise gezielt gehemmt werden kann. Die hohen Migrationsgeschwindigkeiten bei den Versuchen lassen den Schluss zu, dass der Marangoni-Effekt durchaus einen Einfluss auf die Schmierung eines Maschinenelements hat. Für Maschinenelemente bedeute das, dass durch ein angepasstes Oberflächen-design das Trockenlaufen und somit Spontanausfälle verhindert werden können.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- H.Oertel jr., 2001. *Prandtl – Führer durch die Strömungslehre*. Vieweg Verlag, ISBN 3-528-38209-0
- M. G. Velarde, 2002. *Interfacial Phenomena and the Marangoni effect*, Springer Verlag, ISBN 3-211-83696-9
- P. Colinet, et al, 2001. *Nonlinear Dynamics of Surface-Tension-Driven Instabilities*, Wiley-VCH Verlag, ISBN 3-527-40291-8.
- S. J. VanHook, 1997. *Long-Wavelength Surface Tension-Driven Benard Convection: Experiment and Theorie*. Journal of Fluid Mechanics, 345
- W. Stehr, 2006. *Die Bratwurst und der Lagerschaden*, Dr. Tillwisch GmbH Werner Stehr, ISBN 3-000-19479-7

FH-VORARLBERG: OPTIMIERUNG EINER JAVA VIRTUAL MACHINE FÜR DAS M1 STEUERUNGSSYSTEM

Student: JOCHUM, Mathias, PK: 0310009003

FH-Betreuer: Dipl.-Ing. PILSAN, Horatiu O.

Kurzfassung: Java nimmt in der Automatisierungsindustrie einen immer stärkeren Platz ein. In der Arbeit wurden deshalb mit Hilfe einer Marktanalyse die wichtigsten Anforderungen an eine Java Virtual Machine (JVM) in diesem Bereich zusammengetragen. Dabei stellte sich heraus, dass es zurzeit hauptsächlich graphische Anwendungen zum Steuern und Überwachen von Maschinen sind, die mit Hilfe von Java umgesetzt werden. Weiters zeigte sich, dass momentan keine Echtzeitanforderungen an die JVM gestellt werden. Die Abarbeitungsgeschwindigkeit der Programme sollte jedoch verbessert werden. Anhand der von Bachmann electronic eingesetzten, ChaiVM wurden in der Arbeit einige Möglichkeiten gezeigt, wie diese Anforderungen an einer JVM umgesetzt werden können. Genauer vorgestellt wurden dabei die Möglichkeiten der Optimierung des Bytecode Interpreters bzw. die Verwendung eines Ahead of Time (AOT) Compilers.

Schlüsselwörter: Java, Automatisierungstechnik, JVM

1. EINLEITUNG

Um auf die stetig wachsenden Anforderungen und die zunehmende Komplexität in der Automatisierungstechnik reagieren zu können, werden von immer mehr speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) neben den klassischen IEC 1131 Programmiersprachen auch Hochsprachen, wie C, C++ oder neuerdings auch Java, unterstützt.

Diesen Trend hat auch Bachmann electronic erkannt und zu diesem Zweck die ChaiVM von HP auf die M1 Steuerungsplattform portiert. Allerdings werden von verschiedenen Seiten immer wieder Stimmen laut, die bestimmte Optimierungen an dieser JVM fordern.

Im Zuge der Arbeit wurde deshalb zuerst anhand einer Expertenbefragung geklärt für welche Einsatzgebiete Java zur Zeit auf der M1 Steuerung eingesetzt wird, welche Vor- und Nachteile sich daraus ergeben und welche Schwächen der JVM am dringendsten behoben werden sollten.

Ausgehend von dieser Untersuchung wurden verschiedenste Konzepte aufgezeigt und umgesetzt mit denen es möglich ist die untersuchte JVM besser auf die Anforderungen der Automatisierungsindustrie abzustimmen.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Das Konzept der Java Virtual Machine (JVM) hat neben einigen sehr positiven Eigenschaften auch gravierende Nachteile. Jedoch haben nicht alle Schwächen der JVM für Anwendungen in der Automatisierungsindustrie dieselbe Relevanz. Deshalb sollten die konkreten Anforderungen an eine JVM, die in diesem Bereich eingesetzt wird, gefunden werden.

In einem nächsten Schritt konnten dann Anhand dieser Ergebnisse Konzepte für eine Verbesserung der aktuellen Situation gefunden werden.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Um die genauen Anforderungen an eine für Steuerungszwecke eingesetzte JVM zu bestimmen und daraus die entsprechend nötigen Optimierungen ableiten zu können wurde eine Expertenbefragung, im Umfeld der Firma Bachmann electronic, durchgeführt. Dazu wurde die von Mühlfeld vorgeschlagene Methode, bei der mit Hilfe eines Leitfadens mit offenen Fragen versucht wird die Themenstellung möglichst umfassend zu klären, verwendet (vgl. Mayer 2006; Lamnek 1995).

Eine Möglichkeit um die Ausführung von Javaprogrammen zu beschleunigen, ist das Optimieren des Bytecode Interpreters. Dazu wurden alle unterstützten Bytecodes mit einer Zeitmessung, auf Basis des Prozessortaktes, versehen. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde sowohl auf Sourcecodeebene als auch auf der Basis von Assemblercode, der mit Hilfe des GNU Programms *objdump V2.9* aus der Objektdatei generiert wurde, das Optimierungspotential des Bytecode Interpreters untersucht (vgl. Fog 2004).

Weiters wurde die Möglichkeit der Verwendung eines „Ahead of Time“ (AOT) Compilers anhand des – für die ChaiVM verfügbaren – TurboChai¹ Compilers geprüft (vgl. Weiss et al 1998).

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Der praktische Teil der Arbeit lässt sich grob in 3 Teile aufteilen. Eine Marktstudie zur Klärung der Marktbedürfnisse, die Optimierung des Interpreters und die Verwendung eines AOT Compilers.

4.1 Klären der Marktbedürfnisse

Damit anschließend eine zielgerichtete Optimierung der JVM umgesetzt werden könnte mussten zuerst die Problembereiche identifiziert werden. Um ein umfassendes Bild der aktuellen Situation zu erhalten wurden 15 Personen, die täglich mit der JVM arbeiten und einen Überblick über den von ihnen repräsentierten Bereich haben, befragt. Die Auswertung dieser Interviews lieferte die Grundlage für die weitere Arbeit.

4.2 Optimierungen am Interpreter

Durch die Instrumentalisierung des Interpreters konnten die Aufrufhäufigkeiten und Laufzeiten aller Bytecodes gefunden werden. Anhand dieser Resultate wurden die kritischen Bytecodes identifiziert und speziell untersucht.

Nachdem eine Optimierung auf Sourcecodeebene, aufgrund der bereits sehr performanten Umsetzung nicht weiter möglich war, wurde geprüft, ob es im Bereich des Assemblercodes noch

¹ Bei TurboChai handelt es sich um eine von HP leicht angepasste Version des TurboJ Compilers.

ein Potential gibt. Mit Hilfe des GNU *objdump* Programms wurde aus der Objektdatei das Assemblerlisting generiert. Auch bei diesem konnte nur ein geringes Optimierungspotential festgestellt werden, da der Sourcecode bereits mit der Optimierungsstufe 2 des GCC übersetzt wird.

Anpassungen durch „inline“ Assemblercode hätten lediglich geringe Performanceverbesserungen, jedoch eine drastische Verschlechterung der Lesbarkeit des Sourcecodes sowie eine eventuelle Inkompatibilität mit anderen Compilerversionen, bzw. Plattformen zur Folge.

4.3 Ahead of Time Compiler

Um den TurboChai Compiler zusammen mit der ChaiVM zu verwenden musste zuerst – aufgrund mangelnder Dokumentation – mit Hilfe einer Literaturrecherche die grundsätzliche Funktionsweise des Compilers erörtert werden. Diese ist in Abb. 1 dargestellt. Wie daraus ersichtlich wird aus dem Java Bytecode sowohl eine Bibliothek mit der in C implementierten Funktionalität als auch sog. „Interludes“ im Bytecodeformat generiert. Diese Interludes haben die Aufgabe das Laden und Linken der in der Bibliothek enthaltenen Methoden zu ermöglichen. Interludes können wie „normale“ class - Dateien geladen werden, enthalten aber neben dem Bytecode ein Flag mit dem erkannt wird, dass die Funktion auch AOT kompiliert verfügbar ist.

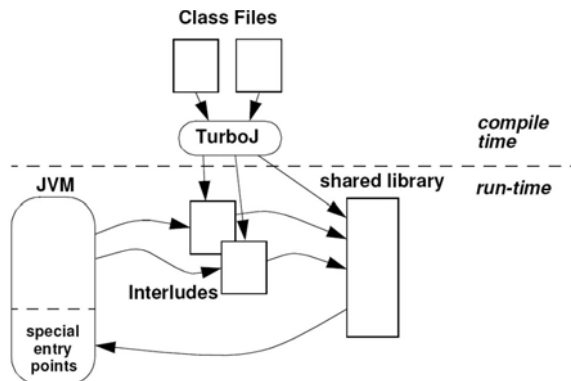


Abb. 1: Funktionsweise des TurboJ Compilers. Quelle: Weiss et al 1998

Durch diese Recherche war es möglich, den TurboChai Compiler zusammen mit der ChaiVM zu verwenden und Teile eines Testprojektes zu übersetzen. Obwohl die aus der Verwendung des AOT Compilers resultierenden Performanceverbesserungen deutlich waren, sprechen einige Gründe gegen seine Verwendung:

- Kein Herstellersupport
- Wesentlich größerer Speicherverbrauch
- Instabilitäten bei der Ausführung

Daher wäre es lediglich möglich eigene Bibliotheken zu übersetzen, die entsprechend gut getestet werden können. Die Auslieferung an Kunden ist aber aufgrund der Instabilitäten undenkbar.

4. ERGEBNISSE

Eine der zentralen Erkenntnisse der Diplomarbeit war, dass Java so gut wie nicht von für Steuerungsaufgaben eingesetzt wird und deshalb auch keine Echtzeitanforderungen an die JVM gestellt werden.

Weiters konnte der Problembereich der Visualisierungen identifiziert werden. Dabei ist vor allem die schnellere Abarbeitung der Programme bzw. eine Verbesserung der graphischen Darstellung nötig.

Um eine Verbesserung der aktuellen Situation zu erreichen wurde das Optimierungspotential im Bereich des Interpreters geprüft. Dabei stellte sich heraus, dass der durch eine Anpassung des Interpreters gewonnene Geschwindigkeitsvorteil nicht im Verhältnis zu den daraus resultierenden Nachteilen steht und daher nicht sinnvoll ist.

Außerdem wurde gezeigt welches Potential für Performanceverbesserung in einem AOT Compiler steckt. Aufgrund von Instabilitäten muss jedoch von der Verwendung des TurboChai Compilers abgeraten werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Bei der von Bachmann electronic angebotenen JVM wurden die zentralen Problembereiche identifiziert.

Neben den beiden sehr vielversprechenden Möglichkeiten der Performanceverbesserung, die im Zuge der Diplomarbeit gründlich erarbeitet und hier kurz vorgestellt wurden gibt es auch noch einige andere, die nur als Konzept ausgearbeitet wurden.

So wurde z.B. im Zuge der Erhebungen festgestellt, dass einige Kunden, welche die JVM einsetzen, noch nicht mit allen Regeln, der performanten Programmierung vertraut sind. Durch eine gezielte Information an dieser Stelle könnte die Ausführungsgeschwindigkeit einiger Programme noch verbessert werden.

Um das Zeichnen von Bildern – einem sehr häufig genannten Kritikpunkt – zu beschleunigen, bieten sich vordergründig zwei Möglichkeiten an. Da zurzeit jeder Pixel im Programmspeicher berechnet wird – diese Aufgabe aber auch von einem Graphikkontroller übernommen werden kann – bietet sich eine Auslagerung dieser Aufgaben an. Weiters ist es möglich durch ein partielles Bildupdate nur jene Bereiche der Zeichenfläche neu zu berechnen, die sich geändert haben.

Eine weitere Möglichkeit wäre das Optimieren des Bytecodes wie es z.B. vom Briki oder DashO Pro Compiler gemacht wird (vgl. Kazi et al 2000).

6. LITERATURVERZEICHNIS

- Fog, A., 2004. *How to optimize for the Pentium family of microprocessors*, Available from: <http://cr.yp.to/2005-590/fog.pdf> Accessed: 2007-04-24
- Kazi I. et al, 2000. Techniques for Obtaining High Performance in Java Programs. *ACM Computing Surveys*, Vol. 32, No. 3, September 2000, S.213-240
- Lamnek, S., 1995. *Qualitative Sozialforschung. Bd 1: Methodologie*, Belz, Psychologie Verlags Union, ISBN 3-621-27176-7, Weinheim
- Mayer, H., 2006. *Interview und schriftliche Befragung*, Oldenbourg, ISBN 3-486-58122-8, München
- Weiss, M. et al, 1998. *Languages, Compilers, and Tools for Embedded Systems. TurboJ, a Java Bytecode-to-Native Compiler*, Springer, Berlin/Heidelberg

FH TECHNIKUM WIEN: MECHATRONISCHE INTEGRATION EINES ROBOTERARMS

Student: Hieger Christof

FH-Betreuer: Dipl. Ing. Wagner Erwin

Kurzfassung: Am Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung wurde eine Elektromuskelmechanik entwickelt, die der Funktion des menschlichen Muskels gleicht. Der Industrieroboter besteht aus starren und schweren Bauelementen wohingegen der menschliche Arm ein um Größenordnungen besseres Verhältnis von Traglast zu Eigengewicht aufweist. Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel auf Basis dieser Überlegungen einen Roboterarm zu entwickeln, der sowohl im Aufbau als auch in der Beweglichkeit dem menschlichen Arm ähnlich ist. Das Verhalten des neuartigen Antriebs wurde analysiert und anhand eines Prototypen für den Unterarm bewertet. Weiters wurde aus den gewonnenen Daten ein erstes Steuerungskonzept entwickelt.

1. EINLEITUNG

Im Service-Bereich soll der Roboter dem Menschen als Unterstützung dienen. Daher agieren Service-Roboter meist in räumlichen Umgebungen, die für menschliche Bedürfnisse geschaffen wurden. Es ist weder die Genauigkeit noch die Geschwindigkeit von Industrierobotern gefordert. Vielmehr ist es sinnvoll, mechanische Strukturen zu entwickeln, die dem menschlichen Aufbau entsprechen, um mit Menschen Interaktionen durchführen zu können.

Im nachfolgenden Kapitel wird das mechanische Konzept eines bionischen Muskels erläutert, sowie ein Überblick über den kinematischen Aufbau des entwickelten Roboterarms gegeben. Das Aktionspotential des Arms ISELLA wird mittels Gegenüberstellungen zwischen Mensch und Maschine gezeigt. Der Name ISELLA setzt sich aus dessen Eigenschaften, eigensicher (intrinsically), betriebssicher (safe), leicht (lightweight), billig (low-cost) und dem Nomen Arm, zusammen. Kapitel sieben wird das Grundkonzept der Steuerung und Regelung, die Bahnplanung, wie auch die Architektur und die Komponenten der Hardware beschrieben. Den Schluss dieses Papers bildet das Kapitel acht. Hier wird das Resümee über die Arbeit gezogen. Es werden die Ergebnisse bewertet und mögliche Verbesserungsvorschläge erläutert.

2. MECHANISCHER AUFBAU

Der mechanische Aufbau des Roboters gliedert sich in zwei Modulhauptgruppen, bestehend aus Oberarm und Unterarm, zu sehen in Abbildung 1.

Der gesamte Arm besitzt fünf Freiheitsgrade: drei Freiheitsgrade im Oberarm und zwei Freiheitsgrade im Unterarm. Basierend auf der Modul-Unterteilung wurden die beiden Systeme konstruiert und aufeinander abgestimmt.

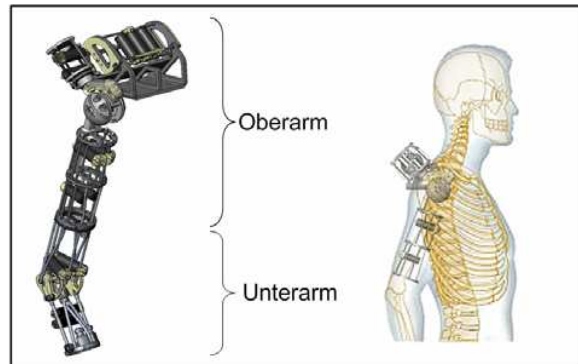


Abb. 1 CAD-Modell des Roboterarms ISELLA (links), Oberarm überlagert mit dem Umriss eines männlichen Körpers (rechts).

