

SGA – ASSPA – SSAC BULLETIN

Nr. 73 – «Balancierung eines aufrechten Pendels mithilfe eines omnimobilen Roboters»

Editorial

Sehr verehrte Mitglieder und Mitgliederinnen,

zu diesem Bulletin halte ich mich kurz. Im Zentrum dieser Ausgabe steht das SGA Meeting mit der Preisverleihung unseres Förderpreises und den Fachvorträgen. Ein Beitrag in diesem Bulletin stammt von einem der Preisträger, Herrn Stefan Landis vom NTB Buchs über einen omnimobilen Roboter. Beiträge der weiteren Preisträger werden wir zu einem späteren Zeitpunkt in unserem Bulletin veröffentlichen.

Beachten Sie bitte auch, dass die Generalversammlung mit Besuch der Zementfabrik in Wildegg wieder auf uns zukommt. Ihre Teilnahme würde uns sehr freuen.

Von der Sensorvereinigung sensors.ch erhalten Sie wie üblich Informationen zu den kürzlich durchgeführten und in näher Zukunft geplanten Aktivitäten.

Ich wünsche Ihnen einen schönen Frühlingsanfang und hoffe, Sie an der GV begrüßen zu dürfen

Mit freundlichen Grüßen
 Peter Gruber



Kontakt

Dr. Peter Gruber
 Grenzacherweg 116
 4125 Riehen
pgconsult@gmx.ch

HSLU Technik & Architektur
 Technikumstr. 21
 6048 Horw

E-Mail: peter.gruber@hslu.ch

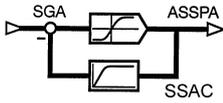
Vorankündigung SGA Besichtigung mit Generalversammlung

Termin: 31. Mai 2016
 Zeit: 14.30 Uhr
 Ort: Zementwerk Wildegg
 Einladung: Die Einladung mit Traktanden und den erforderlichen Unterlagen erhalten sie per Post anfangs Mai 2016

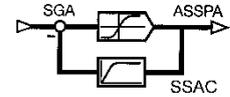


Inhalt

Editorial	1
Nachruf Dr. Karine Rausis	2
SGA Meeting und Preisverleihung SGA Förderpreis	3
SGA Meeting Fachvortrag	3
Dynam. Verhalten eines omnidirektionalen mobilen Roboters	4
Python for control purposes	15
SENSOR + TEST Messeankündigung	16
SGA GV – Besichtigung Zementwerk Wildegg	17
Termine und Infos	18
Sesors Besuch TISSOT	19
Fachbeitrag: Jedem sein Ultraschallsensor	20
sensors.ch kommende Veranstaltungen	23



NACHRUF – Karine Rausis



Mit Entsetzen müssen wir leider zur Kenntnis nehmen, dass unser Vorstandsmitglied Frau Karine Rausis unter tragischen Umständen verstorben ist.

An dieser Stelle sprechen wir den Hinterbliebenen nochmals unser tiefes Beileid aus. Wir haben Karine Rausis über viele Jahre hinweg als engagiertes Mitglied in unserem Vorstand kennengelernt und schätzten ihre freundliche und umgängliche Art sehr. Sie brachte zusammen mit Ivan Vaclavik und Raoul Herzog die «welsche Sicht» in unsere Diskussionen ein. Gerne erinnern wir uns an die Vorstandssitzung bei ihr in den Büros der BG Ingenieure in Lausanne sowie an die von ihr organisierte Besichtigung des Strassentunnels Arissoul in 2008 bei Yverdon. Ebenso motivierte sie Mitarbeiter von BG Ingenieure, zwei Beiträge über Automatisierungsaufgaben in Strassentunnels (Bulletin Nr. 37 und 54) zu verfassen.

Ihren Werdegang entnehmen wir der Website der von ihr gegründeten Rausis GmbH Consulting:

« Nach ihrem Elektroingenieur-Studium an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne verfasste Karine Rausis ihre Dissertation im Bereich der automatischen Regelung.

Im ersten Jahr nach Studienabgang war Karine Rausis in der Firma Multi-Media Masters & Machinery (4M) in Yverdon als Process Control Engineer angestellt. Danach stieg sie bei BG Ingenieure und Berater AG in Lausanne als Projektingenieurin ein, wo sie sukzessiv die Aufgaben als Projektleiterin, Senior-Ingenieurin, Ingenieurin Expertin und zuletzt als Einheitsleiterin wahrnahm.

Während der 12 Jahre im Dienste der BG Ingenieure und Berater AG, hatte Karine Rausis die Gelegenheit, an der Planung und Ausführung von Grossprojekten teilzuhaben, wie z.B. der Renovation des Autobahntunnels Glion (A9), der Ausrüstung des Lötschberg-Basistunnels, der Metro m2 in Lausanne sowie der Eisenbahnlinie CEVA in Genf.

Mit der Zeit hat sich Karine Rausis im Bereich der Erdung, der elektro-magnetischen Verträglichkeit sowie des Schutzes gegen Streustromkorrosion spezialisiert. Ebenfalls gehören Mittel- und Hochspannungs-Anlagen (50Hz und 16.7Hz), namentlich im Bereich der Kabelinstallation, zu ihren Kernkompetenzen.

Während der letzten drei Jahre bei BG Ingenieure und Berater AG baute Karine Rausis in der Filiale Bern die elektromechanische Einheit, Infrastruktur und Transport Deutschschweiz' auf. Sie zeichnete verantwortlich für den administrativen und finanziellen Ablauf der Einheit, die Personalführung, die Kundenwerbung und Akquisition von Mandaten. Ihr oblag zudem die technische und finanzielle Führung der Projekte.

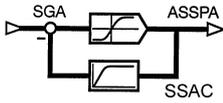
Parallel zu ihren Aktivitäten als beratende Ingenieurin arbeitete Karine Rausis im Elektro-Unternehmen ihres Vaters mit, insbesondere im Bereich der Leittechnik von Trinkwasser-Pumpwerken für Walliser Gemeinden.

Gestärkt durch diese Erfahrungen hat Karine Rausis die Rausis Consulting GmbH gegründet.»

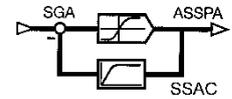
Mit grossem Bedauern nehmen wir Abschied von ihr und werden sie stets in guter Erinnerung behalten.



† Karine Rausis
© M.F. Arnold



SGA-Meeting – Preisvergabe SGA Förderpreis 2015



Das diesjährige SGA Meeting wurde an der FHNW in Windisch durchgeführt. Das Meeting stand ganz im Zeichen der Verleihung des Förderpreises 2015.

Wie bereits kommuniziert, wurden 2015 für die eingereichten Masterarbeiten ein 1. Preis und zwei 2. Preise vergeben. Auch nach den Vorträgen war es nicht einfach einen Entscheid zu fällen, aber es gab eben nur einen 1. Preis zu vergeben. Somit freuen wir uns folgende Preisträger bekannt geben zu dürfen.



1. Preis Master: **Nicolai Häni**, ZHAW Winterthur und University of Minnesota (USA)
Titel: Design and Implementation of an Eye-in-Hand Vision System for Orchard Inspection

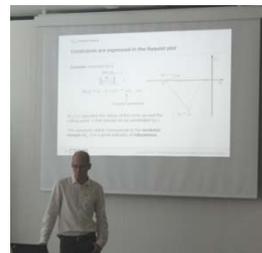
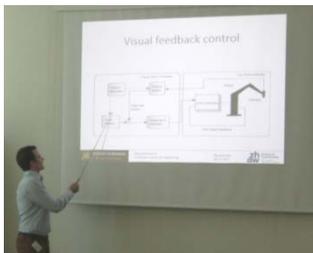
2. Preis Master: **Stefan Landis**, NTB Buchs
Titel: Dynamisches Verhalten eines omnidirektionalen mobilen Roboters mit aktiven Schwenkrädern

Etienne Thalmann, EPFL Lausanne
Titel: Robust Control of Mechatronic Systems

1. Preis Bachelor: **Pascal Zeugin**, FHNW Windisch
Titel: Regelung der Gyroanlage M750

Förderpreis 2015

Herzlichen
Glückwunsch



Nach dem herzlichen Dankeschön an alle, die zum Gelingen des Anlasses beigetragen haben, wird der Apéro serviert.



SGA-Meeting – Fachvortrag

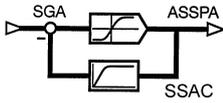


Im diesjährigen Fachvortrag stellte Prof. Dr. David Zogg das Spin-Off «Zogg Energy Control» der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) vor. Der Fokus des Spin-Offs ist die intelligente Regelungstechnik für den Energiebereich.

Eigenverbrauchsmanager

Der Eigenverbrauchsmanager kann einfach nachgerüstet werden und ist mit allen Wärmepumpen, Boilern, Haushaltgeräten und Ladestationen für Elektromobile kompatibel. Dank intelligenter Regelungstechnik kann man das Gebäude als Speicher nutzen und auf teure Batterien im Keller verzichten. Das System optimiert die Kosten automatisch nach dem Prinzip einer lokalen Strombörse. Damit ist der Nutzer der Zeit einen grossen Schritt voraus.





Masterthesis:

Dynamisches Verhalten eines omnidirektionalen mobilen Roboters mit aktiven Schwenkrädern



Omnidirektionale Roboter weisen eine hohe Agilität auf, erlauben sehr schnelle Manöver und sind unkompliziert in der Bahnplanung. In dem folgenden Auszug der Masterthesis wird ein dreirädriger mobiler Roboter beschrieben, der sich auf aktiv gelenkten und angetriebenen Schwenkrädern in der Ebene omnidirektional bewegt und dabei ein inverses Pendel balanciert. Nach der Einleitung wird der mobile Roboter «OmniMoBot» vorgestellt und die Kinematik und Dynamik des Roboters beschrieben. Anschliessend wird die Regelungsstruktur etwas näher erläutert und das Ergebnis der praktischen Umsetzung aufgezeigt.

