



# „Tag der Mechatronik“

22. September 2006

Malisa, V.





# Österreichischer Tag der Mechatronik

**Freitag, den 22. September 2006**

**Audimax 1.04A an der FH Technikum Wien**

**Erfahren Sie mehr über innovative Ideen junger Menschen aus dem Bereich Mechatronik, dem Studium der Zukunft. Informieren Sie sich über aktuelle Entwicklungen und Projekte der Mechatronik Studiengänge Österreichs.**

**09:00-12:00 Uhr**

**Projektpräsentationen**

Nominierung der besten Projekte der Mechatronik Studiengänge Österreichs

**13:00 – 14:00 Uhr**

**Führung durch das Technikum Wien und seine Labors**

**14:00-16:00 Uhr**

**Diplomarbeitpräsentation**

Nominierungen der besten Diplomarbeiten der Mechatronik Studiengänge Österreichs

**17:00-19:00 Uhr**

**Feierliche Sitzung**

- **Begrüßung,**  
Rektor FH-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Fritz Schmöllebeck
- **Information Mechatronik Plattform,**  
Studiengangsleiter FH-Prof. Dipl.-Ing. Viktorio Malisa
- **Impulsvortrag**  
**DI (FH) Jörg Sandmann, CEO**  
**Siemens VDO Automotive GmbH**  
„Bedeutung und Zukunftsperspektiven der Mechatronik/Robotik“
- **Preisverleihung**  
Bestes Projekt 2006  
Beste Diplomarbeit 2006  
Bester Kooperationspartner 2006
- **Podiumsdiskussion „Zukunftsorientierte Ausbildung der Mechatronikerinnen und Mechatroniker“**

**09:00 – 19:00 Uhr**

**Ausstellung**

Posterausstellung Projekte und Diplomarbeiten der Mechatronik FH-Studiengänge Österreichs in der Aula

**Danke für Ihr Kommen, wir treffen uns wieder am 22. September 2007, am „Tag der Mechatronik“!**



# Inhaltsverzeichnis

## Mechatronik Plattform

### Projekte

Entwicklung eines Verfahrens zur multiaxialen Lebensdauersimulation bei nicht orts- und richtungsfesten Belastungen, <i>Meisinger, F.</i> _____	1
Natable, <i>Fitz, L., Hämmerle, S., Jochum, M., Klien, S., Schwendiger, S.</i> _____	3
ASV – Autonomous Scouting Vehicle, <i>Ambrosch, R.</i> _____	5
Optimierung des Primärenergieeinsatzes unter Ausnutzung von Prozessabwärme auf Basis alternativer Energieträger, <i>Pözl, K.</i> _____	7
Automatica Bar, <i>Klein, J., Wolf, C., Leithner, J., Gruber, C.</i> _____	9
Magnetringmontage, <i>König, R., Riedl, M., Ornik, M., Steßl, A.</i> _____	11

### Diplomarbeiten

Automatisierung der Endprüfung von Biomasseanlagen, <i>Stipsits, H.</i> _____	13
Mobiles Sicherheits-Einsatzsystem MOSES, <i>Hertnager, M.</i> _____	17
Pheromone-based Routing in Wireless Sensor Networks, <i>Kos, A.</i> _____	21
Simulation of Ferromagnetic Microparticles in Streaming Liquid under Influence of External Magnetic Forces, <i>Mayer, M.</i> _____	23
Entwicklung eines Datenoptimierten Verfahrens zur modalen und kanalbasierten multiaxialen Lebensdauersimulation, <i>Meisinger, F.</i> _____	25
Intelligenter Antennenpol für Mobilfunkstationen, <i>Werner, A.</i> _____	27

### Firmen

Ing. Franz Salomon, Salomon Automation GmbH _____	31
dTech Steyr – Dynamics & Technology Services GmbH _____	33
Festo GmbH _____	35
SICK GmbH _____	37



## Mechatronik Plattform



### Mechatronik FH- Studiengänge in Österreich

Anmerkung: Studiengang Automatisierung, Wels ist noch nicht Mitglied der Mechatronik Plattform

Der Arbeitsgemeinschaft Mechatronik Plattform gehören Studiengangsleiter der Bakkalaureats- Magister- und Diplomstudiengänge als Mitglieder an:

#### **FH Wr. Neustadt**

Mechatronik/Mikrosystemtechnik  
Prof. (FH) Dipl.-Ing. Wolfgang Haindl  
[www.fhwn.ac.at](http://www.fhwn.ac.at)

#### **FH Campus 02, Graz**

Automatisierungstechnik  
Dipl.-Ing. Dr. techn. Udo Traussnigg  
[www.campus02.at](http://www.campus02.at)

#### **FH Technikum Kärnten**

Equipment Engineering  
Dipl.-Ing. Dr. techn. Thomas Klinger  
[www.fh-kaernten.at](http://www.fh-kaernten.at)

#### **FH Vorarlberg**

Mechatronik  
Dipl.-Ing. Dr. techn. Johannes Steinschaden  
[www.fhv.at](http://www.fhv.at)

#### **FH St. Pölten**

Computersimulation  
Prof. (FH) Dipl.-Ing. Wolfgang Franta  
[www.fh-stpoelten.ac.at](http://www.fh-stpoelten.ac.at)

#### **FH Technikum Wien**

Mechatronik/Robotik  
FH-Prof. Dipl.-Ing. Viktorio Malisa  
[www.technikum-wien.at](http://www.technikum-wien.at)





## Projekte



## PROJEKT: ENTWICKLUNG EINES VERFAHRENS ZUR MULTIAXIALEN LEBENSDAUERSIMULATION BEI NICHT ORTS- UND RICHTUNGSFESTEN BELASTUNGEN

Meisinger, F.

**Abstract:** Dieses Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Software (dTechEndurance) zur multiaxialen Lebensdauersimulationen bei nicht orts- und richtungsfesten Belastungen. Hierfür werden zunächst die allgemeine Problemstellung und die Anwendungsgebiete erläutert. Anschließend wird ein kurzer Überblick über den Unterschied zwischen klassischer und multiaxialer Lebensdauerrechnung und über die dabei auftretenden Probleme gegeben, wobei auch der in diesem Projekt verwendete Lösungsweg diskutiert wird. Weiters erfolgt eine kurze Erklärung des Ablaufs einer Lebensdauersimulation und es werden die Unterschiede zwischen der im Zuge dieses Projektes entwickelten Software und anderen am Markt befindlichen Lösungen aufgezeigt. Den Abschluss des Papers bildet ein kurzer Ausblick auf weiterführende und auf dieses Projekt aufbauende Arbeiten.

**Keywords:** Multiaxiale Lebensdauersimulation, kritische Schnittebene, Finite Elemente

### 1. PROBLEMSTELLUNG

In der Automobil- und Maschinenbauindustrie werden bei der Entwicklung von Bauteilen mittlerweile immer öfter noch vor der Erstellung von Prototypen Lebensdauerberechnungen auf Basis von Simulationsergebnissen durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen ist es, Stellen ausfindig zu machen, welche im späteren Betrieb noch vor Ablauf der gewünschten Lebensdauer zum Versagen des Bauteils (Bauteil- oder Werkstoffschädigung, Risseinleitung, Rissfortschritt oder Bruch) führen würden. Solche vorzeitigen Ermüdungserscheinungen können immense Kosten und auch Imageschäden für ein Unternehmen verursachen, insbesondere dann, wenn sie in Garantie- oder Gewährleistungszeiträumen auftreten.

Die Tatsache, dass versucht wird, die Lebensdauer bereits in der Entwicklungs- und Simulationsphase zu berechnen, begründet sich wiederum im Kosten- und Zeitaufwand, der durch reale langwierige Lebensdaueruntersuchungen am Bauteilprototypen verursacht werden. Je früher relevante Stellen ausfindig gemacht und eliminiert werden können, desto mehr Zeit verbleibt für andere Aspekte der Entwicklung und desto weniger Kosten fallen an.

### 2. ANWENDUNGSGEBIETE

In der Automobil- und Maschinenbauindustrie gibt es unzählige Bauteile, die sich aufgrund komplexer Belastungssituationen (hierbei handelt es sich häufig um multiaxiale Belastungen) nur schwer berechnen und mit klassischen Ansätzen oft nur vereinfacht auf ihre Lebensdauer untersuchen lassen, was jedoch weder bei der Abbildung der Belastungen, noch bei den Berechnungsergebnissen zu realitätsnahen Ergebnissen führt. In dieser Arbeit geht es dabei primär um Bauteile, welche Belastungen unterliegen, die weder orts- noch richtungsfest sind, d.h. die sowohl ihren Angriffspunkt als auch ihre Richtung, ihre Größe und ihre Art (Kräfte, Drücke oder Momente) über die Zeit verändern können (Abb. 1).

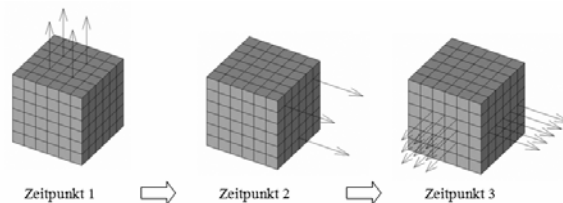


Abb. 1. nicht orts- und richtungsfeste Belastung

## 3. GRUNDLAGEN LEBENSDAUERRECHNUNG

### 3.1 Wöhlerversuch und -linie

Beim Wöhlerversuch wird eine „Probe mit einer meist sinusförmigen Beanspruchungs-Zeit-Funktion (axial, Torsion, Planbiegung oder Umlaufbiegung) konstanter Amplitude  $\sigma_a$  bei konstanter Mittelspannung  $\sigma_m$  oder konstantem Spannungsverhältnis  $R = \sigma_u/\sigma_o$ “ (Gudehus & Zenner, 2004, S. 8.2) beaufschlagt und die Anzahl der Lastwechsel bis zum Bruch der Probe gezählt. Wird dieser Versuch für verschiedene Spannungsamplituden durchgeführt und trägt man diese gemeinsam mit den dazugehörigen ertragenen Lastwechselanzahlen in einem doppelt-logarithmischen Diagramm auf, so erhält man die Wöhlerlinie (Abb. 2).

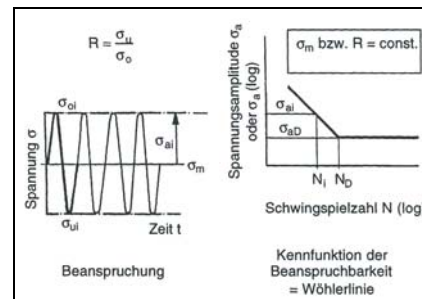


Abb. 2. Wöhlerversuch und -linie, modifiziert übernommen aus (Gudehus & Zenner, 2004, S. 8.3)

Die Wöhlerlinie bildet den Ausgangspunkt für sämtliche Lebensdauerberechnungen, da die in einem beliebigen Bauteil herrschenden Spannungen mit jenen der Wöhlerkurve verglichen werden. Dieser Vergleich ist jedoch nur erlaubt, solange im Bauteil konstante Hauptnormalspannungsrichtungen herrschen, so wie dies auch beim Wöhlerversuch der Fall ist.

### 3.2 Klassische Lebensdauersimulation

Die klassische Lebensdauerrechnung geht davon aus,

- dass an einem Bauteil eine einzige orts- und richtungsfeste Kraft angreift und sich deren Größe über die Zeit verändert (einaxiale Belastung)
- bzw. dass an einem Bauteil mehrere orts- und richtungsfeste Kräfte angreifen und sich deren Größen über die Zeit proportional zueinander verändern (proportionale multiaxiale Belastung).

In beiden Fällen kommt es innerhalb des Bauteils zur Ausbildung von Spannungstensoren, welche zu allen Zeitpunkten proportional zueinander sind – und zwar mit genau jenem Proportionalitätsfaktor, der auch die Veränderung der angreifenden Kraft (Kräfte) zu den entsprechenden Zeitpunkten beschreibt. Die Tatsache, dass die Spannungstensoren und somit auch alle ihre Komponenten stets proportional sind, führt bei der Berechnung der Hauptnormalspannungen dazu, dass diese zu jedem Zeitpunkt in dieselben Richtungen zeigen. Dies ist genau der entscheidende Punkt, der es nun möglich macht, die Spannungen in einem beliebigem Körper mit den Spannungen der Wöhlerlinie zu vergleichen und so eine Lebensdauerbewertung durchzuführen.

### 3.3 Multiaxiale Lebensdauersimulation bei nicht orts- und richtungsfesten Belastungen

Wirken an einem Bauteil nicht orts- und richtungsfeste Kräfte, so kommt es zur Ausbildung von (zeitlich gesehen) nicht proportionalen Spannungstensoren. Die Komponenten eines Tensors zum Zeitpunkt  $t_1$  zeigen keine proportionale Ähnlichkeit zu den Komponenten des Tensors zum Zeitpunkt  $t_2$ . Dies hat zur Folge, dass sich auch die Richtungen der Hauptnormalspannungen als nicht konstant erweisen, sondern zeitlich variieren. Man spricht daher auch von so genannten drehenden Hauptnormalspannungen.

Daraus resultiert aber nun das Problem, dass man nicht mehr so ohne weiteres die Spannungen am Bauteil mit jenen der Wöhlerlinie vergleichen darf, da keine gleichen Verhältnisse mehr herrschen (keine konstanten Hauptnormalspannungsrichtungen).

### 3.4 Methode der kritischen Schnittebene

Um auch bei multiaxialen Belastungen Lebensdauerrechnungen durchführen zu können, gibt es eine Reihe von Näherungsverfahren, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Das heute gebräuchlichste Verfahren ist die so genannte Methode der kritischen Schnittebene, welche auch in der Software *dTechEndurance* zum Einsatz kommt.

Der Grundgedanke hinter dem Verfahren ist, dass man das Problem der drehenden Hauptspannungen näherungsweise umgeht, indem man alle möglichen Richtungen im Spannungsraum betrachtet. Dadurch kann die Lebensdauerrechnung „vom Hauptspannungsgestüt losgelöst und statt dessen für körperfeste Schnittebenen vorgenommen“ (Haibach, 2002, S. 254) werden. Diese Tatsache macht eine Diskretisierung des Spannungsraumes, d.h. eine Zerteilung in eine gewisse Anzahl diskreter Schnitt- oder Spannungsebenen, notwendig. Als *kritischste* aller Ebenen wird dabei jene bezeichnet, in welcher sich (je nach Berechnungsziel) die größte Schädigung anhäuft, die größte Vergleichsspannung ergibt oder die kleinste Sicherheit gegen Dauerbruch errechnet.

Die Methode der kritischen Schnittebene liefert somit als Ergebnis ein Worst-Case-Szenario, also jene Ebene, die am meisten geschädigt wird.

Die Grundidee der Methode der kritischen Schnittebene, nämlich die Diskretisierung des Spannungsraumes, ist gleichzeitig auch deren großer Nachteil. Denn dadurch, dass jede Schnittebene für sich (d.h. unabhängig von den anderen) betrachtet und somit auch für jede Ebene eine vollständige Lebensdauerrechnung durchgeführt werden muss, kommt es zu sehr langen Rechenzeiten. Diese können bei umfangreichen Analysen schnell in den Tage- und Wochenbereich gehen und sind dann ohne zusätzliche Maßnahmen (Datenfilterung) nicht mehr zu bewerkstelligen.

## 4. ABLAUF LEBENSDAUERSIMULATION

Für die Lebensdauerberechnung zufolge nicht orts- und richtungsfester Kräfte kann ein Belastungsverlauf beliebiger Länge verwendet werden. Für jeden Zeitpunkt dieses Verlaufes

muss jedoch eine eigene Finite-Elemente-Spannungsberechnung durchgeführt werden, was die tatsächliche Länge des Verlaufes aus reinen Zeit- und Aufwandsgründen auf üblicherweise maximal 10 Zeitpunkte begrenzt. Dieser Zeitverlauf kann jedoch durch Angabe eines Multiplikationsfaktors beliebig oft wiederholt werden, um auf die gewünschte Gesamtdauer zu kommen.

Die Spannungsdatensätze der FE-Analysen bilden gemeinsam mit den dynamischen Festigkeitskennwerten des Bauteilwerkstoffes (Zugfestigkeit, Zug-Druck-Wechselfestigkeit, Biege-Wechselfestigkeit, etc.) die für die Berechnung notwendigen Eingangsdaten. Als Ergebnis der Lebensdauersimulation mit *dTechEndurance* erhält man Schädigungen oder Sicherheiten gegen Dauerbruch.

## 5. UNTERSCHIED ZU ANDEREN LEBENSDAUERPROGRAMMEN

Der größte Vorteil im Vergleich zu den bereits am Markt befindlichen Software-Lösungen für Lebensdauerrechnung liegt darin, dass es sich nicht um eine in sich geschlossene Stand-Alone Applikation handelt. Es wurde ein modularer Aufbau gewählt, der mittels standardisierter Schnittstellen eine Kommunikation mit vielen anderen Berechnungsprogrammen und auch ständige Erweiterungen von *dTechEndurance* selbst ermöglicht. Dadurch ist gewährleistet, dass schnell neue Berechnungsmethoden oder auch Kundenwünsche in die Lebensdauerrechnung integriert werden können. Dies ist bei herkömmlichen Programmen nicht oder nur schwer möglich.

## 6. ERGEBNISSE

Die im Zuge dieser Arbeit entwickelte Software *dTechEndurance* für Lebensdauersimulationen bei nicht orts- und richtungsfesten Belastungen wird mittlerweile standardmäßig bei der *dTech-Steyr – Dynamics & Technology GmbH* für Betriebsfestigkeitsrechnungen verwendet und hat sich hier bereits bei verschiedensten Anwendungen bewährt. Insbesondere wurde hiermit schon die Lebensdauer von Motorkolben, LKW-Rahmen oder auch Isolator-Aggregaten von Schienenfahrzeugen berechnet.

Die für die Lösung der multiaxialen Problematik verwendete Methode der kritischen Schnittebene liefert sehr gute Ergebnisse beim Auffinden von kritischen Stellen und beim Treffen von Relativaussagen und hat sich bei den bisherigen Anwendungen ebenfalls bewährt.

Absolutaussagen zu Lebensdauerwerten sind momentan noch sehr stark von den Eingangsparametern (Werkstoffkennwerte, Temperaturen, etc.) anhängig.

## 7. WEITERFÜHRENDE ARBEITEN

Aufbauend auf die in der Software *dTechEndurance* integrierten Schnittstellen und dem modularen Berechnungsablauf wird derzeit an folgenden Bereichen gearbeitet:

- Erweiterung der Software für die Lebensdauerberechnung von modalen und kanalbasierten multiaxialen Belastungen
- Beschleunigung des Berechnungsablaufes durch die Implementierung von Datenfiltern

## 8. REFERENCES

- Haibach, E. (2002). *Betriebsfestigkeit: Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung*, Springer, 3-540-43142-X, Berlin
- Gudehus, H. & Zenner, H. (2004). *Leitfaden für eine Betriebsfestigkeitsrechnung*, Stahleisen GmbH, 3-514-00584-2, Düsseldorf

## FH-VORARLBERG: PROJEKT NAUTABLE

**Projektteam: Lukas Fitz, Stefan Hämmerle, Mathias Jochum, Stefan Kliem, Stephanie Schwendinger**

**Abstract:** An der Fachhochschule Vorarlberg entwickelte eine 5-köpfige Studentengruppe im Rahmen einer Projektarbeit einen Parallelmanipulator mit 3 Freiheitsgraden. Der Manipulator ermöglicht es, eine Trägerplattform auf einem Boot waagrecht zu halten. Dazu wird die Neigung des Bootes mithilfe mikromechanischer Beschleunigungssensoren erfasst und dementsprechend die drei Achsen des Manipulators eingestellt. In diesem Beitrag wird erläutert, wie Computersimulation und automatische Codegenerierung beim Entwurf und der Implementierung dieses mechatronischen Systems genutzt werden können und welche Vorteile aus der Nutzung solcher Softwarewerkzeuge entstehen.

**Key words:** Parallelmanipulator, Simulation, Codegenerierung

### 1. EINLEITUNG

In der Entwicklung mechatronischer Systeme werden oft mehrere Zyklen durchlaufen, bis ein robustes Produkt zur Verfügung steht. Computersimulation kann dabei helfen, Fehler zu beseitigen und Optimierungen durchzuführen, bevor überhaupt ein Prototyp real aufgebaut wird. Automatische Codegenerierung kann die Entwicklungszeit drastisch verkürzen, wenn das Verhalten der Regelstrecke und des Steuerungsprogramms in der Simulationsumgebung modelliert werden. Im Folgenden werden Computersimulation und automatische Codegenerierung am Beispiel eines Parallelmanipulators erläutert.

### 2. AUFBAU UND FUNKTION

#### 2.1 Systemaufbau

Der aufgebaute Parallelmanipulator besteht aus einer Bodenplatte an der über Drehgelenke drei Linearachsen angebracht sind. Am Ende der Linearführungen ist über Kugelgelenke die Trägerplatte befestigt (siehe Abbildung 1).

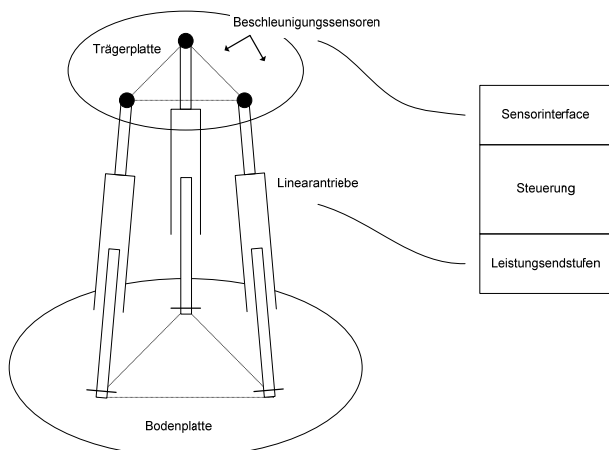


Abbildung 1: Systemaufbau NauTable

Die Linearachsen werden von drei Schrittmotoren angetrieben und an der Trägerplatte sind zwei zweiaxiale Beschleunigungssensoren montiert. Die Aufgabe des Steuerungsrechners ist es, aus den Signalen der Beschleunigungssensoren die Richtung des Erdbeschleunigungsvektors zu berechnen und die Linearantriebe so anzusteuern, dass der Normalvektor der Trägerplatte mit der Richtung des Erdbeschleunigungsvektors übereinstimmt.