Nachfolgend eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Eckpfeiler:

- Gutes Verhältnis zwischen Eigengewicht/Nutzlast
- Hohe Beweglichkeit
- Einsetzbar in der Service- Robotik
- Implementierung eines neuartigen Antriebkonzepts
- Modularer Aufbau der Mechanik

In Vorarbeiten wurde ein erster Prototyp des Unterarms gefertigt, zu sehen in Abbildung 2. Der Prototyp wurde genutzt, um im Rahmen dieser Arbeit den mechanischen Aufbau und die eingesetzte Antriebstechnik sowie das zu entwickelnde Steuerungskonzept zu testen und zu verbessern.

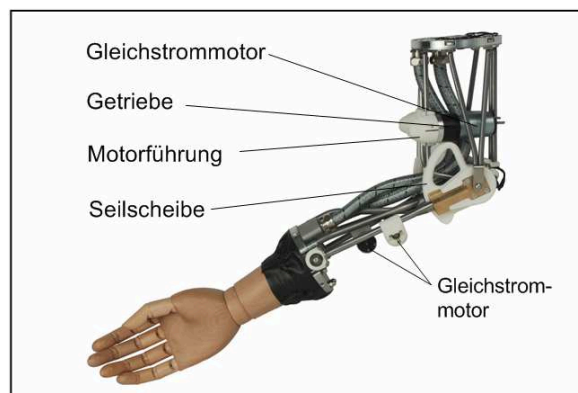


Abb. 2 Gefertigter Unterarm mit einer Holzprothese als Hand

Der Unterarm besitzt zwei Freiheitsgrade: Heben und Senken, sowie Verdrehen des Unterarms um die Längsachse. Die Motorengruppe mit den beiden Motoren RE-max 29 von Maxon mit Getriebe bilden den Beuger des Ellbogengelenks. Den Gegenspieler stellen die im unteren Abschnitt sitzenden RE-max 24 Motoren mit Getriebe dar, die bei gleichzeitigem Betrieb zusammen für die Streckung und im Einzelbetrieb für die Drehung des Unterarms zuständig sind. Die Seilscheiben sowie die Motorführungen werden mithilfe von Rapid-

Prototyping hergestellt. Der große Vorteil dieses Verfahrens liegt in der uneingeschränkten Herstellbarkeit von dreidimensionalen Formen mit möglichen Hinterschnedungen und Einschlüssen (Henning et al, 2005).

3. AUFBAU DER AKTORIK

In der Vergangenheit wurden bereits zahlreiche Muskelantriebe entwickelt. Es gibt sowohl mechanische, chemische, elektrische, pneumatische als auch hydraulische Muskelantriebe. Zu nennen ist der pneumatische Muskel nach dem McKibben Prinzip (Klute et al, 2000) mit dessen Hilfe bereits die Aktorik einer Roboter-Stabheuschrecke aufgebaut wurde oder die Entwicklung von künstlichen Fischen, die mit elektroaktiven Polymer-Muskeln (EAP) betrieben wurden. Der Vorteil des hier vorgestellten Antriebes liegt in der hohen Effizienz und den geringen Kosten der Bestandteile. Es ist ein elektrischer Antrieb der leicht aufzubauen und zu implementieren ist. Der Antrieb setzt sich aus drei Hauptbestandteilen zusammen. In der Abbildung 3 ist das Prinzip des Antriebes ohne DC-Motor dargestellt (Staab et al, 2007). Das Seil wird mittig mit Hilfe einer Befestigungshülse an der Seilwelle befestigt und entlang der Welle vorbeigeführt. Die Rotation bewirkt das Aufwickeln des Seils, dadurch findet eine Längenminderung entlang des Seilstranges statt. Der Muskel zieht sich zusammen.

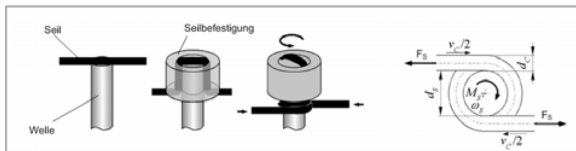


Abb. 3 Komponenten des Antriebs ohne DC-Motor (links), Kräfte in der Seilaufwicklung (rechts)

Durch das Aufwickeln der beiden Seilenden findet eine Umwandlung der Bewegungsenergie von rotatorisch in translatorisch statt. Die aufzubringende Seilkraft ist vom Wellen- und Seildurchmesser abhängig. Eine Verdickung der Seilwelle bewirkt eine Schmälerung der Muskelkraft und wird durch die Näherungsformeln für Zugkraft und Geschwindigkeit berechnet:

$$F_s = \frac{1}{(d_s + d_c)} M_s$$

$$v_c = \omega_s (d_s + d_c) = 2\pi n_s (d_s + d_c)$$

Die Kraft die durch die Drehung der Welle entsteht, wird entlang der Wirkungslinie der Seile aufgebracht. Eine hohe Widerstandsfähigkeit der Seile wird durch das hochfeste, polyfilem geflochtene Polyethylen-Material erzielt. Beim Roboterarm wird durch eine starre Kupplung die Motorwelle bzw. Getriebewelle mit der Seilwelle verbunden. Diese Kupplung fungiert einerseits als Verbindungselement und Übertragungsmedium zwischen den beiden Wellen und andererseits als Befestigungshülse für das Seil. Diese Technik wirkt auf den ersten Blick einfach und ist bereits in Alltagsanwendungen zu finden, als Beispiel ist an den Seilspanner bei Drahtzäunen zu denken, jedoch ist dieses Konzept im Detail betrachtet nicht trivial zu handhaben. Die Anbindung des Muskels an die Mechanik setzt sich aus drei Befestigungspunkten zusammen. Diese ergeben sich aus der Seilbefestigung am Motor und jeweils einer Befestigung am Seilende. Um das Zusammenziehen des Muskels zu gewährleisten, müssen zwei Befestigungspunkte beweglich und ein Befestigungspunkt fix gelagert sein. Beim Roboterarm ist der Motor auf einem Motorschlitten beweglich gelagert

(Abb. 2). Das Seil wird über Seilscheiben umgelenkt um eine Drehung des Arms zu gewährleisten.

4. BEWEGUNGSFREIHEIT DES ARMS

In diesem Abschnitt wird der Roboterarm dem menschlichen Arm gegenübergestellt. Es wurde versucht, die Bewegungsfreiheit des menschlichen Armes größtmöglich zu erreichen. In manchen Gelenkbereichen mussten, bedingt durch die Mechanik des Armes, geringfügige Abschläge gemacht werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Robotern konnte jedoch durch die Integration des neuen Antriebkonzepts eine zufrieden stellende Beweglichkeit erzielt werden. Abbildung 4 zeigt die Gegenüberstellung des menschlichen Arms eines Erwachsenen und dem Roboterarm ISELLA.

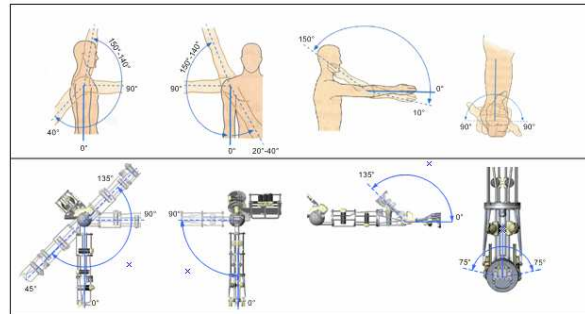


Abb. 4 Beweglichkeitsvergleich Mensch - Roboter

5. ARBEITSRAUM

Unter Arbeitsraum wird derjenige Raumbereich verstanden, der mit der Gesamtheit aller Achsbewegungen erreicht werden kann (Weber, 2002). In diesem Bereich kann jeder Raumpunkt mit dem Tool Center Point angefahren werden. All jene Punkte die außerhalb liegen stellen für den Roboter eine nicht einnehmbare Position dar. Der Arbeitsraum ist maßgebend für die Bewegungssteuerung und Gelenkregelung eines Roboters.

Je größer der erreichbare Arbeitsraum ist, desto mehr Handhabungsaufgaben können durch den Roboter bewältigt werden. Definiert wird dieser Raum durch den mechanischen Aufbau und durch die Freiheitsgrade des Arms. Um den Arbeitsbereich definieren zu können, muss der TCP bei jeder möglichen Stellung des Roboters aufgezeichnet werden. Hierfür wurde die Vorwärtskinematik mit den verschiedenen Winkelstellungen in einer Programmierschleife abgefahren. Die erreichten Punkte wurden abgespeichert, ausgewertet und graphisch aufbereitet. Die Abbildungen zeigen die Schnittdarstellungen der Hauptebenen des Arbeitsraums.

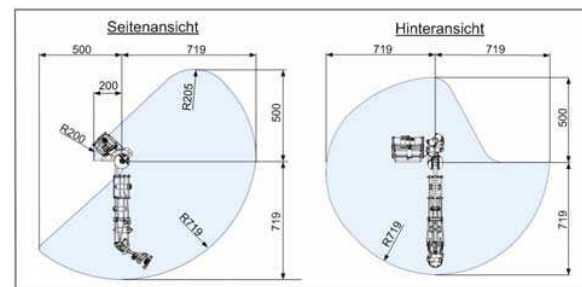


Abb. 5 Arbeitsraum ISELLA

6. SENSORIK

Sensoren dienen dazu, aus bestimmten Eigenschaften des Prozesses Informationen aufzunehmen, die zur Steuerung und Regelung dienen können (Pfeiffer et al, 1987). Abhängig von der Umgebung und der Aufgabe des Roboters werden verschiedene Arten von Sensoren eingesetzt.

6.1 Gelenkpotentiometer

Die Winkelstellung der Glieder wird durch die eingesetzte Sensorik ermittelt. Es werden Rückschlüsse über die aktuelle Position und die Bewegung des Arms abgeleitet, die die Grundlage für die Positionierung und Bahnplanung eines Roboters bilden. Die Sensorik bildet das Bindeglied zwischen Mechanik und Steuerung eines Roboters. Beim Roboterarm ISELLA werden die fünf Gelenkachsen mit analogen Leitplastikpotentiometern erfasst. Das Drehpotentiometer wird aufgrund der benötigten mechanischen Verbindung zu den Gelenkachsen kollinear bzw. parallel angeordnet. Dadurch werden die Winkelstellungen des Gelenks direkt an den Gelenkachsen ermittelt. Getriebespiel und andere mechanische Störeinflüsse, die indirekt auf die Gelenkstellungen wirken, werden in der Erfassung des Winkels vermieden. In der Abbildung 6 ist der Einbau des Potentiometers im Ellbogengelenk des Unterarms ersichtlich. Das dargestellte Potentiometer ist für die Ermittlung des Winkels von Strecker und Beuger zuständig. Aufgrund der Platzverhältnisse wurde der Drehgeber parallel zur Gelenkachse angeordnet und mit einer Schutzhülse gegen Verschmutzung versehen. Am Drehkörper des Gebers wurde eine Seilscheibe befestigt, um Bewegungen des Ellbogens auf das Potentiometer zu übertragen.

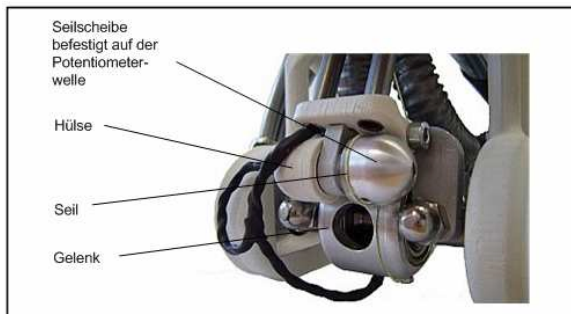


Abb. 6 Potentiometer montiert im Ellbogengelenk

Beim Leitplastikpotentiometer wird der Winkel über die Widerstandsänderung abgebildet. Die Werte werden absolut ausgegeben und benötigen keine Initialisierungsposition. Das Messsystem ist sehr robust und weniger aufwendig als optische Winkelsensoren. Die Winkelstellung wird ohne Signalumwandlung direkt über die Änderung des Widerstandes gemessen und eine schnelle Erfassung der Winkeländerung wird gewährleistet. Das Potentiometer ist echtzeitfähig und eine preisgünstige Alternative zu anderen Sensoren.

6.2 Temperatursensorik

Der Temperatursensor erfasst die Betriebstemperatur der Gleichstrommotoren und dient als zusätzliche Sicherheitseinrichtung in den Antrieben. Er besitzt die Eigenschaft bei steigender Temperatur den Eigenwiderstand zu erhöhen. Bei großen Lasten steigt, aufgrund der benötigten Leistung die Temperatur in den Motoren. Um die Grenzwerte der Motoren einzuhalten und somit einen fehlerfreien Betrieb zu gewährleisten, wurden die Temperatursensoren in den Antrieb zwischen der Motorummantelung eingebettet. Die Sensoren werden in die Abschirmungshülle der Motoren integriert und auf einer zusätzlichen Platine zusammengeführt.

Der linearisierte Arbeitsbereich des Sensors liegt zwischen 50°C und 110°C. Im Vergleich dazu beträgt die maximale Umgebungstemperatur des RE-max 29 Motors +85°C mit einer maximalen Rotortemperatur von +125°C. Bei Erreichen der kritischen Temperatur wird der Arm in eine sichere Position gefahren und der überhitzte Antrieb deaktiviert.

7. STEUERUNG UND REGELUNG DES ELLBOGENGELENKS

Die bisherigen Kapitel behandelten den grundlegenden Aufbau des Roboters und dienen als Voraussetzung für den Entwurf der Steuerung und Regelung in diesem Kapitel. Die Steuerung und Regelung hat das Ziel gestellte Aufgaben in einer definierten Art und Weise, mit einem bestimmten dynamischen Verhalten abzuarbeiten. Das System besitzt die Fähigkeit sich an bestimmte innere oder äußere Einflussfaktoren anzupassen. Beispiele hierfür sind unterschiedliche Kräfte am Endeffektor oder Temperaturschwankungen in der Arbeitsumgebung des Roboters. Für das Erreichen der Ziele werden unterschiedlichste Vorgehensweisen angewendet. An dieser Stelle sei auch auf die Steuerungs- und Regelungskonzepte des DLR-Leichtbauarms (Albu-Schäffer, 2002), (Verl, 1997) verwiesen.

Die Robotersteuerung beinhaltet die notwendige Hardware und Software, um die Antriebsmotoren anzusteuern und wird aus den Komponenten Eingabe, Bewegungsinterpolation und Gelenkregelung gebildet. Nachfolgend werden im ersten Abschnitt die Grundlagen, die Rechnerarchitektur, die Signalstrukturen und die Komponenten der verwendeten Hardware erläutert. Es wird der grundsätzliche Aufbau der Steuerung vermittelt. Im zweiten Abschnitt wird, basierend auf den Grundlagen der Antriebstechnik und der Mechanik des Unterarms, ein geeignetes Regelungsmodell erstellt. Abschließend wird die Implementierung der gewählten Regelung behandelt und erläutert, inwiefern das gewählte Regelungskonzept zielführend ist. Der gesamte Entwurf der Regelung fand ausschließlich anhand des Unterarms statt, da der Oberarm zum damaligen Zeitpunkt noch nicht gefertigt wurde. Ausgehend von den Erkenntnissen und Versuchsergebnissen kann die Regelung für den Oberarm zu einem späteren Zeitpunkt angepasst und realisiert werden.

7.1 Aufbau der Rechnerarchitektur

Für die Ansteuerung des Roboterarms ist eine geeignete Architektur notwendig. Wie bei der mechanischen Gestaltung des Arms, wird auch die Hierarchie der Steuerung modular aufgebaut. Der Strukturbaum in Abbildung 7 gliedert sich in zwei Hauptbestandteile für den Ober- und Unterarm.

Die oberste Steuerungsebene der Architektur bildet der Host-PC. In dieser Ebene werden die beiden Mikrocontroller-Board's des Ober- und Unterarms, die als Schnittstelle zum Arm fungieren, zusammengeführt. Sie beinhalten die Regelungslogik sowie die Signalverarbeitung. Der Host-PC ist für die Bahnplanung zuständig und stellt die erzeugten Sollwerte dem Regler zur Verfügung. Die Regelungsalgorithmen für die Antriebe wurden auf zwei Prozessoren aufgeteilt, um eine Reduzierung der Komplexität und eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeiten zu erreichen. Dadurch können Abläufe parallel abgearbeitet und im Störfall getrennt voneinander untersucht werden.