**2. Preis
Kategorie Master:
Stefan Landis**

NTB Campus Buchs,
Werdenbergstrasse 4,
9471 Buchs
stefan.landis@ntb.ch

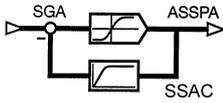
1. Einleitung

Problembeschreibung und Motivation

In der Industrie sind omnidirektionale Fahrzeuge trotz ihrer unbestrittenen Vorteile wenig verbreitet. Es gibt Anwendungen, bei welchen sich omnidirektionale Fahrzeuge behaupten konnten, wie beispielsweise der Aircraft Loader [100] oder der Sidewinder [101]. Diese Fahrzeuge werden jedoch nur bei ebenem und glattem Untergrund verwendet. Der Hauptgrund, dass omnidirektionales Fahren in der Industrie nur selten anzutreffen ist, liegt an der schlechten Geländetauglichkeit der dabei am meisten verbreiteten omnidirektionalen Räder, den «mecanum wheels» und den «omni-wheels» [1]. Es gibt auch Konzepte für das omnidirektionale Fahren mit normalen Rädern. Dabei wird oft die Drehachse schneidend zu der Radachse ausgeführt, was dazu führt, dass sie nicht dynamisch omnidirektional sind. Das bedeutet, dass sie in Bewegung sein müssen, um den dritten Freiheitsgrad zu erhalten. Sie haben einen Freiheitsgrad der Mobilität (degree of mobility) δ_M von zwei und einen Freiheitsgrad der Steuerbarkeit (degree of steerability) δ_S von eins. Laut der Publikation «Structural Properties and Classification of Kinematic and Dynamic Models of Wheeled Mobile Robots» [2] können die Radmodule von mobilen Robotern eine unterschiedliche Anzahl an Freiheitsgraden haben, je nachdem ob sie in Bewegung sind oder nicht. Damit sich eine Plattform in der Ebene holonom bewegen kann, müssen alle Radmodule der Plattform einen Freiheitsgrad der Mobilität δ_M von drei aufweisen. Schwenkräder (caster wheels) erfüllen diese Anforderung. Schwenkräder sind normale Räder, die jedoch einen Versatz zwischen der Dreh- und Radachse aufweisen, wie man sie von Bürostühlen kennt. Eine Plattform mit solchen Radmodulen ist in der Lage, aus dem Stand heraus in jede Richtung (in der Ebene) zu beschleunigen und sich dabei gleichzeitig zu drehen. Weiter ist sie im Vergleich zu Plattformen mit «mecanum wheels» oder anderen omnidirektionalen Radmodulen nicht auf ebenen und schmutzfreien Untergrund angewiesen.

Hypothese, Konzept

Die Publikation [2] befasst sich mit der Tatsache, dass ein mobiler Roboter mit aktiven Schwenkrädern mindestens vier Aktoren benötigt, damit Singularitäten vermieden werden können. Daraus folgt zwangsläufig ein überbestimmtes System. Bei überbestimmten Systemen steigen die Ansprüche an die Regelung der Aktoren. Diese und weitere Tatsachen zu den aktiven Schwenkrädern, wie sie beispielsweise in Handbook of Robotics [3], S. 407 beschrieben werden, lassen die Vermutung aufkommen, dass aktive Schwenkräder für einen hoch dynamischen mobilen Roboter nicht geeignet sind. In der Masterthesis soll jedoch der Nachweis erbracht werden, dass für mobile omnidirektionale Roboter aktive Schwenkräder sinnvoll sind. Um zu beweisen, dass die Regelung für einen mobilen Roboter mit aktiven Schwenkrädern trotz des überbestimmten Systems einfach gehalten werden kann, wird ein Regelungskonzept mit einer vereinfachten Dynamik vorgestellt, mit welchem es trotz der Vereinfachung möglich ist, einen Aluminiumstab robust und dynamisch zu balancieren. Dafür muss bei der Konstruktion des Roboters darauf geachtet werden, dass das Motormassenträgheitsmoment höher ist als die auf die Motorenachsen reduzierten Massen des Roboters.



2. Hardwarebeschreibung

Mechanik

Der entwickelte Roboter OmniMoBot bewegt sich mit drei aktiven Schwenkrädern (siehe Abbildung 1).



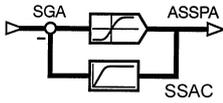
Abbildung 1: OmniMoBot balanciert inverses Pendel

Das redundante System weist sechs DC-Motoren mit Encoder auf, drei für die Lenkung und drei für das Fahren. Weiter hat der Roboter für die Kollisionsvermeidung einen Hokuyo URG-04LX Laserscanner. Für die aktiven Schwenkräder wurde eine Kraftübertragung mit fast spielfreien Getrieben entwickelt. Die Motoren sind fest an die Roboterbasis verschraubt.

Detailliertere Daten zum OmniMoBot sind in der Tabelle 1 ersichtlich.

Details zum OmniMoBot		
Max. linear velocity	2	m/s
Max. Acceleration	5	m/s ²
Wheel radius	0,05	m
Exzentrizität	0,1	m
Width of the top plate	0,8	m
Length of the top plane	0,7	m
Total weight of the Robot	26,7	kg
6 x DC-Motor, Maxon Co.	RE 40	(150W)
Power supply voltage	24	V
Gear wheel total	18	
Gear steer total	36,75	

Tabelle 1:
Spezifikationen des
OmniMoBots



Elektronik

Die Komponenten des OmniMoBots sind in der Abbildung 2 dargestellt.

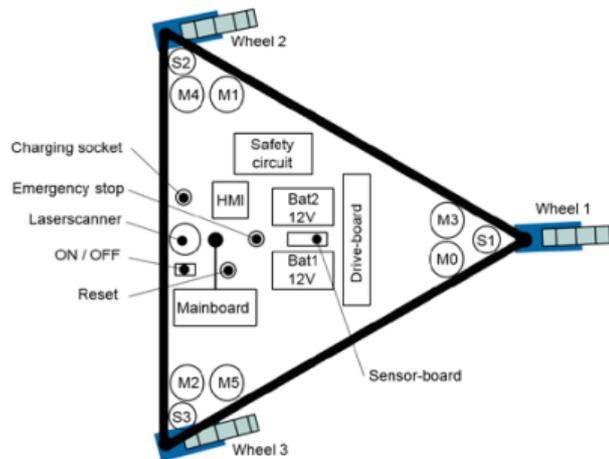
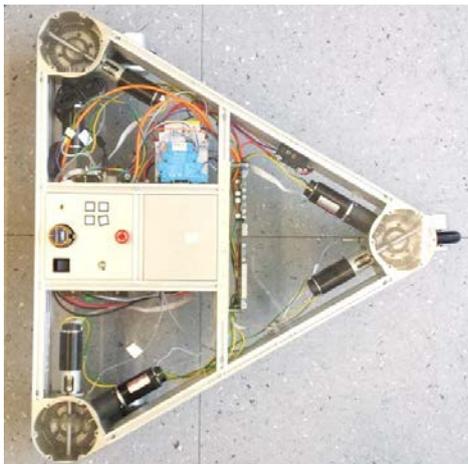


Abbildung 2: Überblick über die Komponenten

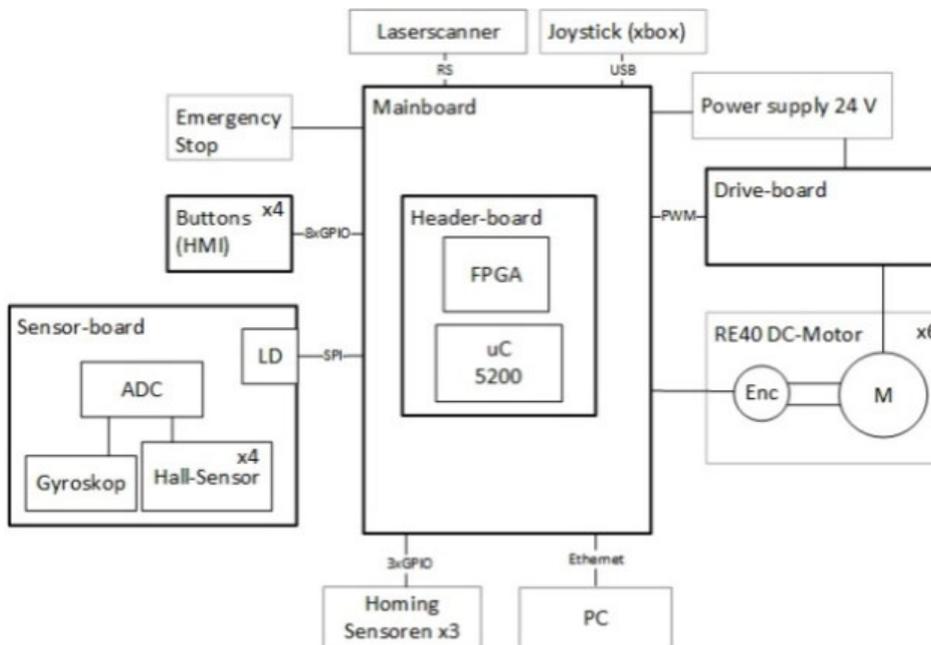
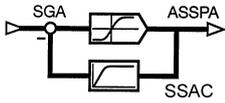


Abbildung 3: Systemaufbau

Der Systemaufbau ist in der Abbildung 3 dargestellt. Das an der NTB entwickelte Mainboard ist Träger eines Headerboards der Firma Phytex (phyCORE-MPC5200B-I/O). Dieses Board enthält den 32-Bit-RISC-Mikrocontroller MPC5200 aus der Familie der PowerPC-Prozessoren des Herstellers Freescale. Zusätzlich befindet sich auf dem Headerboard ein FPGA, über den die Hardware angesteuert und eingelesen wird.

Das ebenfalls an der NTB entwickelte Drive-Board, treibt alle sechs Motoren an. Es erhält die PWM-Signale für die Ansteuerung der Leistungsbrücken direkt vom FPGA auf dem Mainboard.

Der Stab, der balanciert werden soll, enthält einen Magneten.