#### 2.2 Simulation

SimMechanics [1], ein Simulationstool für mechanische Systeme ermöglicht es, das dynamische Verhalten des Aufbaus zu simulieren und mit einer realen oder simulierten Steuerung zu verbinden, bevor der Aufbau zur Verfügung steht. Das Modell berücksichtigt geometrische Eigenschaften und Gelenkverbindungen, Massenverteilungen und Reibungskräfte werden in dieser Anwendung vernachlässigt könnten im Modell aber berücksichtigt werden.

Das Steuerungsprogramm berechnet aus den Signalen der Beschleunigungssensoren die Lage der Trägerplattform und durch Lösen der Rückwärtskinematik [2] werden die entsprechenden Achsstellungen berechnet.

#### 2.3 Codegenerierung

Der Schritt von der Simulation in die reale Welt erfordert die Generierung von ausführbaren Programmen für die Zielplattform. In Simulink steht dazu der Real-Time Workshops als komfortable Möglichkeit zur Verfügung. Das in Simulink realisierte Steuerungsprogramm wird mithilfe des Real-Time Workshops in C-Code umgewandelt und für die entsprechende Zielplattform kompiliert. Als erste Zielplattform wurde ein PC mit einer Datenerfassungskarte gewählt, was für einen Prototyp eine praktische Lösung darstellt. Als endgültige Zielplattform wird "Prometheus", ein EmbeddedPC im PC104-Format mit integrierter Datenerfassung der Firma Diamond Systems dienen, um die Nutzung des Manipulators auf einem Schiff zu ermöglichen.

### 3. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Automatische Codegenerierung hat sich in diesem Projekt bewährt und vor allem die Möglichkeit, Konzepte und Entwicklungen zu testen, bevor die Plattform aufgebaut wird, bringt Zeit- und Kostenvorteile. Weitere Schritte in diesem Projekt werden sein, Modelle der Beschleunigungssensoren und Antriebe zu erstellen um Regelalgorithmen in der Simulationsumgebung testen zu können.

### 4. LITERATUR

- [1] MathWorks: *SimMechanics Users's Guide*, 2006.
- [2] J.-P. Merlet: *Parallel Robots*, Springer, 2006.



**PROJECT: ASV – AUTONOMOUS SCOUTING VEHICLE**

**Ambrosch, R.**

**Abstract:** During this project a test and demonstration platform was developed and in a second step enhanced for mobile robot applications. The ASV project includes the integration of ultrasonic sensors in the existing platform, the development of a computer vision algorithm which detects lanes and a hybrid mobile robot controller.

The computer vision algorithm is running on an embedded system that is connected to the mobile robot controller via CAN. The results of the experimental controller parameterization are presented and future work is presented.

**Key words:** mobile robots, embedded systems, computer vision

**1. INTRODUCTION**

This project includes the development of an application, that uses stereo-vision sensors in combination with an autonomous platform, and concludes with some ideas on future work. This vehicle has to follow a defined path, detect and avoid obstacles. The mobile robot platform is the one described in (Rinnerthaler et al., 2006), extended with several sensors. The platform is equipped with a micro controller (Motorola MPC565) which is connected with a second embedded system (Texas Instruments DSP TMS320C6713) that does the computer vision part.

The project includes the development of the computer vision algorithm to detect the path. It also describes the control algorithms that pilot the vehicle and the integration of new sensors. Detailed information of the different parts can be found in (Ambrosch, 2006).

**2. EXTENSIONS OF STANDARD PLATFORM**

The used platform (shown in Figure 1) has several sensors which can be divided into internal and external sensors. The internal sensors measure velocity, acceleration, steering angle and the status of attached accumulators. These sensors are used for odometry (described in Borenstein et al. 1996) and the control based programming of mobile robot applications. The external sensor system consists of two cameras, used for computer vision algorithms. The sensing system is attached to the expandable platform and consists of four ultrasonic range sensors and one infrared range sensor. Two ultrasonic sensors are mounted on the front of the platform to detect upcoming obstacles, the other two sensors are used to detect the moment when the platform passes an obstacle. The infrared sensor is a safety precaution for obstacles that are nearer than twenty centimeters in front of the platform and are not detectable by the ultrasonic sensors because of their physical characteristics. This method of detecting obstacles limits the obstacle's height to a minimum of seven centimeters and a minimum width of twenty centimeters. Additional information on the platform and its sensing system can be found in (Rinnerthaler et al., 2006).

**3. VISION ALGORITHM**

The task of the vision system and respectively the computer vision algorithm can be divided in five different parts:

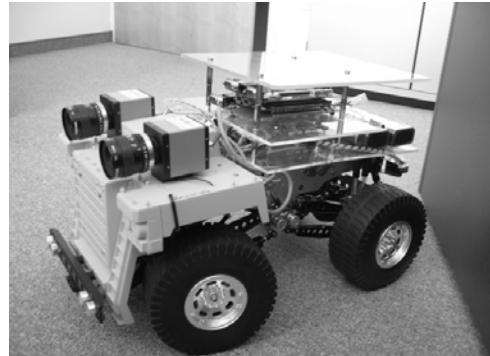


Figure 1 - DES-GT; test and demonstration platform for embedded vision algorithms and mobile robot algorithms

- At the start of one application sequence the platform has to learn the new colors that it has to follow. This procedure is called initialization. The learning of the new colors takes place to minimize the influence of the current lighting.
- Everytime the algorithm starts an iteration it has to find the two different lines. These lines have two different colors to determine the current driving direction of the vehicle. This part is called segmentation. Segmentation means that one specific color can be found in every picture, regarding its representation in a specific color space. To minimize the influence of the current illumination, a transformation from a light influenced color space (RGB) to a light resistant color space (HSV) has to take place.
- If the previous part has found a correct color blob, this blob is reduced to one line. This method is called edge detection and minimizes the processing time for the following parts massively. In addition, the noise of the segmentation can be eliminated with a filter that searches for detached pixels.
- After segmentation and edge detection the found pixels are not yet representative for a line. These pixels are transformed to a space where pixels that lie on a straight line

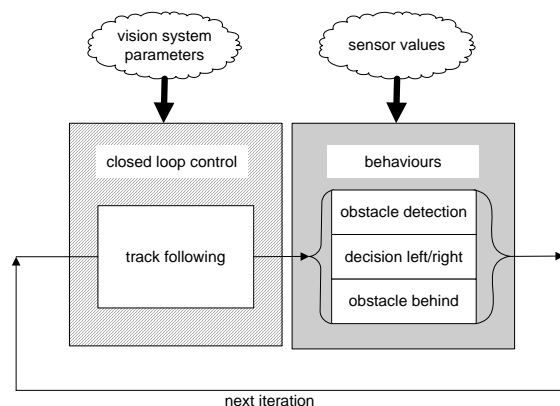


Figure 2 - hybrid controller; the closed loop follows the track and the behaviours help avoiding obstacles

are evenly spread around one point. This part is realized with a hough transformation which transforms the original picture to hough space. Straight lines are defined in polarform. More about hough transformation can be found in (Sonka et al., 1998).

- The last part of the algorithm looks for maxima in the accumulator of the hough transformation. These maxima are the lines that represent the track the vehicle has to follow.

#### 4. BEHAVIOUR BASED OBSTACLE AVOIDANCE

The vehicle control is realized with two different control mechanisms. These combined mechanisms are together called a hybrid system with a closed loop controller (Lutz & Wendt 2003) and behaviours (Arkin 1999). The closed loop controller and the behaviours are sequentially called and the different behaviours run parallel. An overview of the system is shown in Figure 2.

- First there is one classic closed loop control that gets information from the vision system. This information includes parameters about the found lines. Especially these are the two parameters that represent the straight lines in polarform. The parameters of both cameras can be used to do 3D recalculation. The result is a straight line that is three-dimensional defined.
- These lines should always be in the middle of the vehicle's sight. Therefore one controller got implemented to drive with a constant speed and one controller got implemented to follow the track with the correct steering angle.
- Secondly there are behaviours for obstacle avoidance. These behaviours include the 1) detection of obstacles, 2) the decision of steering around an obstacle on the left or right side and 3) the determination whether the vehicle has passed the obstacle or not.

#### 5. DATA FLOW

The data flow between the vision system and the mobile robot controller is realized via a loop as shown in Figure 3. Both controllers get the velocity and steering angle as an input value. The closed loop controller that holds the robot on track gets the values from the vision system. These values are the 2 hough parameters for each lane, which are called  $r$  and  $\alpha$  and. The behaviours get the sensor distances from each ultrasonic and infrared sensor. These values are analyzed and the actual state of the obstacle avoidance is detected. The result is again a steering angle and a wanted speed. These behaviours act anxious across obstacles and steer around the obstacles. These two controllers combined are a hybrid system, which are the next generation of mobile robot controllers after closed loop controllers and behaviours.

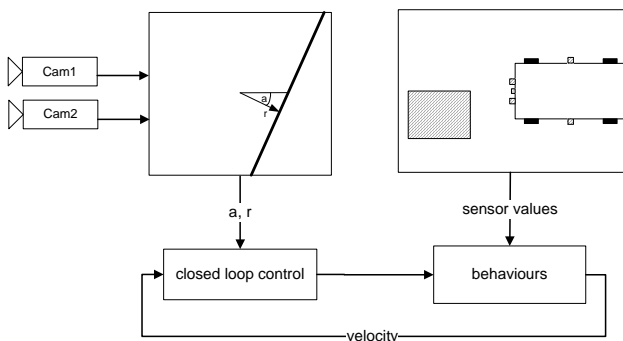


Figure 4 - data flow between the closed loop controller and the behaviours

#### 6. TEST RUNS

The test runs are split into three different parts (shown in Figure 4). Every run tests another feature of the application. The first two runs evaluate the closed loop controller and the work of the vision algorithm. During the third run the behaviours are tested and the parameters for the best working obstacle avoidance are determined. The minimum distances to the object, before the change manoeuvre starts, is measured resulting in a set of working parameters.

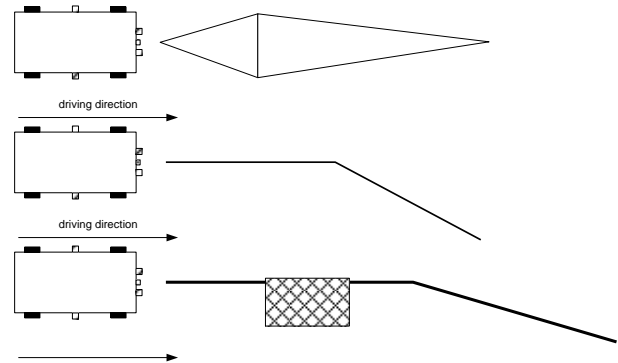


Figure 3 - 3 test runs that evaluated the correct parametrization of the controller

#### 7. CONCLUSION AND OUTLOOK

This technical report describes the development of a scouting application for an autonomous platform. The development of a vision algorithm and the realization of a connection between an embedded system and a camera is presented. Additionally the design of a hybrid system for mobile robot behaviours is explained. Future work includes the research for embedded vision algorithms that can be added to real cars for safety purposes and real life tests during the Urban DARPA Grand Challenge 2007.

#### REFERENCES

Ambrosch, R. (2006). ASV – Autonomous Scouting Vehicle. Technical Report. Wien: Seibersdorf research.

Arkin, R.C. (1999). Behavior-based robotics. Cambridge, Massachusets: MIT Press.

Borenstein, J., Everett, H.R. & Feng L. (1996). "Where am I?", Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. University of Michigan.

Lutz, H. & Wendt, W. (2003). Taschenbuch der Regelungstechnik, 5th edition. Frankfurt am Main: Harri Deutsch Verlag.

Rinnerthaler, F., Ambrosch, R. & Kubinger, W. (2006). DES-GT - Test and Demonstration Platform for Embedded Systems integrated in Next Generation Intelligent Vehicles. Technical Report. Wien: Seibersdorf research.

Sonka, M., Hlavac, V. & Boyle, R., 1998. Image processing, analysis, and machine vision, 2nd edition. USA: Brooks/Cole Publishing Company.



## OPTIMIERUNG DES PRIMÄRENERGIEEINSATZES UNTER AUSNUTZUNG VON PROZESSABWÄRME AUF BASIS ALTERNATIVER ENERGIETRÄGER

Pözl, K.

*Schlagwörter wie Energieknappheit, Rohöl-Rekordpreis, nicht gesicherte Versorgung Europas mit Erdgas und Erdöl etc. prägten die Pressemeldungen der letzten Zeit.*

*Daher verwundert es nicht, dass selbst hohe politische Verantwortliche in Amerika, den vermehrten Ersatz der fossilen Primärenergieträger Erdöl und Erdgas durch alternative Energiequellen fordern.*

*Aber auch die Entscheidungsträger in der EU sind sich spätestens seit der Erdgaskrise, ausgelöst durch bilaterale „Kommunikationsprobleme“ zwischen Russland und der Ukraine zu Beginn dieses Jahres, bewusst, dass in diesem Bereich massiver Handlungsbedarf besteht.*

*Die Entwicklung effizienter und kostengünstiger Methoden, Energie auf alternative Weise zu „erzeugen“, wurde bis dato durch den viel zu „niedrigen“ Rohölpreis behindert. Paradoxe Weise liegt also im hohen Rohölpreis die Chance, die Forschung in diesem Bereich zu forcieren.*

### 1. AUSGANGSSITUATION

Energieintensive Betriebe geraten immer mehr in die Zange zwischen hohen Energiekosten und Kosten für den Erwerb von CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikaten.

Diese Tatsachen haben einige Studierende des Studienganges Automatisierungstechnik am CAMPUS 02 dazu bewogen, diesem Themenkreis im Rahmen eines Projekts mit der Firma Technoglas / Voitsberg erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Der Betrieb, der 175 Mitarbeiter beschäftigt, produziert hauptsächlich Scheinwerfergläser für die Automobilindustrie, aber auch Gläser für Beleuchtungskörper und für andere, unterschiedlichste, technische Anwendungsbereiche.

Da die Produktion von hochwertigen Gläsern einen hohen Einsatz an Energie erfordert, lag es nahe, den Verbrauch an Primärenergieträgern wie Erdgas, Sauerstoff und elektrische Energie, auf mögliche Einsparungspotentiale hin zu untersuchen und Lösungsansätze aufzuzeigen.

### 2. ZIELSETZUNG

Das Projekt startete mit der Besichtigung des Betriebes im Oktober 2005.

Ziel war es, ein Konzept über Einsparungsmöglichkeiten an Primärenergieträgern für das Unternehmen zu erarbeiten, das sowohl als Grundlage für strategische Entscheidungen als auch für mögliche Investitionen dienen soll.

### 3. UMSETZUNG

Auf Basis der dabei gesammelten Informationen und Daten wurde nun eine Reihe von Ideen entwickelt, aus denen sich dann im Laufe einiger Gesprächsrunden folgende

Ansatzpunkte für mögliche Optimierungen bzw. Einsparungen herauskristallisiert haben:

- Wärmerückgewinnung aus dem Produktionsprozess
- Stromerzeugung aus der gewonnenen Abwärme
- Optimierung der vorhandenen Brenner
- werkseigene Erzeugung von Sauerstoff für den Produktionsprozess

Das Konzept basiert im Wesentlichen darauf, dass die aus dem Produktionsprozess als „Abfallprodukt“ vorhandene Abwärme als Primärenergieträger zur Erzeugung elektrischer Energie anhand alternativer Prozesse herangezogen wird. Die elektrische Energie wiederum wird dazu verwendet, um über Kompressoren jene Druckluft zu erzeugen, aus der dann Sauerstoff für den Einsatz in der Produktion gewonnen werden kann. Damit kann auf Zukauf von Sauerstoff weitgehend verzichtet werden.

Die überschüssige elektrische Energie wird zur teilweisen Abdeckung des Strombedarfes verwendet, die restliche Wärmeenergie zur Brauchwasserbereitung und zur Raum- bzw. Hallenheizung.

Infolge eines geringeren Erdgasverbrauchs durch Substituierung von Erdgas durch werksintern erzeugten Sauerstoff und der dadurch verbundenen Verringerung von Emissionen, ist auch ein Einsparungspotential bei CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikaten zu erwarten.

#### 3.1 Wertvolle Abwärme

Die Aufgabe der Projektgruppe „Wärmerückgewinnung“ (Arnold Präsent / Thomas Schegula) lag darin, eine möglichst große Menge der „verlorenen“ Energie aus dem Produktionsprozess in Form von Abwärme „ausfindig“ zu machen und in eine gut nutzbare Form überzuführen. Diese Energie soll primär für die Erzeugung elektrischer Energie verwendet werden. Da elektrische Energie leicht und relativ verlustfrei übertragen und unmittelbar in das vorhandene werkseigene Energieversorgungsnetz eingespeist werden kann, war es sinnvoll, diese Energieform anzustreben.

Die Information, wieviel an Wärmeenergie aus Abwärme für einen möglichen Einsatz zur Stromerzeugung vorhanden ist, diente als Ausgangsbasis für weiterführende Überlegungen und zur Auswahl etwaiger Verfahren zur Stromgewinnung. Diesem Themenkreis widmete sich die Projektgruppe „Stromerzeugung aus Abwärme“ (Jürgen Laschet / Günther Maier / Wolfgang Schindlbacher).

#### 3.2 Stromerzeugung auf alternative Art

Wärme steht als Überbegriff für Abwärme in Form von Strahlungswärme bzw. Konvektionswärme aus dem Produktionsprozess, sowie auch in Form von erwärmtem Kühlwasser.

Diese auf diesem Weg verloren gegangene Wärmeenergie soll zum Teil als elektrische Energie zurückgewonnen werden. Die von der Projektgruppe „Wärmerückgewinnung“ ermittelten Parameter, wie z.B. Wärmestrom und Abwärmtemperatur, bilden die Basis für die Auswahl möglicher Stromerzeugungsprozesse.

Ziel der Projektgruppe „Stromerzeugung aus Abwärme“ war es, neue Erkenntnisse im Bereich Stromerzeugung zu gewinnen, die entsprechenden Prozesse näher kennen zu lernen und konkrete technische Lösungen zu erarbeiten.

Nach den durchgeführten theoretischen Untersuchungen, welche die unterschiedlichsten Varianten der Stromerzeugung (ORC-Prozess, Kalina-Prozess, Dampfschraubenmotor ...) auf Grund der vorgegebenen Prozessparameter umfassten, wurde der ORC-Prozess einer ausführlicheren Betrachtung unterzogen.

Beim ORC (Organic Rankine Cycle)-Prozess handelt es sich im Wesentlichen um einen Prozess, der dem eines herkömmlichen Dampferzeugungsprozesses entspricht. Im Unterschied zum Dampferzeugungsprozess in einem Dampfkraftwerk wird allerdings beim ORC-Prozess der Energieinhalt eines Wärmestromes einem organischen Arbeitsmedium (z.B. Kohlenwasserstoffe), das bereits bei relativ niedrigen Temperaturen verdampft, über einen Wärmetauscher zugeführt. Der wesentliche Unterschied besteht also darin, dass nicht Wasserdampf in der dem Prozess nachgeschalteten Turbine entspannt wird, sondern das dampfförmige, organische Arbeitsmedium. Der auf diese Weise aus Abwärme gewonnene Strom wird dabei in dem von der Turbine angetriebenen Generator erzeugt.

### **3.3 Brenneroptimierung und Erzeugung von Sauerstoff**

Mit der kostengünstig aus Abwärme erzeugten elektrischen Energie soll nun unter anderem ein Kompressor betrieben werden, dessen erzeugte Druckluft einer Sauerstoff-erzeugungsanlage zugeführt werden soll.

Derzeit wird der benötigte Sauerstoff in flüssigem Zustand angeliefert und in zwei großen Tanks gelagert. Durch die Lagerung geht aber eine nicht unbeträchtliche Menge an Sauerstoff durch Expansion verloren.

Die Idee der Projektgruppe „Brenneroptimierung und Sauerstoffherzeugung“ (Franz Krachler / Robert Reisenegger) bestand nun darin, den benötigten Sauerstoff selbst zu produzieren und somit unter anderem die Verluste durch die Lagerung zu verringern.

Da darüber hinaus im Glaserzeugungsprozess eine große Anzahl an Erdgasbrennern eingesetzt wird, Sauerstoff allerdings eine wesentlich höhere Flammtemperatur aufweist

und damit ein höherer Wirkungsgrad erreicht werden könnte, wäre es mit dieser Maßnahme möglich, das derzeit verwendete Erdgas teilweise durch den selbst produzierten Sauerstoff zu ersetzen. Dies würde wiederum auch eine Reduzierung der Aufwendungen für CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate bedeuten.

## **4. ERGEBNISSE**

Das zu Projektbeginn festgelegte Ziel, ein Konzept über mögliche Energieeinsparung zu erstellen, wurde zur Gänze erreicht.

Nach Abschluss der Ideenfindung erfolgte die Kontaktaufnahme mit potentiellen Lieferfirmen für die entsprechenden Anlagenteile (ORC-Anlage, Sauerstoffherzeugungsanlage usw.), wobei auch die wirtschaftliche Rentabilität und die Amortisationszeit der zu errichtenden Anlagen betrachtet wurde.

## **5. AUSBLICK**

Die „Voruntersuchungen“ im Rahmen des Projektes haben bereits zu einer weiterführenden Kooperation mit dem Projektpartner geführt. Ein konkreter Aspekt, die „energetische Optimierung des Formenvorwärmofens“, wird im Rahmen einer Diplomarbeit einer intensiveren Betrachtung unterzogen werden.