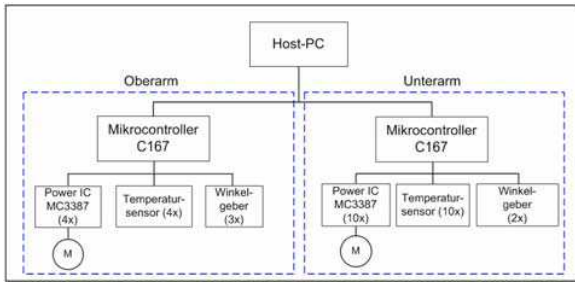


Abb. 7 Steuerungsarchitektur

Auf der untersten Ebene befinden sich die Motoren mit Leistungselektronik, die Temperatursensoren und die Winkelgeber der Gelenkachsen. Für jedes dieser Systeme wurde eine elektrische Platine entwickelt und mit Steckverbindungen bestückt. Die Steckverbindungen gewährleisten eine schnelle und einfache Austauschbarkeit der Treiberbausteine bei Defekten in den Schaltkreisen. Sie können beliebig erweitert und ausgewechselt werden. Die zentrale Platine beinhaltet die gesamten Module und ist über einen Expansion-Connector mit dem Mikrocontroller-Board verbunden, zu sehen in der Abbildung 8.

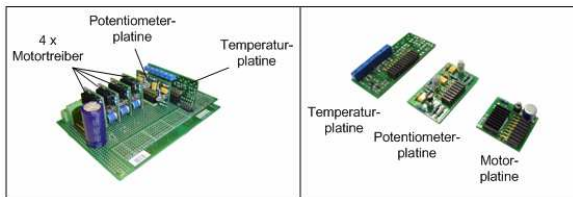


Abb. 8 Controllerplatine mit Zusatzmodulen

Das gesamte System wird mit einer maximalen Gleichspannung von 35V betrieben. Die hohe Spannung wird ausschließlich für die Versorgung der Motoren benötigt. Für den Temperatursensor wird lediglich eine 5V Gleichspannung, die vom Mikrocontroller zur Verfügung gestellt wird, benötigt. Die Drehpotentiometerplatine wird mit 12V versorgt und ist mit einem zusätzlichen Flash Baustein zur Generierung der 12V aus 5V ausgestattet. Die Schaltpläne der Bausteine wurden dem Anhang beigefügt.

7.2 Entwurf einer Gelenkregelung für den Ellbogen

Die Regelung eines Roboters hat die Aufgabe das System so zu beeinflussen, dass zeitveränderliche Systemgrößen ein definiertes Verhalten aufweisen. Die Stellantriebe müssen entsprechend der geforderten Geschwindigkeit, Beschleunigung und Position geregelt werden. Die Sollposition des Arms soll mit hoher Genauigkeit und in einer optimal berechneten Zeit erreicht werden. Ausgehend von diesen Anforderungen muss die Regelung zusätzliche Störgrößen bestmöglich ausgleichen. Die Störgrößen treten in Form von variablen Lastmomenten, unterschiedlichen Betriebstemperaturen, Reibungen und/oder veränderlichen Trägheiten auf. Die Regelung muss daher folgende Punkte gewährleisten:

Die Stabilität muss erfüllt sein, d.h. die Regelgröße führt keine Dauerschwingung aus und ist begrenzt.

Es ist ein gutes Führungsverhalten gegeben, welches durch das Folgen von Regelgröße zu Führungsgröße definiert ist. Die bleibende Regeldifferenz soll möglichst klein sein.

Es soll ein gutes Störverhalten gegeben sein: die Regelgröße wird möglichst wenig durch Störsignale beeinflusst.

Parameteränderungen der Regelstrecke sollen möglichst geringe Auswirkungen auf das Verhalten der Regelung haben (Robustheit).

Die Regelstruktur für das Gelenk wird in Kaskadenstruktur ausgeführt und beinhaltet einen unterlagerten ReDuS-Geschwindigkeitsregler (Regelung mit einstellbarer Dämpfung) sowie einen P-Lagereglere mit Vorsteuerung in der äußeren. Der Vorteil der vorliegenden Regelung liegt in der einfachen Begrenzungsmöglichkeit, sowie der einfachen Dimensionierung und Inbetriebnahme.

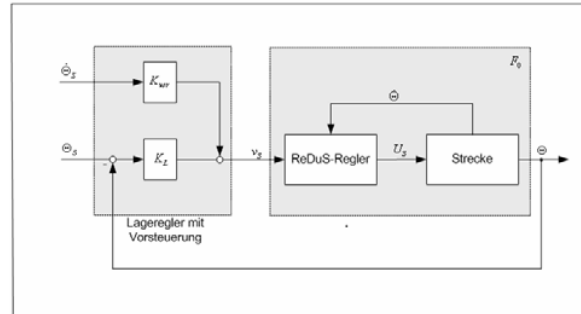


Abb. 9 Lageregelung mit Geschwindigkeitsvorsteuerung abgeleitet aus der Grafik von Weber (2002, S153)

Das Flussdiagramm in Abbildung 10 stellt den Ablauf eines Programmzyklus dar. Beginnend mit dem Einlesen des Verfahrenswinkels werden die Sollwerte der Bahninterpolation generiert. Der Interpolationsschrittwert T_{ipo} ist gleich der Abtastzeit TAB gewählt. Somit stehen für jeden Programmzyklus ein Sollwinkel und eine Sollgeschwindigkeit zur Verfügung.

Ausgehend von den vorgegebenen Werten kann die Regeldifferenz zwischen Soll- und Istwinkel berechnet werden, die als Eingangsgröße für den Lagereglere dient.

Basierend auf dem Factor KL und dem ReDuS-Regler wird abschließend durch Modifikation der Pulsweite die Spannung für die Motoren gebildet. Beispielsweise ist für einen Reglerausgangswert von $U_s = 10.5 \text{ V}$ eine Pulsweitenmodulation von 30% bei 35 V Quellspannung einzustellen. Bei einer Frequenz von 10kHz entspricht das einer Zeitdauer von 333 μs .

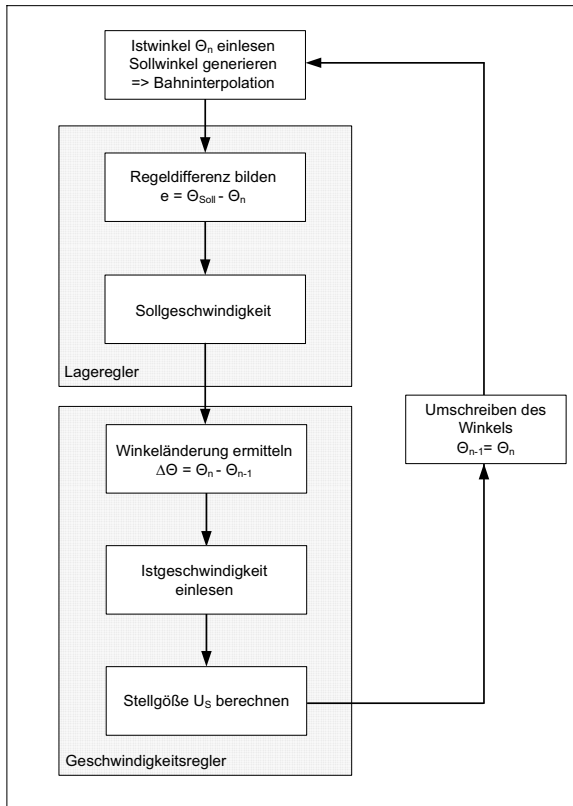


Abb. 10 Programmstruktur der Regelung

Ein wichtiger Punkt im Aufbau der digitalen Regelung ist die Signalverarbeitung. Die Güte der Regelung kann nur so gut sein, wie die Messsignale, die dem System zur Verfügung gestellt werden. Würde beispielsweise die Regelung nur ein Wandlungsergebnis des Potentiometers verwenden, so würden die Schwankungen bzw. das Rauschen des diskret abgebildeten, kontinuierlichen Spannungssignals zu unerwünschten Ergebnissen führen. Da das Spannungssignal proportional zum Winkel ist und einen wichtigen Messwert für die Regelung bildet, führt ein kleiner Fehler im Spannungssignal zu einem weitaus größeren Gesamtfehler im System. Um diesen Fehler möglichst gering zu halten, ist eine Vorverarbeitung der Messsignale bzw. der Wandlungen erforderlich. Hierfür wurde in der Programmierung eine einfache Vorfilterung mit Hilfe des Mittelwertsatzes vorgesehen. Durch diesen Filter werden die Signale geglättet und die Störungen minimiert. Die Winkelgeschwindigkeit wird von der Gelenkwinkeländerung nach der Zeit abgeleitet:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\Delta t}$$

Versucht man dies digital mit Hilfe der analogen Eingangssignale des Drehpotentiometers am Mikrocontroller, so ergibt sich folgende Problematik: Der 10 Bit A/D-Wandler besitzt eine maximale Spannungsauflösung von 4,88 mV. Bei einer anliegenden Spannung von 2,5 V für einen Winkel von 90° und einer Zykluszeit von 1 ms, ergibt das eine minimal erfassbare Geschwindigkeitsänderung von 3 rad/s. Um dies Ungenauigkeit auszugleichen, wurde ein zusätzlicher Hardware-Differenziator für die Berechnung der Geschwindigkeit integriert. Die Abbildung 11 zeigt erste Testversuche der Geschwindigkeits-Regelung mit unterschiedlichen Konfigurationen.

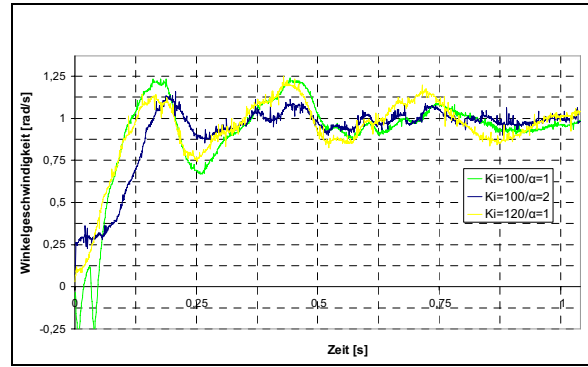


Abb. 11 Geschwindigkeitsregelung

Basierend auf dem Geschwindigkeitsregelkreis wurde der übergeordnete Lageregelkreis aufgebaut und getestet.

8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In dieser Arbeit wurde die mechatronische Entwicklung eines Roboterarms mit einer neuartigen bionischen Antriebstechnik vorgestellt. Ziel war es, mit dieser Technik und dem Vorbild der menschlichen Anatomie einen möglichst effizienten und kostengünstigen Arm zu gestalten. Es wurde der Aufbau des Roboters sowie die Beweglichkeit und der Arbeitsraum des Arms erarbeitet. Die Kinematik wurde erläutert und durch geeignete Modelle beschrieben. Um den Antrieb experimentell zu untersuchen wurde ein erster Prototyp des Unterarms in Vorarbeiten gefertigt und zusammengebaut. Zur Erfassung des Arbeitsbereiches wurde eine Simulation der Kinematik programmiert und mit Schnittdarstellungen graphisch aufbereitet.

Im letzten Abschnitt dieser Arbeit wurde die Basis für die Steuerung des Arms geschaffen. Es wurde sowohl die Hardware für den Arm, als auch die Steuerungsarchitektur festgelegt. Ausgehend von den benötigten elektrischen Bestandteilen wurden modulare Platinen für die Motoren, die Temperatursensoren und die Präzisionspotentiometer gefertigt und auf einer Zusatzplatine für den Mikrocontroller zusammengeführt. Zum Abschluss wurde ein Konzept für eine Lageregelung mit unterlagertem ReDuS-Geschwindigkeitsregler ausgeführt und in einen Mikrocontroller implementiert. Für die Regelung wurde ein Simulationsmodell mit Hilfe der Software MATLAB/SIMULINK entwickelt und später anhand des Ellbogengelenks experimentell implementiert und validiert.

Eine Besonderheit des Roboterarms ISELLA liegt in der kostengünstigen Aktorik und in dem guten Verhältnis von Eigengewicht zu Traglast. Mit einem Gewicht von 2.2 kg des Unterarms ist es möglich eine Last von 3 kg zu handhaben. Die Leichtbauweise und die anthropomorphen Strukturen der Kinematik ermöglichen dem Arm eine überaus schnelle und gute Beweglichkeit. Um eine Basis für nachfolgende Arbeiten zu schaffen wurde der Ellbogen mit einer Kaskadenregelung ausgestattet. Diese ist für einen ersten Versuchsaufbau zweckmäßig, jedoch gilt es die entworfene Regelung weiter zu entwickeln und zu optimieren. Die Entwicklung wurde einfach gestaltet, kann jedoch schrittweise zu komplexen Strukturen und Algorithmen erweitert werden. In weiterführenden Arbeiten sollte an einer Zustandregelung, die sich sehr gut zur Beschreibung des nichtlinearen Systems eignet, festgehalten werden. Als Grundlage dient die ausgeführte Beschreibung der Regelstrecke. Als nützliche Erweiterung zur Geschwindigkeits- und Lageregelung kann zusätzlich, basierend auf den Feedbacksignalen der Motortreiberbausteine, eine Kraftregelung für die Service-Robotik integriert werden.

Weiters ist für die Gelenkregelung eine übergeordnete Regelung mit Benutzeroberfläche zu entwickeln. Die Modelle dienen hierfür als Basis und können implementiert werden.

9. REFERENCES

- HENNING, A. GRESIAK, A. ROTH-KOCH, S., BECKER, R., EFFENBERGER, I., WESTKÄMPER, E., 2005. Rapid Prototyping and Manufacturing – Trends and Developments in Germany
Stuttgart: Fraunhofer Institut IPA
- KLUTE, G., HANAFORD, B., 2000. Accounting for Elastic Energy Storage in McKibben Artificial Muscle Actuators.
- STAAB, H., SONNENBURG A., HIEGER, C., 2007. The DOHELIX-Muscle: a Novel Technical Muscle for Bionic Robots and Actuating Drive Applications. submitted for review 3rd annual IEEE Conf. on Automation Science and Engineering, 2007, USA, Sept 22-25
- WEBER, W., 2002. Industrieroboter. Methoden der Steuerung und Regelung
Leipzig: Carl Hanser Verlag
- PFEIFFER, F., REITHMEIER, E., 1987, Roboterdynamik.
Stuttgart:: Teubner
- ALBU-SCHÄFFER, A., 2002. Regelung von Robotern mit elastischen Gelenken am Beispiel der DLR-Leichtbauarme.
Dissertation. Universität München
- VERL. A., 1997. Methoden und Realisierungen zur nichtlinearen Gelenkregelung des DLR-Leichtbauroboters.
In: Forschungsbericht VDI, Reihe 8: Mess-, Steuerungs und Regelungstechnik Nr. 671

FH TECHNIKUM WIEN: KOGNITIVES VISION SYSTEM EINES HUMANOIDEN ROBOTERS

Student: AMBROSCH, Roland

FH-Betreuer: FH-Prof. Dipl.-Ing. Viktorio Malisa

Kurzfassung: Innerhalb der letzten Jahrzehnte wurden Industrieroboter erfolgreich in automatisierte Produktionen integriert. Der zusätzliche Fortschritt im Bereich der Miniaturisierung bildet die Basis heutiger erfolgreicher Entwicklungen humanoider Roboter. Unsere Gesellschaft entwickelte sich auf Grund der medizinischen Fortschritte und der immer älter werdenden Bevölkerung zu einer Dienstleistungsgesellschaft. Serviceroboter werden entwickelt um Menschen im täglichen Leben zu unterstützen. Humanoide Roboter sind eine Teilgruppe der Servicerobotik, die eine menschenähnliche Gestalt haben um bereits gebaute, menschliche Umgebungen nutzen zu können. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Konzeption eines humanoiden Roboters, dem ein kognitives Bildverarbeitungssystem zur Verfügung steht. Das Konzept des humanoiden Roboters, umfasst die Spezifikation der einzelnen Subsysteme des Roboters und dessen Schnittstellen sowie den Datenfluss. Das kognitive Machine Vision System, welches den Kopf des Roboters in Verbindung mit dem Hals darstellt, stellt den zentralen Bereich dieser Arbeit dar. Auf Grund der Größe solcher mechatronischer Projekte wird die Gründung eines interdisziplinären Forschungsnetzwerkes im Detail analysiert.

Schlüsselwörter: Service Robotik, humanoide Roboter, Computer Vision, Machine Vision, Human Machine Interface

1. EINLEITUNG

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem Grundkonzept eines humanoiden Roboters, der Aufteilung des Gesamtsystems in kleinere Teilbereiche und deren Interaktion durch definierte Schnittstellen. Der Roboter wird in Teilprojekte aufgeteilt und deren Grenzen definiert, um die Projekte in mehreren autonomen Gruppen parallel durchführen zu können.

Der anschließende Teil der vorliegenden Arbeit handelt von der Umsetzung eines Roboterkopfes und der Anwendung des Roboterkopfes zur Interaktion mit Menschen. Im Detail bietet der laufende Algorithmus die Möglichkeit, Handbewegungen zu folgen, um in Zukunft durch Gestiken Befehle erteilen zu können.