Um die Lage des Stabes zu messen, wurde ein Sensorprint (siehe Abbildung 5) entwickelt, der mittels vier Hallensensoren das durch den Stab erzeugte Magnetfeld misst. Dazu wird der Stab in der Mitte der vier Hallensensoren (siehe Abbildung 5) positioniert. Damit die Messung weniger stör anfällig wird, wird der Winkel ϕ_{xy} (siehe Abbildung 4) differentiell ermittelt. Für die Bestimmung des Stabwinkels reicht es, wenn er nur im Arbeitspunkt linear ist. Aus diesem Grund reicht eine lineare Abbildung der Differenz der vier Hallensensoren:

$$\begin{bmatrix} \phi_x \\ \phi_y \end{bmatrix} = 0.00175 \cdot \begin{bmatrix} n_{S1} - n_{S3} \\ n_{S2} - n_{S4} \end{bmatrix} \quad (1)$$

ϕ_{xy}

Der Faktor 0.00175 wurde experimentell ermittelt. Der Wert n_{Si} ist die digitalisierte, elektrische Spannung, welche vom Hallensensor i ausgegeben wird.

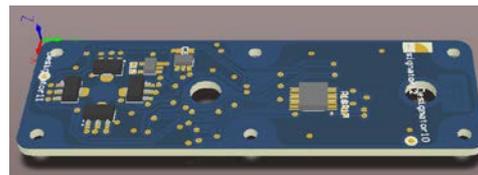
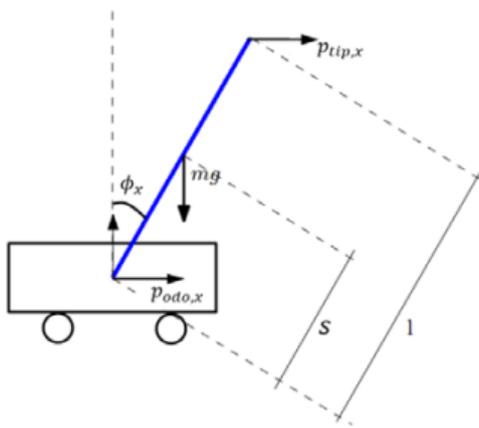


Abbildung 4 links:
Parameter des zu
balancierenden Stabes

Abbildung 5 rechts:
Sensorprint

3. Kinematische Beschreibung

Koordinatensysteme

Für die Berechnung der Kinematik des OmniMoBots werden drei verschiedene Koordinatensysteme eingeführt (siehe Abbildung 6: {G} globales KS, {L} lokales KS, {R} KS des Rades). Der Kontaktpunkt c beschreibt die Position, bei welcher das Rad den Boden berührt. Der Geschwindigkeitsvektor v_{GL} beschreibt die Geschwindigkeit des Roboters.

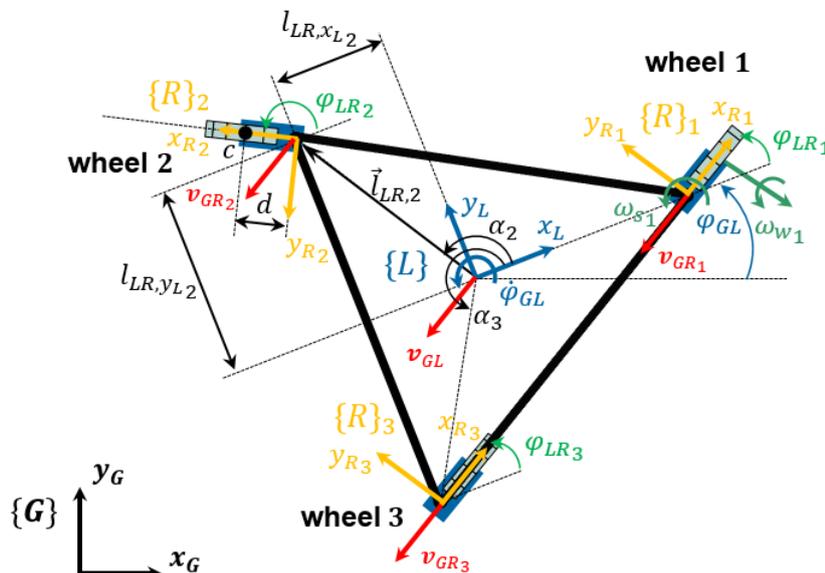
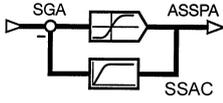


Abbildung 6: Parameter
und Koordinatensysteme
des OmniMoBots



Inverse Kinematik

Die inverse Kinematik berechnet aus gegebenen, kartesischen Koordinaten \mathbf{u} die zugehörigen Motorenstellungen \mathbf{q} . Bei einem mobilen Roboter existiert jedoch kein Zusammenhang zwischen der Position des Roboters und der Position der Motoren. Für die Regelung eines mobilen Roboters ist der dynamische Zusammenhang von Roboter und Motoren relevant. Wenn der Geschwindigkeitsvektor ${}^L\mathbf{v}_{GL}$ des mobilen Roboters bekannt ist, kann mit der inversen Jacobimatrix \mathbf{J}^{-1} die Geschwindigkeit der Motoren $\dot{\mathbf{q}}$ an den Getriebeausgängen berechnet werden.

Nach der Beschreibung der allgemeinen Zusammenhänge von Roboter- und Motorgeschwindigkeiten wird anschliessend die inverse Jacobimatrix \mathbf{J}^{-1} hergeleitet.

Mit dem Geschwindigkeitsvektor ${}^R\mathbf{v}_{GR_i}$, welcher in einem der drei Radkoordinatensystemen $\{R\}_i$ beschrieben ist (siehe Abbildung 6), werden die Drehgeschwindigkeit des Rades ω_{wheel} und die Drehgeschwindigkeit der Lenkachse ω_{steer} berechnet.

Drehgeschwindigkeit eines Rades ω_{wheel_i} :

$$\omega_{w_i} = {}^Rv_{GR,x_i} \cdot \frac{1}{r} \quad (2)$$

- i : Index, kann für 1, 2 oder 3 stehen.
- ${}^Rv_{GR,x}$: Geschwindigkeit, mit der sich das Radkoordinatensystem $\{R\}$ bezogen auf das globale KS $\{G\}$ bewegt. Diese Geschwindigkeit wird im Radkoordinatensystem $\{R\}$ beschrieben. Das x steht für die x -Komponente des Radkoordinatensystems $\{R\}$.
- r : Radius des Rades.

Drehgeschwindigkeit einer Lenkachse ω_{steer_i} :

$$\dot{\varphi}_{LR_i} = \omega_{s_i} = -{}^Rv_{GR,y_i} \cdot \frac{1}{d} \quad (3)$$

- d : Offset des Schwenkrades

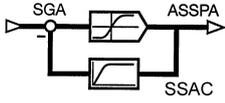
Die Bewegung des Roboters ${}^L\dot{\mathbf{u}} = [{}^Lv_{GL,x}, {}^Lv_{GL,y}, \dot{\varphi}_{GL}]^T$ wird im lokalen KS $\{L\}$ durch die im globalen KS $\{G\}$ beschriebene Bewegung ${}^G\dot{\mathbf{u}}$ wie folgt definiert:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} {}^Lv_{GL,x} \\ {}^Lv_{GL,y} \\ \dot{\varphi}_{GL} \end{bmatrix}}_{{}^L\dot{\mathbf{u}}} = \underbrace{\begin{bmatrix} c(\varphi_{GL}) & s(\varphi_{GL}) & 0 \\ -s(\varphi_{GL}) & c(\varphi_{GL}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{{}^LR_G} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} {}^Gv_{GL,x} \\ {}^Gv_{GL,y} \\ \dot{\varphi}_{GL} \end{bmatrix}}_{{}^G\dot{\mathbf{u}}} \quad (4)$$

Nun wird die inverse Jacobimatrix \mathbf{J}_i^{-1} hergeleitet. Mit ihr kann mittels der im lokalen KS $\{L\}$ beschriebenen Bewegung ${}^L\dot{\mathbf{u}}$ des Roboters die Drehgeschwindigkeiten eines Schwenkrades $\dot{\mathbf{q}}_i = [\omega_{w_i}, \omega_{s_i}]^T$ berechnet werden:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \omega_{w_i} \\ \omega_{s_i} \end{bmatrix}}_{\dot{\mathbf{q}}_i} = \mathbf{J}_i^{-1} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} {}^Lv_{GL,x} \\ {}^Lv_{GL,y} \\ \dot{\varphi}_{GL} \end{bmatrix}}_{{}^L\dot{\mathbf{u}}} \quad (5)$$

Geschwindigkeitsvektor ${}^L\mathbf{v}_{GR_i} = [{}^Lv_{GR,x_i}, {}^Lv_{GR,y_i}, 0]^T$ im lokalen KS $\{L\}$:



$${}^L v_{GR_i} = {}^L v_{GL} + {}^L \omega_{GL} \times {}^L l_{LR_i} \quad (6)$$

Dabei gilt: ${}^L v_{GL} = [{}^L v_{GL,x}, {}^L v_{GL,y}, 0]^T$, ${}^L \omega_{GL} = [0, 0, \dot{\varphi}_{GL}]^T$ und ${}^L l_{LR_i} = [l_{LR,x_i}, l_{LR,y_i}, 0]^T$

Um den Geschwindigkeitsvektor ${}^L v_{GR_i}$ im Radkoordinatensystem $\{R\}_i$ auszudrücken, muss er mit der Drehmatrix ${}^R R_{L_i}$ verrechnet werden:

$${}^R v_{GR_i} = \underbrace{\begin{bmatrix} c(\varphi_{LR_i}) & s(\varphi_{LR_i}) \\ -s(\varphi_{LR_i}) & c(\varphi_{LR_i}) \end{bmatrix}}_{{}^R R_{L_i}} \cdot \underbrace{\left(\begin{bmatrix} {}^L v_{GL,x} \\ {}^L v_{GL,y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -l_{LR,y_i} \\ l_{LR,x_i} \end{bmatrix} \cdot \dot{\varphi}_{GL} \right)}_{{}^L v_{GR_i}} \quad (7)$$