Das Projekt soll auch im Jahr 2007 fortgeführt werden, wobei in dieser Projektphase verstärkt an der Umsetzung der Ideen in die Realität, gearbeitet werden soll. Für die zukünftigen Projektgruppen gilt es nun, die gesammelten und ausgewerteten Informationen und Daten in die Praxis umzusetzen, um letztendlich das hochgesteckte Ziel zu erreichen: die Optimierung des Energieeinsatzes der Firma Technoglas auf Basis alternativer Energieträger.

**Projektpartner:** Fa. Technoglas / Voitsberg (Technischer Leiter: Ing. Hans-Peter Fötsch)

### **Projektteam CAMPUS 02**

Dipl.-Ing. Kurt Pölzl / Franz Krachler / Jürgen Laschet / Günther Maier / Arnold Präsent / Robert Reisenegger / Thomas Schegula / Wolfgang Schindlbacher

## PROJEKT: AUTOMATICA BAR

Klein, J. & Leithner, J., Wolf, C., Gruber, C.

**Kurzfassung:** Für die Messe Automatica 2006 in München wurde eine vollautomatische Bar realisiert.

Es wurden zwei kooperierende Industrieroboter, ein SCARA-Montageroboter, voll automatisches Handlingsystem inkl. Bestellterminals und eine übergeordnete Steuerung zu einer voll funktionierenden Roboterbar zusammengestellt. Anhand der über die Terminals eingehenden Bestellung wird das bestellte Getränk von den Robotern zubereitet und mittels Transportsystem zum Besteller serviert. Es stehen bis zu 16 verschiedene Cocktails und zwei Biersorten zur Auswahl. Auf dem Transportwagen (Shuttle) können gleichzeitig bis zu zwei verschiedene Getränke gefördert werden. Die Schank um die Roboterzelle wird wie in jeder Kaffeebar als Ausgabe und zugleich als Sicherheitsbegrenzung zwischen Mensch und Maschine genutzt. Mit dieser Lösung werden die strengen Sicherheitsbestimmungen auf einfachem Weg eingehalten.

**Key words:** voll automatisch, Industrieroboter, Transportsystem, Handlingsystem, Bedienterminals

### 1. EINLEITUNG

Industrieroboter werden meistens bei der Automatisierung in der Produktion und fast ausschließlich in den Firmenhallen eingesetzt. Weiterentwicklung der Sensorik, Robotersteuerungen und insbesondere Mensch-Maschine-Interaktion hat den Einzug von Robotern in den anderen Bereichen ermöglicht, wie etwa in Hotels, Kaffeebars, bei der Openair Veranstaltungen, in den Kinos, in Bahnhöfen, Verkaufsläden und auf allen anderen Plätzen wo die Menschen bedient bzw. mit Nahrung oder Getränken versorgt werden.

Seit 2004 laufen an der FH Technikum Wien im Fachbereich Mechatronik und Robotik verschiedene Tests an vollautomatischen Maschinen deren Aufgabe im sicheren und zuverlässigen Bedienen von größeren Menschenmengen liegt. Getränke-Applikationen wie etwa Cocktail- oder Punschroboter wurden an Messen, vor den Kinos und an den Veranstaltungsorten wie „Tag der offenen Tür“ oder „Lange Nacht der Forschung“ unter realen Bedingungen unter Beweis gestellt. Dabei wurden an den Applikationen die Akzeptanz, Bedienungsfreundlichkeit und insbesondere die Sicherheit von den Besuchern im Umgang mit den Maschinen getestet.

Die Automatica Bar (Abb.2) wurde aus Standard Industriekomponenten zusammengesetzt mit dem Ziel, dass gleichzeitig mehrere Besucher mit Getränken bedient werden können. Zu der Sicherheit war eine einfache und klare Bedienung der Anlage für alle Altersgruppen die Hauptanforderung die zu Erfüllen war.

### 2. AUFBAU

Über Bedienterminals (Abb. 1) wird auf vier Stationen bestellt. Die Bestellung wird automatisch abgearbeitet und über das voll autonome Transportsystem mit Hilfe von Shuttles zum Besucher geliefert. Der Besucher muss nun nur die Getränke entnehmen und genießen.

#### 2.1 Allgemein

Die Hardware wurde zum Großteil von den Partnerfirmen bereitgestellt und ausschließlich im Rahmen von Studentenprojekt zusammengebaut.

Es wurde versucht, alle Teile auf höchstens Europalettenmaß (1200x800) zu montieren, um den Transport möglichst einfach zu gestalten. Ebenso wurden alle Verbindungen zwischen den Komponenten steckbar gelöst, um den Verkabelungsaufwand nach einer neuerlichen Inbetriebnahme gering zu halten.

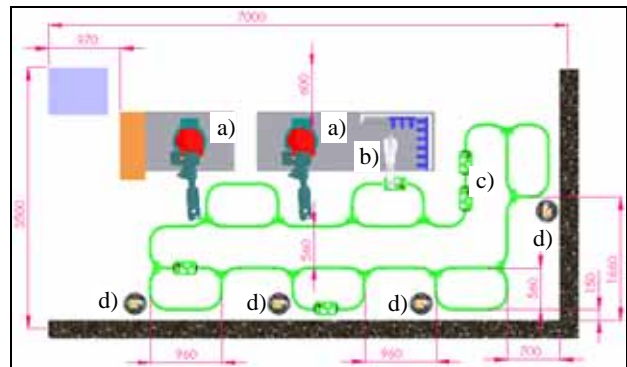


Abb. 1: Schema der Automatica Bar

a) Bier-Roboter, b) Cocktail-Roboter, c) Transportsystem mit Shuttles, d) Bedienterminals mit Ausgabestation

#### 2.2 Cocktail-Roboter

Ein SCARA-Roboter ist auf einer Stahlpalette mit einem Aufsatz montiert. Dieser dient dazu, die Cocktails vorzubereiten und auf dem Transportsystem zu platzieren.

Die Becher werden aus zwei Becherspendern mit Hilfe eines Pneumatikzylinders und Vakuum entnommen. Zum Manövrieren und Halten der Becher wird ein Parallelbackengreifer eingesetzt. Eis wird auf Wunsch über das Eiswürfelotto zur Verfügung gestellt. Die Getränkeflaschen werden auf elektronische Portionierer montiert.

Nachdem ein Auftrag eingegangen ist, holt sich der Roboter einen Becher. Der Roboter fährt zum ersten Becherspender. Wenn nach drei Versuchen kein Becher entnommen werden kann, wechselt der Roboter zum Zweiten. Ob ein Becher im Greifer ist, wird mit einer Lichtschranke abgefragt.

Wurde Eis bei der Bestellung ausgewählt, ist dieses der nächste Programmschritt. Der Roboter fährt zum Eiswürfelotto. Der Außenzylinder mit dem Auslass wird ausgefahren und somit werden die Eiswürfel separiert. Nach kurzer Verzögerung startet der innere Zylinder und wirft die übrigen Eiswürfel in den Behälter zurück. Jetzt sollten 1-2 Würfel auf der schrägen Fläche liegen bleiben. Der Roboter fährt mit dem Becher unter den Auslass. Durch das Einfahren des inneren Zylinders fällt der Würfel in den Becher.

Je nachdem welcher Cocktail bestellt wurde, werden die einzelnen Portionierer nach einander angefahren.

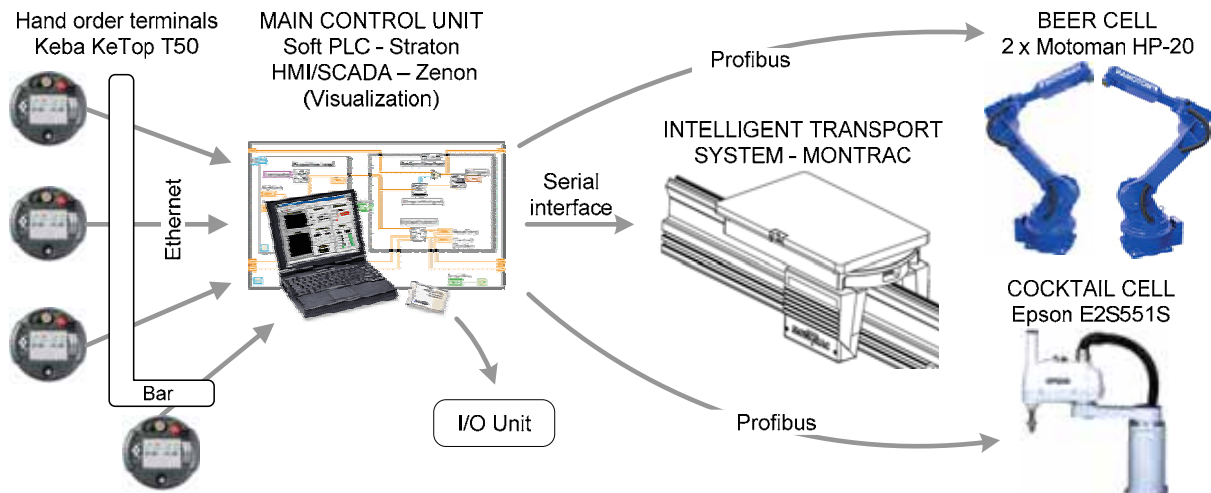


Abb. 2: Schematische Darstellung Aufbau Automatica Bar (Malisa, 2006)

Wenn der Roboter mit dem Becher unter diesem steht, wird der Portionierer freigegeben und die gewünschte Menge eingefüllt. Die Menge wird über die Öffnungszeit gesteuert.

Zu guter letzt wird der fertige Longdrink auf den Shuttle positioniert. Der Roboter wartet, bis der Shuttle angekommen ist. Steht dieser auf seiner Position wird der Becher auf der hinteren Ablage des Shuttles abgestellt. Nachdem der Roboter wieder auf seiner Warteposition angekommen ist, wird der Shuttle gestartet. Dieses fährt entweder zu den Bier-Robotern oder zu der Ausgabestation.

Zu guter letzt wird der fertige Longdrink auf den Shuttle positioniert. Der Roboter wartet, bis der Shuttle angekommen ist. Steht dieser auf seiner Position wird der Becher auf der hinteren Ablage des Shuttles abgestellt. Nachdem der Roboter wieder auf seiner Warteposition angekommen ist, wird der Shuttle gestartet. Dieses fährt entweder zu den Bier-Robotern oder zu der Ausgabestation.

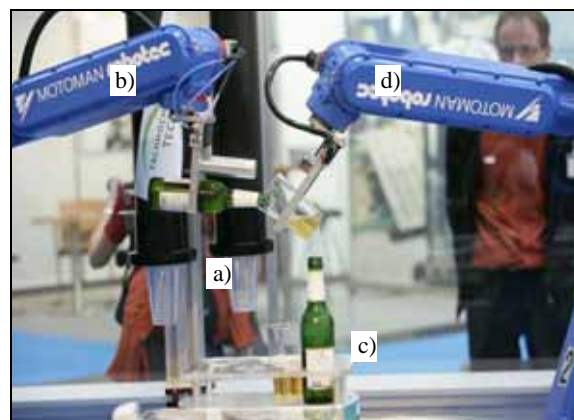


Abb. 3: Bier-Roboter, a) Becherspender, b) Roboter für Bierflasche, c) Shuttle, d) Roboter für Becher

### 2.3 Bier-Roboter

Das Bier wird von zwei 6-Achsen Robotern serviert. Jeder Roboter ist auf einer eigenen Europalette aus Stahl montiert und mit einem Parallelbackengreifer ausgerüstet.

Der erste Roboter entnimmt die Bierflasche aus einer Kiste, welche neben der Palette abgestellt ist. Nach kurzem Umgreifen, mit Hilfe des zweiten Roboters, wird die Kapsel geöffnet. Während der Roboter mit der geöffneten Bierflasche zur Überprüfung fährt, holt sich der zweite Roboter den Becher aus dem Becherspender. Die Überprüfung ob die Flasche tatsächlich geöffnet ist erfolgt mit einem Näherungssensor. Falls die Kapsel beim ersten Versuch nicht entfernt werden konnte, wird dieses ein weiteres mal probiert. Nach drei Versuchen, wird eine neue Flasche aus der Kiste entnommen. Der Becher wird nach demselben Prinzip wie beim Cocktailroboter abgeholt.

Nun wird das Bier bis zur Hälfte eingeschenkt. Nach dem Einschenkvorgang warten beide Roboter auf den Shuttle. Steht dieses in seiner Position, werden sowohl die Bierflasche als auch der halb volle Becher auf das Shuttle gestellt. Beide Roboter fahren wieder in die Warteposition zurück und der Shuttle kann zu seiner Ausgabestation geschickt werden.

### 2.4 Transportsystem mit Shuttles

Es handelt sich um ein System der Firma Montech. Die Weichen werden mit der Methode Chaostechnologie angesteuert. An den vier Bedienterminals kann das gewünschte Getränk ausgewählt werden.

Nach erfolgter Zubereitung wird die Bestellung direkt mit Hilfe der Shuttles zu den Terminals transportiert. An den Bypässen Cocktail-Roboter und Bier-Roboter werden die Getränke platziert. Nachdem die fertige Bestellung an der Ausgabestation angekommen ist, können die Getränke vom Shuttle entnommen werden. Nach kurzer Wartezeit fährt dieses wieder los. Werden die Getränke nicht entnommen, fährt der Shuttle nach einer Wartezeit von 2 Minuten weiter, damit die Station nicht länger blockiert wird.

Es fahren bis auf ein Shuttle, welches beim Puffer wartet, alle anderen ständig im Kreis. Beim Puffer wird mit Hilfe von drei Lichtschranken der Shuttle gescannt, ob es auch wirklich frei von Bechern oder Flaschen ist. Wird beim Scann ein Gegenstand am Shuttle erkannt, fährt dieses solange im Kreis, bis es wieder frei ist.

### 3. AUSBLICK

Die AUTOMATICA Bar ist ein Testsystem und wurde speziell für die Messe München entwickelt. Diese Bar wird auf weiteren öffentlichen Plätzen ausgestellt um in einer Umgebung mit Nichttechnikern die Sicherheit der Anlage und die Bedienerfreundlichkeit zu testen.

### 4. REFERENZEN

- Breckweg, A., & Meyer, C., (2006). Assistenzroboter für die Produktion, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
- Malisa, V. & Zuperl, U. (2006). An Application of Industrial Robots and an Intelligent Conveyor System Based on Chaos Technology in Catering Industry, 17th International Symposium DAAAM, Vienna (in print)

## PROJEKT: MAGNETRINGMONTAGE

**König, R.; Riedl, M.; Ornik, M.; Steßl, A.**

### Abstract:

*Im Rahmen eines Studentenprojektes sollte eine Vorrichtung zum Bau von Magnetringen entwickelt, konstruiert, gefertigt und in Betrieb genommen werden. Voraussetzung seitens des Auftraggebers (Fa. Button Energy - Wien) war es mit Projektfertigstellung (Dauer: 2 Semester) eine Vorrichtung in Händen zu halten, mit welcher im täglichen Einsatz mindestens 25 Magnetringe hergestellt werden können. Bis zu diesem Zeitpunkt konnten an einer selbst entwickelten Vorrichtung lediglich 3-5 Magnetringe hergestellt werden. Der Grund für diese niedrigen Stückzahlen lagen in den enormen Magnetkräften der auf einer Niro-Felge ( $\varnothing$  200mm) zu montierenden Einzelmagnete (83 Stk. je Ring). Die Kräfte der einzelnen Magnete (10x4x40mm) sind so stark, dass es per Hand nicht möglich ist 2 Magnete mit gleicher Polarität spaltfrei aneinander zu pressen- wobei sich diese Kräfte mit jedem zusätzlich angefügten Magnet weiter erhöhen.*

### Key Words:

*Magnetkräfte, professionelle Fertigungsanlage, täglicher Einsatz, mechanisch einfaches Konzept, Verfünfachung der Stückzahl*

## 1. Einleitung

Ausgangspunkt dieses Projektes war das Herantreten der Firma Button Energy an die Fachhochschule Campus02 in Graz mit dem Wunsch einem Team die Entwicklung einer Anlage zur serienmäßigen Produktion von Magnetringen zu übertragen. Button Energy ist eine junge, innovative Firma, welche es sich zum Ziel gesetzt hat eine Anlage zu entwickeln, die mittels eines Brennstoffkessels (dzt. eine Gastherme) eine Dampfmaschine versorgt, deren Heizleistung einerseits zur Stromerzeugung genutzt wird (Lineargenerator) und andererseits die Abwärme zur Warmwasser- oder Gebäudeheizung nutzt. Durch diese Anlage ist es somit möglich ein Haus sowohl mit elektrischer Energie als auch mit Heizenergie zu versorgen bzw. ins elektrische Netz einzuspeisen.

Fa. Button Energy hatte bis zu diesem Zeitpunkt eine selbst entwickelte manuelle Vorrichtung in Verwendung mit welcher eine Fertigung der dringend benötigten Dauermagnetringe in hohen Stückzahlen nicht realisierbar war. Lediglich 3-5 Magnetringe konnten täglich hergestellt werden.

Die Entwicklung einer Vorrichtung für die Bestückung eines für einen Lineargenerator notwendigen Dauermagneten wurde nun von oben angeführten Studenten des Campus02 in Graz in Angriff genommen.

## 2. Problemstellung

Es sollte eine halbautomatische Vorrichtung entwickelt werden, welche keilförmige Dauermagnete (83 Stück je Magnetring) in magnetisch abstoßender Ausrichtung (Nordpol zu Nordpol, Südpol zu Südpol) auf eine NIRO Felge ( $\varnothing$  200mm) montierbar macht. Die abstoßende Magnetkraft der Einzelmagnete ist

derart hoch, dass es per Hand nicht möglich ist, 2 Magnete (10x4x40mm) gleichpolar aneinander zu fügen. Diese Magnetkräfte verstärken sich mit jedem weiter anzufügenden Magnet enorm. Der fertig montierte Magnetring sollte unter geringem Aufwand von der Anlage demontierbar sein um in weiterer Folge auf einer hydraulischen Presse zur endgültigen Stabilisierung der verbauten Magnete in einem Stahlring eingepresst zu werden.

Eine weitere wichtige Vorgabe war es, die Magnete ohne Luftspalt, und in exakt paralleler vertikaler Ausrichtung zu montieren, da der geringste Spalt, die am Felgenumfang montierten Magnete, zum Kippen bringt. Erschwerend kam hinzu, dass die verwendeten Magnete sehr spröde sind und bei einem Schlag-, Stoß- oder Kippvorgang gleich mehrere Magnete brechen bzw. absplintern. Die Demontage eines solchen gekippten Magnetringes ist faktisch nicht möglich bzw. sehr aufwendig und mit hoher Verletzungsgefahr durch die Magnetsplinter und der scharfen Kante der Niro-Felge verbunden. Somit musste auf eine prozesssichere Ausführung extremer Wert gelegt werden.

## 3. Vertragsbedingungen

Das Studententeam wurde mit der Entwicklung, Konstruktion von Fertigungszeichnungen, der Vergabe der Fertigung der Anlagenteile (nach Freigabe durch die Firma Button Energy), sowie dem Zusammenbau, der Inbetriebnahme und der Feinabstimmung der Anlage beauftragt.

Die Produktion sollte von einer händischen Fertigung die 3-5 Magnetringe je Arbeitstag herstellen konnte auf eine halbautomatische Fertigung mit einer Kapazität von mindestens 25 Stück je Produktionstag (8 Std.) umgestellt werden. Die Projektumsetzungsdauer von 2 Semestern wurde mit der Fa. Button Energy vereinbart und konnte trotz der Mehrfachbelastung (Beruf, Familie, Studium) eines jeden einzelnen Teammitgliedes eingehalten werden.

## 4. Projektverlauf

### 4.1 Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung nahmen zeitlich den größten Teil unseres Projektes in Anspruch. Die Suche nach einem technisch einfachen und einwandfrei funktionierenden System stellte sich aufgrund der unter „Problemstellung“ angeführten Punkte als sehr anspruchsvoll heraus. Ein erschwerender Faktor in dieser Phase des Projektes war der Umstand, dass die auftretenden Magnetkräfte und ihre Wechselwirkungen nur sehr schwer einzuschätzen waren und somit die Reaktionen der Magneten oftmals nur theoretisch erahnt werden konnten.

#### 4.1.1 Konzept I

Unser erstes konkretes Konzept sah vor, dass alle 83 Magnete gleichzeitig über kulissengesteuerte Schieber, auf den Felgenumfang eingeschoben werden sollten. Um dieses Verfahren näher auf seine Funktionalität und Tauglichkeit zu prüfen, ließen wir ein kleines Segment des Einschubkanals

fertigen. Diese Versuche waren äußerst aufschlussreich und veranschaulichten uns das Verhalten der nahe beieinander liegenden Magneten. Als stabile Position der Magnete zueinander ergab sich eine V-Form. Für ein funktionierendes Konzept hätten sich die Einzelmagnete gegenseitig stützen müssen um stabil auf die Felge aufgeschoben werden zu können. Dies war allerdings nicht der Fall. Vielmehr sprangen die Magnete durch die Beeinflussung anderer Magnete von den Schiebern ab und drehten sich kurz vor der Felge (Endposition) um ihre eigene Längsachse, so dass sich der Nordpol eines Magneten mit dem Südpol eines weiteren stabilisierte. Dies erfolgte meist unter einem knackenden Geräusch welches auf den Bruch oder die Absplitterung eines Magneten hinwies. Nach Ende dieser Versuchsreihe wurde dieses Konzept auf Grund seiner mangelnden Produktionssicherheit, seines komplexen Aufbaues und der schwierigen Reinigbarkeit der Anlage von zerbrochenen Magneteilen wieder verworfen.

#### **4.1.2 Konzept II / Konstruktion**

Die zweite Variante, die wir nunmehr verfolgten, funktionierte auf Basis eines Einzeleinschubes der Magnete mit Querversatz - auf eine mittelpunktsymmetrisch aufgespannte bewegliche Felge mit einstellbarem Gegenmoment und zwei von einander unabhängigen Klemmvorrichtungen.