2. KONZEPT DES HUMANOIDEN ROBOTERS

Das erste Ziel der Entwicklung von NEBe ist der Bau eines humanoiden Roboters, welcher sich zweifüßig fortbewegt. Der Roboter soll in der Lage sein auf ebenem Untergrund zu gehen und kleine Unebenheiten auszugleichen. Die Überwindung von Stufen ist eine weitere Aufgabe, die der Roboter schaffen soll.

Ein weiteres Ziel ist die Durchführung von einfachen, manuellen Aufgaben. Die Maschine-Mensch-Interaktion ist ein Bestandteil, der berücksichtigt werden soll. Das Erkennen von definierten Objekten und Aufgabenstellungen soll autonom erfolgen.

Ein wichtiges Ziel ist es, NEBe so zu gestalten, dass er seine eigene Energiequelle mit sich tragen kann, um autonomes Verhalten zu erreichen (Nortman, 2002).

3. SPEZIFIKATIONEN DES ROBOTERS

Angelehnt an die Anatomie des Menschen, ergeben sich aus den Proportionen des menschlichen Körpers, abhängig von der Größe des Menschen, die Abmessungen der einzelnen Gliedmaßen. Die Abmessungen der Natur werden vollständig

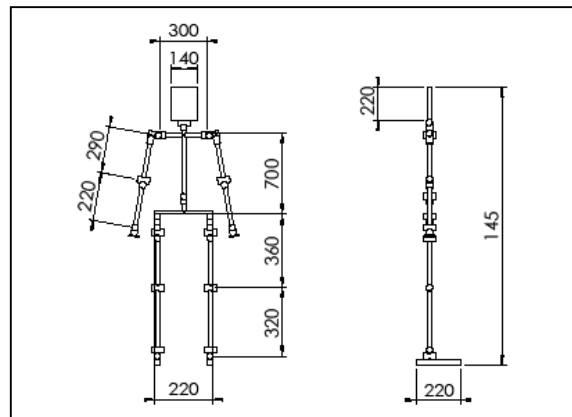


Abb. 1 - Abmessungen des humanoiden Roboters NEBe

übernommen, um die gelernten Abläufe menschlicher Körper verwenden zu können und um die Form des Roboters möglichst menschenähnlich zu gestalten. Die gewählten Abmessungen sind in Abbildung 1 zu sehen.

4. SUBSYSTEME

Die Unterteilung des humanoiden Roboters in einzelne Subsysteme, erlaubt eine rasche Entwicklung derer und definiert Schnittstellen, welche Subsysteme haben müssen. Durch die Aufteilung können zuerst die groben Schnittstellen definiert und danach in weiterer Folge detailliertere Angaben über diese Subsysteme gemacht werden. Diese Subsysteme werden in den nachfolgenden Kapiteln auch als Module bezeichnet. Diese Module bestehen weiterhin aus Submodulen, welche aus funktionellen Einheiten wie Aktuatoren, Sensoren, Getriebe, etc. zusammengestellt werden (Albers & Brudniok, 2006). Ein Beispiel eines Subsystemes, bzw. Moduls ist der Kopf mit den Submodulen Hals, Schädel und Augen.

5. ROBOTERKOPF COSYNA

Der humanoide Roboterkopf CoSyNA besteht aus den drei Teilen Mechanik, Elektronik und Software. Es gibt viele unterschiedliche Möglichkeiten wie man einen Roboterkopf bauen kann (Berns, 2006). Die in dieser Arbeit gewählten Methoden zielen vor allem darauf ab mechanische Standardkomponenten zu verwenden, aus elektronischer Sicht bereits bewährte Systeme einzusetzen und Software aus dem Open Source Bereich weiter zu entwickeln.

6. AUFBAU DES KOPFES

Der mechanische Aufbau beschäftigt sich mit dem möglichst menschenähnlichen Aussehen des Kopfes und der entstehenden Kinematik. Das gewählte Design ist angelehnt an eine menschliche Kopfform, wie es in Abbildung 2 zu sehen ist. Der Kopf hat mit dem Hals eine Höhe von 260 mm und eine Tiefe von 180 mm. Die Breite des Halses beträgt 91 mm.

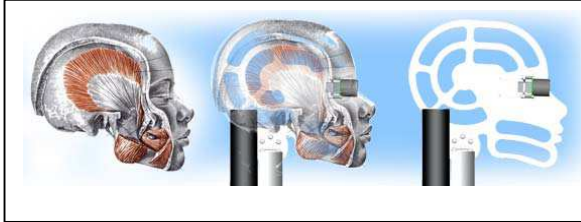


Abb. 2 – Gewählte Kopfform und eingesetzter Antrieb

Der Hals verfügt über 2 Freiheitsgrade, die dem Nicken und Drehen des Kopfes dienen. Beide Freiheitsgrade werden über bürstenlose Gleichstrommotoren betrieben.

7. SOFTWARE DES ROBOTERKOPFES

Die Motoren und Sensoren werden über einen Mikrocontroller gesteuert, welcher über CAN mit einem PC verbunden ist. Das CAN-Netzwerk dient in Zukunft für die Vernetzung des gesamten humanoiden Roboters. Der Vision Algorithmus 1 läuft auf einem externen, handelsüblichen Desktop PC. Dieser PC befindet sich außerhalb des Roboters und ist über CAN mit den Motorregelungen verbunden. Die beiden angetriebenen Motoren sind mit einem Treiber IC mit einem Mikrocontroller verbunden, der zusätzlich noch die aktuelle Absolutposition der Achsen über Hall Sensoren ermitteln kann. Der Mikrocontroller erhält über CAN Anweisungen für die gewünschte Position welche aus dem Bildverarbeitungsalgorithmus und einem Folgeverhalten ermittelt werden.

8. HAND TRACKING

Die Interaktion zwischen Mensch und Roboter funktioniert über unterschiedlichste Verfahren, sollte im Bereich der humanoiden Robotik aber vor allem intuitiv sein. Das Hinweisen auf bestimmte Objekte, um sie einem Roboter zu zeigen, sollte ebenso stabil funktionieren wie das Erkennen einer Person, die sich einem Roboter nähert. Die Grundlage für viele Algorithmen dieser Art ist das zuverlässige Erkennen von Haut. Ziel des in dieser Arbeit entwickelten Computer Vision Algorithmus ist es, über Farbkameras Haut aus einer Szenerie zu filtern. Mit der Voraussetzung, dass der Roboterkopf nicht in

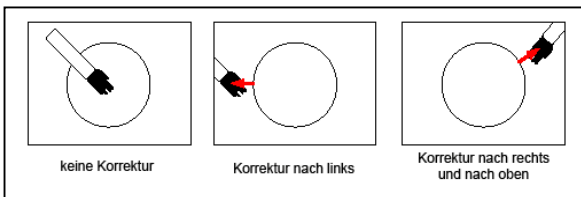


Abb. 3 – Szenarien des Hand Trackings

Richtung Gesicht, sondern in Richtung Brust abwärts blickt, soll aus dem segmentierten Bereich eine Hand extrahiert und verfolgt werden. Nach der Extrahierung der Hand wird der Schwerpunkt der Hand ermittelt und die gewünschte Korrekturbewegung des Roboterkopfes ermittelt. Befindet sich die Hand außerhalb eines vorher definierten Bereiches, bewegt

sich der Kopf in Richtung Hand. Drei mögliche Szenarien sind in Abbildung 3 zu sehen.

Der Hand Tracking Algorithmus teilt sich in fünf Hauptteile auf. Der Algorithmus übernimmt die Steuerung der Kameras über Firewire 1394, außerdem die Vorverarbeitung der Eingangsbilder. Anschließend wird die Segmentierung der Hautfarbe durchgeführt, die Klassifizierung der gefundenen Fläche und das Tracking. Der abstrahierte Ablauf des Algorithmus ist in Abbildung 4 zu sehen.

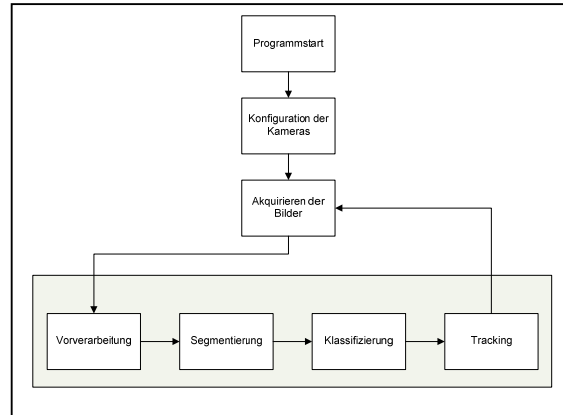


Abb. 4 – Abstrahierter Ablauf des Hand Tracking Algorithmus

9. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Umsetzung des Teilprojektes CoSyNA war erfolgreich, da alle Teilbereiche der Mechatronik problemlos miteinander kooperieren. Der implementierte Bildverarbeitungs Algorithmus funktioniert in den geforderten Umgebungen sehr gut, weicht aber in den für die Bildverarbeitung problematischen Umgebungen von seiner geforderten Tätigkeit ab. Die Erkennung von Händen funktioniert innerhalb der festgelegten Grenzen sehr gut, befinden sich innerhalb des Sichtbereiches jedoch andere Hautpartien, so werden diese fälschlicherweise ebenfalls als Hände erkannt. Hier könnte ein zusätzlicher Classifier-Algorithmus Abhilfe schaffen. CoSyNA besitzt zurzeit zwei Freiheitsgrade, wie es bei einigen humanoiden Robotern der Fall ist. Will man ein Aussehen erreichen, welches menschenähnlicher ist, so sollten zusätzliche Freiheitsgrade verwendet werden.

Die sehr hohen wirtschaftlichen Anforderungen des Projektes NEBe wurden in den durchgeführten Projekten bestätigt. Die Gründung einer Institution für die Durchführung von Projekten dieser Größe ist im Gange. Das Binden von Wissen durch die Bildung eines Spezialistenteams, welches sich um die vielen Teilgebiete der Mechatronik und Robotik kümmert, wurde durch die Komplexität der Gebiete bestätigt. Es ist empirisch zu ermitteln, ob Projekte dieser Größe interdisziplinär durchführbar sind.

10. REFERENCES

- Albers, A. & Brudniok, S., 2006. Development of the highly integrated mechatronical systems of humanoid robots. *Proceedings of the 17th DAAAM International Symposium Intelligent Manufacturing and Automation: Focus on Mechatronics and Robotics*. Wien.
- Berns, K., Hillenbrand, C. & Mianowski, K., 2006. The Mechatronic Design of a Humanlike Robot Head. *16th CISM-IFTOMM Symposium on Robot Design, Dynamics, and Control (ROMANSKY)*.
- Nortman, S. D., 2002. *Design, Construction and Control of an Autonomous Humanoid Robot*. Master's thesis. University of Florida.

FH CAMPUS 02: REALISIERUNG EINES AUTOMATISCHEN PRÜFAUFBAUS FÜR EIN NEUES ONLINE-KOHLENDIOXIDMESSSYSTEM

Student: REISENEGGER, Robert, PK: 0310042024

FH-Betreuer: DI Dr. PAURITSCH, Manfred

Kurzfassung: Ziel der Diplomarbeit war die Realisierung eines Prüfaufbaus für die automatische Justierung eines neuen von der Anton Paar GmbH entwickelten Messsystems zur Bestimmung von gelöstem Kohlendioxid. Am Beginn stand die Festlegung einer entsprechenden Justieroutine auf Basis von Erkenntnissen einer im Vorfeld durchgeführten Studie. Diesem Schritt folgte die Auswahl passender Aktoren und Sensoren sowie mechanischer Komponenten der Prüfvorrichtung. Mit einer speziell für diese Anwendung entwickelten Softwarelösung konnten mit Hilfe der gewählten Hardwarekomponenten die theoretischen Abläufe der Justieroutine in die Praxis umgesetzt werden. Mit diesem automatischen Prüfaufbau wird eine exakte Justierung des Messinstrumentes erreicht. Der zeitliche Aufwand wird im Vergleich zu einem manuellen Abgleich ebenso reduziert, was wiederum die Wirtschaftlichkeit steigert.

Schlüsselwörter: automatische Justierung, gelöstes Kohlendioxid, Justieroutine, Softwarelösung, Wirtschaftlichkeit

1. EINLEITUNG

Kohlendioxid ist für Getränkehersteller ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Durch seine Eigenschaften wird die Haltbarkeit erhöht und es lässt ein Getränk beim Genuss erfrischender erscheinen als Flüssigkeiten, die diesen Inhaltsstoff nicht enthalten. Sind neben dem Kohlendioxid andere Gase wie Sauerstoff oder Stickstoff in der Flüssigkeit gelöst, kommt es mit herkömmlichen Messprinzipien zu einer falschen Bestimmung des Kohlendioxidgehaltes.

Mit einem neuartigen Messverfahren, dem Mehrfach-Volumen-Expansionsverfahren, welches erstmals in einem für Laborapplikationen entwickelten Messinstrument der Anton Paar GmbH eingesetzt wurde (CARBO QC), ist es möglich, diesen Einfluss zu kompensieren. Dabei wird nach der Probennahme durch Vergrößern des Messkammervolumens ein Druckgleichgewicht zwischen der Flüssigkeits- und der entstehenden Gasphase hergestellt. Nach Messung von Druck und Temperatur wird das Volumen ein zweites Mal vergrößert. Die Messung der vorhin genannten Größen erfolgt wiederum nach erneutem Erreichen des Gleichgewichtszustandes.

Um die Verwendbarkeit dieses Messprinzips, welches zur Gruppe der manometrischen Verfahren gezählt wird, in Prozessmessgeräten zu testen, wurde eine Vorstudie durchgeführt. Aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen entstand die Notwendigkeit das Messinstrument zu justieren um exakte Messergebnisse zu erhalten. Durch den hohen zeitlichen Aufwand für den manuellen Abgleich eines Gerätes musste ein Weg gefunden werden diesen Vorgang zu automatisieren. Die Umsetzung eines speziell dafür gestalteten Aufbaus und Entwicklung eines Programms zur Ablaufsteuerung waren notwendig um das gesetzte Ziel zu erreichen.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Beim Mehrfach-Volumen-Expansionsverfahren werden für die Berechnung des Kohlendioxidgehaltes Druck und Temperatur beider Gleichgewichtsphasen und die zwei Vergrößerungen des Messkammervolumens benötigt. Eine Änderung des Volumens kann nicht direkt über einen geeigneten Sensor gemessen werden. Jedoch lässt sie sich mathematisch über den Druckabfall in der Messkammer nach dessen Vergrößerung bestimmen. Die Ergebnisse der Vorstudie zeigten eine Abhängigkeit der Volumenvergrößerungen vom vorherrschenden Gleichgewichtsdruck in der Messkammer, vgl. Abb. 1.

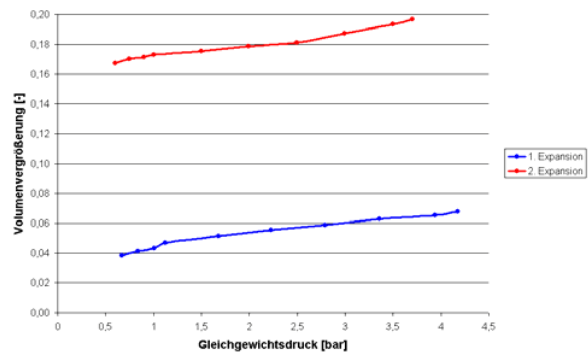


Abb. 1: Druckabhängigkeit der Volumenvergrößerungen

Basierend auf diesen Erkenntnissen musste im ersten Schritt eine entsprechende Justieroutine festgelegt werden um beide Volumenexpansionen bestimmen zu können. Dabei war es wichtig einen Kompromiss zwischen geforderter Genauigkeit der Justierung und Wirtschaftlichkeit zu finden. Ebenso war die Auswahl geeigneter Komponenten für den Aufbau ein weiterer wichtiger Punkt um einen genauen Abgleich des Messinstrumentes zu ermöglichen. Um der gesamten Konstruktion Leben einzuhauchen musste ein Programm entwickelt werden, das auf Basis der festgelegten Justieroutine alle notwendigen Tätigkeiten erledigen konnte.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Das Ziel einer Justierung ist Messabweichungen so weit zu minimieren wie es die jeweilige Anwendung erfordert. Für die Bestimmung des Kohlendioxidgehaltes mit dem Mehrfach-Volumen-Expansionsverfahren sind die einzigen unbekannt Parameter die beiden Volumenvergrößerungen, da sie auf Grund ihrer Abhängigkeit vom Gleichgewichtsdruck nicht konstant sind. Aus Abb. 1 ist erkennbar, dass der Verlauf beider Kurven annähernd linear ist. Damit ist es möglich sie durch deren Steigung (Gain) und Abweichung an der Ordinate (Offset) zu beschreiben. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis von zumindest zwei Punkten der Kurve. Die festgelegte Justieroutine bedient sich diesem Aspekt. Der Bereich den beide Punkte begrenzen wurde so gewählt, dass ein Großteil

unterschiedlicher kohlendioxidhaltiger Getränke verschiedener Hersteller damit abgedeckt werden kann. Der gemessene Gleichgewichtsdruck bei Bieren liegt meist in einem Bereich zwischen 1 und 3 bar, bei Softdrinks wie Coca Cola kann dieser Wert noch darüber liegen. Da auch außerhalb des Justierbereiches die Kurven näherungsweise linear verlaufen, wird durch entsprechende Extrapolation ein ebenso exaktes Ergebnis bei der Berechnung der Volumenexpansionen erzielt.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Während der Justierung ist es sehr wichtig, dass ein konstanter Druck vorherrscht und die Temperatur des Messmediums stabil gehalten wird. In Abb. 2 ist ein Schema des Prüfaufbaus dargestellt der für diesen Zweck entwickelt wurde. Darin ist ein Kessel mit einem Anschluss für eine Kohlendioxid-Gasflasche enthalten. Mit dieser Gasflasche wird einerseits der Druck im gesamten System eingestellt, andererseits wird das zu messende Kohlendioxid in die Flüssigkeit eingebracht. Weiters sorgt eine Pumpe für den benötigten Durchfluss und ein Wärmetauscher mit angeschlossenem Thermostat für konstante Temperaturverhältnisse.