Die inverse Jacobimatrix J_i^{-1} für ein Schwenkrad i kann nun mit der berechneten Radgeschwindigkeit ${}^R v_{GR_i}$ und den Gleichungen (2) und (3) dargestellt werden:

$$J_i^{-1} = \frac{1}{rd} \begin{bmatrix} d \cdot c(\varphi_{LR_i}) & d \cdot s(\varphi_{LR_i}) & d \cdot (-c(\varphi_{LR_i}) \cdot l_{LR,y_i} + s(\varphi_{LR_i}) \cdot l_{LR,x_i}) \\ r \cdot s(\varphi_{LR_i}) & -r \cdot c(\varphi_{LR_i}) & -r \cdot (s(\varphi_{LR_i}) \cdot l_{LR,y_i} + c(\varphi_{LR_i}) \cdot l_{LR,x_i}) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Wie in «Kinematics and Dynamics of an Omnidirectional Mobile Platform with Powered Caster Wheels» [4] beschrieben, wird nun eine «augmented Jacobian inverse» J_{aug}^{-1} erstellt:

$$\begin{bmatrix} \omega_{w1} \\ \omega_{s1} \\ \omega_{w2} \\ \omega_{s2} \\ \omega_{w3} \\ \omega_{s3} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} J_1^{-1} \\ J_2^{-1} \\ J_3^{-1} \end{bmatrix}}_{J_{aug}^{-1}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} {}^L v_{GL,x} \\ {}^L v_{GL,y} \\ \dot{\varphi}_{GL} \end{bmatrix}}_{{}^L \dot{u}} \quad (9)$$

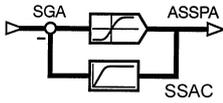
Direkte Kinematik

Für die Umrechnung der Motorgeschwindigkeiten \dot{q} in die Bewegung des Roboters \dot{u} wird die «left pseudo inverse» Jacobimatrix J_{LPI} verwendet. Sie lässt sich aus der «augmented Jacobian inverse» J_{aug}^{-1} bestimmen, siehe dazu [4] sowie die Publikation «Jacobian-Matrix-Based Motion Control of an Omni-Directional Mobile Robot with Three Active Caster» [5]. Voraussetzung für die «left pseudo inverse» Jacobimatrix J_{LPI} ist, dass mindestens zwei der drei inversen Jacobimatrizen J_i^{-1} einen korrekten Wert vorgeben.

Durch die physikalische Koppelung der Radmodule ist eine exakte Lösung durch eine «left pseudo inverse» Jacobimatrix J_{LPI} gegeben:

$$J_{LPI} = \left((J_{aug}^{-1})^T \cdot J_{aug}^{-1} \right)^{-1} \cdot (J_{aug}^{-1})^T \quad (10)$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} {}^L v_{GL,x} \\ {}^L v_{GL,y} \\ \dot{\varphi}_{GL} \end{bmatrix}}_{{}^L \dot{u}} = J_{LPI} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \omega_{w1} \\ \omega_{s1} \\ \omega_{w2} \\ \omega_{s2} \\ \omega_{w3} \\ \omega_{s3} \end{bmatrix}}_{\dot{q}_{aug}} \quad (11)$$



Zu beachten ist, dass die inverse Jacobimatrix \mathbf{J}_i^{-1} und die Jacobimatrix \mathbf{J}_{LPI} nur existieren, wenn $r \neq 0$ und $d \neq 0$. Mit der Jacobimatrix \mathbf{J}_{LPI} ist nun eine odometrische Schätzung der Position des Roboters möglich.

Dynamik

Die Dynamik des Systems wird über die Massenmatrix \mathbf{A} definiert [4]. Bei der Entwicklung des OmniMoBots wurde darauf geachtet, dass die Massenträgheitsmomente der Motoren gegenüber den Massenträgheitsmomenten der dynamischen Komponenten, wie diejenigen der Plattform und der Radmodule des Roboters, dominant sind. Dies wurde durch eine hohe Getriebeuntersetzung erreicht. Die Massenträgheitsmomente der Plattform und der Radmodule werden ebenfalls berücksichtigt, jedoch nicht ihre dynamische Veränderung. Damit lässt sich das System in einer diagonalen, vereinfachten Massenmatrix darstellen:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} I_{w,tot} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{s,tot} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{w,tot} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{s,tot} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & I_{w,tot} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{s,tot} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Unter der Annahme, dass alle drei Radmodule die gleichen Massenträgheitsmomente aufweisen, lässt sich das gesamte Massenträgheitsmoment $I_{w,tot}$ für die Räder und das gesamte Massenträgheitsmoment für die Steuerung $I_{s,tot}$ auf den Getriebeausgang wie folgt definieren:

$$I_{w,tot} = I_{motor} \cdot i_{gear,w}^2 + I_{gear,w} + \frac{1}{3} \cdot m_{Roboter} \cdot r^2 \quad (13)$$

$$I_{s,tot} = I_{motor} \cdot i_{gear,s}^2 + I_{gear,s} + \frac{1}{3} \cdot m_{Plattform} \cdot d^2 \quad (14)$$

4. Regelungskonzept

Software

Die Software des OmniMoBots wurde mit dem Softwareframework EEROS [102] in C++ entwickelt. EEROS steht für Easy, Elegant, Reliable, Open and Safe Real-Time Robotics Software Framework. Das EEROS Framework wurde an der NTB Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs entwickelt. Damit können Robotersteuerungen nach einer vorgegebenen Softwarearchitektur realisiert werden, was die Entwicklung einfach und zuverlässig macht. Das Framework erlaubt die Implementierung von hardwarenahen Echtzeit-Regelungen bis hin zu high-level Steuerungsapplikationen.

Regelungskonzept

Mit EEROS ist es möglich ein Control-System aus einzelnen Blöcken aufzubauen. Dadurch lässt sich die Regelungsstruktur auch in C++ gut veranschaulichen. Das Regelungskonzept für die Regelung eines inversen Pendels mittels eines mobilen Roboters mit aktiven Schwenkrädern besteht aus den in Abbildung 7 dargestellten Komponenten.

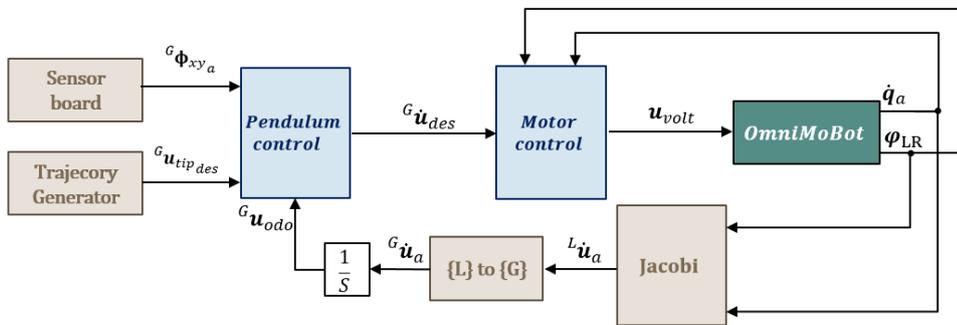


Abbildung 7:
Regelungskonzept

Im «Pendulum control»-Block ist die mathematische Beschreibung und die Regelung des inversen Pendels hinterlegt. Damit der Roboter auch während dem Stabbalancieren gesteuert werden kann, wird die Position der Stabspitze als Sollwert vorgegeben. Die im «Pendulum control»-Block berechnete Sollgeschwindigkeit des mobilen Roboters wird im «Motor control»-Block durch die inverse Jacobimatrix in Gelenkgeschwindigkeiten umgerechnet und geregelt. Der Block OmniMoBot beschreibt die Schnittstellen zum Roboter für die Ansteuerung der sechs Motoren und für das Lesen der Encoder Daten.

Die aktuellen Motorgeschwindigkeiten \dot{q}_a werden durch den «Jacobi»-Block in die aktuellen Geschwindigkeiten des KS $\{L\}$ ${}^L\dot{u}_a$ umgerechnet. Durch die Integration der im globalen KS $\{G\}$ beschriebenen Geschwindigkeiten ${}^G\dot{u}_a$ ist es möglich, die aktuelle Position des Roboters ${}^G\mathbf{u}_{odo}$ für die Ermittlung der aktuellen Stabspitzenposition \mathbf{u}_{tip_a} des inversen Pendels zu verwenden.

Motorregelung

Der zuvor in Abbildung 7 blau dargestellte «Motor control»-Block wird in diesem Kapitel näher behandelt. In Abbildung 8 ist ersichtlich, wie der Block aufgebaut ist.

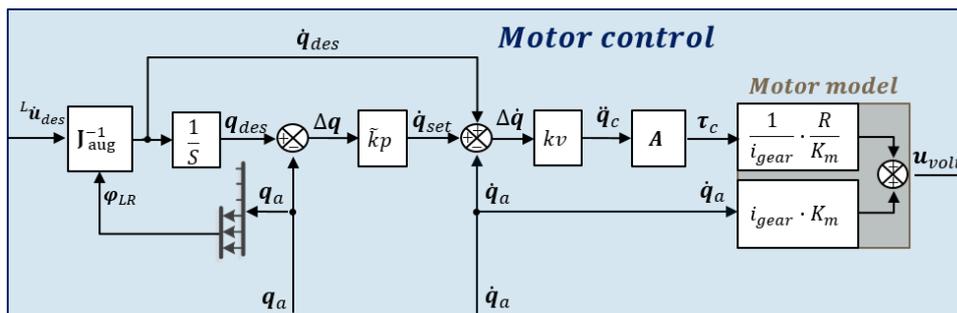
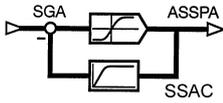


Abbildung 8:
«Motor control»-Block

Die Geschwindigkeit ${}^L\dot{u}_{des}$ wird im kartesischen Raum im KS $\{L\}$ vorgegeben, mittels der «augmented Jacobian inverse» \mathbf{J}_{aug}^{-1} ergibt sich die Vorgabe im Gelenkkoordinatensystem. Falls die Geschwindigkeit im globalen KS $\{G\}$ ${}^G\dot{u}_{des}$ vorgegeben wird, wie bei Abbildung 7, muss noch die zusätzliche Rotation des lokalen KS $\{L\}$ zum globalen KS $\{G\}$ mit φ_{GL} berücksichtigt werden. Dies wird erreicht, wenn bei der Gleichung (8) bei den Winkeln φ_{LR_i} noch der Winkel φ_{GL} addiert wird.