Nachdem dieses Konzept die spaltfreie Montage auch von Magneten mit unterschiedlichen Fertigungstoleranzen ermöglichte und uns als die sicherste Lösung in punkto Produktionssicherheit, Bedienerfreundlichkeit und Einfachheit des Gesamtsystems erschien, begannen wir mit der Erstellung der Fertigungszeichnungen. Da wir die Anlage so benutzerfreundlich wie nur möglich gestalten wollten, lagen die Probleme wie so oft in dieser Phase des Projektes im Detail was uns eine Verzögerung gegenüber dem vereinbarten Terminplan einbrachte. Jedoch konnten durch die intensive Auseinandersetzung mit den Fertigungsbedingungen, Konzept- und Konstruktionsfehler ausgemerzt werden, was uns schlussendlich im Zusammenbau und in der Inbetriebnahme die Terminverzögerung wieder aufholen ließ.

#### **4.2 Vergabe der Teilefertigung**

Nachdem die gesamten Fertigungszeichnungen und Normteilleisten von Button Energy freigegeben worden waren, holten wir Angebote über die zu fertigenden Teile ein. Auf Wunsch der Firma Button Energy wurden die Normteile von den Firmen Festo (Zylinder, Ventile und Führungssysteme) und Kipp (Klemmhebel) verwendet. Jene Teile die mechanisch gefertigt werden mussten, wurden an die Firma Franz Haas, Werkzeug- und Maschinenbau aus Stainz auf Grund der besten Gesamtanbotslegung vergeben. Entscheidend war in diesem Projektabschnitt, dass wir uns auf die termingerechte Lieferung der mit uns zusammenarbeitenden Unternehmen verlassen konnten.

#### **4.3 Zusammenbau und Inbetriebnahme**

Im Zusammenbau kam es natürlich wie bei jedem Prototyp zu einigen Aha-Erlebnissen und unser Durchhaltevermögen wurde mehrmals auf die Probe gestellt. Als Problemkinder seien hier folgende angeführt. Die nachträglich notwendige Adaptierung der Seitenwangenführung, sowie die Änderung der Sensorik die aufgrund der Sensorbeeinflussung durch das Gesamtmagnetfeldes notwendig wurde. Da wir bis zu diesem Zeitpunkt noch keinen einzigen Magnetring selbst gebaut hatten, war es für uns sehr aufschlussreich festzustellen welche großen magnetischen Kräfte bereits ein halb zusammengesetzter Magnetring auf die Anlage ausübte. Dies führte vor allem beim als ersten eingesetzten Magnet zu Problemen mit der Fixierung desselben. Da die Magnete aus

konzeptionellen Gründen nur oberhalb der Mitte geklemmt werden konnten, wurde dieser erste Magnet seitlich aus seiner vertikalen Ausrichtung ausgelenkt – was aber den Projektvereinbarungen direkt widersprach, welche einen absolut parallelen und spaltfreien Zusammenbau forderten. Durch eine am Einzelspanner seitlich montierte Halteleiste konnte diese Problematik weitgehend in Griff bekommen werden. Laut ursprünglicher Information und bereitgestellter Teile sollte sich zwischen erstem und letztem Magneten ein Restspalt von ca. 3 mm ergeben. Dieser Restspalt sollte mit einem speziell angefertigten Kunststoffkeil geschlossen werden. Zu unser aller Überraschung konnte uns aber die Firma Button Energy gegen Ende unseres Projektes sehr genaue, mit nur sehr geringen Toleranzen behafteten, Magnete zur Verfügung stellen. Somit konnte der immer gleich bleibende kleine verbleibende Restspalt mit einem Kunststoffstreifen ausgefüllt werden. Dieser ca. 1 mm starke Restspalt war gerade breit genug um unserer nachträglich eingebauten seitlichen Halteleiste Platz zu bieten.

#### **4.4 Erfolgreicher Projektabschluss**

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung des Projektes war allerdings die Erkenntnis, wie die enormen Magnetkräfte reduziert werden konnten. Durch einen simplen Versuch konnte gezeigt werden, wie die magnetischen Feldlinien durch einen magnetischen Stahl gebündelt werden können und somit die abstoßenden Kräfte zwischen den Magneten minimiert werden. Wie sich bei der Inbetriebnahme zeigte, hätten die auftretenden Kräfte mit der entwickelten Vorrichtung und den eingesetzten Klemm- und Spannvorrichtungen aufgrund der glatten Oberflächen (Magnete und Niro-Felge) nicht beherrscht werden können. Vielmehr musste mehrmals der Erkenntnis aus diesem Versuch Rechnung getragen werden, in dem nach und nach Aluminiumteile in Eisen nachgefertigt wurden. Hier konnten wir den Terminplan nur aufgrund des außerordentlichen Einsatzes vom Teilefertiger (Fa. Franz Haas) halten.

#### **5. Zukunftsperspektive**

Fa. Button Energy hat bereits den Wunsch an das Studententeam herangetragen, diese halbautomatische Vorrichtung, in die die Einzelmagnete händisch eingelegt werden müssen, auf eine vollautomatische Variante auszubauen. Es soll mittels eines einzigen Tastendruckes die gesamte Felge mit den 83 Magneten bestückt werden. In Anbetracht der erfolgreichen Projektentwicklung sieht sich das Team für neue Herausforderungen gestärkt und ist zuversichtlich auch dieses Projekt professionell abzuwickeln.

## Diplomarbeiten





## AUTOMATISIERUNG DER ENDPRÜFUNG VON BIOMASSEANLAGEN

Ing. Harald Stipsits

### KURZFASSUNG

Eine Steigerung der Stückzahlen und gleichzeitige Steigerung der Qualität sind grundsätzlich schwer zu kombinierende Anforderungen.

Aufgrund dieser Forderung wurde diese Diplomarbeit in Kooperation mit der Fa. HERZ Armaturen GesmbH, Geschäftsbereich HERZ Feuerungstechnik, erarbeitet und soll der automatisierten Endprüfung der gefertigten Biomasseanlagen dienen.

Der Großteil der Prüfung läuft vollautomatisch ab und lässt so eine komplett objektive Überwachung des Messablaufes zu, während für halbautomatische Tests gewisse Eingaben und Tätigkeiten des Endprüfers notwendig sind - etwaige Fehler werden sofort erkannt und können binnen kürzester Zeit korrigiert werden. Nach erfolgreichem Abschluss zeigt ein automatisch erstelltes Protokoll das Prüfergebnis an.

Um diesen Ablauf bewerkstelligen zu können, bedarf es der Verwendung einer Zusatzsteuerung inklusive Zusatzverkabelung, mit deren Hilfe der automatisierte Ablauf realisiert werden kann. Aufgrund verschiedener Kriterien fiel die Entscheidung auf ein Produkt der Fa. Beckhoff mit Ethernet-Anschluss und Modbus-Unterstützung.

Die Softwarelösung wurde mittels LabVIEW 8.0 der Fa. National Instruments verwirklicht, mit deren Hilfe sowohl die bereits integrierte Steuerung als auch die Zusatzsteuerung angebunden werden. Weiters beinhaltet das erstellte Programm den gesamten Prüfablauf sowie die Protokollierung der Prüfung.

### 1. AUSGANGSLAGE

Die Endprüfung der gefertigten Biomassekessel des Unternehmens HERZ Armaturen GesmbH, Geschäftsbereich HERZ Feuerungstechnik erfolgte bisher manuell.

Der zuständige Prüfer schaltet die Ausgänge von Hand und überprüft visuell die Funktion derselben. Ebenso wird die Funktionalität digitaler und analoger Eingänge durch manuelle Beschaltung überprüft. Im Zuge einer geplanten Erhöhung der Stückzahlen ist diese manuelle Prüfung nicht tragbar, da diese Erhöhung gleichzeitig eine Anforderung an eine schnellere Produktion bedeutet.

Dies ist aber auf manuellem Wege nur unter Abstrichen der Qualität möglich. Also ist die Forderung nach einer zuverlässigen, objektiven Endprüfung auf manuellem Wege nicht realisierbar.

Weiters strebt das Unternehmen eine Sicherung des bestehenden Qualitätsstandards aber auch eine Steigerung desselbigen an, welche auf diesem Wege nur bedingt erreicht werden kann.

### 2. ZIELSETZUNG

Durch Automatisierung der Endprüfung kann eine erhebliche Steigerung der Qualität sowie auch eine Arbeitersparnis erzielt werden. Daraus resultierend kann eine bessere Ausnutzung der Personalressourcen durchgeführt werden. Weiters soll dieser Aspekt auch zur Ausweitung der Marktanteile und zu einer Sicherung der Arbeitsplätze führen.

Die Realisierung dieses Projektes erfordert einerseits die Verwendung von LabVIEW als auch die Anbindung der zu prüfenden Steuerung als auch einer weiteren Steuerung, welche für Testzwecke verwendet wird. Ebenso notwendig ist das Verständnis von Feldbussystemen und deren Adaptierung. Als Zielsetzung soll ein System entstehen, welches den Vorgang der Endprüfung automatisieren und wesentlich beschleunigen soll. Letztlich soll die Systemverifizierung ohne Fehler passieren.

Abschließend soll ein automatisches Prüfprotokoll erstellt werden, welches alle relevanten Daten der Anlage enthält. Dieses soll zur Nachverfolgung dauerhaft gespeichert werden, um lückenlose Rückverfolgbarkeit zu ermöglichen.

### 3. EINSATZGEBIET

Biomasse zählt zu den alternativen und regenerativen Energieformen. Unter Regenerativ versteht man, dass sich die Energieträger in relativ kurzer Zeit wieder erneuern.

Zur Biomasse gehören folgende Energieträger

- Holz (Brennholz, Hackschnitzel, Nebenprodukte von Sägewerken, Waldhackgut, Holzbriketts, Rinde)
- Stroh, Strohbricketts
- Gase (Klärgas, Deponiegas, Biogas aus Gülle und Dung)
- Biogene Treibstoffe und Schmiermittel (Biodiesel, Rapsmethylester)
- Organische Abfälle (Hausmüll, Abfälle Industrie)
- Bioalkohol bzw. Ethanol

HERZ Feuerungstechnik ist ein Geschäftsbereich der HERZ Armaturen Ges.m.b.H. mit Firmensitz in Sebersdorf in der Ost-Steiermark. Seit über 20 Jahren werden Feuerungsanlagen entwickelt. Diese Abteilung beschäftigt sich mit der Nutzung von erneuerbarer Energie und im speziellen mit der Nutzung von Biomasse in Form von Holz und Solarenergie. In Kooperation mit HERZ wurde diese Diplomarbeit erarbeitet.

Die Vorteile von Holz als Brennmaterial liegen darin, dass es CO<sub>2</sub> neutral ist, das heißt bei der Verbrennung wird nur jene Menge CO<sub>2</sub> frei, welche zuvor durch Photosynthese aus der Luft gebunden wurde.

Somit trägt Holz nicht zum Treibhauseffekt bei wie fossile Brennstoffe (Öl, Gas, Kohle).

Österreich hat sich im Kyoto - Protokoll verpflichtet, den CO<sub>2</sub> – Ausstoß zu verringern, und dies kann durch verstärkten Einsatz von Biomasseanlagen erreicht werden.

Bei der Beschaffung von Holz ist man nicht auf auswärtige Hilfe angewiesen, da die Vorkommen in Österreich sehr hoch sind, denn ca. 46% des österreichischen Staatsgebietes sind mit Wald bepflanzt, das garantiert eine hohe Versorgungssicherheit. Daraus resultierend entsteht nicht nur ein ökologischer Nutzen, sondern auch ein wirtschaftlicher durch Schaffung von Arbeitsplätzen.

Außerdem ist sicherlich in absehbarer Zukunft ein Engpass für Öl abzusehen, da einerseits die Vorkommen schwinden und andererseits der weltweite Bedarf aufgrund des wirtschaftlichen Aufschwunges in bevölkerungsreichen Staaten wie China und Indien kontinuierlich ansteigt.

Politische Unstimmigkeiten und auch Klimakatastrophen (Hurrikans, Erdbeben, Überschwemmungen) sorgen dafür, dass der Erdölpreis steigt, bzw. wird dieser künstlich von den Erdölproduzenten teuer gehalten.

Zwar haben sich die Anschaffungskosten für Holz in den Sommermonaten 2006 verteuert - im Speziellen stieg der Pelletspreis um ca. 40% gegenüber dem Vorjahrespreis. Dies ist aber zum Großteil auf die unerwartet hohe gestiegene Nachfrage nach Holz zurückzuführen. Die Wirtschaft hat daher bereits die Holzwirtschaft zu einer vermehrten „Holz-Produktion“ aufgefordert. Allerdings sind im Vergleich zur fossilen Energie die Kosten der Energieträger günstiger. Die etwas höheren Anschaffungskosten der Biomasseanlagen werden also durch die billigeren Betriebskosten ausgeglichen und amortisieren sich binnen weniger Jahre.

Die Entwicklung der Verkaufszahlen der letzten Jahre zeigt einen eindeutigen Trend hin zur Anschaffung von Biomasseanlagen.

Biomassefeuerungen konnten im Jahr 2005 insgesamt gewaltig zulegen. Stückholzkessel konnten ca. 30% (sowohl Gebläse- als auch Naturzugkessel) und Hackgutanlagen rund 35 % gegenüber 2004 zulegen. Pelletsfeuerungen konnten von allen Energiesystemen – mit ca. 46 % – am meisten zulegen. Bemerkenswert ist dabei, dass mit rund 8.870 Stück erstmals gleich viele Pelletsfeuerungen wie Ölkessel installiert wurden.

(Quelle: [http://holzenenergie.net/DesktopDefault.aspx/tabid-234/415\\_read-1937/](http://holzenenergie.net/DesktopDefault.aspx/tabid-234/415_read-1937/) vom 28.8.2006)

Dem Trend folgend wurde mit dem Pelletskessel der Fa. HERZ begonnen, um den Endprüfprozess zu automatisieren.



Abb1. HERZ Pelletstar

#### 4. DIE UMSETZUNG

Hinsichtlich der Umsetzung waren folgende Schritte notwendig.

Aufnahme und Erhebung der vorhandenen Steuerung hinsichtlich der vorhandenen Ein- und Ausgänge sowie der konstruktiven Anpassungen, die durchgeführt werden mussten.

Die Spezifizierung der Zusatzsteuerung, welche die Prüffunktion ausübt, erfolgte aufgrund folgender Kriterien

- *Schnittstelle*

Als Schnittstelle zur Zusatzsteuerung soll eine zeitgemäße und auch noch zukünftig verfügbare Schnittstelle dienen. Aufgrund der abnehmenden Verfügbarkeit sowie der vergleichsweise geringen Datenübertragungsrate wird deshalb die serielle Schnittstelle ausgeschieden. Die parallele Schnittstelle scheidet aufgrund der gleichen Kriterien aus. Aufgrund des standardmäßigen Vorhandenseins sowie der hohen Datentransferrate fiel die Entscheidung auf die Ethernet-Schnittstelle.

- *Verdrahtungsaufwand*

Der Verdrahtungsaufwand sollte so klein als möglich gehalten werden. Die Zusatzsteuerung wird in unmittelbarer Umgebung des zu prüfenden Systems platziert, ein Aufruf der Prüfung sollte jedoch von mehreren PCs möglich sein.

- *Aufbau der Zusatzsteuerung*

Als Anspruch auf den Aufbau wurde eine modulare Funktionalität gesetzt, d.h. dass jederzeit eine Erweiterung des bestehenden Prüfsystems möglich sein soll. Dieses System soll also aus einer Datenübertragungseinheit und den verschiedenen Feldbusknoten bestehen.

- *Protokoll*

Aufgrund der Protokollanbindungsmöglichkeit wurde eine Entscheidung zugunsten einer Steuerung getroffen, welche ModBus TCP unterstützt.

Alle diesen Kriterien führten zu Beckhoff mit dem Steuerungssystem BK9000 sowie Feldbusklemmen in Form von digitalen sowie analogen Ein- und Ausgängen, welche durch den internen K-Bus verbunden sind. Die Parametrierung des BK9000 erfolgte durch eine eigens vom Hersteller zur Verfügung gestellte Software.

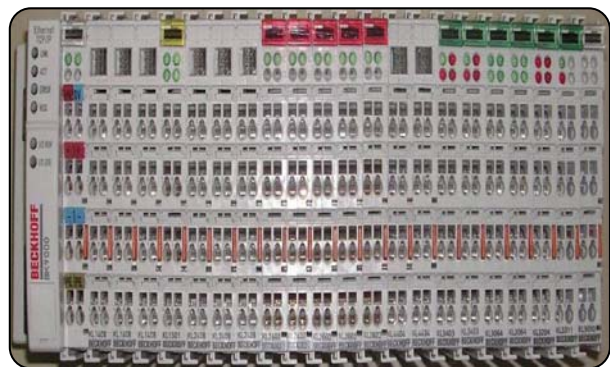


Abb2. Verwendete Zusatzsteuerung

Für die Prüfung der analogen Temperatureingänge, welche praktisch mit PT1000-Fühlern beschaltet werden, wurde mittels OrCAD Zusatzplatinen entwickelt, um die Funktionalität der Analogeingänge zu überprüfen, welche in weiterer Folge in den Zusatzschaltschrank integriert werden.

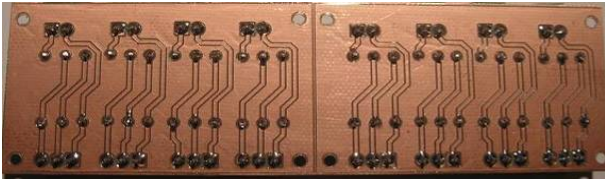


Abb3. Zusatzplatinen für Analogeingänge Unterseite

Nach der Auswahl der Zusatzsteuerung waren der Bau und die Verdrahtung des Zusatzschaltschranks sowie der erforderlichen Peripherie zu realisieren. Dieser dient als zentrales Verbindungselement der Prüfstation.

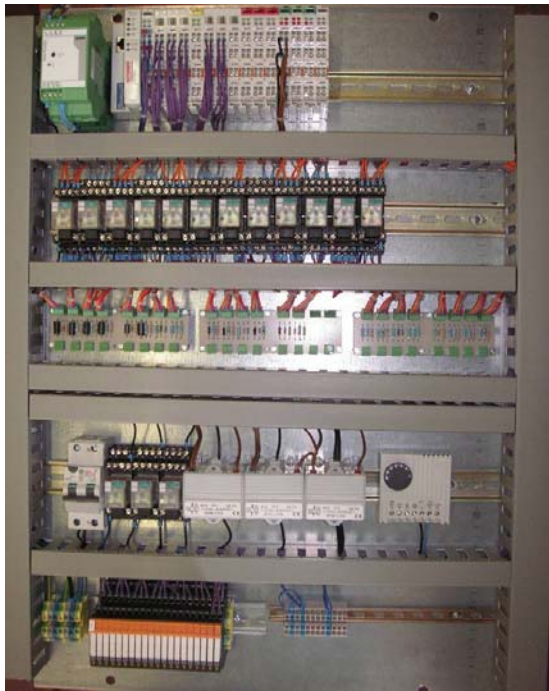


Abb4. Zusatz-Schaltschrank

Weiters war auch die Entwicklung einer Zusatzabdeckung montiert auf dem Pelletstar in Zusammenarbeit mit der Konstruktionsabteilung notwendig. Als Resultat entstand eine Abdeckung mit Anschlussmöglichkeiten für die Zusatzverkabelung.

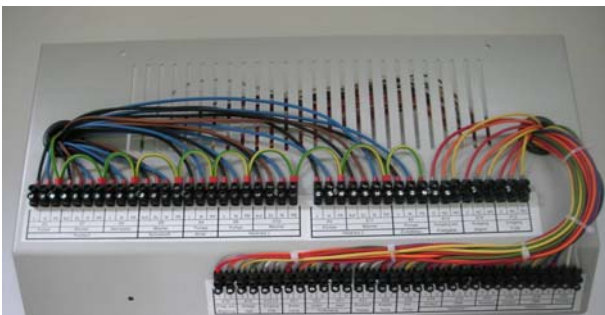


Abb5. Zusatz-Abdeckung mit Anschlussmöglichkeit

Die wesentlichen Eckpunkte der Softwareentwicklung waren die Anbindung der beiden Steuerungssysteme. Zum einen erfolgte die Anbindung des vorhandenen Steuerungssystems mittels Einbindung einer, vom Hersteller der Steuerung zur Verfügung gestellten, dll in LabVIEW. Zum anderen wurde die Zusatzsteuerung durch Verwendung des Modbus - Protokolls in das Projekt eingebunden. Standardmäßig unterstützt LabVIEW das Modbus-Protokoll jedoch nicht, so dass die Einbindung des Protokolls bei

National Instruments initiiert werden musste. Die Funktionsweise des LabVIEW – Treibers konnte nach dessen Entwicklung im Rahmen der Diplomarbeit validiert werden, die künftige Verwendbarkeit für LabVIEW User ist damit gegeben.

*Funktionsweise der Tests*

a) Write to BioControl

Hierbei übermittelt der PC mit LabVIEW der Steuerung des Pelletskessels (BioControl) via CAN-Bus die Aufträge, einzelne bzw. mehrere Ausgänge zu schalten. Über die hardwaremäßige Verbindung zwischen BioControl und Zusatzsteuerung (Beckhoff) in Form der Zusatzabdeckung sowie des Zusatzschaltschranks werden die Ausgangszustände eingelesen. Diese werden dann via Ethernet in LabVIEW übertragen und die Resultate mit den Vorgaben verglichen. Hier erfolgt also ein Test der Ausgänge der BioControl.

Ebenso ist es möglich, direkt an der BioControl angeschlossene Geräte mittels ihrer Leistungsaufnahme zu überprüfen. Diese Messung passiert über Leistungsmessklemmen, welche am Beckhoff Buskoppler angeschlossen sind. Somit kann man ebenfalls die Lieferantenqualität bewerten.