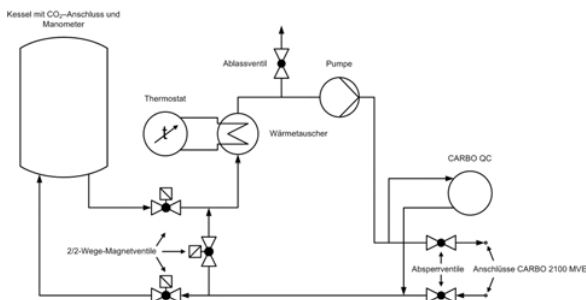


Abb. 2: Schema Prüfaufbau

Mit den drei Magnetventilen ist es je nach Schaltstellung möglich einen Karbonisier- und Justierkreislauf zu realisieren. Der Karbonisierkreislauf führt über den Kessel. Dadurch erhöht sich ständig der Anteil an gelöstem Kohlendioxid in der Flüssigkeit, was wiederum zu einer Erhöhung des Gleichgewichtsdruckes führt. Für die Justierung ist dieser Zustand nicht akzeptabel, da der Gleichgewichtsdruck nicht konstant bleibt. Aus diesem Grund werden bei Erreichen des ersten Justierpunktes die Ventile dermaßen umgeschaltet, dass die Flüssigkeit nicht mehr durch den Kessel fließt. In dem damit geschaffenen Justierkreislauf herrschen ausreichend konstante Druck- und Temperaturverhältnisse vor, die eine exakte Justierung ermöglichen.

Das Schalten der Ventile in Abhängigkeit des Gleichgewichtsdruckes ist Aufgabe des dafür entwickelten Justierprogramms. Für die Realisierung wurde die Software LabVIEW gewählt. In dem damit geschaffenen Justierprogramm werden zyklisch Messwerte vom zu justierenden Prozessmessinstrument (CARBO 2100 MVE) eingelesen. Hat der eingelesene Druck einen bestimmten Wert erreicht, werden über das Programm die Ventile umgeschaltet. Prozessmessinstrumente wie der CARBO 2100 MVE sind für einen Dauerbetrieb in Produktionsanlagen konzipiert worden. Über eine eigene Auswerteeinheit führt das Gerät zyklisch Messungen durch. Die Messwerte müssen dann vom Programm nur mehr eingelesen werden. Beim Referenzgerät hingegen wurde mit dem CARBO QC ein Messgerät für Laborapplikationen verwendet, wo Messungen normalerweise von Hand gestartet werden. Deshalb übernimmt das Justierprogramm die Aufgabe des Bedieners und startet die Messungen des CARBO QC. Sobald das Messmedium im Justierkreislauf fließt werden, nach einer entsprechenden Angleichszeit, Messwerte von beiden Instrumenten eingelesen.

Wie bereits erwähnt müssen zur Bestimmung der Verläufe beider Volumenexpansionen Werte an zwei bestimmten Punkten eingelesen werden. Der Mittelung dieser Größen folgt ein iteratives Verfahren mit dem die benötigten Parameter, für die anschließende Berechnung von Gain und Offset beider Volumenexpansionen, bestimmt werden. Mit diesem Ergebnis ist die Justierung des CARBO 2100 MVE abgeschlossen.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Durch das Zusammenspiel aus Prüfvorrichtung und Justierprogramm ist ein effizientes Tool für die Justierung des CARBO 2100 MVE geschaffen worden, vgl. Abb. 3.

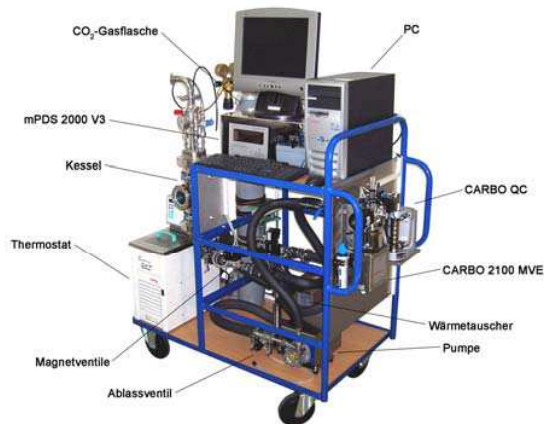


Abb. 3: Prüfaufbau

Die Vorteile, die aus dem automatischen Ablauf gegenüber einem manuellen Abgleich erzielt werden konnten, liegen in einer exakten Bestimmung der zur Beschreibung der zwei Volumenvergrößerungen benötigten Parameter. Außerdem ist der zeitliche Aufwand, den ein Mitarbeiter bei der Betreuung der Prüfvorrichtung aufbringen muss, um einiges geringer als in der Vorstudie, wodurch wiederum die Wirtschaftlichkeit gesteigert wurde.

Sowohl beim Aufbau als auch beim Justierprogramm sind noch Verbesserungspotentiale vorhanden. Für den Prüfaufbau wurde zum Beispiel eine neuartige Pumpe getestet. Der Vorteil ist dass die Flüssigkeit durch den Pumpvorgang nicht so stark erhitzt wird wie es bei der ursprünglich verwendeten der Fall war. Dadurch lässt sich die Flüssigkeitstemperatur noch exakter auf einem konstanten Wert halten. Für das Justierprogramm sind ebenfalls weitere Verbesserungen vorgesehen wie zum Beispiel die Visualisierung des Programmstatus. Damit ist für den Bediener der Anlage erkennbar wie weit die Justierung vorangeschritten ist.

Der CARBO 2100 MVE wurde für Spezialanwendungen im Prozessbereich entwickelt. Hauptabnehmer sind Kunden aus der Bierbranche die großen Wert auf eine exakte Bestimmung des Kohlendioxid- und Fremdgasgehaltes (Stickstoff) legen. Da dieser Markt im Vergleich zu den herkömmlichen Anwendungen relativ klein ist wird sich die Produktion dieses Gerätes auf Kleinserien beschränken.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- Atkins, 1996. *Physikalische Chemie*, VCH-Verlag, 2. Auflage
- Murer; Gautsch, 2003. *Selektive CO₂-Messung für Getränke mit dem Mehrfach-Volumen-Expansionsverfahren*, Ausgabe 39/40, Seite 1225 bis 1230, Brauwelt
- Reisenegger, R., 2007. *Realisierung eines automatischen Prüfaufbaus für ein neues Online-Kohlendioxidmesssystem*, Diplomarbeit, CAMPUS 02 Graz

Projektarbeiten

FH CAMPUS 02: AIRRACE

Student: PERTL, JOSEF

FH-Betreuer: DI SCHEIBELMASSER, ANTON

Kurzfassung: In dieser Projektarbeit wurde die Sensorik und Aktorik eines autonom fliegenden Modellflugzeuges entwickelt. In der noch laufenden Entwicklung beschäftigte ich mich mit der Idee ein Modellflugzeug so umzubauen bzw. mit Intelligenz und Hightech zu füllen, sodass ein völlig autonomer Flug möglich ist. Vom autonomen Flug ausgehend soll Airrace schließlich einen vorprogrammierten Slalom Parcours bewältigen. Die gesamte Regelung des Modellflugzeuges soll rein durch die Elektronik an Board geschehen. Die vollständige Umsetzung wäre eine Low Cost Lösung, deren Anwendungen z.B. bei Katastrophen sein könnten. **Schlüsselwörter:** Sensorik und Aktorik, Autonom fliegendes Modellflugzeug, Elektronikregelung

1. EINLEITUNG

Ähnlich wie beim Red Bull Airrace soll unser fliegender Roboter jedoch selbstständig, also ohne menschlichen Eingriff per Fernsteuerung einen Slalom Parcours bewältigen. Anwendungen für einen Flugroboter wie Airrace wären sogenannte 3-D-Jobs, die langweilig (dull), schmutzig (dirty) und/oder gefährlich (dangerous) sind. Aber auch bei Filmaufnahmen oder Architekturdokumentationen könnte Airrace seinen Größen- und Preisvorteil gegenüber großen Flugzeugen ausspielen.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Das gesamte Projekt wurde in zwei grobe Aufgabenbereiche unterteilt. Der Bereich der Software beinhaltet die gesamte Regelung welche mit einem Mikrocontroller umgesetzt wurde. Die Anbindung an den Mikrocontroller einschließlich dessen gesamter Peripherie welche die Sensorik und Aktorik darstellt wurde mittels Hardware umgesetzt und stellte den zweiten großen Aufgabenbereich dar. Im Zuge des Wahlpflichtfaches Begleitende Projekte des FH Studiengangs Automatisierungstechnik am CAMPUS 02 konzentrierte ich mich auf die Umsetzung von Hardwareblöcken. Während die Software prinzipielle Fragestellungen wie „Wo bin ich?“, „Wo will ich hin?“, „Wie komme ich dort hin?“ entwickelte, waren typische Hardware spezifische Fragen „Wie bestimmt man die Lage und die Position des Flugzeuges?“, „Wie bringt man das Modell stabil?“, „Wie kann man Flugdaten aufzeichnen?“.

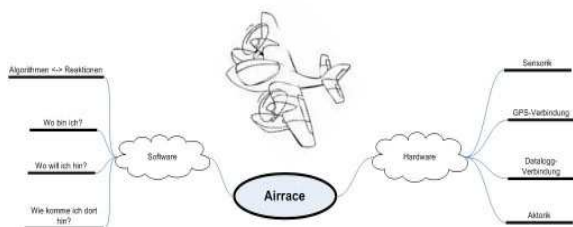


Abb. 1: Airrace Strukturbild

3. UMSETZUNG

Um die Zielsetzung besser zu unterteilen wurde eine detaillierte Projektstruktur erstellt. Das autonome Modellflugzeug wurde somit in vier große Gruppen unterteilt, welche sich ähnlich dem OSI - Schichtmodell in weitere Layer unterteilen lassen:

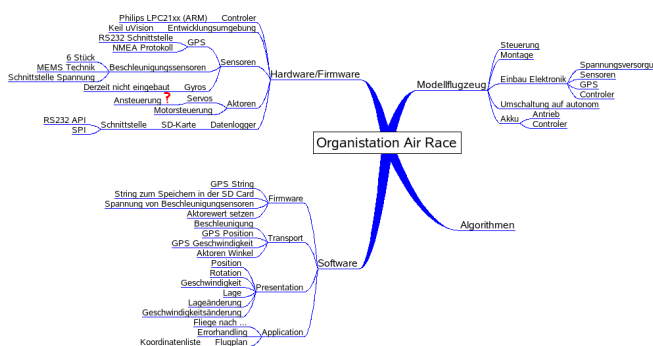


Abb. 2: Detaillierte Organisation

Das Modellflugzeug selbst stellt die physikalisch unterste Ebene dar in welcher bestehende Baugruppen wie z.B. Servomotoren zum Teil optimiert wurden. Weiters wurde das Modellflugzeug insofern umgebaut dass die Elektronik unter Berücksichtigung von Lage, Platz, Gewichtsverteilung, Stromversorgung und EMV bestmöglich eingebaut werden konnte.

Die Hardware und Firmware Ebene stellt den nächsten Layer dar in welchem die gesamte Elektronik bestimmt wurde. Als Kernstück unseres Flugroboters wurde ein 32-bit ARM 7 verwendet, da dieser einerseits mit ideal einsetzbaren Baugruppen wie etwa ein 8 Kanal 10-bit ADC, mehrere 32-bit Timer, mehrere PWM Kanäle, mehrere universelle Schnittstellen und 47 GPIO bestückt ist und andererseits auf Grund der Leistungsfähigkeit geeignet ist Betriebssysteme zu unterstützen und damit das Andocken höherer Software Ebenen erleichtert.

Zwei Sensortypen nämlich ein GPS-Empfänger und MEMS Beschleunigungssensoren sollten die zwei Fragen „Wo befindet sich das Modellflugzeug?“ und „In welcher aktuellen Lage befindet sich das Objekt?“ beantworten.

Als Aktoren wurden die bereits bestehenden 6 Servomotoren verwendet welche mittels PWM - Signal Höhenruder, Seitenruder und Rotor steuern. Die gesamte Regelelektronik wurde als zuschaltbares System ausgeführt, sodass sämtliche Aktoren im Notfall mit Hilfe der Fernbedienung gesteuert werden können.

Um sämtliche Flugdaten wie GPS-Signale, Sensorik und Aktorik sowie alle Softwarebefehle aufzuzeichnen wurde ein Datenlogger angeschlossen. Mit Hilfe einer 256MB SD Card, welche einerseits über die RS232-Schnittstelle vom Mikrocontroller beschrieben und andererseits über die USB-Schnittstelle von einem PC gelesen werden kann, konnten

somit umfangreiche Dataloggs mitgespeichert werden. Diese Flugdaten werden zum Debuggen der laufenden Entwicklung verwendet.

Die Firmware setzt sämtliche Befehle für die Hardware Komponenten um und hält die Verbindung aufrecht. Die gesamte Software ist unterteilt in Transport, Presentation und Application Layer und setzt den geeigneten Algorithmus um, um ein gesetztes Flugziel zu erreichen.

Der Transport Layer erhält Beschleunigungs- und GPS Daten und implementiert die PWM- Signale für die Servomotoren.

Der Presentation Layer errechnet sich daraus Position, Rotation, Geschwindigkeit und Lage und gibt gleichzeitig wichtige Informationen über Änderungen der Lage und Geschwindigkeit an den Applikation Layer weiter.

Der darüber liegende Applikation Layer hat dann die Aufgabe die erhaltenen Daten zu verarbeiten und den Kurs vorzugeben. Dabei ist eine gespeicherte Koordinatenliste abzarbeiten bzw. Abweichungen zu korrigieren.

Die vierte große Gruppe stellen die Algorithmen dar welche die gesamten Prozesse in kürzester Zeit errechnen sollen bzw. Errorhandling betreiben.

4. UMSETZUNG BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN

Thema meines Teils dieses Projektes war z.B. die Umsetzung der Beschleunigungssensoren. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Evaluierung der MEMS Sensoren gesetzt. Auf Grund extremer Beschleunigungskräfte entschieden wir uns für die Verwendung des ADXL78, der mit der 35-fachen Erdbeschleunigung ($\pm 35g$) Maximalausschlag ideal für diese Anwendung gerüstet war. Da dieser jedoch die Beschleunigung in nur einer Achse messen kann konstruierte ich einen Beschleunigungswürfel, der jeweils einen Sensor pro Achse montiert hat.