Durch die kaskadierte Regelung wird eine geregelte Beschleunigung \ddot{q}_c vorgegeben, c steht für control. Mit der Massenträgheitsmatrix \mathbf{A} wird das benötigte geregelte Moment τ_c für die Motoren berechnet. Für das «Motor model» wurde angenommen, dass die Generatorkonstante K_g der Motorkonstante K_m entspricht. Weiter wird die Reibung des Motors vernachlässigt.



$$\tau_c = i_a \cdot K_m = I \cdot \ddot{q} + M_L \quad (15)$$

Elektrischer Teil des Motormodells:

$$u_{volt} = R \cdot i_a + K_m \cdot \dot{q} + L \cdot \frac{di_a}{dt} \quad (16)$$

Die Veränderung des Stroms $i(t)$ ist durch die e-Funktion $i(t) = \frac{U}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{t_{el}}}\right)$ beschrieben.

Da die mechanische Zeitkonstante $t_{mech} = \frac{R \cdot I}{K_m^2}$ im Vergleich zur elektrischen Zeitkonstante $t_{el} = \frac{L}{R}$ viel grösser ist, kann der Einfluss der Stromänderung vernachlässigt werden
 $L \cdot \frac{di_a}{dt} \approx 0$

$$u_{volt} = R \cdot i_a + K_m \cdot \dot{q} = R \cdot \frac{\tau_c}{K_m} + K_m \cdot \dot{q} \quad (17)$$

Aus der berechneten Spannungsvorgabe u_{volt} wird anschliessend das PWM für den OmniMoBot generiert.

Pendulum control

In diesem Kapitel wird der in Abbildung 7 blau dargestellte «Pendulum control»-Block beschrieben. Das inverse Pendel (siehe Abbildung 4) wird durch die Regelung des Winkels des Stabes ϕ_{xy} balanciert.

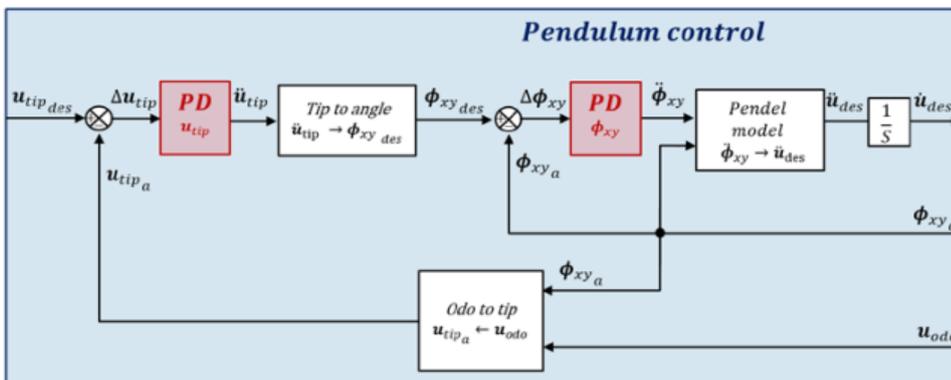


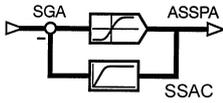
Abbildung 9:
Pendulum control

Die Stabspitzenposition $u_{tip} = [p_{tip,x}, p_{tip,y}]$ kann mittels Joystick oder Bahnplaner vorgegeben werden. Der «Pendulum control» – Block besitzt zwei kaskadierte PD-Regelungen. Mit der PD-Regelung im äusseren Regelungskreis wird die Stabspitzenposition geregelt. Die PD-Regelung im inneren Regelungskreis wird für die Regelung des Stabwinkels ϕ_{xy} benötigt. Die aktuelle Position der Stabspitze u_{tip_a} wird durch die Odometrie $u_{odo} = [p_{odo,x}, p_{odo,y}]$ und den Stabwinkel ϕ_{xy} wie folgt berechnet

$$u_{tip_a} = u_{odo} + l \cdot \sin(\phi_{xy_a}) \quad (18)$$

Nach der PD-Regelung kann mittels der folgenden Gleichung auf den erforderlichen Stabwinkel ϕ_{xy_des} geschlossen werden.

$$\phi_{xy_des} = \arctan\left(\frac{\dot{u}_{tip}}{g}\right) \quad (19)$$



Der vorgegebene Winkel $\phi_{xy\ des}$ wird mit dem Winkel, welcher mittels des «Sensor board» ermittelt wurde, verglichen. Die aus dem inneren PD-Regelungskreis entstehende Winkelbeschleunigung $\ddot{\phi}_{xy}$, wird mittels des umgeformte Momenten-Gleichgewichts des Stabes in eine Beschleunigung \ddot{u}_{des} des mobilen Roboters umgerechnet

$$g \cdot \tan(\phi_{xy\ a}) - \frac{\left(\frac{I_{stick} + S^2}{m_{stick}}\right) \cdot \ddot{\phi}_{xy}}{S \cdot \cos(\phi_{xy\ a})} = \ddot{u}_{des} \quad (20)$$

- I_{stick} : Massenträgheitsmoment des inversen Pendels
- S : Distanz bis zum Schwerpunktes des inversen Pendels (siehe Abbildung 4)

5. Ergebnis der praktischen Umsetzung

Um die Fähigkeiten des Roboters darzustellen, wird das Balancieren des Stabes aufgezeigt

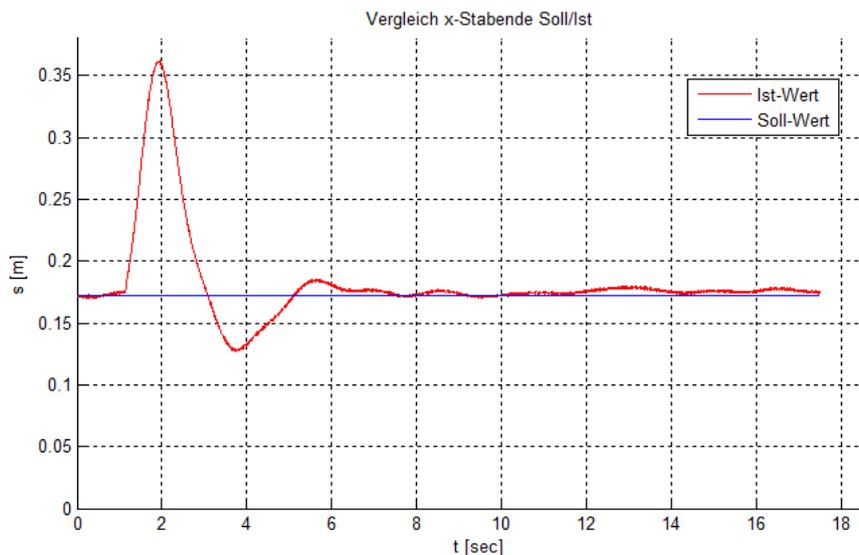


Abbildung 10:
 Stabspitzenposition
 (Störung des Stabes)

Die Abbildung 10 stellt das Ausbalancieren einer Störung anhand der Stabspitzenposition x_{tip} dar. Der Kurvenverlauf deutet auf eine geringe Dämpfung hin. Der Stab kommt erst nach ca. fünf Sekunden wieder in Ruhe. Dieses Verhalten wurde bewusst angestrebt, da es die Fähigkeit des Balancierens im Vergleich zu einer strafferen Regelung besser veranschaulicht.

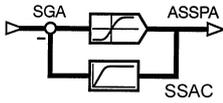
6. Zusammenfassung

Der neue omnidirektionale mobile Roboter (OmniMoBot) erreicht die Fähigkeit des omnidirektionalen Fahrens durch aktive Schwenkräder. Für den OmniMoBot entstand eine gut nachvollziehbare, einfache und effektive Regelungsstruktur, welche mit EEROS in C++ umgesetzt wurde.

Der OmniMoBot ist in der Lage, den Aluminiumstab sowohl im Stillstand als auch während des Fahrens zu balancieren. Dadurch veranschaulicht er die Dynamik und die drei Freiheitsgrade des Schwenkradantriebssystems auf eine spielerische Art und Weise. Gesteuert wird er während des Balancierens über die Vorgabe der Stabspitzenposition.

7. Video

<https://www.youtube.com/watch?v=vf5tdG74WhQ>



8. Quellen

Literatur

- [1] **J. H. Chung, Byung-Ju Yi, W. K. Kim, H. Lee** «The Dynamic Modeling and Analysis for An Omnidirectional Mobile Robot with Three Caster Wheels», IEEE, International Conference on Robotics and Automation, Taipei, Taiwan, Sept. 2003
- [2] **G. Campion, G. Bastin, B. D'Andréa-Novel** «Structural Properties and Classification of Kinematic and Dynamic Models of Wheeled Mobile Robots», IEEE, vol. 12, no.1, pp.47-62, Feb. 1996
- [3] **Bruno Siciliano, Oussama Khatib** «Handbook of Robotics», Springer Verlag, ISBN: 9783540239574, 2008
- [4] **T.Z. Maung, D. Oetomo, M.H. Ang Jr., T.K. Ng** «Kinematics and Dynamics of an Omnidirectional Mobile Platform with Powered Caster Wheels», International Symposium on Dynamics and Control, Hanoi, Vietnam, Sept. 2003.
- [5] **A. Y. Afaghani, S. Yuta, J. H. Lee** «Jacobian-Matrix-Based Motion Control of an Omni-Directional Mobile Robot with Three Active Caster», IEEE, pp. 627-633, 2011

Links

- [100] <http://www.interairport.com/europe/english/exhibitor-profile/?exhibitor=289§ion=exlist>,
aufgerufen am 01.03.2016
- [101] <http://www.vetexinc.com/vehicles/lifttruck.html>,
aufgerufen am 01.03.2016
- [102] <http://www.eeros.org/>,
aufgerufen am 01.03.2016

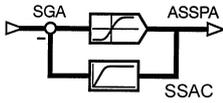
SGA-Revision 2015

Die Revisoren gehören neben dem Vorstand und den Fachdelegierten für IFAC und IMEKO zu denen, die im Hintergrund dafür sorgen, dass die Vereinsgeschäfte laufen.