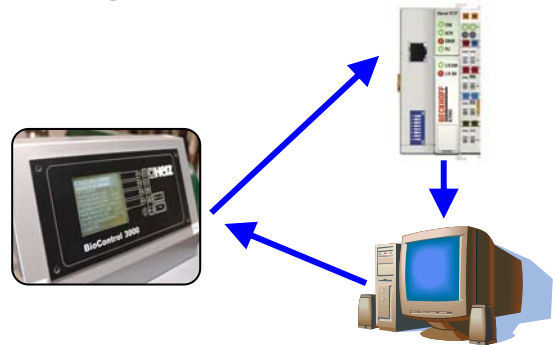


Abb6. Schema Write to BioControl

b) Write to Beckhoff

Hierbei übermittelt der PC mit LabVIEW der Beckhoff-Steuerung via Ethernet die Aufträge, einzelne bzw. mehrere Ausgänge zu schalten. Über die hardwaremäßige Verbindung zwischen BioControl und Zusatzsteuerung (Beckhoff) in Form der Zusatzabdeckung sowie des Zusatzschaltschranks werden die Eingangszustände der BioControl eingelesen. Diese werden dann via CAN-Bus in LabVIEW übertragen und die Resultate mit den Vorgaben verglichen. Hier erfolgt also ein Test der Eingänge der BioControl.

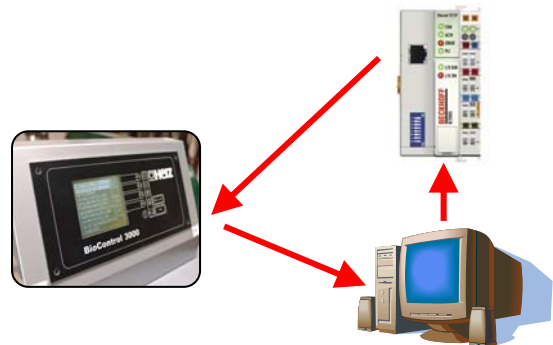


Abb7. Schema Write to Beckhoff

Zu guter Letzt galt es die Soft- und Hardwarekomponenten zu einem Diagnosesystem zusammenzufügen und aufeinander abzustimmen.



## 5. RESÜMEE UND AUSSICHTEN

Nach kurzer Einführungsphase wird die gefertigte Prüfstation für Diagnosezwecke in die Serienfertigung eingebunden

Mit Hilfe dieser Diplomarbeit können nun die Personalressourcen im Endprüfbereich wesentlich effizienter eingesetzt werden. Weiters kann nun die gleichzeitige Erhöhung der Stückzahlen mit der Qualitätssteigerung in hand gehen. Der Prüfprozess umfasst sowohl die Verifizierung der Verkabelung als auch Teile der Anlagen-Software.

Demnächst werden noch Statistikfunktionen in das erstellte Programm mit eingearbeitet, welche ebenfalls eine Überprüfung der Lieferantenqualität ermöglichen. Kontrollen der Fehlerhäufigkeiten als auch der Fertigungsarbeiter werden zu geplanten Qualitätssteigerungen führen.

Mit Hilfe der Prüfstation (PC mit LabVIEW Programm sowie dem Schaltschrank) kann einerseits die Anwesenheit des Endprüfers (vorher 60min) auf wenige Minuten reduziert werden (ca. 90% Ersparnis der Anwesenheitszeit).

Weiters reduziert sich die Dauer des Endprüfvorganges. Die Dauer des kompletten Endprüfvorganges kann etwa um 75% reduziert werden. Ebenso wird automatisch ein Protokoll erstellt, welches Auskunft über die Funktion bzw. etwaige Fehler gibt.

Nach erfolgreicher Einführung wird dieser Endprüfprozess auch auf andere Produktserien der Fa. HERZ erweitert, da bei der Softwareerstellung größter Wert auf Modularität gelegt wurde, um eine Adaption mit geringem Zusatzaufwand realisieren zu können.



Abb8. Schema - Geplante Typenerweiterung

## 6. QUELLEN

- Jamal/Hagestedt; LabVIEW - *Das Grundlagenbuch* 4. Auflage (2004) Verlag Addison-Wesley
- Karl W. Bonfig, Zhondong Liu; *Virtuelle Instrumente und Signalverarbeitung* (2004) Vde-Verlag
- Sylvia Schlüter, Peter Dunkhorst - *ISO 9001:2000.: Qualitätsmanagement praxisgerecht einführen und weiterentwickeln* (2. Auflage 2003) Verlag Behr
- Rainer Gerlich/Ralf Gerlich - *Effizient Software entwickeln. 111 Thesen zur erfolgreichen Softwareentwicklung* (2005) Springer Verlag
- Andreas Spillner, Tilo Linz - *Basiswissen Softwaretest* (2005) Dpunkt Verlag
- Peter Liggemeyer - *Software Qualität* (2002) Spektrum Akademischer Verlag

### Links:

[www.herz-feuerung.com](http://www.herz-feuerung.com)  
[www.herz-armaturen.com](http://www.herz-armaturen.com)  
[www.biomasseverband.at](http://www.biomasseverband.at)  
[www.modbus.org](http://www.modbus.org)  
[www.ni.com](http://www.ni.com)  
[www.modbus-ida.org](http://www.modbus-ida.org)  
[www.feldbusse.de](http://www.feldbusse.de)  
[www.regionalenergie.at](http://www.regionalenergie.at)  
[www.itwissen.info](http://www.itwissen.info)  
[www.hms-networks.de](http://www.hms-networks.de)  
[www.beckhoff.de](http://www.beckhoff.de)  
[www.acccgv.at](http://www.acccgv.at)  
[www.sigmatek.at](http://www.sigmatek.at)  
[www.statistik.at](http://www.statistik.at)  
[www.modicon.org](http://www.modicon.org)  
[www.rs-components.at](http://www.rs-components.at)  
[www.holzenergie.net](http://www.holzenergie.net)  
[www.conrad.at](http://www.conrad.at)  
[www.rittal.at](http://www.rittal.at)  
[www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)  
[www.phoenixcontact.com](http://www.phoenixcontact.com)  
[www.thermokon.at](http://www.thermokon.at)

## Mobiles Sicherheits- Einsatzsystem MOSES

Markus Hertznel

### Kurzfassung

In dieser Arbeit werden die wesentlichen Punkte der Diplomarbeit Mobiles Sicherheits-Einsatzsystem kurz vorgestellt. Ein bestehendes Gerät der Wildbach- und Lawinerverbauung wird überarbeitet und optimiert. Ausgehend von einer Stärken-Schwächen-Analyse werden Anforderungen an die Teilprobleme des Systems gestellt. Diese werden getrennt voneinander bearbeitet. Ein zusammen gebauter Prototyp schließt die Arbeit ab.

### 1. Einleitung

Bei der Ausführung von Projekten zum Schutz von Gebäuden und Verkehrswegen durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach und Lawinerverbauung kommt es naturgemäß immer wieder zu einer Gefährdung der Mitarbeiter auf den Baustellen durch mögliche Steinschläge oder Hangrutschungen.

Wann immer temporäre Sicherungsmaßnahmen, wie z.B. Abräumen der Felswand oder vorübergehende Steinschlagsicherungen mit Hilfe von Behelfszäunen, von steinschlaggefährdeten bzw. rutschungsanfälligen Hängen nicht mehr greifen und zusätzliche Gefährdungspotentiale wie mögliche größere Steinschläge, Absitzungen oder Rutschungen des Geländes selbst möglich sind, müssen Beobachtungen des Geländes durchgeführt werden. Die moderne Technik ermöglicht es mechanische Überwachungsmedien, wie Spione mit Erdnägeln z.B., durch elektronische Geräte zu ersetzen. Jene elektronischen Systeme, bestehend aus einem Datensammler, einer Energieversorgungseinheit und verschiedenen Sensoren, können bei einer Gefährdung selbstständig Alarmieren oder die Messwerte können bequem vom Computer aus abgefragt werden.

Ein bestehendes mobiles Sicherheits- Einsatzsystem wird in dieser Arbeit überarbeitet und optimiert. Ausgehend von einer Stärken/Schwächen-Analyse werden Anforderungen an ein neues System erstellt. Ein Datensammler, als Kernstück eines Überwachungssystems, wird für die besonderen Anforderungen ausgewählt. Für die

Energieversorgungseinheit werden, nach tiefgreifender Recherche, verschiedene Möglichkeiten ausgearbeitet. Das neue System wird so konstruiert, dass es in einem Tragekoffer, der wie ein Rucksack transportiert werden kann, Platz findet. Dieser Tragekoffer wird aus glasfaserverstärktem Kunststoff gefertigt. Mit Abschluss dieser Arbeit erhält die WLV einen Prototyp des ausgearbeiteten Systems.

### 2. Anforderungen an das Gerät

#### Bestehendes System

Das bestehende System bestand im Wesentlichen aus zwei Koffern (Zarges Eurobox 42L). In Einen der Koffer war die Energieversorgung untergebracht. Im anderen Koffer die gesamte Messtechnik. Zudem gehörten noch ein Verbindungskabel, die Alarmsirene, eine Rundumleuchte sowie die verschiedensten Sensoren zum System.

#### Stärken-Schwächen-Analyse

Nach einer umfassenden Stärken-Schwächen-Analyse des bestehenden Systems wurden insgeheim folgende Stärken am System ausgemacht: Das System erfüllt die allerwichtigsten Aufgaben, das Messen und Alarmieren, einwandfrei. Die Anschlüsse des Systems sind sehr übersichtlich angeordnet, eindeutig beschriftet und einfach zu erreichen. Die Komponenten des Systems lassen sich im Schadensfall leicht ersetzen, da durchwegs Standardindustriekomponenten verwendet wurden. Entwicklungskosten des jetzigen Systems sind schätzungsweise eher niedrig, da das System einfach aufgebaut wurde.

Und folgende Schwächen wurden ausgemacht:

Das System ist für den Transport in unwegsamem Gelände, wo es auch überwiegend eingesetzt wird, absolut nicht geeignet. Zudem besteht es aus mehreren Einzelkomponenten. Die Verbindungskabel zwischen Versorgungs- und Messkoffer erhöhen das Gesamtgewicht unnötig. Die Programmierung des Datenloggers ist für

Personen, die nicht tagtäglich damit arbeiten, nur sehr schwer bis gar nicht nach zu vollziehen. Das Konfigurieren des Loggers konnte deshalb nicht, bzw. nur mit hohem Zeitaufwand, von Mitarbeitern der WLV durchgeführt werden. Aufgrund dieser Tatsache erstellte zumeist die Fa. Sommer eine neue Konfiguration, weswegen in weiterer Folge die Mitarbeiter der WLV über das genaue Setup oft nicht Bescheid wussten.

### **Anforderungen an ein neues System**

- Das System muss kompakt und handlich gestaltet werden.
- Es muss vorgesehen werden, dass das System einfach auf eine Kraxe geschnallt werden kann. Griffe zum kurzzeitigen Tragen des Systems müssen angebracht sein.
- Bei Entwicklung des neuen Systems muss auf eine möglichst leichte Bauweise geachtet werden.
- Das neue System muss in einem Temperaturbereich von  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  betrieben werden können.
- Das System muss der Schutzklasse IP 65 entsprechen.
- Das System muss mindestens 6 Eingänge für verschiedene Sensoren haben.
- Bei einer programmierbaren Grenzwert-überschreitung muss eine SMS-Alarmierung an beliebige Nummern abgeschickt werden können.
- Eine Fernabfragung der Messwerte muss möglich sein.
- Der Notfallkoffer muss einen Solarladeregler zum Laden und Entladen der Akkus enthalten.
- Eine beliebige Nummer sollte per SMS alarmiert werden, wenn die Versorgungsspannung unter einen kritischen Wert fällt.
- Längere Lagerungszeit (bis zu 6 Monate) darf das Energieversorgungssystem nicht beeinträchtigen.

### **3. Datensammler**

In diesem Projekt ist der Datensammler einer der zentralen Geräte des Systems. Er ist wesentlich mitverantwortlich für den Energieverbrauch, das Alarmmanagement, Benutzerfreundlichkeit der Bestückung der Sensoren und seine Bediensoftware ist entscheidend für die Einfachheit der Programmierung. Der Datensammler im bestehenden System der Fa. Sommer ist zum

heutigen Zeitpunkt schon etwas in die Jahre gekommen und hat auch bezüglich des Einsatzes als flexibles Messsystem, insbesondere der einfachen Programmierung, einige Schwächen. Deshalb wurde nach neuen Datensammlern gesucht. Drei verschiedene Datensammler wurden für einen Vergleich ausgesucht: der MDL 8/3 der Fa. Sommer, der LogoSens 2 der Fa. Ott und der CR 800 der Fa. Campbell. Durch Vergleichen der technischen Spezifikationen und durch Versuche an den Geräten wurden diese bewertet. Es wurden Punkte für ausgewählte Kriterien gewichtet vergeben. Die wichtigsten Kriterien waren der Stromverbrauch, die Einfachheit der Software, das Erlernen der Software, das Alarmmanagement sowie das Kriterium Sensorvorschaltung.

Schlussendlich hat man sich für das Gerät von Sommer entschieden, da es in Summe am besten abschnitt. Insbesondere durch den geringsten Stromverbrauch und durch die Programmierung mittels Eingabedialoge, die das Parametrieren auch für unerfahrene Anwender möglich macht, konnte das Gerät von Sommer überzeugen. Auch das Alarmmanagement des MDL bietet mehr Möglichkeiten als das der beiden anderen Geräte.

### **4. Energieversorgung**

#### **Versorgungskonzepte**

Die Energieversorgung hat im bestehenden System ein Großteil des Gesamtgewichts ausgemacht. Somit war es zwingend notwendig nach einer optimierten Lösung zu suchen. Für die Versorgung von autarken Anlagen kommen prinzipiell mehrere Versorgungskonzepte in Frage:

1. Eine Versorgung über Primärzellen (nicht wiederaufladbare Batterien) mit langer Einsatzdauer und entsprechend großen Kapazitäten. Nachdem die Batterien entladen worden sind, können sie einfach durch neue ausgetauscht werden.
2. Eine Versorgung über Sekundärzellen (wiederaufladbare Batterien) mit langer Einsatzdauer und entsprechend großen Kapazitäten. Nachdem die Akkus entladen worden sind, können sie entweder durch aufgeladene ersetzt werden, oder aufgeladen werden, falls die Möglichkeit besteht (beispielsweise zwischen Einsätzen des MOSES).
3. Eine Versorgung über einen Solargenerator und einer kleineren Sekundärzelle als Pufferspeicher. Im Idealfall müssen die Akkus nie ausgetauscht werden.

4. Eine Versorgung über eine Brennstoffzelle mit Tankpatronen. Nach Verbrauch des Tanks kann dieser sehr während des Betriebes einfach ausgetauscht werden.

Ad 1:

Eine Versorgung des Systems über Primärzellen mit großen Kapazitäten, die das System für lange Zeit versorgen, wird als nicht mehr zeitgemäß angesehen. Selbstverständlich wäre es sehr einfach möglich, die Batterien alle paar Monate gegen neue auszutauschen, doch ist dies aus umwelttechnischen sowie aus auch praktischen Gründen nicht sinnvoll. Deshalb wird eine Versorgung über Primärzellen für unser System nicht in Betracht gezogen.

Ad 2:

Die zweite Versorgungsart entspricht jener, die schon im vorigen System verwendet wurde. Bei nochmaliger Vergegenwärtigung, dass die Versorgung über eine 66Ah Blei-Gel-Solarbatterie mit 27kg Eigengewicht gewährleistet wurde, kann gesagt werden, dass jenes Konzept nicht für den MOSES geeignet ist. Eine Versorgung durch andere Akkusysteme, wie die Lithium-Ionen-Akkus, stellt sich nach genauerer Betrachtung als nicht zweckmäßig heraus. Eine Nachfrage bei Erzeugern für Lithium-Akkus hat ergeben, dass diese noch empfindlich zu teuer sind für hohe Kapazitäten (~ 1500€ für eine Kapazität von 30Ah). Von den Erzeugern selbst wurde vorgeschlagen: Lithium-Akkus mit kleineren Kapazitäten zu verwenden und mit einem Solarmodul zwischenzuladen.

Ad 3:

Die Versorgung über ein Solarpanel bzw. als Betrieb eines Inselsystems erscheint auf den ersten Blick als vernünftige und kluge Lösung aufgrund der kleineren benötigten Kapazitäten sowie der theoretisch unendlich langen Einsatzzeit. Nichtsdestotrotz ergeben sich für den Einsatz eines Solarmoduls einige Schwierigkeiten.

Ad 4:

Eine Brennstoffzellenversorgung würde es ermöglichen, das System für lange Zeit mit elektrischer Energie zu versorgen. Bei leerem Tank könnte dieser sehr einfach und bei fortlaufendem Betrieb ausgetauscht werden. Leider ist diese Technik noch nicht ausgereift. So ist es derzeit nicht möglich, Brennstoffzellensystem zu erstellen, die auch unter 0°C betrieben werden können. Des Weiteren haben diese System immer noch eine beschränkte Lebensdauer (~ 2000 Betriebsstunden) bei einem sehr hohen Neupreis (2900€ für ein C20 der Fa. Smart Fuel Cell).

Versorgung über Solarpanel und Pufferakku:

Aus oben genannten Gründen entschied man sich, den MOSES mit Hilfe eines Inselsystems (bestehend aus Pufferakku und Solarpanel) mit elektrischer Energie zu versorgen. Für die Pufferakkus kamen nach Recherche aufgrund von technischen Einschränkungen nur zwei Akkumulatortypen in Frage. Die klassischen Blei-Akkus und Lithium-Akkus.

### Auslegung

Wichtigste Aufgabe bei der Planung einer Inselanlage ist, den täglichen Energieverbrauch zu bestimmen um daraus die Akkumulatorkapazität zu definieren. Den Verbrauch des Systems bestimmen dessen Geräte, deren Stromaufnahme und deren Einschaltzeit. In der Umwelttechnik ist es üblich, die Geräte in einem sogenannten Schlafmodus zu betreiben, während dem sie sehr wenig Energie verbrauchen, um dann nur zu den definierten Zeitintervallen aktiv zu werden, um eine Messung durchzuführen. Folgende Geräte mit folgenden Einsatzzeiten müssen von der Energieversorgungseinheit des MOSES betrieben werden:

Datensammler	30s
4 Extensiometer	30s
Temperatursensor	30s
Solarladeregler	kein Intervall*
GSM-Modul aktiv	4 min/d
GSM-Modul passiv	16 min/d

\* Der Solarladeregler ist 24 h/d in Betrieb

Der Datensammler schaltet sich alle 30 Sekunden ein, misst und geht dann die restliche Zeit wieder in den Schlafmodus. Mit den Angaben aus den Datenblättern lässt sich aus genannter Geräteaufstellung ein Tagesenergiebedarf von 0,16 Ah berechnen. Aus dem Energiebedarf pro Tag lässt sich in weiterer Folge das Solarmodul und die Akkukapazität berechnen. Hierfür wurde eine Berechnungsmethode der Fa. Sommer angewendet die von folgenden Annahmen ausgeht:

Sonnenschein pro Tag	4h
Diffusität	20%
Autonomiezeit des Akkus	30d

Aus diesen Angaben ergibt sich eine benötigte Kapazität von 12Ah und ein Solarmodul mit einer Nennleistung von 5 Watt.

Versorgung über Blei-Akkus:

Ein Akku der den Anforderungen entspricht ist der Panasonic LC-RA1212P, 12V, 12Ah. Als Solarladeregler wurde ein einfacher Regler aus dem Conrad-Katalog gewählt, der Solarladereger 12V 4A mit Tiefentladeschutz.

Versorgung über Lithium-Akkus:

Probleme beim Finden von geeigneten Lithium-Akkus war deren Einschränkung des Ladens im negativen Temperaturbereich und die Tatsache, dass es für diese Produkte keine zu kaufenden Solarladeregler auf dem Markt gibt. Schlussendlich konnte mit enger Zusammenarbeit mit der Fa. Sausen ein geeigneter Akku gefunden werden bestehend aus MP-Zellen der Fa. Saft. Als Laderegler hätte ein Evaluation Kit der Fa. Maxim gedient, bei dem nur noch wenige Adaptionen nötig gewesen wäre. Als es dann um die Umsetzung ging, stellte sich leider heraus, dass die Fa. Saft derzeit keine Kleinprojekte unterstützt und es deshalb nicht möglich ist, MP-Zellen für uns zu erstellen.

## 5. Das Case

Einer der Hauptschwächen des bestehenden Systems war, dass es aus zwei großen Komponenten bestand. Zur Lösung dieses Problems erstellte eine Projektgruppe einen Lösungsvorschlag der vorsah, das neue MOSES-Case wie einen Tragekoffer zu gestalten.

Dieses MOSES Case sollte man wie einen Rucksack transportieren können. Das Gehäuse sollte aus glasfaserverstärktem Kunststoff (kurz GFK) bestehen. GFK weist hervorragende Eigenschaften auf, bezüglich Festigkeit, Gewicht und Witterungsbeständigkeit sowie einer sehr freien Formgebung.

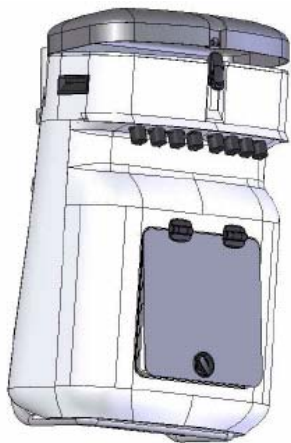


Abbildung 1: Konstruktionsansicht

Man stellte fest, dass es am einfachsten wäre, eine herkömmliche Tragekraxe zu erstellen, auf der das Case für den Transport angebracht werden kann. Während den Einsätzen kann die Kraxe wieder mitgenommen werden. Ausgehend von einer Tragekraxe der Fa. Kohla wurde ein GFK Case konstruiert, das einfach an der Kraxe befestigt

werden kann und das, mit der Kraxe zusammen, aussieht wie ein großer Rucksack. In Abbildung 1 kann die in Solid-Works konstruierte Gesamtlösung gesehen werden.