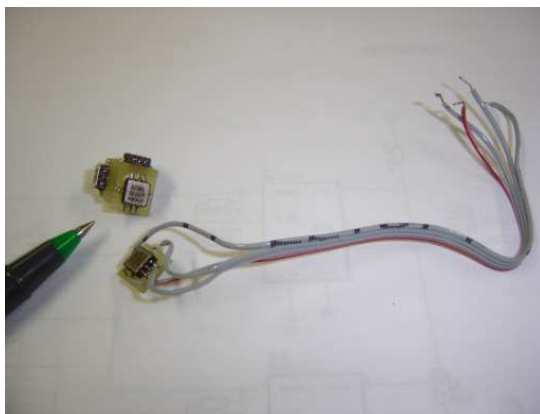


Abb. 3: Beschleunigungssensor für 3 Achsen

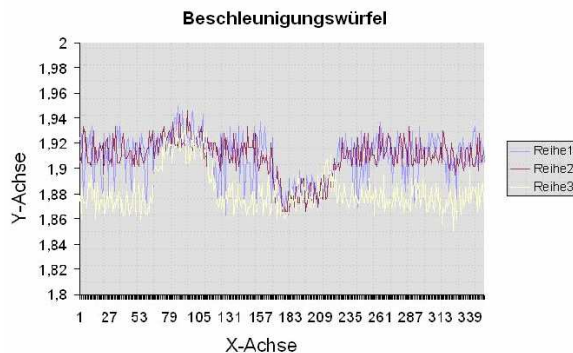


Abb. 4: Analoge Sensordaten des Beschleunigungswürfels

Dabei musste natürlich massiv auf die Gesamtgröße geachtet werden, da der Platz für die Elektronik im Modellflugzeug extrem eingeschränkt war. Nachdem ein Prototyp dieses Beschleunigungswürfels zuerst gefräst und später assembliert wurde, konnte der Sensor evaluiert werden. Bei einer analogen Ausgangsspannung von 55mV/g wurde der Sensor bei unterschiedlichsten Bewegungen mit Oszilloskop und DMM vermessen.

In weiterer Folge wurde der Beschleunigungswürfel an den Mikrocontroller angeschlossen. Dabei wurden die 3 analogen Signalleitungen mit dem 10-bit ADC des ARM7 verbunden und eine Auswerteroutine geschrieben. Dabei ergaben sich die in Abb. 4 ersichtlichen Resultate.

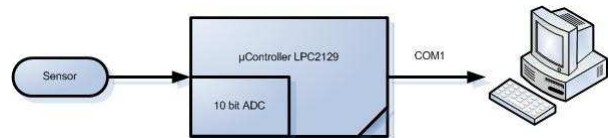


Abb. 5: Sensoranbindung an Mikrocontroller

5. ERGEBNISSE

Nachdem der 10-bit ADC des Mikrocontrollers viel versprechende Daten lieferte wurde ein Probeflug gestartet, bei dem GPS-Daten und Sensordaten mittels Datalogs mitgeschrieben wurden. Anschließend wurden die Sensordaten mit Java ausgewertet und mit einem Applet graphisch dargestellt. Somit konnte man die Sensordaten sehr gut visualisieren. Die Ergebnisse zeigten eine hervorragende Lagebestimmung des Modellflugzeuges.

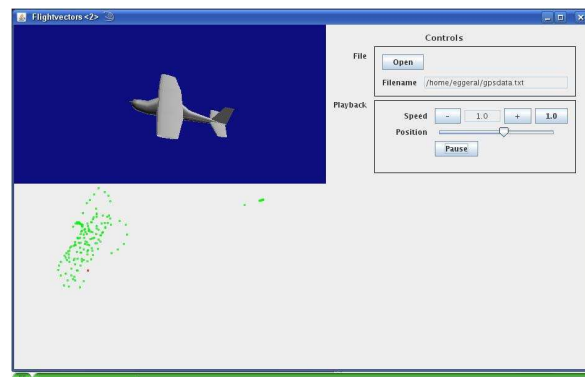


Abb. 6: Visualisierung der Sensordaten mittels Java Applet

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Lage des Modellflugzeuges konnte mit nur einem Sensorwürfel bestimmt werden, dessen analoge Spannungswerte bis zu 400 000 mal in der Sekunde ausgelesen werden können. Wie groß die Abweichung zur tatsächlichen Lage maximal sein darf muss erst evaluiert werden. Denn je höher das Rauschen der analogen Sensorspannung ist, desto schlechter ist die Wiederholbarkeit der Beschleunigungsmessung, welche sich direkt auf die Lagebestimmung auswirkt.

Nähere Informationen und die gesamte Visualisierung der Flugdaten sind unter der CAMPUS 02 Airrace Homepage <http://suncoe.campus02.at/projects/airrace/trac> abrufbar.

FH CAMPUS 02: ENTWICKLUNG EINES CAN-BUS-DATENLOGGERS

TEAM: CRISAN, Dan; FRAIDL, Burkhard; Ing. KOVACIC, Stefan; UNTERREINER, Michael
FH-Betreuer: Dr. EICHBERGER, Bernd

Kurzfassung: Das Ziel des begleitenden Projektes am Studiengang Automatisierungstechnik des CAMPUS 02 war es, ein Gerät zu entwickeln und zu programmieren, welches es ermöglicht Daten aus einem CAN-Netzwerk mitzuloggen, und auf einem USB-Stick als XML-Datei zu speichern. Die Bedienung des Gerätes soll über zwei Tasten erfolgen, über die der Identifier ausgewählt wird, und die Aufzeichnung gestartet und beendet wird.

Schlüsselwörter: CAN-Bus, Datenlogger, USB 2.0, FAT-Filesystem

1. EINLEITUNG

Das sogenannte CAN-Protokoll (Controller Area Network) ist ein asynchrones, serielles Bussystem, das 1983 von der Firma Bosch für die Vernetzung von Steuergeräten in Automobilen entwickelt wurde.

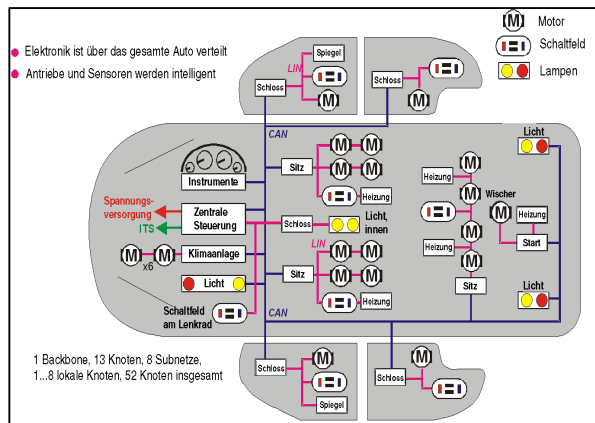


Abb. 1: CAN Anwendungen

Der Datenaustausch innerhalb eines CAN-Netzwerkes erfolgt über die Identifikation einer Nachricht, damit die restlichen Teilnehmer wissen um welche Nachricht es sich handelt. Der nach dem CSMA/CD-Verfahren arbeitende Bus vermeidet Kollisionen durch eine bitweise Arbitrierung. Will man nun bestimmte Daten aus z.B. einem Fahrzeug auslesen und am PC graphisch darstellen, benötigt man einen Datenlogger, der es dem Benutzer, durch ein möglichst bedienungsfreundliches Menü, erlaubt, die gewünschten Daten des CAN-Netzwerkknotens direkt auf einen USB-Stick zu sichern. Diese Art der Datenspeicherung ist besonders komfortabel, da es für den User sofort möglich ist, CAN-Daten griffbereit zu haben für eine weitere Bearbeitung bzw. Visualisierung am PC (als Excel Tabelle, bzw. Chart).

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Die Aufgabenstellung bei dem Projekt lag in der eigenständigen Entwicklung einer Hardware, die es dem User ermöglicht beliebige Daten aus einem CAN-Netzwerk aufzuzeichnen. Die Speicherung der gesammelten Daten erfolgt auf einem 2.0 Fullspeed USB-Stick. Neben der Hardware ist natürlich auch eine entsprechende Softwareentwicklung notwendig, die dem User eine einfache Bedienung gewährleistet. Als Dateisystem auf dem USB-Stick sollte FAT 16 und FAT 32 behandelt werden. Neben den tatsächlichen Daten, soll auch die Zeit der Aufzeichnung in Sekunden und Millisekunden gespeichert werden. Es soll mit dem Gerät möglich sein den gewünschten CAN-Bus Teilnehmer, dessen Daten gespeichert werden sollen, mittels Tasten auszuwählen (Identifier-Eingabe), bzw. alle Daten von allen angeschlossenen Knoten auf dem USB-Stick zu speichern. Die Datenaufzeichnung wird vom User ebenfalls über die Tasten manuell gestartet bzw. wieder gestoppt. Die Eingabe erfolgt in hexadezimalem Format (Id. 000 bis 7FF) und die Anzeige der Id und der mitgeloggten Daten erfolgt über ein LCD auf dem Gerät.

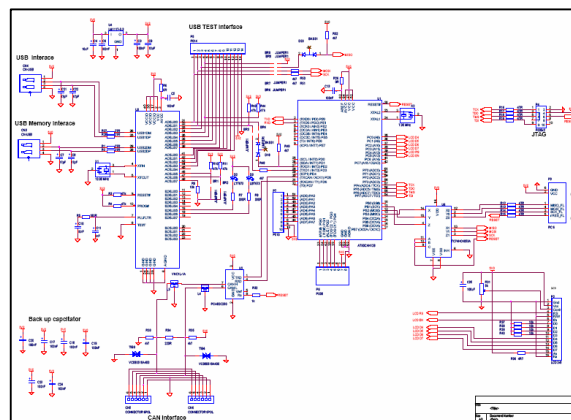


Abb.2: Blockschaftbild Hardware

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Am Anfang des Projektes stand die Erstellung eines Pflichtenheftes und die Aufteilung der Arbeitsblöcke auf die einzelnen Team-Mitglieder. Arbeitsgebiete waren die vollständige Hardware-Entwicklung, das Schreiben von Treibern (für LCD, UART, Key, usw.), und die Programmierung des Hauptmenüs. Nicht zu vergessen ist auch der Test der fertig gestellten Hardware, sowie die Überprüfung der Funktionalität der programmierten Software. Die Erstellung der Schaltpläne entstand mit der Software ORCAD, die Programmierung der Treiber und des Hauptprogrammes wurde in C durchgeführt. Zum Test der Hardware an einem CAN-Netzwerk stand der canAnalyser/32 der Firma IXXAT zur Verfügung welcher alle dazu notwendigen Funktionen zur Verfügung stellt.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Die Speicherung der gesammelten Daten auf einem USB-Stick machte die Verwendung von Chips der neuesten Generation notwendig. So wurde z.B. der USB UART Chip FT232R von FTDI eingesetzt, der beispielsweise in USB Smart Card Readern, Digital Camera Interfaces oder USB MP3-Player Interfaces eingesetzt werden kann. Allerdings ist dieser Chip erst seit kurzem auf dem Markt, was für das Projekt noch eine zusätzliche Herausforderung darstellte. Die Hauptplatine enthält ein USB-Test Interface, den embedded USB-Host Controller Vinculum VNC1L von FTDI, den CAN Serial Linked I/O Device (SLIO) P82C150 von Philips. Als CAN Controller wurde der AT90CAN 128 von ATMEL verwendet. Er ist ein 8 bit low power Controller in RISC Architektur mit 128K Flash Memory. Weiters befindet sich noch eine JTAG Schnittstelle zur Programmierung, das LCD Interface, das CAN-Interface und eine ISP-In System Programming Schnittstelle mit an Board. Nach der Auswahl der Bauelemente kam der Schaltungsentwurf an die Reihe, sowie die Umsetzung auf eine Platine, die über PCB-Pool gefertigt wurde. Nach Anlieferung der Platine und Einkauf der Bauteile wurde die Platine bestückt, und stand bereit für erste Tests. Parallel wurde an der Erstellung der Treiber für LCD, UART, Keys, der USB-Host Anwendung und dem Hauptmenü in der Programmiersprache C gearbeitet. Die nach und nach entstandene Software wurde während des Projektes laufend auf die bereits existierende Hardware eingespielt, getestet und weiterentwickelt. Dadurch konnten auch bereits Fehler auf der Platine erkannt und frühzeitig behoben werden. Zuletzt wurden noch alle Funktionalitäten der erstellten Software auf dem Board mittels dem canAnalyser überprüft, und die korrekte Speicherung der Daten auf dem USB Stick mittels Microsoft Excel überprüft.



Abb. 3: Datenstruktur

5. ERGEBNISSE

Im Rahmen dieses Projektes entstand eine funktionierende Hardware, die es dem User erlaubt ohne weiteres Daten aus dem CAN-Netzwerk auf den eigenen USB-Stick zu laden und diese auf verschiedenste Arten weiter zu nutzen. Die Hard- und Software wurde bereits im Rahmen dieses Projektes getestet und lieferte die gewünschten Ergebnisse, d.h. die Daten aus dem im Testbetrieb angeschlossenen Sensor konnten aus dem Netzwerk direkt auf den USB-Stick gespeichert und am PC visualisiert werden.



Abb. 4: fertige Hauptplatine

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die erarbeitete Platine und die dazugehörige Softwarelösung bietet auch sicherlich die Möglichkeit der Weiterentwicklung für nachfolgende Studierende, bzw. den Einsatz im Rahmen von Lehrveranstaltungen, um die Grundlagen des CAN-Bus anhand dieser Applikation zu veranschaulichen. Das Projekt ermöglichte eine sehr intensive Auseinandersetzung mit der Theorie des CAN-Bus und somit konnten alle Projektmitglieder ihr Wissen über Hardwareentwicklung, Softwareentwicklung und Test sowie das Arbeiten in einem Team deutlich verbessern und vertiefen, da es nur möglich war mit einer guten Zusammenarbeit ein derartiges Projekt in der vorgegebenen Zeit zu realisieren.

Absolventenkarrieren

FH CAMPUS 02: EINREICHUNG FÜR DIE BESTE ABSOLVENTENKARRIERE

Einreicher: Ing. Dipl.-Ing (FH) FRISSENBICHLER, Werner Josef

Kurzfassung: Ich wurde 1972 als ältester Sohn der Landwirte Christine und Josef Frissenbichler geboren. Nach der allgemeinen Schulausbildung konnte ich beim Unternehmen Mosdorfer GmbH in Weiz, aufbauend auf einer vielseitigen Lehr- ausbildung, mein praktisches Verständnis als Werkzeugmacher vertiefen. Nach einem firmeninternen Wechsel in die Qualitätssicherung war es mir möglich meine Erfahrungen durch berufsbegleitende Abendschulausbildungen zu erweitern. Ein wertvoller Schritt in meinem beruflichen Werdegang war das berufsbegleitende Fachhochschulstudium für Automatisierungstechnik am CAMPUS 02 in Graz. Das wachsende Interesse an den Anwendungsmöglichkeiten der Automatisierungstechnik führte mich bereits im ersten Studienjahr zu einem Unternehmenswechsel. Heute darf ich auf eine interessante Zeit der Aus- und Weiterbildung zurückblicken und mich in meinem derzeitigen Verantwortungsbereich als Bereichsleiter für Entwicklung und Kompetenzzentren beim Unternehmen Knapp Logistik Automation in Hart bei Graz auf spannende und fordernde Jahre in einem ständig wachsenden Marktsegment freuen.

1. DETAILÜBERSICHT AUSBILDUNG

Persönliche Daten:

Geboren: am 08. Juli 1972 in St. Kathrein am Offenegg
Eltern: Christine und Josef Frissenbichler, Landwirte
Familienstand: Verheiratet und zwei Kinder

Schulausbildung:

1978 – 1982 Volksschule, St. Kathrein am Offenegg
1982 – 1986 Hauptschule, Passail
1986 – 1987 Fachschule für Elektrotechnik, Weiz

Lehrausbildung:

1987 – 1991 Werkzeugmacherlehre bei Mosdorfer GmbH, Elektrotechnischer Spezialbetrieb, Weiz

Präsenzdienst:

1991 – 1992 Versorgungseinheit Gablenzkaserne, Graz

Ausbildung:

1992 – 1994 Werkmeister für Maschinenbau und Betriebstechnik, Weiz
Abschluss mit Auszeichnung

1994 – 1998 Höhere Technische Bundeslehranstalt Weiz für Berufstätige, Fachrichtung Wirtschaftsingenieurwesen.
Ingenieursarbeit: „Implementierung eines betrieblichen Informationssystems“ bei Mosdorfer GmbH;
Abschluss mit Auszeichnung.

Studium

1998 – 2002 Fachhochschulstudium der Fachrichtung Automatisierungstechnik am CAMPUS 02, Graz.
Diplomarbeit: „Entwicklung eines Kommissionierautomaten“ mit Vertiefung im Bereich der Regelungs-technik und Simulation bei Knapp Logistik Automation GmbH;
Abschluss mit Auszeichnung.

Auszug aus den Zusatzausbildungen

1994 - 1995 Qualitätstechnik QII
1996 Qualitätsmanagement KMU

2. DETAILÜBERSICHT BERUF

Ich möchte die nachfolgende Detaillierung meines beruflichen Werdeganges in zwei Abschnitte gliedern und dabei jeweils Schwerpunkte meiner beruflichen Tätigkeit hervorheben.