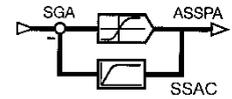


Schon vor der GV ein herzliches Dankeschön an Vance Carter und Mario Barp für ihr Engagement!





Python for control purposes



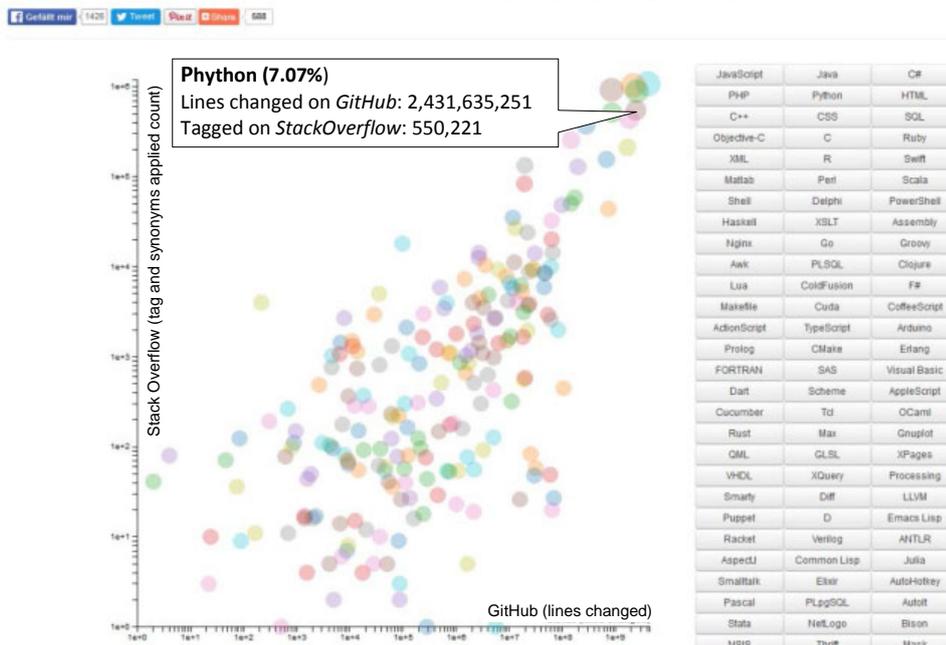
Vorstellung eines neuen Tools

Python ist eine open-source Skript-Sprache, die in den letzten Jahren eine grosse Popularität gewonnen hat.

Es gibt verschiedene Kriterien, um die Popularität einer Programmiersprache zu messen, als ein Beispiel sei der «Language Popularity Chart» unter <http://langpop.corer.nl> aufgeführt, unter dem Python in der Top Liga führt.

Ergänzungen und Werte zur Grafik können unter dem oben genannten Link zu entnommen werden.

Programming Language Popularity Chart



Im Bereich von Optimierungs-Tools (z.B. CVXOPT, CasADi) hat Python in den USA und in Europa bereits eine sehr aktive Anwendergemeinschaft gewonnen.

Professor Roberto Bucher von der SUPSI stellt Ihnen auf der Webseite der SGA unter folgendem Link www.sga-asspa.ch ein interessantes Dokument über «Python for Control Purposes» zur Verfügung, das beitragen kann, Ihre Abhängigkeit von teuren kommerziellen Tools zu verringern.

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana

SUPSI

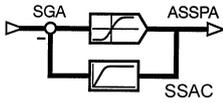
Prof. Roberto Bucher

Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana

Dipartimento Tecnologie Innovative

6928 Manno

roberto.bucher@supsi.ch



SENSOR + TEST – Das Wichtigste in Kürze 10.-12. Mai 2016



Die SENSOR+TEST ist das weltweit führende Forum für Sensorik, Mess- und Prüftechnik. 2016 werden rund 580 Aussteller aus über 30 Nationen eindrucksvoll das gesamte Spektrum der messtechnischen Systemkompetenz vom Sensor bis zur Auswertung präsentieren.

Die parallel zur Ausstellung stattfindenden Kongresse – die 18. GMA/ITG-Fachtagung «Sensoren und Messsysteme» und die «**etc2016** – European Telemetry and Test Conference» – werden die Veranstaltung mit wissenschaftlichen Grundlagen und Ausblicken in die Zukunft der Branche bereichern.

- Die SENSOR+TEST bietet das weltweit umfassendste Angebot technischer Lösungen für die Mess-, Prüf- und Überwachungsaufgaben **aller** Branchen. Sie ist die **modernste und vollständigste Leistungs- und Innovationsschau** vom Sensor bis zur Auswertung.
- Die SENSOR+TEST ist **mehr als eine Messe**: Auf der Aktionsfläche können Sie z.B. innovative Lösungen, Systeme und Produkte live im Einsatz erleben. Die Anwendung steht im Vordergrund.
- Auf der SENSOR+TEST können Sie Ihr **Fachwissen vertiefen**. Neben zwei kostenlosen Vortragsforen in der Ausstellung finden parallel hochkarätige Kongresse und Tagungen statt.



Ort: Messe Nürnberg
Info: AMA Service GmbH
www.sensor-test.com

Kostenlose Eintrittsgutscheine

Nutzen Sie den elektronischen [Vorregistrierungs-Service](#) und erhalten in wenigen Sekunden Ihren persönlichen Eintrittsgutschein im Wert von €22,00 als PDF-Datei. Gegen Vorlage dieses Gutscheins erhalten Sie an der Kasse eine kostenlose Tageskarte.

Jetzt kostenlosen Eintrittsgutschein sichern:
www.sensor-test.com/gutschein



Willkommen zum

Innovationsdialog!



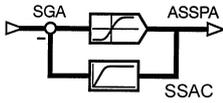
SENSOR+TEST

DIE MESSTECHNIK - MESSE

Nürnberg, 10.-12. Mai 2016

Effizient und persönlich - Wissenschaftlich fundiert - Vom Sensor bis zur Auswertung

AMA Service GmbH - Postfach 2352 - 31515 Wunstorf, Germany - Tel. +49 5033 96390 - info@sensor-test.com



SGA Generalversammlung – 31. Mai 2016 Besichtigung Zementwerk Wildegg der Jura-Cement-Fabriken AG

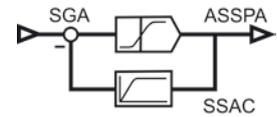
Anlässlich der diesjährigen Generalversammlung am 31.5.2016 in Wildegg findet eine Besichtigung des Zementwerkes Wildegg statt. Alle SGA Mitglieder und Gäste sind herzlich eingeladen daran teilzunehmen.

Eine gesonderte Einladung erfolgt Anfang Mai per Post. Bitte notieren Sie den Termin für GV und Besichtigung bereits heute.

Was Sie bei der Besichtigung erwartet!

Das Zementwerk Wildegg gehört im Bereich Automatisierung zu den modernsten Zementwerken weltweit. Es kommen dort gehobene Verfahren der Prozessführung zum Einsatz, z.B. modellprädiktive Regelung (engl. model predictive control, MPC).

Die Besichtigung findet statt unter der fachkundigen Leitung von Herrn Jürg Hitz, der die meisten Automatisierungsprojekte der letzten 20 Jahren in Wildegg geleitet hat. Voraussichtlich wird die Besichtigung den Kontrollraum, den Drehrohröfen, die Mühlen, das Mischbett, den Kalzinatorturm und die Verpackung umfassen.



Geschichte - Meilensteine 130 Jahre Jura Cement

1882

Friedrich Rudolf Zurlinden gründet die Firma Zurlinden & Co. und errichtet im Scheibenschachen in Aarau eine Zementfabrik.

1890

Eine zweite Zementfabrik in Wildegg wird gebaut. Nach zweijähriger Bauzeit konnte 1890 die Fabrik in Wildegg den Betrieb aufnehmen

1897

Umwandlung der Kollektivgesellschaft Zurlinden & Co. in die Aktiengesellschaft «Jura-Cement-Fabriken Aarau und Wildegg» mit Sitz in Aarau.

1929

Umstellung der Fabrik Wildegg auf Nassverfahren. Inbetriebnahme Ofen 1: Kapazität von 160'000 Tonnen Zement. Stilllegung der Fabrik Aarau

1966

Inbetriebnahme des Werkes Cornaux mit einer Kapazität von 300'000 Tonnen Zement.

1986

Bau und Inbetriebnahme des aktuellen Ofens 5 in Wildegg mit einer Kapazität von 780'000 Tonnen.

2007

125-Jahr-Jubliäum der Jura-Cement-Fabriken AG.

2008

Eine der topmodernsten Kommandozentralen weltweit wird in Betrieb genommen.

2009

Kunststoffaufbereitungsanlage zur langfristigen Sicherung der Alternativbrennstoffe wird im Werk Wildegg erstellt.

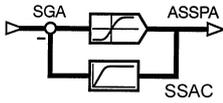
2011

Der Alternativbrennstoffeinsatz erreicht erstmals 70%

2012

Start Neubau Zementsilo C - Wichtige Investition am Standort Wildegg





Termine – Links IFAC

Infos zu allen Veranstaltungen der IFAC können Sie direkt auf der SGA Webseite entnehmen. Es sind alle IFAC News aufgeschaltet.