In der Nische sind die Stecker, für die Sensoren, das Solarpanel und die Sirene, angebracht. Nach Öffnen der oberen Haube kann der Datensammler bedient werden. Die untere Klappe dient als Zugang zur Batterie. Neben der Batterie befindet sich im unteren Bereich auch Stauraum für Sensoren, Kabeln und dergleichen. An der Rückwand des Case kann ein Solarpanel angebracht werden.



Abbildung 2: MOSES im Feld

## 6. Zusammenfassung

Von einem System ausgehend, das aus zwei Komponenten besteht, umständlich zu programmieren ist, ein hohes Eigengewicht hat und sehr unhandlich ist, wurde in dieser Diplomarbeit eine Lösung ausgearbeitet, die leicht tragbar ist, einfach zu programmieren ist und zusätzlichen Stauraum bietet.

Das System wurde zur Gänze in einem Tragekoffer untergebracht, der wie ein Rucksack transportiert werden kann. Zwischenladen über ein Solarmodul macht große Akkukapazitäten überflüssig und ein neuer Datensammler macht es auch für die Mitarbeiter der WLV möglich, den Datensammler selbstständig und ohne allzu großen Zeitaufwand zu konfigurieren.



## PHEROMONE-BASED ROUTING IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Kos, A.

**Abstract:** *This paper provides a concept for a Wireless Sensor Network (WSN) routing protocol, the Pheromone-based Routing Strategy (PRS). PRS is based on the characteristic of ants to always choose the way of the higher pheromone level. The advantage of PRS over conventional protocols is the consideration of the sensor nodes' energy status, as well as the received signal strength and current buffer fill level in its routing costs. The routing mechanism was developed by simulation with a multi-agent programming language and modelling environment. The created model can be used for testing and studying of Wireless Sensor Networks.*

**Key words:** *Sensor Network, Ad Hoc, Routing Protocol*

### 1. INTRODUCTION

Wireless Sensor Networks (WSNs) are special forms of ad hoc networks, built by small, cheap and robust devices, so called sensor nodes. A collection of these nodes which combine sensing, computation and communication abilities builds thing called swarm intelligence. Normally, this term is referred to as the common intelligence of insect colonies, e.g. ant colonies where each individual disposes only a very low intelligence. Insects follow their intuitive rules and show different behavior patterns, according to the current situation. Sensor nodes follow a simple set of rules as well, just like insects.

Realizing a routing protocol for ad hoc networks by imitating ants was already examined in other works. In contrast to (Heissenbüttel, 2005; Liu & Feng, 2005), the mechanism presented by (Tateson & Marshall, 2004) is based on vectors containing a forwarding direction (FWD) for data. This FWD is the direction in which data are broadcasted. It is calculated from the neighbor nodes' FWDs and re-aligned. The authors show an analogy between polar bonds of atoms and chains of nodes formed by running this protocol. The setting of the FWD takes place only mathematically, which means that the x- and y-components of the FWD vector or the equivalent norm and angle have to be maintained. Furthermore, every node maintains a tuple containing the coordinates, buffer fill level and the induced charge, a model parameter. Out of this tuple, a parameter, called Sending Decision is calculated. This parameter has to exceed a threshold to begin with a data transmission. The protocol is suitable for highly mobile networks and only uses the information of its nearest neighbors for routing decisions. It does not consider the energy status of the nodes and requires knowing the correct position. The mechanism does not provide a native prevention of routing loops. Liu and Feng introduce a routing protocol based on swarm intelligence which has multi-path capabilities (Liu & Feng, 2004). It is a more general protocol for use in mobile ad hoc networks. When the data destination receives a packet from an origin for the first time (a so called forward ant), it waits for the possibility of more forward ants coming from the same origin. Then it creates a planar graph out of the received paths to achieve a consistent wastage of energy of all intermediate nodes. It creates a backward ant and sends it back along the preferred route. In some respects it requires operational expense to create non-crossing paths out of the received ants. Moreover,

the energy status of the nodes is not considered. In (Heissenbüttel, 2005) a two-layered framework with three independent protocols is presented, rather than a single routing protocol. The whole architecture is called AMRA and combines position-based routing, topology abstraction and swarm intelligence. It is tailored for large networks and lays an abstract topology on top of the network by the Topology Abstraction Protocol (TAP). TAP uses geographically fixed logical routers and fixed logical links for the routing process. The Pheromone-based Routing Strategy (PRS) provides a concept for a WSN routing protocol. It is based on the characteristic of ants to always choose the way of the higher pheromone level. PRS considers actual energy states of neighbor nodes for the routing decision and therefore, ensures energy aware operation. In detail, the routing costs consider the sensor nodes' energy status (which is also passed to the environment), as well as the received signal strength and current buffer fill level. It has a flat hierarchy, works on-demand and source-initiated and has its origin in the idea of ant-based routing. However, the following description of PRS shows that this concept is more similar to a conventional WSN routing protocol, and only the basic idea comes from ants. During development of PRS, the important variable *pheromone* was turned into a special factor for link costs and is the sole determinant that remains similar to the ant-based commencements.

PRS is a light-weight approach to routing and is only usable in WSNs.

### 2. HOW PRS WORKS

PRS is a source-initiated on-demand routing mechanism which considers actual energy states of neighbor nodes for the routing decision and therefore ensures energy aware operation.

A sensor node is a battery powered device and thus it has to operate energy aware. Due to energy saving behavior, sending actions should only be carried out when it is really necessary.

#### 2.1 Sending Decision

It becomes necessary to transmit data (and empty the device' buffer) when the fill level of the buffer memory exceeds a certain threshold. Simulations show that it is not wise to completely fill the buffer. If a mobile node loses its connection to the network during data collection or the traffic in the surrounding network inhibits a broadcast, it has no chance to dispose its collected data. It is important to have some buffer space conserved for being able to proceed with the sensing task without a memory overflow which means a loss of sensing data.

#### 2.2 Propagation of Pheromone

The whole sensor network has to work efficient. Each node is responsible to act in the best possible way for its network. When it decides to send data to a neighbor node, a so called next hop, it has to make this decision well thought. Therefore, it uses an indicator called pheromone. Basically we can assume

the following. The higher the pheromone value of a node, the higher the probability to become a next hop (a receiver of data).

A node obtains pheromone from its neighbor in the course of a route discovery. The route discovery process works as shown in Figure 1. A node preprocesses its pheromone value  $P$  first, before answering a route discovery query of a neighbor. The result of this preprocessing is  $P^*$ .

$$P_{neighbor}^* = P \cdot (1 - F_{energy} \cdot W_{energy}) \cdot (1 - F_{buffer} \cdot W_{buffer}) \quad (1)$$

After a node has received the  $P^*$  from all its neighbors, it carries out a further postprocessing.

$$P_{own}^* = P_{neighbor}^* \cdot (1 - F_{rss} \cdot W_{rss}) \quad (2)$$

The node's pheromone, resulting in the highest remaining  $P^*_{own}$  becomes the next hop node. The requesting node's pheromone is then calculated as follows:

$$P_{own} = P_{neighbor}^* \cdot (1 - R_{decr}) \quad (3)$$

The three factors  $F_{energy}$ ,  $F_{buffer}$  and  $F_{rss}$  are values between 0 and 1 representing the energy level, buffer fill level and received signal strength.  $W_{energy}$ ,  $W_{buffer}$  and  $W_{rss}$  are weighting factors for these three dimensions and are numbers between 0 and 1 as well. The higher the weighting factor, the more important the respective term becomes for the pheromone calculation. Set the weighting factor for energy to 1 to attach most importance to energy aware routing.  $R_{decr}$  is the pheromone decrease rate. So, the pheromone level is smaller at nodes with a higher distance to the data sink than others. Data are always sent towards the gradient of pheromone, in this way the three dimensional geographical distribution of pheromone is funnel-shaped. Simulations show a good working system with  $W_{energy}=0.5$ ,  $W_{buffer}=0.3$ ,  $W_{rss}=0.6$  and  $R_{decr}=0.35$ .

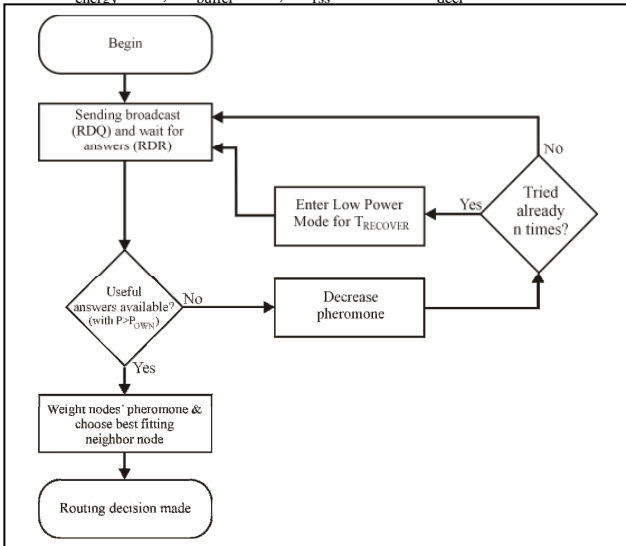


Fig. 1. Route deciding process of PRS

### 3. CHARACTERISTICS OF PRS

The memory requirements of PRS are very low, compared to all conventional routing protocols because there are no (routing) tables needed. There is no memory needed to save a route, because a single node doesn't obtain a route, it just knows the next hop. The route discovery phase is very short. Only one message is necessary to obtain enough information of neighbour nodes to make a routing decision.

This decision is made on-demand, immediately before each data transmission. The route discovery consists of one local broadcast of a route discovering node and the reply of its local neighbours. The information overhead in data packets is very low compared to other protocols because the only additional information in data packets is the next hop's address. PRS requires periodic beaconing messages to synchronize all nodes. Synchronization itself is a topic belonging to the MAC Layer. Beaconing results in higher power consumption but doesn't influence the lifetime of the network in large dimensions, as simulations have shown.

A comparison between numerous conventional routing protocols makes it easier to recognize the benefits of PRS which was designed exclusively for WSNs (Royer & Toh, 1999).

### 4. SIMULATIONS

The simulation tool used is a multi-agent programming language and modelling environment (Tisue & Wilensky, 2004). It uses a *patch* for the unit of length and *time step* for the unit of time. The dimensions of nodes are not considered, they are just points on the map. The simulator implements functionality such as traffic with a constant bit rate and the random mobility in case of mobile nodes. It also considers the decrease of signal strength over the distance but does not account the MAC layer functionality. The data packets are transmitted without delay and every packet reaches its communication partner, once one is found. Our simulations focus on the stability and energy wastage of the routing mechanism.

Parameter variations show that it is important for reliable operation to choose a good buffer fill level threshold that causes a sending action. Dynamic networks with moving nodes have an optimal threshold at 70% (based on 100 simulation runs with a node speed of 0.02 patches per times step on an area of 20x20 patches).

### 5. CONCLUSION AND OUTLOOK

In this paper, we examined the *Pheromone-based Routing Strategy* PRS which includes the received signal strength, as well as the current energy status and buffer fill level in its routing costs. We explained the basics of PRS and showed the most important characteristics. The next steps until an implementation in real life systems comprise the development of a MAC layer protocol and hardware for robust and reliable sensor nodes.

### 6. REFERENCES

- Heissenbüttel, M. (2005). Routing and Broadcasting in Ad Hoc Networks, PhD Thesis, University Bern
- Liu, L. & Feng G. (2005). A Novel Ant Colony Based QoS-Aware Routing Algorithm for MANETs, In: *Lecture Notes in Computer Science*, Holger, K., pp. 457-466, Springer Verlag, 978-3-540-28320-1, Berlin / Heidelberg
- Royer E.M. & Toh C.-K. (1999). A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks. *IEEE Personal Communication*, Vol. 6, April 1999, pp. 46-55, 1070-9916
- Tateson J. & Marshall I. (2004). A Novel Mechanism for Routing in Highly Mobile Ad-hoc Sensor Networks. In: *Wireless Sensor Networks*, Willig, K., pp. 204-218, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg
- Tisue S. & Wilensky U. (2004). Netlogo: A simple environment for modeling complexity. In: *International Conference on Complex Systems*

## SIMULATION OF FERROMAGNETIC MICROPARTICLES IN STREAMING LIQUID UNDER INFLUENCE OF EXTERNAL MAGNETIC FORCES

Mayer M.

**Abstract:** Extracorporeal blood purification by means of the adsorption system MDS (Falkenhagen et al., 1995) is based on high specific microparticle adsorbent for toxin removal. A thin-wall hollow-fiber membrane filter separates the microparticle-plasma suspension from the bloodstream. For patient safety, it is necessary to have a means to detect membrane ruptures that could lead to a release of microparticles into the patient's bloodstream. A non invasive optical detection system was developed to monitor the extracorporeal venous bloodstream for the presence of released microparticles. For detection, labeled microspheres are suspended with the adsorbent particles. In the case of a membrane rupture, the labeled particles would be released together with the microadsorbent. A simulation model based on fluidic, gravitational and magnetic forces was developed to analyze the motion and sedimentation of the marker particles in the magnetic trap. The simulation results show excellent accordance to the laboratory experiments.

**Key words:** blood purification, microparticles, magnetic trap, particle sedimentation

### 1. INTRODUCTION

In the adsorption system MDS (Microspheres based Detoxification System), high specific micro adsorbent particles in the size of 1-25 micrometers circulate in an extracorporeal filtrate circle. The MDS is especially used for acute liver dysfunctions. The system consists of two circuits: An extracorporeal blood circuit including a hollow fiber plasma filter and a secondary filtrate circuit with suspended high specific adsorbent microparticles. The fluid exchange through the membrane filter between the blood circuit and the filtrate circuit is depending on the circuit transmembrane pressure. To avoid particle contamination of the patient in case of a broken filter membrane (i.e. too high transmembrane pressure) or a broken filter embedding we add a small amount of labeled marker particles to the micro adsorbent circuit. The used marker particles are commercial mono-disperse and ferromagnetic polystyrene microparticles, covered with polyurethane and covalently labeled with the fluorescence dye cresylviolet. In case of a filter rupture, the labeled marker beads are released together with the microadsorbent and can be detected by a high sensitive optical sensor including a magnetic trap. The magnetic trap consists of two permanent magnets which accumulate and focus the ferromagnetic marker beads in the optical beam of the fluorescence detector device. The fluorescence detector illuminates the control volume of the magnetic trap with light at the absorption band of the dye label. In case of trapped marker particles, the fluorescence dye emit light shifted to the fluorescence wavelength.

To optimize the accumulation of the marker beads in the magnetic trap, we have developed a mathematical model, to simulate all relevant acting forces to the particle.

### 2. METHODS

For our investigations, we have developed a model including fluidic, gravitational and magnetic forces to the ferromagnetic particle.

#### 2.1 Velocity field for streaming liquids

Fluidic forces for incompressible viscose liquids are described by the Navier-Stokes equation defined as:

$$\rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} = -\vec{\nabla} p - (\vec{u} \cdot \vec{\nabla}) \vec{u} + \nu \Delta \vec{u} + \vec{f} \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{u} = 0$$

From eq. 1 the velocity field  $\vec{u}$  can be calculated under consideration of the specific density  $\rho$ , the local pressure  $p$ , the kinetic viscosity  $\nu$  and the local force density  $\vec{f}$  from external sources. For incompressible fluids, the divergence of the velocity vector field  $\vec{u}$  is zero.

#### 2.2 Magnetic forces

The magnetic trap consists of two rare earth permanent magnets generating an inhomogeneous magnetic field to deflect the ferromagnetic marker beads. Substituting the local material equation

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) \quad (2)$$

to the well known Maxwell equations, the magnetic field distribution can be calculated by solving

$$\vec{\nabla} \times \left( \frac{1}{\mu} \vec{\nabla} \times \vec{A} - \vec{M} \right) = \vec{0} \quad (3)$$

for the magnetic vector potential  $\vec{A}$ . The magnetic field density  $\vec{B}$  can be easily calculated from the magnetic vector potential  $\vec{A}$  using

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} \quad (4)$$

For isotropic media ( $\vec{B}$  is parallel to the particle magnetization  $\vec{M}$ ), the acting magnetic force to the ferromagnetic beads is given by (Rosensweig, 1986)

$$\vec{f}_m = M \vec{\nabla} B \quad (5)$$

## 2.2 Gravitational forces

For small particles in liquid, lift forces can not be neglected and must be considered in opposite to the acting gravitational force. The resulting force depends on the mass difference of equal particle and fluid volumes.

$$\vec{f}_g = (m_p - m_f)\vec{g} \quad (6)$$

## 3. RESULTS

To simulate the deflection and sedimentation of the labeled marker particles in the magnetic trap, the Lagrange equation for moving particles must be solved (Fontana et al, 2005).

$$\rho_p V_p \frac{d\vec{u}_p}{dt} = C_D \frac{\rho_f A_p}{2} |\vec{u}_f - \vec{u}_p| (\vec{u}_f - \vec{u}_p) + \vec{F} \quad (7)$$

The Lagrange equation describes the movement of the particles under influence of all acting forces summarized in  $\vec{F}$  except of the fluidic forces which are part of the equation itself. The indices  $f$  and  $p$  stand for fluid and particle, where  $\rho$  is the specific density,  $V$  the volume,  $A$  the cross-section area,  $C_D$  the flow resistance,  $\vec{u}$  the velocity vector field and  $\vec{F}$  the sum of all acting external forces. For our model, we have calculated the flow resistance by the well known formula (Schlichting & Gersten, 2000; Wille, 1965)

$$C_D = \frac{24}{Re} \quad (8)$$

where  $Re$  is the Reynolds number. For spherical particles with radius  $r_p$ ,  $Re$  is defined as

$$Re = \frac{2r_p |\vec{u}_f - \vec{u}_p|}{\nu} \quad (9)$$

We run our simulations with the described mathematical model, using the software COMSOL multiphysics. The model geometry is shown in fig. 1 using a tube with diameter 4.8mm, and two disc magnets with a remanence  $B_r=1.2$  tesla. For the simulation, we used water as liquid inside the tubing with a flow speed of 250 ml/min. The ferromagnetic particles in the practical experiment and in the simulation are spheres with a diameter of 30 $\mu$ m and a magnetic permeability of 5.

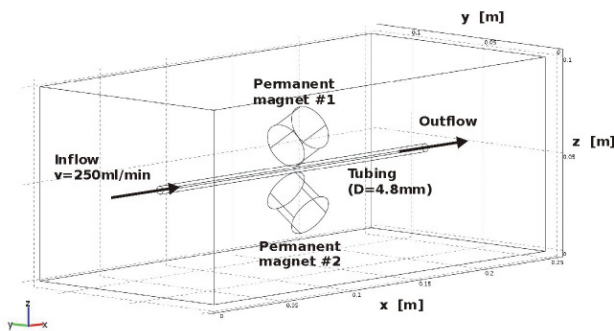


Fig. 1. Three dimensional model geometry of the magnetic trap.

The particle sedimentation in the magnetic trap is shown in fig. 2 after a simulation time of  $t=30$  sec.

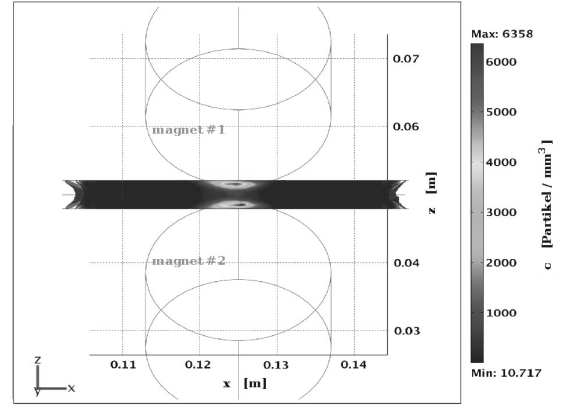


Fig. 2. Accumulation of the ferromagnetic particles in the magnetic trap.

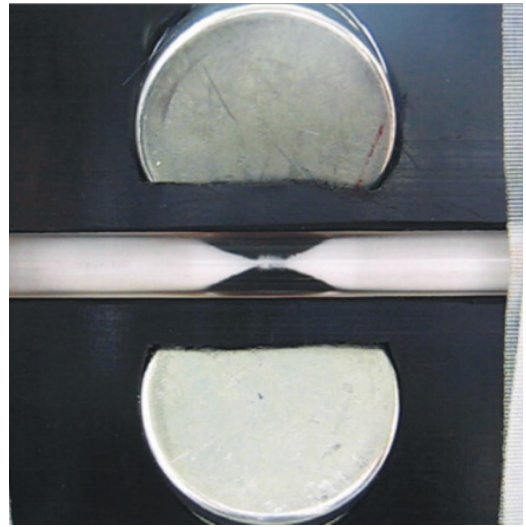


Fig. 3. Laboratory experiment of the magnetic trap.

The good accordance between our simulation and the laboratory experiments (fig. 3) validate the physical model.

## 4. OUTLOOK

The next step will consider blood instead of water as liquid. We have to look if our model simulates the movement and accumulation of the particles in blood in an acceptable manner or if we have to adapt it considering the more complex behavior of blood.

## 5. REFERENCES

- Falkenhagen D., Schima H., Loth F. (1995) *Patent: Arrangement of removing substances from liquids, in particular blood*. International patent publications No. WO 95/04559
- Fontana D., Vanni M. & Baldi G. (2005) Fluid dynamics modeling of particulate in the lungs, In: *Int J Artif Organs*, vol. 28, no. 7, pp. 667-677, 1724-6040
- Rosensweig R. (1986). *Ferrohydrodynamics*. University Press, 0-486-67834-2, Cambridge.
- Schlichting H. & Gersten K. (2000) *Boundary Layer Theory*. Springer, 8th Edition, 3-540-66270-7, Berlin.
- Wille R. (1965) *Strömungslehre*. HFI Berlin, 8th ed. Vorlesungsskript, Berlin

## DIPLOMARBEIT: ENTWICKLUNG EINES DATENOPTIMIERTEN VERFAHRENS ZUR MODALEN UND KANALBASIERTEN MULTIAXIALEN LEBENSDAUERSIMULATION

Meisinger, F.

