

SGA – ASSPA – SSAC BULLETIN

Nr. 79 – «Optimierung eines Dieselmotors»

Editorial

Sehr verehrte Leserin, sehr verehrter Leser

nach dem frühlingshaften Januar und anschliessender Kaltphase scheint der Frühling langsam in Fahrt zu kommen. Mit Fahren befasst sich auch unser Hauptbeitrag des Bulletins und zwar mit einem Dieselmotor. Dieser ist ja in negative Schlagzeilen geraten, da bei den Abgastests getrickst wurde. Umso interessanter ist es deshalb, dass in dem Beitrag von Herr Moretto versucht wird eine Minimierung des Kraftstoffverbrauch bei gleichzeitiger Einhaltung der strengen Schadstoffemissionsgrenzwerte durch optimalen Kalibration des Gesamtsystems Motor und Abgasnachbehandlung zu erreichen. Wenn die aufwändige Kalibration erfolgreich durchgeführt werden kann, wird gezeigt, dass eine Verbesserung möglich ist. Herr Moretto ist mit seinem Beitrag der Gewinner des Förderpreises der SGA für die beste Masterarbeit.

Für die kommende Frühjahrszeit und den darauffolgenden Sommer wünsche ich ihnen allen eine möglichst schadstoffarme Luft. Und vergessen Sie die Generalversammlung nicht.

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

VORSCHAU – VORSCHAU – VORSCHAU

Nächster wichtiger Termin ist unsere Generalversammlung. Sie findet dieses Jahr am 29. Mai 2018 in Nänikon/ZH statt. Wir haben die Gelegenheit die Firma METTER TOLEDO zu besichtigen – [siehe Seite 9](#).

Please be informed about further news relating to the XXII IMEKO World Congress 2018 received from the organizers.

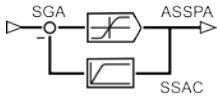
A rich and colourful programme will be provided for the attendees in parallel with the XXII World Congress of our Confederation among others highlighted these interesting events which are:

Please browse at the website of www.imeko2018.org for more details based on the following email. Thank you for your kind attention.



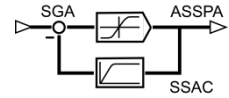
Inhalt

Editorial	1
Rückblick SGA Meeting	2
Emissionsoptimierter Dieselmotor	4
Vorankündigung SGA Generalversammlung	9
Messe SENSORS+TEST	10
Termine – Infos	11
sensors.ch – Besuch SOPROD SA	12
FSRM Schweizerische Stiftung für mikrotechnische Forschung	15
Studie «Sensortechnologien 2022» des AMA Verbandes für Sensorik und Messtechnik e.V.	17
sensors.ch kommende Veranstaltungen	18



Rückblick SGA Meeting in Yverdon les Bains

Auch 2017 wurde ein Förderpreis für die beste Master- bzw. Bachelorarbeit ausgeschrieben. Erfreulich ist, dass diese Ausschreibung immer mehr Resonanz findet und dass die Anzahl eingereichter Arbeiten immer grösser wird. Erfreulich auch, dass unserer Einladung 25 SGA Mitglieder und Vertreter aus Firmen nach Yverdon-les-Bains gefolgt sind.



Mit 25 Teilnehmern war das Meeting wiederum gut besucht.

Alles hat ja bekanntlich 2 Seiten, so wird dadurch der Aufwand für die Jury immer mehr. Dieses Jahr sah man sich deshalb veranlasst 2 Jury Gruppen zu bilden. Eine Gruppe bestehend aus Prof. Dr. Jürg Keller FHNW, Michael Hubatka Mecos AG und Prof. Dr. Raoul Herzog HEIG Yverdon-les-Bains hat die Bachelor Arbeiten gelesen, die Jury Masterarbeiten setzte sich mit Prof. Dr. Raoul Herzog, Prof. Dr. Markus Kottmann HSR, Prof. Dr. Alois Amstutz, ETHZ und Dr. Philippe de Vallière, Sofismo AG zusammen. Den Jurymitgliedern Bachelor und Master wird mit einer Flasche Wein für ihr Engagement gedankt.

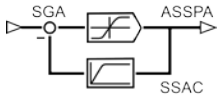


Die Arbeit von Herrn Raphael Agner HSLU T&A, mit dem Titel: «Regelung von Schicht-speicher-Systemen mit Zwischenkreisläufen» wurde am Meeting persönlich vorgestellt und prämiert. Dem Preisträger auch an dieser Stelle noch einmal herzlichen Glückwunsch und für den weiteren Berufsweg alles Gute.