Termine – IMEKO

Infos und Daten zu allen IMEKO Events entnehmen Sie bitte der [IMEKO Webseite](#)

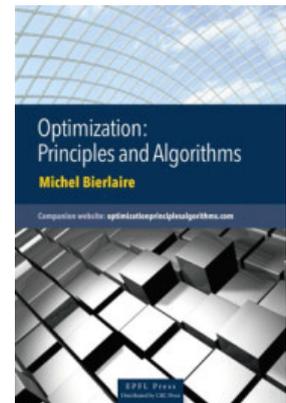
We are glad to inform you of the publication of the following book, printed and published by EPFL Press



Optimization: Principles and Algorithms – Michel Bierlaire

Every engineer and decision scientist must have a good mastery of optimization, an essential element in their toolkit. Thus, this articulate introductory textbook will certainly be welcomed by students and practicing professionals alike. Drawing from his vast teaching experience, the author skillfully leads the reader through a rich choice of topics in a coherent, fluid and tasteful blend of models and methods anchored on the underlying mathematical notions (only prerequisites: first year calculus and linear algebra). Topics range from the classics to some of the most recent developments in smooth unconstrained and constrained optimization, like descent methods, conjugate gradients, Newton and quasi-Newton methods, linear programming and the simplex method, trust region and interior point methods. Furthermore elements of discrete and combinatorial optimization like network optimization, integer programming and heuristic local search methods are also presented. This book presents optimization as a modeling tool that beyond supporting problem formulation plus design and implementation of efficient algorithms, also is a language suited for interdisciplinary human interaction. Readers further become aware that while the roots of mathematical optimization go back to the work of giants like Newton, Lagrange, Cauchy, Euler or Gauss, it did not become a discipline on its own until World War Two. Also that its present momentum really resulted from its symbiosis with modern computers, which made it possible to routinely solve problems with millions of variables and constraints. With his witty, entertaining, yet precise style, Michel Bierlaire captivates his readers and awakens their desire to try out the presented material in a creative mode. One of the outstanding assets of this book is the unified, clear and concise rendering of the various algorithms, which makes them easily readable and translatable into any high level programming language. This is an addictive book that I am very pleased to recommend. Prof. Thomas M. Lieblich

Web:
www.epflpress.org
E-mail:
prisca.thuer-bedert@epfl.ch
T: 021 693 21 30



Vorschau Messen SENSOR+TEST 2016

Die SENSOR+TEST 2016, die Messtechnik-Messe – The Measurement Fair, findet vom 10. bis 12. Mai 2016 in Nürnberg (D) statt.



Impressum

Das Bulletin erscheint dreimal jährlich und wird den Mitgliedern per E-Mail zugestellt. Es ist für PDF und Bildschirm optimiert. Die gedruckte Version erscheint daher nicht im doppelseitigen Layout.

Redaktion	SGA sensors.ch	Dr. Peter Gruber Peter Kirchofer
Gestaltung	SGA Sekretariat Christl Vogel	
Auflage	150 Exemplare SGA + 150 Exemplare SVS	

Redaktionsschluss für Bulletin Nr. 74 – August 2016

Herausgeber
Schweizerische Gesellschaft
für Automatik
Association Suisse pour
l'Automatique
Swiss Society for Automatic
Control
Adresse
SGA Sekretariat
Christl Vogel
Eggwilstr. 16a
CH.9552 Bronschhofen
Tel. 076 215 67 57
sekretariat@sga-asspa.ch

Sensors.ch-Besuch 10. Februar 2016
TISSOT SA, Le Locle, NE

TISSOT ist seit 1998 Mitglied der SWATCH Gruppe. Das Unternehmen wurde 1853 in Le Locle von Charles-Félicien Tissot, Feinmechaniker für Goldgehäuse, und seinem Sohn, Charles-Emile Tissot, Uhrmacher, gegründet. Die Uhrenbestandteile wurden damals von verschiedenen Heimwerkern gefertigt und im Tissot-Atelier in Le Locle zusammengebaut. Charles-Emile Tissot bereiste die ganze Welt, insbesondere die USA und das Russische Zarenreich, um die Tissot-Uhren überall bekannt zu machen und fördert die Ausbildung von Uhrmachern in der Schweiz.

Unter Leitung der vierten Generation, den Geschwistern Paul und Marie Tissot, fusioniert 1930 das Unternehmen mit der Fa. Omega und bildet so die SSIH (Société Suisse pour l'Industrie Horlogère).

TISSOT hat in der Vergangenheit schon immer innovative Uhren gebaut, welche sich durch die Verwendung bemerkenswerter Materialien auszeichneten (1930 eine antimagnetische Armbanduhr, in den 70-er Jahren eine erste Uhr im Kunststoff-Gehäuse, 1985 die Rockwatch, 1989 die Woodwatch) oder durch neuartige Funktionen (1986 den Twotimer, 1999 die T-Touch, 2014 die T-Touch Solar). Daher die Selbstcharakterisierung von Tissot als «Innovateurs par Tradition» («Innovatoren aus Tradition»)

TISSOT verkauft heute die selber produzierten mechanischen und elektronischen Uhren aus dem mittleren Preisbereich von Fr. 300.- bis 1'000.- in über 160 Ländern und an mehr als 13 Tausend Verkaufsstellen. In Le Locle steht das ultra-moderne Logistik-Zentrum. Hier werden fertige Uhren zum Versand in alle Welt zusammengestellt und Verkäufer geschult. Es werden hier keine Uhren oder deren Bestandteile mehr gefertigt. ETA liefert 90 % aller Teile für Tissot. Und es werden in Le Locle auch keine Uhren mehr zusammengebaut.

Ein kurzer Film zeigte Sportler und Prominente als Markenbotschafter und Träger von Tissot-Uhren und gab einen Überblick über die Tissot-Ausstellung auf 3 Etagen und in einem Volumen von 1'000 m³ an der Baselworld.

Beim Rundgang wurde uns die Entwicklung des Tissot-Logos gezeigt, welches heute in den Farben Schwarz, weiss und rot strahlt. Die gleichen drei Farben finden sich wieder in der Bemalung verschiedener Gebäude von Tissot (s. Bild) sowie den Aufenthaltsräumen für Mitarbeiter und Besucher. In einem besonderen Demonstrationsraum konnten wir verschiedene Details historischer und aktueller Tissot-Uhren studieren, teils unter Zuhilfenahme von an PCs angeschlossenen Mikroskop-Kameras, Lichtleiter-Leuchten und verschiedenen Werkzeugen.

Das durch innere Fenster einsehbare Hochregal-Lager für die verschiedenen, weltweit ausgelieferten Uhren-Modelle und Ersatzteile umfasst 32'000 Behälter. Täglich werden etwa 20'000 Uhren und 50'000 Teile gerichtet. Die Behälter werden im Belade-Bereich durch Mitarbeitende gemäss elektronischen Bestell- und Anweisungs-Formularen auf Bildschirmen manuell befüllt. Sowohl Behälter als auch Uhren und Teile sind einzeln mit Strichcodes bezeichnet. Im Abstand von einem Meter überprüfen Lese-Stationen die Behälter auf den verschiedenen Transport-Bändern. Derart wird jegliches Verschieben und Ein- und Auslagern von Material elektronisch überwacht, und jederzeit sind alle Positionen der Behälter bekannt.



TISSOT



Bild 1:
World Customer Service,
Tourelles 17, 2400 Le Locle
© Google Streetview

Bild 2:
Tissot Cube, Le Locle,
Aussenansicht
© TISSOT



Bild 3:
Belade-Station
© TISSOT

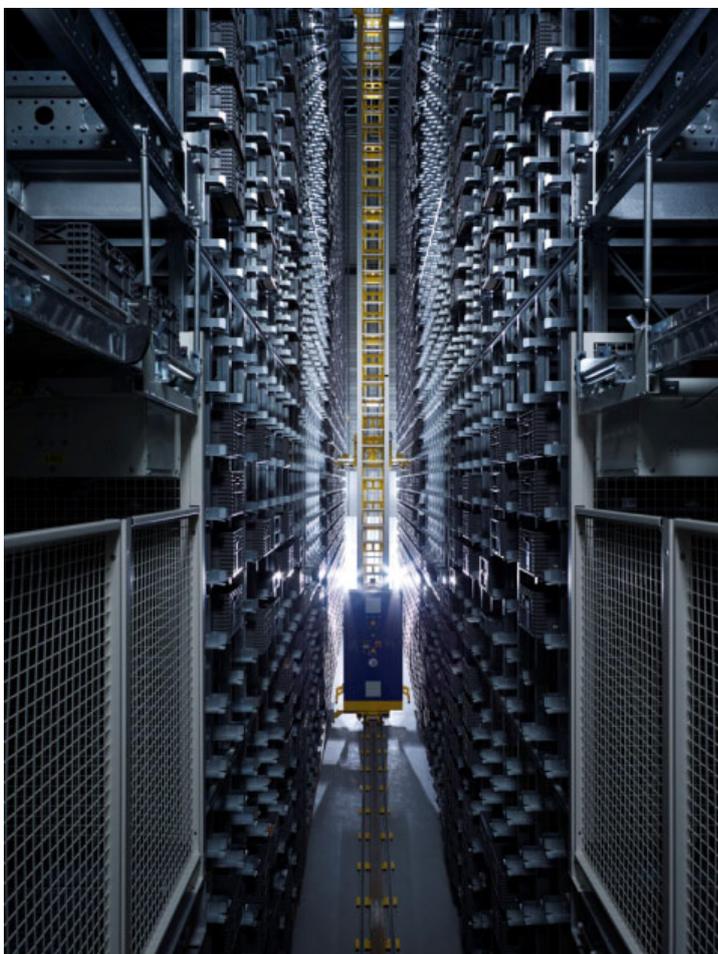


Bild 4:
Der Roboter im Hochregal-
Lager
© TISSOT

Die Qualitäts-Kontrolle für Uhren und Teile erfolgt generell an 24 Stichproben pro 1'000 Uhren bzw. Teilen.