**Abstract:** Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer auf Rechenzeit optimierten Software (*dTechEndurance*) für modale und kanalbasierte multiaxiale Lebensdauersimulationen. Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den Anwendungsgebieten für die Software. Im zweiten Teil werden kurz die Berechnungsmethode für multiaxiale Lebensdauersimulationen und die daraus resultierenden Probleme erläutert. Anschließend wird der Grundgedanke und die Umsetzung der Datenoptimierung zur Rechenzeitbeschleunigung erklärt. Der nächste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den wesentlichen Unterschieden zwischen *dTechEndurance* und anderen am Markt befindlichen Lebensdauerprogrammen. Abschließend werden noch kurz Ergebnisse aus dieser Arbeit diskutiert und weiterführende Arbeiten vorgestellt.

**Keywords:** *Multiaxiale Lebensdauersimulation, kritische Schnittebene, Finite Elemente, Datenfilterung*

### 1. MOTIVATION

Unternehmen aus der Automobil- und Maschinenbauindustrie sind ständig mit dem Problem konfrontiert, Bauteile möglichst günstig, möglichst leicht und in möglichst kurzer Zeit zu entwickeln. In den immer kürzer werdenden Entwicklungsphasen verbleibt kaum noch die Zeit, langwierige Lebensdaueruntersuchungen an realen Prototypen durchzuführen. Oft wird gar nur mehr ein realer Versuch durchgeführt und von diesem wird verlangt, dass das getestete Bauteil nicht bricht oder beschädigt wird. Daher sollten zum Zeitpunkt des Versuchs schon alle Schwachstellen des Bauteils entdeckt und behoben worden sein. Hier kommt nun die Lebensdauersimulation ins Spiel, die es erlaubt, Langzeitversuche an Simulationsmodellen durchzuführen. Es kann berechnet werden, wo und wann ein Bauteil versagt, noch bevor ein Prototyp gebaut wurde.

### 2. ANWENDUNGSGEBIETE

In dieser Arbeit wird besonderes Augenmerk auf Bauteile gelegt, die sich aufgrund komplexer Belastungssituationen nur schwer berechnen und mit klassischen Ansätzen oft nur vereinfacht auf ihre Lebensdauer untersuchen lassen. Beispiele sind hochdynamisch belastete Teile wie Achsen, Abgasanlagen oder Aggregate im Motorraum oder auch Bauteile, welche hohen Temperaturen und Temperaturschwankungen unterliegen wie Motorkolben, Zylinderköpfe oder Turbinenschaufeln.

Diese Bauteile werden üblicherweise multiaxial belastet. Davon spricht man, wenn

- an einem Bauteil keine orts- und richtungsfesten Kräfte angreifen,
- an einem Bauteil mehrere orts- und richtungsfeste Kräfte angreifen, deren Größen sich über die Zeit unabhängig von einander ändern (kanalbasierte multiaxiale Belastung) oder
- durch dynamische äußere Lasten die Schwingungsmoden eines Bauteils angeregt werden (modale multiaxiale Belastung).

### 3. PROBLEMSTELLUNG

Wird ein Bauteil multiaxial belastet, so erfordert die Betriebsfestigkeitssimulation eine besondere Herangehensweise. Im Zuge dieser Arbeit wurde eine schon zuvor entwickelte Software für nicht orts- und richtungsfeste Belastungen (*dTechEndurance*) dahingehend erweitert, dass mit ihr auch die beiden Fälle modale und kanalbasierte multiaxiale Belastung abgehandelt werden können.

Zur Lösung der multiaxialen Problematik kommt in dieser Software die so genannte Methode der kritischen Schnittebene zum Einsatz. Diese geht ganz allgemein davon aus, dass das Versagen eines Bauteils (d.h. eine Rissbildung im Werkstoff) in einer bestimmten Ebene auftritt (Haibach, 2002). Diese kritische Schnittebene zu finden ist gleichzeitig auch das Ziel des gleichnamigen Verfahrens. Hierfür muss jedoch der Spannungsraum diskretisiert und für jede Ebene eine Lebensdauerrechnung durchgeführt werden.

Die gewonnene Simulationsgenauigkeit erkaufte man sich somit auf Kosten der Rechenzeiten. Um diesen großen Nachteil wieder wett zu machen, war ein zweiter wichtiger Bestandteil dieser Arbeit die Implementierung von Datenfiltern zur Rechenzeitoptimierung.

Dies ist zwingend notwendig, da die Software *dTechEndurance* von ihrer Struktur her (modularer Aufbau, einfache Schnittstellen nach außen zur Kommunikation mit beliebigen anderen Berechnungsprogrammen) so ausgelegt wurde, dass sie in komplexen und automatisierbaren Berechnungsabläufen wie etwa Optimierungsaufgaben oder stochastische Analysen zum Einsatz kommen kann. Bei diesen Berechnungen ist eine Lebensdauersimulation im Loop erforderlich, weshalb die dafür benötigte Zeit möglichst gering bleiben muss.

### 4. DATENOPTIMIERUNG

#### 4.1 Grundgedanke

Wie bereits im Kapitel 3 erläutert, kommt es bei der multiaxialen Lebensdauersimulation nach der Methode der kritischen Schnittebene zu sehr langen Rechenzeiten. Diese treten insbesondere bei den Belastungsfällen kanalbasierte und modale multiaxiale Belastung auf, da hier jeder Kanal (Mode) und jeder Datenpunkt (modale Koordinate) annähernd linear in die Berechnungszeit eingeht. Bei umfangreichen Analysen kann die Berechnungszeit daher schnell in den Tage- und auch Wochenbereich gehen. Um auch solche Modelle in vernünftigen Zeiten zu berechnen, ist es unumgänglich, den dafür notwendigen Aufwand auf ein vertretbares Maß zu begrenzen.

Da aufgrund der Struktur der Simulation jeder Knoten des FE-Modells, jeder Kanal, jede Schnittebene und jeder Datenpunkt annähernd linear in die Berechnungszeit eingeht, bietet sich als einzige Möglichkeit zur Minimierung des Berechnungsaufwandes die Reduktion der Anzahl ebendieser Einflüsse an (Haibach, 2002).

Der Grundgedanke der Datenoptimierung und -filterung ist daher, dass nur mehr jene Stellen, jene Schnittebenen und jene Zeitpunkte berechnet werden, die lebensdauerrelevant sein könnten. Als Ziel der Datenoptimierung kann man somit bezeichnen, dass man diese relevanten Elemente bereits vor der eigentlichen Lebensdauersimulation ermittelt und alle anderen von der anschließenden Berechnung ausschließt.

Welche Methoden zur Erreichung dieses Ziels angewandt werden können, wird nun folgend erläutert.

#### 4.2 Datenfilter

Um die Rechenzeiten der Lebensdauersimulation zu verkürzen, wurden eine Reihe von Datenfilter für

- die Reduktion der zu berechnenden Knoten,
- die Reduktion der zu berechnenden Schnittebenen und
- die Reduktion der zu berechnenden Datenpunkte der Zeitverläufe

entwickelt.

Die Datenfilter sind der eigentlichen Betriebsfestigkeitsanalyse vorgeschaltet und entfernen die nicht relevanten Knoten, Schnittebenen und Datenpunkte. Die Lebensdauerrechnung greift dann anschließend auf die Ergebnisse der Datenfilterung zu.

Durch das Vorschalten der Filterung kommt natürlich ein weiterer Zeitfaktor zur Gesamtzeit der Berechnung hinzu. Dieser ist jedoch bei großen Datenmengen sehr gering im Vergleich zur Berechnungszeit, die nötig wäre, wenn mit sämtlichen Daten gerechnet würde.

### 5. UNTERSCHIED ZU ANDEREN LEBENSDAUERPROGRAMMEN

Der größte Vorteil im Vergleich zu den bereits am Markt befindlichen Lösungen liegt darin, dass es sich nicht um eine in sich geschlossene Stand-Alone Applikation handelt. Es wurde ein modularer Aufbau entwickelt, der mittels standardisierter Schnittstellen eine Kommunikation mit vielen anderen Berechnungsprogrammen ermöglicht. Dadurch ist es möglich, schnell und effizient neue Berechnungsmethoden, neue Berechnungsparameter aber auch besondere Kundenwünsche (wie etwas Berechnung nach bestimmten Normen) in die Lebensdauersimulation einfließen zu lassen.

Der modulartige Aufbau gestattet die Integration der Software in komplexe und größere Berechnungsabläufe („Plug-In“) wie z.B. Optimierungsaufgaben auf Basis von Lebensdauerergebnissen.

Diese Punkte sind bei herkömmlichen Lebensdauerprogrammen nur schwer bis gar nicht möglich, da sie eine eigenständige Programmumgebung bzw. eigene Ein- und Ausgabeformate haben und dem Benutzer keine Möglichkeit bieten, in den Programmablauf einzugreifen. Dies ist jedoch für High-Tech Anwendungen und Methodenentwicklungen notwendig, damit die Lebensdauerberechnung immer mit der neuesten Simulationstechnologie durchgeführt werden kann.

Standardanwender brauchen sich jedoch um den modulartigen Aufbau nicht zu kümmern, denn für sie wurde eine graphische Benutzeroberfläche geschaffen, die einen einfachen und gewohnten Umgang mit der Software ermöglicht.

Zur Optimierung der Rechenzeit beinhaltet das Programm *dTechEndurance* nicht weniger als 5 verschiedene Datenfilter, die entweder einzeln oder in Kombination dem Benutzer eine viel größere Bandbreite an Filtermöglichkeiten bieten, als dies bei anderen erhältlichen Software-Lösungen möglich ist. Dadurch wird eine individuell auf jeden Anwendungsfall zugeschnittene Datenfilterung möglich.

Als weitere technische Besonderheiten wurden folgende neue Berechnungsmethoden eingeführt:

- Berücksichtigung nichtlinearer Temperaturabhängigkeiten der örtlichen Dauerfestigkeiten und Wöhlerlinien
- Verarbeitung stochastischer Parameter, um Versagenswahrscheinlichkeiten berücksichtigen zu können

### 6. ERGEBNISSE

Die im Zuge dieser Arbeit weiterentwickelte Software *dTechEndurance* für Lebensdauersimulationen bei allgemeinen und modalen multiaxialen Belastungen wird mittlerweile standardmäßig bei der *dTech-Steyr – Dynamics & Technology GmbH* für Betriebsfestigkeitsrechnungen verwendet und hat sich hier bereits bei verschiedensten Anwendungen bewährt. Durch die Implementierung der Datenfilter ist es nun auch möglich, umfangreiche Analysen und komplexe Simulationen wie stochastische Analysen und Optimierungsaufgaben in vertretbaren Zeiträumen zu berechnen. Durch einen geschickten Einsatz der einzelnen Filter kann die Rechenzeit auf bis zu 1 Tausendstel der Rechenzeit ohne Datenfilterung reduziert werden. Konkret bedeutet dies, dass Berechnungen, welche früher 1 Tag beansprucht haben, nun in wenigen Minuten durchgeführt werden können.

Die für die Lösung der multiaxialen Problematik verwendete Methode der kritischen Schnittebene liefert sehr gute Ergebnisse beim Auffinden von kritischen Stellen und beim Treffen von Relativaussagen und hat sich bei den bisherigen Anwendungen ebenfalls bewährt.

### 7. WEITERFÜHRENDE ARBEITEN

#### 7.1 Stochastische Lebensdauersimulation

Durch die im Zuge dieser Arbeit durchgeführte Rechenzeitoptimierung war es gemeinsam mit bereits früher bei *dTech-Steyr* durchgeführten Arbeiten möglich, neue Ergebnisse im Bereich der stochastischen Lebensdauersimulation zu erzielen. Darunter versteht man die Berücksichtigung des Einflusses von streuenden Parametern wie etwa Werkstoffkennwerte oder Oberflächenrauigkeiten auf die Lebensdauer. Dabei handelt es sich um ein sehr zeitintensives Prozedere, das erst durch Rechenzeitoptimierung mit vertretbarem Aufwand bewältigt werden kann. So war es nun zum ersten Mal (in vertretbarem Zeitrahmen) möglich für Bauteile örtliche Sicherheitskoeffizienten für gleiche Ausfallwahrscheinlichkeiten zu berechnen und deren räumliche Verteilung in Übersichtsplots darzustellen. Momentan sind weiterführende Arbeiten in diesem Bereich im Gange, die vor allem in Richtung weiterer Prozessoptimierung gehen.

#### 7.2 Berechnung von Schweißnähten

Sollen Schweißnähte auf ihre Lebensdauer untersucht werden, so erfordert dies ein spezielles Herangehen, da es für die Schweißnahtberechnung eine Reihe von Vorschriften und Normen gibt, laut denen die Berechnung zu erfolgen hat. Momentan sind Arbeiten im Gange, deren Ziel es ist, die Software *dTechEndurance* um ein eigenes Schweißnahtmodul zu erweitern. Dies ist in effizienter Weise wiederum nur durch den modularen und schnittstellenbasierten Aufbau der Software möglich.

### 8. REFERENCES

Haibach, E. (2002). *Betriebsfestigkeit: Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung*, Springer, 3-540-43142-X, Berlin



## INTELLIGENTER ANTENNENPOL FÜR MOBILFUNKSTATIONEN

Ing. Achatz Werner

**Kurzfassung:** In dieser Diplomarbeit wurde die Entwicklung eines fernbedienbaren Antennenpols für Mobilfunkanlagen erarbeitet. Dieser Antennenpol ermöglicht durch seine Funktionalität die mechanische (MDT) und elektrische Absenkung (EDT) sowie die Ausrichtung (Azimut) von Mobilfunkantennen. Die Antennenparameter bzw. -manipulationen können bei Bedarf über ein Leit- und Steuerungssystem von einem zentralen Punkt aus abgerufen bzw. durchgeführt werden. Diese Funktion schließt die letzte Lücke der Überwachungs- und Kontrollkette in einem Mobilfunknetz: die Überwachung und Kontrolle des Antennensystems.

**Schlüsselwörter:** Mobilfunkantennen, Optimierungsmaßnahmen, zentrale Leitstelle, Datenkonsistenz, Netzqualität, Wirtschaftlichkeit.

### 1. AUSGANGSSITUATION

Wie das Automobil hat auch die Mobilkommunikation die Mobilität und Ortsunabhängigkeit der Bevölkerung extrem beeinflusst. Die Akzeptanz dieser Technik birgt jedoch sehr große Herausforderungen für den Mobilfunkbetreiber. Ständige Erreichbarkeit, hohe Datenraten, attraktiver Content, um nur einige Schlagwörter zu nennen, entwickelten sich zur selbstverständlichen Kundenforderung. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, müssen die Netzwerke ständig verdichtet, verbessert und weiter ausgebaut werden. Während Parameteroptimierungen von zentralen Leitstellen aus jederzeit vorgenommen werden können, müssen Hardware-Optimierungsmaßnahmen immer noch direkt an den Antennen vor Ort durchgeführt werden, vgl. Abb. 1. Diese Arbeiten erfordern einen enormen personellen und zeitlichen Einsatz von qualifizierten Fachkräften. Ein weiteres Problem ist der stetig steigende inkonsistente Datenbestand zwischen den Netzwerk-Datenbanken und der realen Welt. Die Ursache für diesen Umstand ist eine lückenhafte Datenpflege nach erfolgten Antennenänderungen. Dieser Datenbestand ist jedoch ein wesentlicher Bestandteil der Eingabeparameter für weitere Netzwerkberechnungen bzw. -simulationen und hat einen direkten Einfluss auf die Qualität dieser Ergebnisse und den daraus gewonnenen Erkenntnissen.

### 2. ZIELSETZUNG

Die Zielsetzung ist die Realisierung und Integration eines Leit- und Steuerungsystems, welches Antennenmodifikationen bzw. das Auslesen der aktuellen Antennenparameter von einem zentralen Punkt aus ermöglichen. Zusätzlich werden Schnittstellen implementiert, welche eine Interaktion mit den bestehenden Netzwerk-Datenbanken ermöglichen. Neben der korrekten Funktionalität liegt die Herausforderung in der mechanischen Realisierung sowie in der Zuverlässigkeit der Anlage. Der augenscheinliche Umfang dieser Arbeit scheint auf den ersten Blick nicht fordernd. Bedenkt man jedoch die Umgebung, in welcher diese Anlagen eingesetzt werden, die

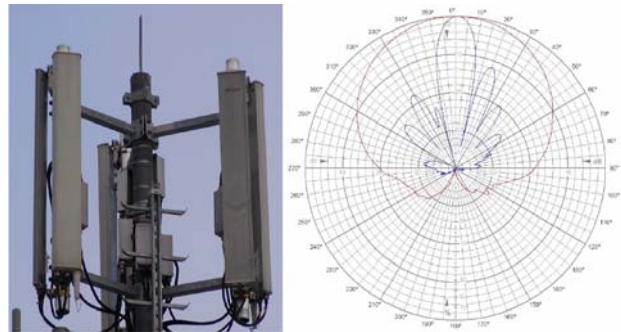


Abb. 1. Bsp. Mobilfunk-Sendestation mit Antennendiagramm

Auswirkungen bei Fehlverhalten auf das gesamte Mobilfunknetzwerk und die erforderlichen Kosten bei einem großflächigen Einsatz dieser Anlagen stellt sich diese Aufgabe in einem anderem Licht da. Ein konsequenter Einsatz dieses Systems, bedeutet ein enormes Einsparungspotential im Bereich Netzwerkoptimierung bei gleichzeitig deutlich messbarer Steigerung der Netzqualität.

### 3. UMSETZUNG

Neben der korrekten Funktionalität wurde vor allem auf die praxisbezogene Umsetzung sowie der Systemzuverlässigkeit, Rücksicht genommen. Um die Interessen aller für den Netzbetrieb zuständigen Abteilungen innerhalb von H3G Austria zu berücksichtigen, wurde eine Anforderungserhebung durchgeführt. Diese wurde mittels Fragebögen und in persönlichen Gesprächen mit Mitarbeitern aus den Abteilungen 1) Funknetzplanung, 2) Netzoptimierung 3) Transmission 4) Konstruktion sowie 5) Wartung und Betrieb (O&M) ermittelt. Die so gewonnenen Informationen wurden ausgewertet, mit den allgemeinen technischen Anforderungen abgeglichen und als Projektierungsgrundlage verwendet. Der Umfang der Aufgabe war in Rahmen einer Diplomarbeit nicht ausreichend zu erarbeiten. Um eine professionelle Abarbeitung der einzelnen Themen zu erzielen, wurde das

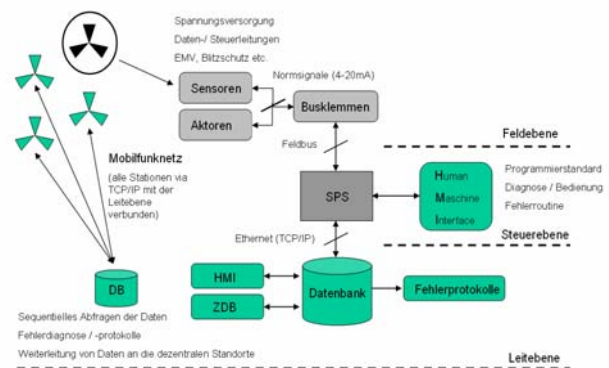


Abb. 2. Systemübersicht  
 gesamte System in drei Ebenen unterteilt und in drei eigenständige Diplomarbeiten abgehandelt, vgl. Abb.2. Die

große Projekterfahrung sowie die Eigenständigkeit und Zuverlässigkeit der einzelnen Team-Mitglieder war ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die termingerechte Abgabe sowie die hohe Qualität der einzelnen Arbeiten. Die Erstellung eines Pflichten- und Lastenhefts sowie die genaue Definition und Umsetzung der einzelnen Schnittstellen, ermöglicht das problemlose Zusammenfügen der einzelnen Ebenen zu einem Gesamtsystem.

#### 4. UMSETZUNG DER FELDEBENE

Thema dieser Diplomarbeit war die Umsetzung der Feldebene (Intelligente Antennenpol) sowie Auswahl des Steuerungssystems. Bei der Umsetzung wurde neben der funktionellen Anforderung vor allem auf die Betriebs- und Störsicherheit großes Augenmerk gelegt. Um alle möglichen Betriebszustände zu identifizieren, wurden Störmatrizen erstellt und ausgewertet. Um größtmögliche Betriebs- und Störsicherheit bei gleichzeitig minimalem Aufwand zu erreichen, wurden Absolutwertgeber in Kombination mit einer intelligenten Zonen-Programmierung eingesetzt. In Gegensatz zu Relativgebern benötigen Absolutwertgeber keine Endschalter als Referenzmarken. Der Sensorwert ist jederzeit verfüg- und abrufbar (keine Neukalibrierung nach Systemausfall bzw. -neustart). Dieser Umstand ist besonders für einen störungsfreien Betrieb des bestehenden Mobilfunknetzes von Bedeutung und extrem wichtig.

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der softwaremäßigen Definition eines/mehrerer Bereiche innerhalb des gesamten Messbereiches. Die Zonenprogrammierung steuert und überwacht jeden Schritt auf Zeit, innerhalb eines klar definierten Programmablaufs. Dabei erfolgt eine getaktete Ansteuerung der Aktoren. Nach der Sollwert-Veränderung wird eine Differenz gebildet und ein Zustandsflag erzeugt. Mit dem von der Leitebene gesetzten Startbit wird die IST-Position an die SOLL-Position um einen Grad angenähert. Dadurch beträgt der maximale Fehler in einem Störfall immer nur einen Grad und wird zusätzlich durch die integrierte Fehlerdiagnose automatisch an die Leitstelle gemeldet. Die eingehend gebildete Differenz erlaubt es die Richtung der Verstellung vorzugeben. Die Anzahl der Verstellzyklen wird mitgezählt. Wenn die Differenz dem Zähler entspricht, sollte die IST-Position gleich der SOLL-Position sein. Tritt eine Abweichung auf, wird ebenso ein Fehler diagnostiziert und gemeldet bzw. angezeigt.