Von „1992 – 1998“ in den zeitlichen Abschnitt der beruflichen Anwendung des praktisch Erlernten mit der parallelen berufsbegleitenden Weiterbildung bis hin zur Matura.

Weiters in den Abschnitt „1999 – heute“, geprägt durch die persönliche Weiterentwicklung basierend auf dem Fachhochschulstudium. Dieser Zeitraum ist bestimmt durch die Vernetzung des praktisch Erlernten mit dem wissenschaftlich Fundierten und der Umsetzung der daraus resultierenden Möglichkeiten.

2.1. 1992 – 1998 Mosdorfer GmbH - Elektrotechnischer Spezialbetrieb

1992 – 1993 Werkzeugmacher

Formenbau für Kunststoffspritzguß und Biege-, Stanz- und Schmiedetechnik; Wärmebehandlungsverfahren und bearbeitende Verfahren in der Zerspanungstechnik und Funkenerosion.

1993 – 1994 Qualitätstechniker

Prüflabor für Materialprüfung und Wareneingangsprüfung.

1994 – 1998 Stellvertr. Leiter der Qualitätssicherung

Qualitätssicherung im Bereich Wareneingang, Fertigung und Warenausgang; Durchführung von Abnahmeprüfungen mit Kunden. Optimierung der Fertigungsprozesse im Bereich der Zerspanungs-, Verformungs-, Guß-, Schmiede-, Stanz-, Biege-, Schweiß-, Kunststoffspritzguß-, Wärmebehandlung- und Oberflächenschutztechnik; Durchführung von Verifizierungen und Validierungen des QM-Systems nach ISO 9001, sowie Durchführung von Lieferantenaudits.

2.2. 1999 – heute Knapp Logistik Automation GmbH

1999 – 2003 Produktmanager

Produktmanagement für Kommissioniersysteme und Lagertechnik;
Verantwortlich von der Marktanalyse, der Ideenfindung und Umsetzung im Rahmen von Entwicklungsprojekten bis hin zur Markteinführung und -ausführung von Produkten; Verantwortlich für das Projektcontrolling und die Produktkosten.
Leitung von Entwicklungsprojekten.

Auszug aus den Entwicklungsprojekten:

- Entwicklung eines Kommissionierrobotersystems;
Leitung eines Projektteams > 20 Mitarbeiter;
Entwicklungsbudget > € 1,2 Mio.
- Entwicklung eines Elektrik-, Steuer- und Regelungssystems sowie Warehousemanagementsystems für Regalbediensysteme;
Leitung eines Projektteams > 20 Mitarbeiter;
Entwicklungsbudget > € 1 Mio.
- Entwicklung eines Kommissionierautomatensystems;
Leitung eines Projektteams > 15 Mitarbeiter;
Entwicklungsbudget > € 0,8 Mio.

2003 – 2005 Produktmanager und stellvertr. Leiter der Entwicklung

Produktmanagement für Kommissionier-, Förder- und Transportsysteme sowie Lagertechnik;
Leitung strategischer Entwicklungsprojekte von der Ideenfindung über Marktanalyse bis zur vollständigen Marktintegration.

Auszug aus den Entwicklungsprojekten:

- Strategische Entwicklung eines nach Stand der Technik neuartigen Fördertechniksystems;
Leitung eines Projektteams > 30 Mitarbeiter;
Entwicklungsbudget > € 2 Mio.
- Strategische Entwicklung eines nach Stand der Technik neuartigen energieoptimierten Regalbediensystems;
Leitung eines Projektteams > 30 Mitarbeiter;
Entwicklungsbudget > € 2 Mio;

2005 – 2006 Leitung der Hauptabteilung Entwicklung

Personalführung; Steuern der Produktentwicklung; Entwicklungscontrolling; Organisationsoptimierung; Claim Management kritischer Kundenprojekte.
Abteilungen der Hauptabteilung:
Produktmanagement, Elektronik, Elektrik, Steuerung, Software, Konstruktion, Prototypenbau, Einzelteillfertigung, Produktüberleitung inkl. Beschaffung, Fertigungsaufbereitung und Stammdatenpflege, Produkt- und Kundendokumentation.
Personalverantwortung > 120 Mitarbeiter;
Budgetverantwortung > € 8Mio.

Auszug aus den Kundenprojekten:

Distributionslager im Marktgebiet UK;
Leitung eines Projektteams > 40 Mitarbeiter;
Projektumfang > € 20 Mio.
Hauptprojektleitung über mehrere Monate bis zur erfolgreichen Kundenabnahme.

Seit 2007 Leitung des Bereichs Development (Entwicklung & Kompetenzzentren)

Personalführung; Steuerung der Produktentwicklung; Entwicklungscontrolling; Organisationsoptimierung;
Neuorganisation und Integration von zwei Kompetenzzentren ausgewählter Sparten, zusammen mit der Hauptabteilung Entwicklung zu dem neuen Unternehmensbereich Development.

Personalverantwortung > 180 Mitarbeiter;

Budgetverantwortung > € 11 Mio.

Abteilungen der Kompetenzzentren:

Kundenprojektmanagement; Projektplanung; Montage; Inbetriebnahme; Service & Wartung; Produktmanagement; Entwicklungsprojektleitung; Produktentwicklung für Mechanik, Elektrik und Steuerung.

3. SELBSTÄNDIGE PROJEKTE

2004 – 2005 Errichtung eines eigenen Ökostrom – Kleinstwasserkraftwerks

Errichtung durch Revitalisierung bei dreifacher Leistungssteigerung der ursprünglichen Anlagenleistung; Vollständige Integration in das Landschaftsbild der Kulturlandschaft des Naturpark – Almenlandgebietes;

Gesamtbudget > € 0,1 Mio.

Mit dem „Energy Globe Styria Award“ für das innovativste Energieprodukt 2006“ ausgezeichnet.



Abb.1: Preisverleihung Energy Globe Styria Award 2006

(vlnr. Werner und Susanne Frissenbichler, Dr. Gilbert Frizberg)

2005 Gründung eines eigenen Ökostrom – Energieerzeugungsunternehmens

Energieversorgung von zwei Einfamilienhäusern und einem Wirtschaftsgebäude.

Zusätzlich eine Einspeisung von ca. 100.000 kWh pro Jahr in das öffentliche Stromnetz.

4. RÜCKBLICK

Zusammenfassend darf ich zwei essentielle Schwerpunkte nennen, durch welche mir eine fundierte berufliche und auch persönliche Weiterentwicklung möglich wurde.

Als Basis meines beruflichen Werdeganges eine interessante und vielseitige Lehrausbildung als erster Schritt in das Berufsleben und Grundstein für das praktische Verständnis, kombiniert mit der theoretischen Vernetzung durch die berufsbegleitende Weiterbildung mit dem entscheidenden Meilenstein eines interdisziplinären und umfangreichen Fachhochschulstudiums. Durch diese Vernetzung der bisherigen Erfahrungen und der daraus resultierenden Horizonterweiterung wurde die wachsende berufliche Verantwortung umsichtig machbar.

Wesentlich für meine gesamtheitliche Weiterentwicklung, meine liebe Ehefrau Susanne und meine beiden lieben Kinder Sophia und Florian.

Ihr familiärer Rückhalt und ihre alltägliche Unterstützung ermöglichten mir einen verantwortungsvollen und vorausblickenden Umgang in der Umsetzung der beruflichen Herausforderungen.

CAMPUS 02: CHRISTIAN HERZOG AUTFORCE AUTOMATIONS - GMBH

Kurzfassung: Nach Abschluss einer KFZ-Mechanikerlehre im Jahr 1988 hat Christian Herzog die Fachakademie für Automatisierungstechnik absolviert. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Akademie begann Christian Herzog mit dem Studium an der Fachhochschule für Automatisierungstechnik. Er hat dieses ebenfalls 2000 erfolgreich beendet und daraufhin gemeinsam mit Oliver Hohnhold im Jahr 2000 das Unternehmen „AUTFORCE Automations - GmbH“ in Lebring gegründet. Dahinter steckt die Idee, „qualitativ hochwertige Software für den Maschinenbau und die Industrie anzubieten.“ Seit der Gründung des Unternehmens im Jahr 2000 sind bereits über 200 Projekte erfolgreich abgewickelt worden.

1. LEBENS LAUF

Christian Herzog wurde am 28. Juli 1968 als Sohn eines Finanzbeamten und einer Hauswartin in Graz geboren. Er hat von 1975 bis 1979 die Volksschule Ferdinandeum besucht und in den Jahren 1979 bis 1983 die Hauptschule Ferdinandeum. Nach dem Abschluss der Hauptschule folgte von 1983 bis 1984 der Besuch der Bulme Graz Gösting mit dem Zweig



Abb.1 Christian Herzog

Nachrichtentechnik. 1984 entschloss sich Christian Herzog eine KFZ-Mechanikerlehre beim Autohaus Fior zu beginnen, die er im Mai 1988 erfolgreich mit der Lehrabschlussprüfung beendete. Bis Oktober arbeitete er weiter als Geselle und leistete dann bis Mai 1989 seinen Präsenzdienst in der 1. Fliegerstaffel in Graz Thalerhof. Von Juni 1989 bis November 1990 war Christian Herzog Flugzeugwart in Graz.

Von 1991 bis 1994 besuchte er die Fachakademie für Automatisierungstechnik und war nebenbei als Lagerverwalter bei der Druckerei Wall, als Servicetechniker bei Lechner Banktechnik und als Prozesstechniker bei Eurostar beschäftigt. Nach Abschluss der Fachakademie und Ablegung der Studienberechtigungsprüfung absolvierte Christian Herzog von 1996 bis 2000 die Fachhochschule für Automatisierungstechnik erfolgreich. Er war während des Studiums als Steuerungstechniker bei M&R Automatisierung und als selbstständiger Softwareentwickler tätig. Neben seinen Ausbildungen absolvierte Christian Herzog von 2001 bis 2007 61 Schulungen und Seminare – insbesondere in den Bereichen Internationalisierung, Unternehmensführung und Controlling. Im Jahr 2000 gründete er schließlich gemeinsam mit Oliver Hohnhold das Unternehmen Automations - GmbH in Lebring.

2. DAS UNTERNEHMEN AUTFORCE AUTOMATIONS - GMBH

Das Unternehmen „AUTFORCE Automations - GmbH“ wurde – wie schon zuvor erwähnt – im Jahre 2000 von DI (FH) Christian Herzog und Oliver Hohnhold mit der Idee, „qualitativ hochwertige Software für den Maschinenbau und die Industrie anzubieten“, gegründet. Der Standort des Unternehmens befindet sich in Lebring. Der Name des

Unternehmens besteht aus 2 Teilen: **AUT** steht für Automatisierung und bürgt gleichzeitig für Qualität aus Österreich. **Force** hingegen steht für die Kraft, mit der sich Christian Herzog & Co. für die Anliegen ihrer Kunden einsetzen. Kompromisslose Treue zur Qualität, absolute Termintreue, intensiver Kontakt zu den Kunden und die ständige Bereitschaft, die neueste High-Tech Entwicklung einzusetzen, gehören unter anderem zum Rezept des Erfolgs.

Der aktuelle Mitarbeiterstand liegt bei 25 Personen. Ständige Fortbildung, angenehmes Arbeitsklima, Flexibilität und Einsatzbereitschaft sowie leistungsgerechte Entlohnung sind ein unabkömmliches MUSS. Ohne diese Eigenschaften wäre es wohl nicht möglich gewesen, seit dem Jahr 2000 mehr als 200 erfolgreich abgewickelte Projekte zu verzeichnen.



Abb.2 Unternehmen in Lebring

3. PARTNERSCHAFT MIT SIEMENS

Die Partnerschaft mit „SIEMENS AUTOMATION SOLUTION PROVIDER certified“ beinhaltet Angebote für AUTFORCE Automations - GmbH, die sie nützt und davon durchaus profitiert. Chancen, wie an regelmäßigen Workshops teilzunehmen und somit einen Wissensvorsprung gegenüber der Konkurrenz zu erreichen, ein Premium Hotlinezugang, exklusives Extranet, Qualitätssicherung durch Zertifizierung und noch vieles mehr, können so in Anspruch genommen werden. AUTFORCE Automations - GmbH ist eines von 20 Unternehmen in Österreich, die dieses Leistungspotenzial vorweisen kann.

4. GESCHÄFTSBEREICHE UND DIENSTLEISTUNGEN

Die Philosophie der Firma stützt sich auf Flexibilität, entsprechend vielfältig sind auch die Geschäftsbereiche:

- Automation
- Industrial IT
- Development
- Engineering
- Schaltanlagenbau

4.1 Automation

AUTFORCE Automations - GmbH hat im Bereich Automation verschiedene Aufgabenbereiche im Angebot sowie damit verbundene Dienstleistungen. Aufgabenbereiche sind folgende: SPS Programmierung von Siemens S5 und Siemens S7, Visualisierung mit Siemens WinCC, Siemens ProTool Pro, PCS7, Cimplicity und autFactory™, Roboterprogrammierung

von ABB und Kuka, sowie Kameraprogrammierung von DVT, Siemens und Individualentwicklung.

Im Dienstleistungssektor hat sich das Unternehmen besonders auf Programmerstellung, Inbetriebnahme und Modernisierung von Altanlagen spezialisiert. Weiters werden die Beratung bei der Auswahl der richtigen Steuerungskomponenten sowie die Durchführung von individuellen Schulungen angeboten.

4.2 Industrial IT

Im Bereich Industrial IT bietet AUTFORCE Automations - GmbH Softwareentwicklung mit folgenden Technologien an: MS Visual Studio .Net mit C#, Visual Basic, XML, Remoting Services, SOAP, .Net Framework 1.1 und Net Framework 2.0. Weiters hat man Datenbanken mit MS SQL 2000, MS SQL 2005 und Oracle im Sortiment.

Daraus ergeben sich Dienstleistungen wie Softwareentwicklung, Konzepterstellung, Hard- und Softwareberatung und Bedarfserhebungen. Ebenfalls angeboten werden ein Service über Fernwartung und ISA 95 MES Programmierung.

4.3 Development

Im Gebiet Development beschäftigt sich AUTFORCE Automations - GmbH mit Treiberentwicklungen für S7 Anbindungen, Entwicklung von S7 Standardbibliotheken, aufFactory, eines eigenen im Haus entwickelten Leittechniksystems basierend auf 100% .Net Technologie, Optimierungsaufgaben mit Operating Research, Track & Trace Produktionsdatenerfassung und Bildauswertung.

Basierend auf diesem Sortiment gibt es Dienstleistungen wie die Entwicklung von Sonderlösungen, Patentrecherchen, Visualisierungskonzepte, Statistikauswertungen OEE und SPC und Regelungstechnik mit Fuzzy Logic. Nebenbei ist Christian Herzog ständig auf der Suche nach Kooperationsmöglichkeiten mit Universitäten und Fachhochschulen.

4.4 Engineering

Das Gebiet Engineering umfasst die gesamte Elektrotechnikplanung. In diesem Rahmen bietet AUTFORCE Automations - GmbH Komponentenauswahl, Prozessfestlegung und Planerstellung mit EPlan V5.7 und P8 an.

Verknüpft mit Dienstleistungen, wie Auswahl von Sensorik und Aktorik, der Abklärung von Zulassungen, Erstellung von Gesamt- und Sicherheitskonzepten sowie Prüfung der Bedienbarkeit der Anlage, entstehen optimale Voraussetzungen für eine erfolgreiche Zusammenarbeit und zufriedene Kunden.

4.5 Schaltanlagenbau

Um das Portfolio abzurunden bietet AUTFORCE Automations - GmbH Schaltbauschränke an, die von langjährig bekannten und zuverlässigen Partnern zugekauft werden.

Dazu gehören Dienstleistungen, wie die Lieferung von Schaltschränken und Klemmkästen, die Verkabelung der Sensoren und Aktoren, die Einstellung von Messwandlern und Frequenzumformern und natürlich die After Sales Betreuung, die in einem ausgezeichnet geführtem Unternehmen nicht fehlen darf.

5. DIE GESCHÄFTSFELDER, BRANCHEN UND MÄRKTE

Das Unternehmen AUTFORCE Automations - GmbH ist seit dem Jahr 2000 erfolgreich in den Geschäftsfeldern Sondermaschinenbau, Verfahrenstechnik und Fördertechnik tätig. Im Zuge ihrer Arbeit und vor allem ihres Angebots, benötigt ein weites Spektrum von Branchen die oben angeführten Dienstleistungen. Von der Automobilindustrie angefangen über die Holzindustrie, sogar bis zur Pharma- und Chemieindustrie reicht die Kundschaft. So haben sich in den letzten Jahren die unterschiedlichsten Märkte für AUTFORCE

Automations - GmbH eröffnet. Zwar stehen regionale Kunden neben Kunden im Bundesgebiet im Vordergrund, sind aber bei weitem nicht die Einzigen. Das Interesse für Internationalisierung lässt sich schon aus dem Lebenslauf von Christian Herzog herauslesen. AUTFORCE Automations - GmbH ist zwar nur zu einem kleinen Teil direkter Exporteur, ist jedoch durch seine Kunden trotzdem auf der ganzen Welt vertreten. Zusammen mit Kunden und teilweise alleine werden Projekte von Norden wie Deutschland bis Süden wie Italien und von Westen wie Kanada, Mexiko, USA bis Osten wie Korea, China und Singapur realisiert.