Die Qualitäts-Kriterien sind u.a. die äussere Erscheinung, Unversehrtheit, Ästhetik, Dimensionen, Dichtheit, Gang-Genauigkeit, Rüttel-Festigkeit, Reiss-Festigkeit der Verankerung des Uhrenarmbandes, Abrieb-Festigkeit des Uhrenarmbandes usw.

Die Dichtheit wird z.B. überprüft, indem die Deformation des Uhrengehäuses im Vakuum vermessen wird. Die Rüttel-Festigkeit wird überprüft, nachdem 10 Uhrwerke in einer Metallbox während einer gewissen Zeit einer taumelnden Bewegung ausgesetzt wurden. Bei bis zu 3 Fehlern pro Los werden die fehlerhaften Prüflinge einfach ersetzt. Ab 4 Fehlern pro Los werden alle Positionen des Loses einzeln überprüft.

In einem separaten Raum konnten wir versuchen, die Unterschiede zwischen Tissot-Originalteilen und Kopien herauszufinden.

In der Reparatur- und Servicewerkstätte werden Tissot-Uhren aus dem Schweizer Markt gewartet und repariert, durch Lehrlinge, welche die regionalen Uhrmacher-Schulen besuchen. Uhren aus dem Ausland werden in dort lokalisierten Werkstätten bearbeitet.

Jedem sein Ultraschallsensor

Ultraschallsensoren eignen sich zum Detektieren von Objekten mit unterschiedlichster Grösse und Oberflächenbeschaffenheit sowie in verschiedensten Distanzen. Der innovative Schweizer Hersteller SNT Sensortechnik AG hat eine neue Sensorfamilie auf den Markt gebracht, die nun anwendungsspezifisch im Baukastensystem ausgebaut wird.



Autor:
Rolf Kuratle, MSc ETH
Inhaber
SNT Sensortechnik AG
8180 Bülach
www.sntag.ch

Ultraschallsensoren senden ein gepulstes, hochfrequentes akustisches Signal aus, welches vom Ziel reflektiert wird. Aus der gemessenen Laufzeit lässt sich die Distanz zum Objekt berechnen. Je nach Messdistanz beträgt die Genauigkeit wenige 1/10mm bis wenige mm. In der Luft wird die Schallausbreitung sehr stark gedämpft, weshalb die Reichweite auf einige Meter limitiert ist. Im Wasser zum Beispiel ist die Reichweite sehr viel höher. Wegen der grossen Schalldämpfung in der Luft ist das reflektierte Echosignal extrem klein – bis zu 100'000-mal kleiner als das ausgesendete. Die Herausforderung ist also, einerseits mit grosser Schallleistung zu senden und andererseits kleinste Signale aus einem grossen Rauschen zuverlässig herauszufiltern. SNT Sensortechnik AG verwendet dazu hohe Sendespannungen und bei der neuen Baureihe einen aufwändigen Softwarealgorithmus aus der Nachrichtentechnik.



Je nach Ausbreitungsmedium muss der sogenannte Schallwandler entsprechend angepasst sein. Man spricht von der Anpassung an die akustische Impedanz Z des Übertragungsmediums. Schallwandler für Luftanwendungen sollten eine möglichst geringe Dichte und einen tiefen E-Modul haben. Das hat bei industriellen Ultraschallsensoren für die Automatisierungstechnik zu Wandlern geführt, welche mit einer sogenannten Anpassschicht zwischen dem schwingungserzeugendem Piezoelement und der Umgebung ausgerüstet sind. Sie besteht aus einem Harz, gefüllt mit Glashohlkugeln. Dadurch ist das Material federleicht und trotzdem robust. SNT Sensortechnik AG entwickelt und baut die Schallwandler im eigenen Betrieb.

Ihre Vorteile gegenüber optischen, induktiven und kapazitiven Sensoren spielen die Ultraschallsensoren durch folgende Eigenschaften aus:

- Messen unabhängig von Material, Oberfläche, Farbe und Grösse des Zielobjekts
- Arbeiten bei Staub, Schmutz, Nebel, Licht
- Tasten transparente und glänzende Objekte ab
- Tasten flächenförmig und nicht nur punktförmig ab

Dadurch können mit Ultraschall so unterschiedliche Materialien wie Metalle, Kunststoffe, Holz, Flüssigkeiten, Granulate, Pulver, Lebensmittel etc. detektiert werden. Ob das Objekt transparent ist, spielt überhaupt keine Rolle. So polyvalent sind hauptsächlich nur Ultraschallsensoren, weshalb diese vor allem dann eingesetzt werden, wenn alle anderen Methoden versagt haben.

Standard

Bereits die Standardversion der neuen Ultraschallsensor-Generation Serie UPR-A ist so versatil, dass mit nur zwei Typen (siehe Tabelle) unterschiedlichste Applikationen bedient werden können. Der Sensor im M18 Gehäuse hat eine grosse maximale Reichweite von 1.5m. Er lässt sich mit nur einem Teach-Eingang programmieren. Speziell ist die Möglichkeit, die Grösse des Detektionsstrahls anpassen zu können.

Analogausgang	Schaltausgang
<ul style="list-style-type: none"> • z.B. für Füllstandmessung • automatische Umschaltung auf V oder mA Ausgang • programmierbare Charakteristik • programmierbare Schallkeule 	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. für Anwesenheitskontrolle • programmierbares Detektionsfenster als Schliesser oder Öffner • programmierbare Schallkeule
<ul style="list-style-type: none"> • Standardsensor mit axialem Schallaustritt • gewinkelte Version mit radialem Austritt 	<ul style="list-style-type: none"> • Standardsensor mit axialem Schallaustritt • gewinkelte Version mit radialem Austritt
	<ul style="list-style-type: none"> • Betrieb als Reflexschranke • für schwierig zu detektierende Objekte vor einem Hintergrund

Chemikalienbeständig

Die UPR-A CP Sensoren sind speziell für den Einsatz in aggressiver Umgebung konzipiert. Die hohe Beständigkeit entspricht der von PVDF bzw. PTFE. Eine mögliche Anwendung ist die Füllstandmessung von Säuren und Laugen in Behältern bis 1.5m Tiefe. Der Basis-Sensor ist ein Typ UPR-A. Die dem Medium ausgesetzte Vorderseite besteht aus PVDF. Das Herausragende an diesem Sensor ist die Tatsache, dass auch der Ultraschallwandler mit einer speziellen PTFE Folie, welche die Ultraschallwellen durchlässt, vollständig eingeschlossen ist. Die technischen Daten entsprechen denen der UPR-A Standard-Sensoren.



ATEX

Wenn mit explosionsgefährdeten Stoffen gearbeitet wird, muss der Anlagenbetreiber gemäss ATEX Richtlinie eine Sicherheitsanalyse und die daraus resultierende Zoneneinteilung vornehmen. Entsprechend der definierten Zone muss er dann einen für die Zone zugelassenen Sensor auswählen.

ATEX Zone		Explosionsfähige Atmosphäre
Gas	Staub	
0	20	ständig, langfristig oder häufig
1	21	Gelegentlich
2	22	nie oder nur kurzzeitig

Unter anderem gibt es die Zonen 2 (Gas) und 22 (Staub). Das sind Bereiche, in denen bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt. Gerade im Zusammenhang mit Staub gibt es viele solche Bereiche in der Industrie.

Für diese Zonen gibt es nun einen UPR-A Ex Sensor. Auch er basiert auf der UPR-A Baureihe und lässt sich genauso programmieren.

Edelstahl

Die meisten Ultraschallsensoren haben ein Gehäuse aus Kunststoff oder vernickeltem Messing. Das ist vor allem eine Kostenfrage. Bei gewissen Anwendungen und Industrien sind die Materialanforderungen aber höher. Sei es wegen Anwendungen im Freien oder aggressiven Reinigungsprozessen oder wegen speziellen Vorschriften zum Beispiel bei:

- Lebensmittelindustrie
- chemischer Apparatebau
- Zellstoffindustrie
- Textilindustrie
- Farbenindustrie
- Pharmazeutische Industrie
- Abwasseraufbereitung
- Salzwasserkontakt

Der neue Edelstahl-Sensor UPR-A V4A hat ein Gehäuse aus diesem höchstwertigen Edelstahl (1.4571). Frei nach dem Motto: «V2A rostet nicht - V4A rostet gar nicht».

Der Plan B

Die oben beschriebenen Sensorversionen sind Evolutionen aus dem Standardtyp. Als «B-Variante» UPR-B wurde nun eine noch kostengünstigere, abgespeckte Version entwickelt. Sie hat dieselbe Präzision wie die teureren Typen, da die komplexe Signalauswertung identisch ist. Hingegen hat der Sensor eine etwas reduzierte Messdistanz und er ist erhältlich als Näherungsschalter mit Schaltausgang. Durch diese Vereinfachung ist der Sensor auch 30 mm kürzer geworden, was ihn geradezu zu einem preisgünstigen Miniatursensor macht.



UPR-B

Ein paar typische Anwendungen sind:

- Min./Max. Füllstanddetektion von Flüssigkeiten, Granulaten und Feststoffen
- Überwachung von Füllständen in Abfüllanlagen
- Rückstaukontrolle bei Förderanlagen
- Zählen und erfassen von Objekten
- Erkennung leerer bzw. gefüllter Paletten und Behälter

Der UPR Baukasten: Jedem sein Ultraschallsensor

UPR-A	Standard
UPR-A CP	chemiebeständig
UPR-A Ex	ATEX 2/22
UPR-A V4A	rostfrei, Volledelstahl
UPR-B	kurz, low cost

Kommende Veranstaltungen

28. April 2016 Volpi AG, Schlieren

11. Mai 2016 Swiss iCAN'16 Event for the Selection of the Winner Team
Angaben zur Wettbewerbs-Teilnahme unter
< www.ican-contest.ch >

14. Juni 2016 Sensors-GV bei E+H Flowtec AG, Reinach
mit anschliessendem Besuch des Unternehmens

Bitte beachten Sie die Webseite: <http://www.sensors.ch/>



Autor:
Peter Kirchhofer
Tel. 061 281 19 45 (privat)
peter.kirchhofer@alumni.ethz.ch