Die Anbindung zwischen der Steuerebene und der Leitebene erfolgt via TCP/IP über das interne Transmission Netzwerk. Die Anbindung der dezentralen Peripherie (Feldebene) und der Steuerungsebene erfolgt über ein TCP/IP fähigen PowerLink Modul. Um die Risiken möglicher negativer Einflüsse auf das bestehende Mobilfunksystem zu minimieren, wurde für das Pilotprojekt ein eigenes Spannungs- versorgungssystem vorgesehen. SPS-Steuerung (CPU-Netzteil, CPU-Grundmodell), Überspannungsschutz, MiniHub und Netzfilter werden im vorhandenen Technikverteiler der bestehenden Mobilfunkanlage situiert. Die dezentrale Peripherie (Mastkopf) wird über ein eigenes Zuleitungskabel versorgt. Die Spannungsebenen bis zum Mast- bzw. Polfuss liegen bei AC 230V sowie DC 24 V auf der Antennenebene. Die Aufbereitung der DC-Spannungsebene erfolgt mittels Netzgerät, das zusammen mit PowerLink-Modul, Überspannungsschutz und Netzfilter in einem Kleinverteiler am Mastfuss untergebracht wird.

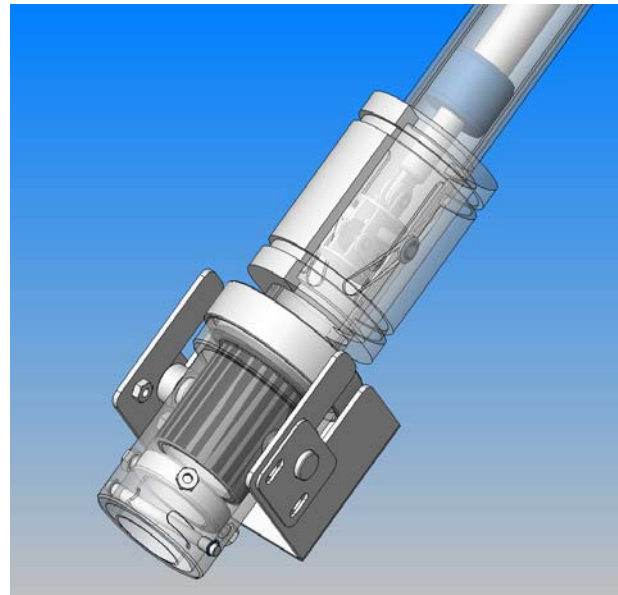


Abb. 3. Unteres Lagergehäuse mit Kulissenantriebe

Die Behausung der SPS-Peripherie (Buskontroller, Input/Output Ports etc.), Relais etc. werden in einem EMV-gerechten Industrieverteiler am Mastkopf installiert. Sämtliche Verbindungen werden mittels EMV-gerechten Kabeln und PG-Verschraubungen durchgeführt. Sämtliche Antriebs-einheiten wurden so konstruiert und ausgelegt, dass diese im Falle eines Systemausfalls (Spannungsunterbrechung, Signalisierungsfehler etc.) selbsthemmend an der letzten Position verweilen und eine entsprechende Fehlermeldung an das Managementsystem abgeben. Großen Wert wurde auch auf die geprüfte Qualität (Industrietauglichkeit) der einzelnen Systemkomponenten gelegt. Die größte Herausforderung war allerdings die Umsetzung der Mechanik. Dabei musste ein Spagat zwischen den Anforderungen von fünf voneinander unterschiedlichen Abteilungen geschaffen werden, wobei sich der wirtschaftliche Aspekt wie ein Schleier über alles gelegt hat. Ein zusätzlich zu berücksichtigender Punkt war das äußerliche Erscheinungsbild der gesamten Konstruktion, welche eine sehr wesentliche Komponente für eine positive Baugenehmigung seitens den

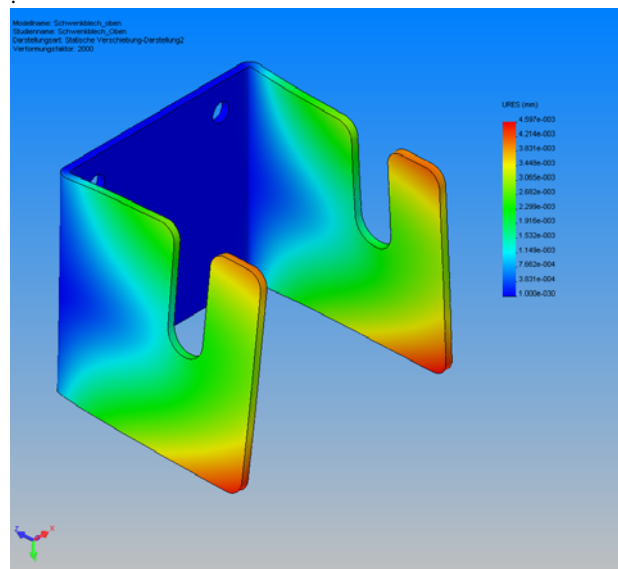


Abb. 4. Unteres Schwenkblech  
Statische Verschiebung (Verformungsfaktor: 2000)



Behörden darstellt. Ziel war eine vollintegrierte Bauweise, mit allen erforderlichen Sensoren und Aktoren innerhalb der Tragkonstruktion. Ein Pol also, welcher sich nicht sonderlich von den konventionellen Antennenträger unterscheidet. Für den Antrieb der Azimut-Funktion, wurde z.B. ein Kulissengetriebe entworfen. Grund war die extrem schlanke Bauweise, die Selbsthaltung bei Systemausfall und das sehr große erzielbare Drehmoment bei hoher Verstellgenauigkeit, trotz relativ kleinem Durchmesser. Der Antrieb wurde für ein Polgewicht bis 70kg und einer Windlast von 450N gerechnet, was zu einer erforderlichen Motorvorschubkraft von ca. 180N führt. Sämtliche Konstruktionsteile wurden in einem 3D-CAD (SolidWorks) Programm modelliert, vgl. Abb. 3. Dabei wurden unter anderem auch EMV- sowie Produktionstechnische Faktoren berücksichtigt. Tragende Bauteile wurden auf die jeweiligen Belastungsfälle mit Hilfe von CosmosWorks berechnet und optimiert, vgl. Abb. 4. Die komplette Konstruktionsphase wurde von regelmäßigen Gesprächen mit der produzierenden Stahlbaufirma begleitet. Dadurch konnten Probleme fertigungstechnischer Natur frühzeitig erkannt und vermieden werden. Durch diese Vorgangsweise wurde ein Detaillierungsgrad erreicht, der direkt für die Prototypenfertigung übernommen werden konnte.

## 5. RESÜMEE

Die anfangs angeführten Anforderungen konnten bis auf wenige Punkte in diesem Pilotprojekt abgearbeitet und erfüllt werden. Die zwei wichtigsten offenen Punkte sind 1) die minimale Betriebstemperatur der Antriebe, die jedoch bei höherer Stückzahl und gegen Aufpreis laut Hersteller erweitert werden kann und 2) die Überprüfung der friedlichen Koexistenz von Mobilfunkantennen und Antennenpol in Verbindung mit der elektromagnetischen Verträglichkeit, die erst nach einer Inbetriebnahme des Antennenpols verifiziert werden kann. Durch die parallelen, praktischen Aufbau und den dabei durchgeführten Versuche konnten die einzelnen Baugruppen bereits in der Konstruktionsphase nachgestellt und überprüft werden. Sämtliche Konstruktionszeichnungen wurden für eine Prototypenfertigung erstellt. Das Zusammenschalten der Feld- und Steuerungsebene konnte im Feldversuch mittels eigens dafür installierter Router und statischer IP-Adressen über das Internet erfolgreich durchgeführt werden. Die größte Herausforderung war wie bereit erwähnt, der eigentliche Ansatz zur Lösung des Problems sowie Entwurf bzw. Umsetzung der Mechanik und der Antriebseinheiten. Einsparungs- und Optimierungspotenzial wurden bis jetzt in den Bereichen Steuerungssystem und Motoren geortet. Das SPS-Steuerungssystem kann in Zukunft durch ein Microcontrollerboard ersetzt werden, was die Kosten stark reduziert.

Bei den im Pilotprojekt verwendeten Aktoren handelt es sich um 24V DC Motoren. Das Problem bei Gleichstrom- und Universalmotoren ist der Umstand, dass sich durch den Kommutierungsvorgang in den Zuleitungen und den Motorwicklungen sehr schnelle Stromänderungen  $di(t)/dt$  ergeben. In der Praxis ist der Strom bei der Trennung von Bürsten- und Lamellenkante nicht exakt null und wird in dieser Zeit durch einen sich bildenden Lichtbogen aufrechterhalten. Die beim Abriss des Bogens entstehende schnelle Stromänderung  $di(t)/dt$  induziert in den im Strompfad liegenden Induktivitäten, Selbstinduktionsspannungen  $Ldi(t)/dt$  sowie Quellenspannungen  $Mdi(t)/dt$  in etwaigen benachbarten Leiterschleifen. Diese schnellen Strom- und Spannungsänderungen verursachen breitbandige Störungen bis in den GHz-Bereich und dürfen nicht ausser Acht gelassen

werden. Der dabei emittierte Störpegel kann messtechnisch zwar bestimmt werden, nur ist es in der Praxis nicht immer ausreichend. Um eine lokale Begrenzung der Störungen zu erreichen, wurde parallel zu den Bürsten eine *Bypass-Kapazität* geschaltet bzw. wurden geeignete Abschirmungsmaßnahmen durchgeführt. Diese Kollektor-Motoren können in Zukunft durch bürstenlose Motoren ersetzt werden, was wiederum die elektromagnetische Verträglichkeit der Anlage positiv beeinflusst. Im Rahmen dieser Arbeit konnten somit alle Themen konsequent aufgearbeitet und gelöst werden.

## 6. AUSSICHTEN

Die Fertigung des Prototypen ist abgeschlossen. Der nächste Schritt ist der Aufbau des Systems und der Beginn einer ausgedehnten Testperiode. Diese wird in vier Phasen unterteilt, wobei in jeder Phase vordefinierte Test-Szenarien abgearbeitet werden müssen. Die grundsätzliche Unterteilung dieser Testperiode ist wie folgt:

**Phase 1** Feldversuch mit Montage an Testkonstruktion

**Phase 2** Feldversuch mit Montage an aktiver Mobilfunkstation

**Phase 3** Aufschaltung an das Steuerungssystem

**Phase 4** Aufschaltung an das Leitsystem

Nach erfolgreich absolvierten Tests wird mit der Beseitigung der "*Kinderkrankheiten*" begonnen. Danach kann der Antennenpol erstmals in Kleinmengen produziert werden. Anwendungsgebiete in der Startphase sind z.B. Hochspannungsmasten, Hubwagenstandorte, exponiert gelegene Standorte etc.. Dieser Ausbau ist die eigentliche *Feuertaufe des Systems* und gibt Auskunft über die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit. Basierend auf diesen Erfahrungen und Erkenntnissen kann über einen weiteren Ausbau entschieden werden.

Um dieses Projekt zur *Roll out*-Reife zu bringen, muss sicher noch Zeit und Geld investiert werden. Mit dieser Arbeit wurde jedoch ein Feld betreten, das in Zeiten zunehmender Zentralisierung von Unternehmen die Qualität und Effektivität im Betrieb und der Erhaltung eines Mobilfunknetzes stark verbessern kann.

## 7. REFERENZEN

- DENKER F. DIENSDORFER G. DOBIASCH M. ENGEL D. GUGENBAUER A. GROISS J. JETZ D. KLEMMENT R. KRANSTEINER K. REICHEL P. PACKS. PICCARDI B. THUMSER S. WITKE J. BACHL H., BRANDSTÄATTER  
*K.Blitz- und Überspannungsschutz sowie Erdung von Antennen und Antennenanlagen*. Österreichisches Elektrotechnisches Komitee.
- KRISCHKE Alois [Bearbeitet]. *Rothammels Antennenbuch*. Franckh-Kosmos, Stuttgart, 11th edition, 1995.
- LÜDERS Christian. *Mobilfunksysteme*. Vogel Verlag, Würzburg, 1st edition, 2001.
- OVE| Österreichischer Verband für Elektrotechnik. *VE EN 50083-1, Kabelverteilsysteme für Fernseh-, Ton- und interaktive Multimedia-Signale, Sicherheitsanforderungen*. Österreichischer Verband für Elektrotechnik, 03/1998.
- SCHWAB J. Adolf. *Elektromagnetische Verträglichkeit*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 4th edition, 1996.
- VDE 0870. *Elektromagnetische Beeinflussung (EMB)*. VDE Verlag, Berlin, 1984



**Firmen**



**ING. FRANZ SALOMON, SALOMON AUTOMATION GMBH  
CAPTAIN DES JAHRGANGES AT 01**

**Traussnigg, U.**

Jedem Studienjahrgang am *CAMPUS 02* steht ein Captain als Mentor zur Seite. Es ist dies eine Unternehmerpersönlichkeit der jeweiligen Branche, der seinen Studierenden Teamgeist und Unternehmergeist vermitteln soll.

Zu seinen Aufgaben zählt

- das Halten einer Captain's Vorlesung
- die Ausrichtung eines Captain's Dinner
- den Studierenden im Rahmen von Sprechstunden zur Verfügung stehen
- Festansprache bei Sponson

Ing. Salomon übte die Funktion des Captains für den Jahrgang AT 01 von WS 2001/02 bis SS 2005 aus und stand über oben genannte Kernaufgaben hinaus seinen Studierenden und dem Studiengang Automatisierungstechnik vielfältig zur Verfügung:

- Firmenbesichtigung Salomon Automation GmbH, Friesach
- Exkursion Odörfer Eisenhof GmbH, Zentrale Graz – Besichtigung einer Referenzanlage von Salomon Automation
- Betreuung der Studierenden bei Salomon Automation Recruiting Day
- Einladung der Studierenden zur Crew-Vorstellung und Österreich-Premiere von „Star Wars: Episode II“
- Versand des „logistik REPORT“ an Studierende
- Testimonials für den Studiengang Automatisierungstechnik in diversen Medien

Unternehmensdaten:

- Unternehmensname: Salomon Automation GmbH
- 1983 Gründung als Einzelfirma für Automatisierungstechnik in Graz  
1986 Umwandlung in GmbH
- Zentrale: Friesach bei Graz
- weitere Standorte: Schweiz, Deutschland, Spanien, Ungarn, Kroatien
- Mitarbeiter (2005): ca. 350
- Umsatz (2005): €37,1 Mio.
- Homepage: [www.salomon.at](http://www.salomon.at)

Mit über 300 Logistikinstallationen ist Salomon Automation einer der größten Logistiksoftware- und -systemanbieter in Europa.

Kernkompetenzen:

- Logistikanlagen
- Logistiksoftware
- Warenwirtschaftssysteme
- Beratung & Service
- Logistikgesamtlösungen aus einer Hand



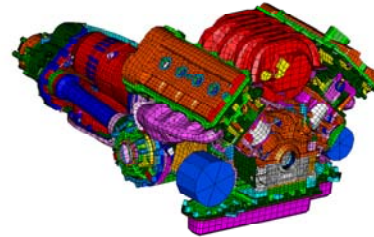
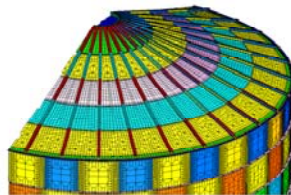
Die FH Wiener Neustadt präsentiert  
ihren Kooperationspartner



## dTech Steyr Lernen Sie uns kennen.

### Unsere Fachkompetenzen

- Finite Elemente- u. Lebensdaueranalysen
- Akustikberechnungen, Mehrkörpersimulationen
- Methoden- und Softwareentwicklung



### Unsere Anwendungsbereiche

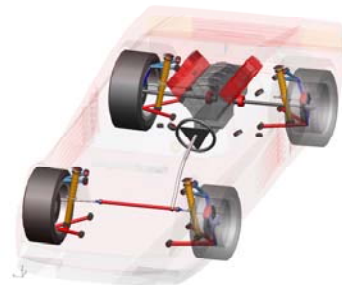
- Automobilindustrie
- Maschinenbau
- Anlagenbau

### Unsere Kunden und Referenzprojekte

**Audi:** Motorakustik, Mehrkörpersimulation, Lebensdauerberechnungen

**BMW:** Nichtlineare Festigkeitsberechnungen, Schwingungsanalysen

**DaimlerChrysler:** Methodenentwicklungen NVH & Lebensdauer



#### Stammsitz Steyr

dTech Steyr - Dynamics & Technology Services GmbH  
Steyrerweg 2  
A-4400 Steyr, Österreich

Geschäftsführung: Ingenieurskonsulent Dipl.-Ing. Dr. Peter Fischer  
Sekretariat: Gabriele Fischer  
Tel.: +43 (0)7252 51555 11  
Fax: +43 (0)7252 51555 50

e-mail: [office-steyr@dtech-steyr.com](mailto:office-steyr@dtech-steyr.com)  
<http://www.dtech-steyr.com>  
<http://www.finite-elemente.at>

#### Geschäftsstelle Wien

dTech Steyr - Dynamics & Technology Services GmbH  
Simmeringer Hauptstraße 24  
A-1110 Wien, Österreich

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. (FH) Stefan Kaindl  
Tel.: +43 (0)1 74040 163  
Fax: +43 (0)1 74040 164

e-mail: [office-wien@dtech-steyr.com](mailto:office-wien@dtech-steyr.com)





**FESTO**

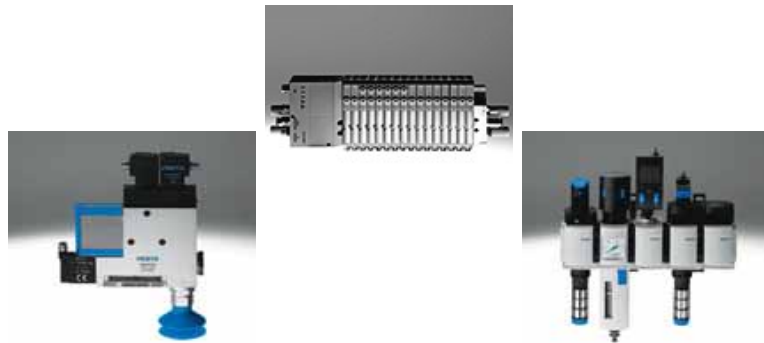
Nominierung für den Preis  
Kooperationspartner 2006

**Festo Ges.m.b.H.**  
Linzer Straße 227  
1140 Wien

Telefon +43 1 / 910 75 - 0  
Telefax +43 1 / 910 75 - 250  
e-mail: [osteuropa@festo.at](mailto:osteuropa@festo.at)



Geschäftsführer:  
**Ing. Wolfgang Keiner**



Festo Österreich versteht sich seit 1959 als Partner der heimischen Industrie für den Bereich der Automatisierungstechnik mit Pneumatic. Mit seinen Mitarbeitern betreut der Marktführer 4000 Kunden nach dem Motto "Jedem Kunden sein Betreuungsteam".

#### **Kooperation: FESTO – Mechatronik/Robotik, FH Technikum Wien**

- Mechatroniklabors werden mit umfangreicher Pneumatik der Firma FESTO ausgestattet.
- Festo und die FH Technikum Wien arbeiten gemeinsam an Forschungsprojekten.
- Die Lehrveranstaltung Pneumatik/Hydraulik wird im Studiengang Mechatronik/Robotik durch Mitarbeiter der Firma FESTO gehalten. Für Übungen im Rahmen der Lehrveranstaltung werden FESTO-Labors zur Verfügung gestellt.
- FESTO unterstützt Veranstaltungen an der FH Technikum Wien, wie „Tag der offenen Tür“ und „Lange Nacht der Forschung“.
- Studierende des Studienganges Mechatronik/Robotik werden im Rahmen der Projektentwicklung fachlich unterstützt.



**Nominierung für den Preis  
Kooperationspartner 2006**



SICK GmbH.  
Objekt M11  
IZ-NÖ Süd  
Strasse 2a  
2355 Wr. Neudorf



Geschäftsführer:  
**Ing. Alexander Haslauer**  
Telefon: +43 2236 62288 - 0  
e-mail: [haslauer@sick.at](mailto:haslauer@sick.at)



Das 1946 in Vaterstetten bei München gegründete Unternehmen hat heute über 30 nationale und internationale Tochtergesellschaften, zahlreiche Vertretungen sowie einige Beteiligungen. Der SICK-Konzern beschäftigt weltweit 4.000 Mitarbeiter.

SICK ist seit 30 Jahren in Österreich auf dem Markt, seit 1997 als eigenständige Tochtergesellschaft der deutschen SICK AG.

In Österreich arbeitet ein engagiertes Team von 29 Mitarbeitern, um den spezifischen Kundenwünschen der österreichischen Anwender aus Industrie und Gewerbe zu entsprechen und den bestmöglichen Service zu bieten.

### **Kooperation: SICK – Mechatronik/Robotik, FH Technikum Wien**

- Roboterlabors werden mit umfangreichen Sensoren der Firma SICK ausgestattet, wodurch die Qualität der Ausbildung enorm unterstützt wird.
- Mitarbeiter der Firma SICK halten Vorträge aus dem Bereich Sensorik.
- SICK unterstützt Veranstaltungen an der FH Technikum Wien, wie „Tag der offenen Tür“ und „Lange Nacht der Forschung“.
- Studierende des Studienganges Mechatronik/Robotik werden im Rahmen der Projektentwicklung fachlich unterstützt.
- Mitarbeiter der Firma SICK sind stets bemüht Kontakte zu den Studierenden zu pflegen.



FH-Prof. Dipl.-Ing. Viktorio Malisa  
Arbeitsgemeinschaft Mechatronik Plattform

Wien, Tag der Mechatronik – 22. Sep. 2006