6. KUNDEN UND BEISPIELPROJEKTE

AUTFORCE Automations - GmbH konzentriert sich vor allem auf die regionale Industrie - mit Erfolg! Die Versorgung des einheimischen Markts hat bei Christian Herzog & Co. höchste Priorität. Das Ziel ist es, die Betriebe zu verbessern und sie ständig auf den neuesten Stand der Technik zu bringen. Ungefähr 70 einheimische Betriebe gehören zum jetzigen Zeitpunkt zur Kundschaft von AUTFORCE Automations - GmbH, darunter Unternehmen wie Magna Konzern, Siemens, VA Tech Elin EBG, Philips, Dürr Automation und RHI. Das Unternehmen von Christian Herzog kann z.B.: die Projektleitung, Softwareentwicklung für Lackierhalle bei VW de Mexico, oder die Schiffsmotorenproduktionsanlage bei ECS Steyr, verzeichnen. In der Auto Zulieferindustrie wurde man für Projekte, wie die Produktionsdatenerfassung mit Sollwertverwaltung (Track & Trace) bei Magna Powertrain, die Getriebefertigungsstrasse bei Magna Powertrain de Mexico, die Magnetmontageanlage für das Abblendlicht bei Kendrion Binder Magnete, oder die Spiegelmontage bei Manga Donnelly, beauftragt. In der Konsumgüterindustrie wurden die Zahnbürstenmontageanlage und die Hair Clipper Montageanlage bei Philips Klagenfurt erfolgreich realisiert. Die Holzindustrie profitiert ebenfalls von AUTFORCE Automations - GmbH. Projekte in der Holzindustrie Preding, wie der Modernisierung von Sägelinien, der Hobelanlage und die neu Realisierung eines 10 MW Biomassekessels, sowie die



Abb.3. Holzindustrie

Projekte in der Lebensmittelindustrie, z.B. die Flaschenpackmaschine der Brauerei Zipfer und in der Glasindustrie die Modernisierung der Gebindestapel- und Verpackungsanlage beim Unternehmen Stölzle Oberglas, wurden durchgeführt. In der Sparte „Steine und Erde“ ist AUTFORCE Automations - GmbH mit der Brecheranlage, Kugelmühle und Mischwerk, sowie mit der Dosierung und Trocknung, bei RHI China beschäftigt gewesen.

7. RESÜMEE

Christian Herzog hat mit seinem Unternehmen in kürzester Zeit viel erreicht. In den 7 Jahren seit der Gründung 2000 konnten an die 70 regionale Kunden angeworben werden. Durch das vielfältige Angebot an Dienstleistungen ist es AUTFORCE Automations - GmbH möglich, ein weit gestreutes Spektrum an Kunden zu erreichen. Christian Herzog hat mit AUTFORCE Automations - GmbH ein Unternehmen gegründet, die auf regionaler Ebene sehr gefragt ist und die für die heimische Industrie von besonders großem Wert ist. AUTFORCE Automations - GmbH bringt die neuesten Technologien und Forschungen in unsere einheimischen Betriebe. Sie modernisiert Industriegebiete und hält gleichzeitig ihre Kunden ständig auf dem neusten Stand der Technik. Zuverlässigkeit, ständige Fortbildung und ein gutes Arbeitsklima sind dabei ausschlaggebend für ein erfolgreiches Fortbestehen bzw. einen Ausbau des Unternehmens.

FH-WIENER NEUSTADT: THOMAS BRANDL-RUTTNER AXUS ELECTRONICS GMBH

1. EINLEITUNG

Zu allererst möchte ich mich für die Möglichkeit bedanken, meinen beruflichen Werdegang und die damit verbundene Firmengründung kurz zu skizzieren.
In weiterer Folge beabsichtige ich aber nicht nur meine Person herauszustreichen - ein „erfolgreiches“ Unternehmen steht und fällt nicht nur mit einer Person. Vielmehr ist ein Team aus unterschiedlichen Persönlichkeiten notwendig, um einen eingeschlagenen Weg erfolgreich zu bewältigen. Aber dazu etwas später.

2. LEBENSLAUF

Ich wurde am 31.12.1978 in Mödling geboren.

Im Jahr 1998 habe ich am Don Bosco Gymnasium in Unterwaltersdorf maturiert und danach das Studium an der Fachhochschule Wiener Neustadt mit Vertiefung Mechatronik /

Mikrosystemtechnik begonnen.

Nach meiner Sponssion 2003 gründete ich mit einem Studienkollegen die Firma SOREX Wireless Solutions GmbH. Nach 2-jähriger Zusammenarbeit trennten sich im Frühjahr 2005 unsere Wege und ich gründete die Firma AXUS Electronics GmbH, die ihren Sitz in Leobersdorf hat.



Abb. 1: Thomas Brandl-Ruttner

3. FIRMENGRÜNDUNG AXUS ELECTRONICS GMBH

Weshalb ich im Jahr 2005 den Schritt in die Selbständigkeit gewagt habe, beschäftigt mich noch in mancher stillen Stunde. Natürlich hatten wir gute Ideen, beziehungsweise waren überzeugt von unseren zukünftigen Produkten. Es hat aber offen gesagt auch viel mit Naivität zu tun. Wir mussten im Laufe der Zeit feststellen, dass gute Ideen und daraus resultierende Produkte allein leider nicht zum gewünschten Erfolg führen. Mit der Zeit lernt man natürlich sämtliche Hürden zu nehmen. Das fängt bei Kundengesprächen an und endet bei Verhandlungen mit der Bank zwecks Finanzierung. Als Ingenieur habe ich sogar das Fach der Buchhaltung gut kennengelernt. Lieben gelernt habe ich es allerdings nie. Für das eigene Unternehmen ist es dann letztlich aber doch sehr wichtig und durchaus auch interessant.

Im Nachhinein bin ich froh, den Schritt in die Selbständigkeit gewagt zu haben, auch wenn mir die eine oder andere Herausforderung zuvor einfacher umzusetzen schien. Mittlerweile sind wir sechs Personen, die am „Projekt“ AXUS mitarbeiten. Wir sind ein erstklassiges Team, das gerne zusammenarbeitet und tolle Produkte entwickelt. Ohne jeden einzelnen wäre es nicht möglich, diese Firma auf dem richtigen Kurs zu halten.

4. WAS MACHT „AXUS“

Grob gesagt entwickeln wir Hardware und Software für den Handel. Was ist darunter zu verstehen?

Unsere Produkte zielen auf das Marktsegment der Retailer und Filialisten ab. Dieser Markt ist natürlich von den großen Herstellern wie Wincor Nixdorf, IBM, NCR und Symbol bestimmt - wir schafften es allerdings doch, gewisse Nischen für verschiedene Produkte zu finden und auch große Rollouts, hier vor allem im Ausland, zu gewinnen. Der Fokus ist auf einfache, flexible und rasche Lösungen gelegt und so können durch geschickte Konstruktion unserer Produkte teilweise auch „günstiger“ produziert werden, wie von so manch „Großem“. Besondere Freude bereitet uns die Tatsache, dass wir in Österreich produzieren und mit Stolz das Label „Made in Austria“ verwenden können.

Wir entwickeln vollständige Mechatronische Systeme - von der Elektronik über Gehäusekonstruktion (Spritzguss oder Metallgehäuse) bis hin zur Wärmeberechnungen wird alles im eigenen Haus konstruiert.

5. UNSERE PRODUKTE

AXUS EMS (Energie-Management-System)

Das EMS war das erste Produkt, das wir entwickelt und produziert haben.

Es ist ein Fernwartungssystem für elektrische Verbraucher in den Filialen, wie zum Beispiel Licht, Kühlanlagen, Parkplatzbeleuchtung etc.

Es ermöglicht die effiziente Steuerung der Anlagen von der Firmenzentrale und somit eine erhebliche Einsparung der Energiekosten.



Abb 2.: EMS

Bei diesem Produkt haben wir gelernt, was es heißt, eine Schaltung zu designen die auch fertigbar ist. Sagen wir einmal so: da besteht ein erheblicher Unterschied zwischen Lehrbuch und Praxis!

AXUS PriceAgent

Dies war unser erstes Produkt, bei dem wir auch die komplette Konstruktion des Gehäuses übernommen haben und ein Spritzgussgehäuse nach unserem Design entwickelten. Natürlich ist es auf den ersten Blick heller Wahnsinn, wenn ein kleines Unternehmen ein eigenes Spritzgusswerkzeug konstruiert und baut. Die Kosten können da in Schwindel erregende Höhen schnellen – glauben Sie es uns. Wir versuchten es trotzdem und haben es geschafft, ein attraktives und kostengünstiges Produkt herzustellen. Auf dieses Produkt sind wir übrigens besonders stolz.

Der PriceAgent dient als Preisabfragegerät für den Kunden in Filialen. Zurzeit geht dieses Produkt zu 100% in den Export, da dieses Thema in Österreich noch nicht aktuell ist.

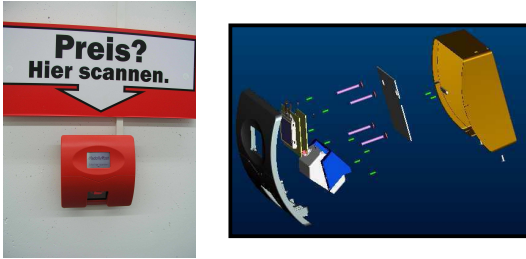


Abb. 3: Aufbau des PriceAgent

AXUS LESS (Low-Energy-Store-System)

Bei einem Unternehmen das für den Handel entwickelt, darf natürlich ein eigenes Kassensystem nicht fehlen. Wir konzipierten eine „Kassenbox“, die folgende Eigenschaften hat:

- Extrem niedrige Energiekosten im Dauerbetrieb
- Kleiner Formfaktor
- Komplette Lüfterloser Betrieb
- Keine mechanischen Komponenten (Festplatten, Lüfter)
- Komplette Passivkühlung des Systems
- Extrem Modularer Aufbau (Schnittstellen, Prozessoren, Speichermedien)

Hier wurde - wie beim PriceAgent – sowohl die Elektronik, als auch das Gehäuse (diesmal Metall) von uns designed.

Wir sind damit ziemlich die einzigen Kassenhersteller, die in Europa das Motherboard und das Gerät komplett fertigen.



Abb. 4: Low-Energy-Store-System

6. ZIELE UND AUSBLICK

Das Ziel war von Anfang an mehrere Produkte im Portfolio zu haben. Viele Startups konzentrieren sich auf ein Produkt, welches dann allen „Druck“ des Erfolges trägt. Bei uns kommen hingegen verschiedenste Projekte, durch die unterschiedlichen Geräte und deren Software zu Stande. Es war natürlich nicht leicht, mit wenig Budget, drei unterschiedliche Projekte nahezu zeitgleich zu führen. Im Nachhinein war es aber bestimmt die richtige Entscheidung.

Wir werden versuchen im Bereich Retailtechnik vermehrt auch Großkunden zu gewinnen. Dies gelingt uns teilweise bereits jetzt durch strategische Kooperationen mit Global Playern am Markt. Dabei wollen wir aber natürlich unsere Effizienz und Flexibilität nicht verlieren. Nicht der Große „frisst“ den Kleinen, sondern der Schnelle den Langsamen. Personelles Wachstum ist nicht das primäre Ziel, obwohl es projekttechnisch notwendig sein wird.

Aktuell basteln wir erneut an einem neuen Produkt (für einen deutschen Kunden) - leider ist es uns noch nicht möglich, es in diesem Stadium zu präsentieren. Sollte es Sie dennoch interessieren, bleiben Sie einfach am Ball und schauen Sie immer wieder auf unserer Homepage vorbei.

Eines ist und bleibt bei all den Herausforderungen des Alltags klar: Ständige Weiterentwicklung ist ein absolutes Muss!

Abschließend gesagt arbeitet unser Team mehr als nur gerne zusammen, wir haben viel Spaß bei der Arbeit und mittlerweile stellt sich auch noch der Erfolg ein – was will man mehr?!

Ich hoffe ich konnte einen kleinen Einblick in unsere „AXUS - Welt“ geben. Mit Anekdoten Hürden und Firmentechnischen Ereignissen lassen sich bereits nach zweieinhalb Jahren Bände füllen und es würde mich freuen, ein paar davon am „Tag der Mechatronik“ erzählen zu dürfen.

**FH-WIENER NEUSTADT: THOMAS SYRINEK, TEAMLEITER
KAROSSERIEELEKTRIK, PORSCHE ENGINEERING SERVICES GMBH**

1. WERDEGANG

Im Anschluss an die Schule absolvierte ich eine Lehre als Elektroinstallateur. Nach Abschluss der Lehre und abgeleisteten Grundwehrdienst, arbeitete ich als Elektriker. Im Jahr 1998, nach einer Praxiszeit von vier Jahren, begann ich das Studium an der Fachhochschule Wiener Neustadt.



Abb.1: Thomas Syrinek

Durch einen Ferienjob nach dem vierten Semester kam ich das erste Mal mit der Automobilindustrie in Berührung. Ich bekam die Chance, bei Siemens VDO Automotive eine Machbarkeitsstudie durchzuführen. Während des 5. und 6. Semester habe ich neben dem Studium begonnen, diese Machbarkeitsstudie zu realisieren. Weiterführend habe ich dann auch mein Praktikum bei Siemens VDO absolviert und meine Diplomarbeit dort geschrieben.

Nach dem Abschluss des Studiums habe ich das Projekt als freier Mitarbeiter weiter betreut, bekam aber keinen Festvertrag. Außerdem wollte ich ins Trainee-Programm aufgenommen werden, für dieses hätte ich allerdings nach Regensburg wechseln müssen und es wäre nicht fix gewesen, dass ich aufgenommen werde. Aus diesem Grund habe ich mich bei allen Automobilherstellern und Zulieferern beworben, da ich in der Automobilindustrie bleiben wollte.

Durch einen glücklichen Umstand bekam ich ein Angebot von Porsche Engineering Services GmbH, einer Tochtergesellschaft der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, als Projektingenieur bei der Markteinführung eines neuen Fahrzeuges (Cayenne) die Elektrikumfangfänge zu betreuen. Aus dieser Aufgabe ergab sich dann die weitere Aufgabe, die Serienbetreuung Elektrik/Elektronik für den Cayenne zu übernehmen.

Im Sommer 2004 wechselte ich zur Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, als Projektleiter für Sonderaufgaben beim Leiter Entwicklung Elektrik/Elektronik. Mit den folgenden Aufgabenbereichen:

Projektleitung Sonderprojekte (Bereichsstrategie, Workshopplanung, Veröffentlichungen, ...).
Unterstützung der Projektleitung Elektrik/Elektronik und Koordination technischer, baureihenspezifischer sowie baureihenübergreifender Aufgaben im Entwicklungsprozess, Ausarbeitung/Vorbereitung von Baureihen-, Hauptabteilungs-, Vorstands- und diversen anderen Sitzungsunterlagen, Terminplanung und Verfolgung, Praktikanten und Diplomanten Management, sowie die Koordination LUP (langfristige Unternehmens Planung) und Reengineering-Projekte.

Seit August 2006 bin ich Teamleiter für die Sportwagenbaureihen (Boxster und Carrera) im Bereich Entwicklung Elektrik/Elektronik Karosserie für Sicherheits- und Verstellsysteme. Das Team besteht aus ca. 30

Teammitgliedern und beschäftigt sich mit der Entwicklung und Integration von Steuergeräten und Sensoren für Komfort-, Sicherheits- und Verstellfunktionen.

Mein Aufgabenbereich umfasst unter anderem die Koordination der Entwicklungsumfänge von der Konzeptphase bis zum SOP (Start Of Production) für Karosserieelektrik, Schnittstellenfunktion zwischen der „Baureihe“ (Projekt) und der „Linie“ (Technik), die Budgetplanung und Budgetverantwortung für die Entwicklungsumfänge, sowie die Verbund-, System- und Erprobungsplanung zur Absicherung der Serienfähigkeit und die Freigabeverantwortung für die angeführten Umfänge mit sämtlichen Sensoren und Aktuatoren.

Das faszinierende an der Tätigkeit als Teamleiter, ist das Mitwirken an den Sportwagen von Morgen.