Preisträger mit Urkunden

Die Master-Arbeiten waren allesamt von sehr hoher Qualität, so dass letztlich die Präsentation und Fragerunde am Meeting direkt zur Entscheidung führten.



Der Vorstand hat daher beschlossen einen ersten Preis in Höhe von 1'000.- CHF und zwei zweite Preise in Höhe von je 500.- CHF zu vergeben. Der erste Preis wurde Herrn Giordano Moretto von der ETH Zürich zugesprochen. Die Arbeit hatte den Titel «Optimal Calibration of Internal Combustion Engines». Die beiden zweite Preise gingen an Frau Tabea Méndez Hochschule für Technik Rapperswil mit dem Titel «Fingerspitzen-Tracking im 3D-Raum» und an Herrn Vinzenz Minnig von der EPFL Lausanne und dem PSI mit dem Titel «A high-precision gain-scheduled controller for the beam intensity regulation in proton therapy treatments».



Preisträger mit Urkunden

Nach der Preisverleihung ging es auf einen interessanten Rundgang durch einige Labore der HEIG-VD, die Gastgeber an unserem Meeting war.

Herr Schorderet stellte die interdisziplinäre Plattform MecatronYx vor, an der mehrere Institute der HEIG-VD beteiligt sind. Ein Schwerpunkt ist die Trajektorien-Optimierung von Werkzeugmaschinen mit Berücksichtigung des Schwingungsverhaltens. Durch Anwendung der optimalen Regelung können Produktivitätssteigerungen von Fräsprozessen bei gleichbleibender Werkstück-Qualität erreicht werden. Eine dreiachsige hochdynamische Mikrofräsmaschine mit einem Arbeitsbereich von 50x50x50 Millimeter wurde gezeigt.

Herr Tognolini stelle ein KTI Projekt mit der Genfer Firma Contexa vor. Es wurde eine volumetrische Dosiermaschine entwickelt, bei der bis zu 500 flüssige Substanzen für die Parfüm-Herstellung im Bereich von wenigen Millilitern bis zu 1'000 Liter parallel dosiert werden. Jede Flüssigkeit wird dabei von einer intelligenten Spritze mit einer Präzision von 10 Milligramm dosiert. Die volumetrische Dosierung kompensiert automatisch die temperaturabhängige Dichte und erkennt die allfällige Präsenz von Luftblasen, die die Präzision der Dosierung beeinträchtigen.

Herrn Herzog als Hauptorganisator und seinen Helfern bei der Führung an dieser Stelle ein herzliches Dankeschön. Natürlich auch für den von der HEIG-VD gesponserten Apéro, der wie immer das Networking angenehm unterstützt.



Emissionsoptimierter Dieselmotor



ETH Zurich

Einleitung

Die Forschungsgruppe von Professor Onder am Institut für dynamische Systeme und Regelungstechnik IDSC an der ETH Zürich befasst sich mit der Regelung und Optimierung von Verbrennungsmotoren. Im Rahmen des Forschungsprojekts «Emissionsoptimierter Dieselmotor» wurde ein Dieselmotor bezüglich Verbrauch und Emissionen ganzheitlich und systematisch optimiert. Der Hauptfokus des Forschungsprojekts liegt auf der variablen Kalibration des Dieselmotors. Durch die variable Kalibration lässt sich der Verbrennungsmotor optimal auf die jeweilige Situation anpassen, so dass die Emissionsgrenzwerte eingehalten werden bei gleichzeitig optimalem Verbrauch. Im Rahmen der Masterarbeit «Optimal Calibration of Internal Combustion Engines» wurde eine systematische Grundlage zur statischen Modellierung des Motors erarbeitet. Zusätzlich wurde eine Methodik entwickelt, wie die Unsicherheit in der Modellvorhersage für eine robuste Optimierung verwendet werden kann.

Autor

Giordano Moretto
ETH Zürich
Institut für Thermotronik
Sonneggstrasse 3
8092 Zürich

[E-Mail](#)

Emissionsoptimierter Dieselmotor

Das höhere Kompressionsverhältnis, sowie der magere und dadurch ungedrosselte Betrieb des Dieselmotors führen zu einer verbesserten Effizienz im Vergleich zum Ottomotor und somit auch zu verringertem Kraftstoffverbrauch und CO₂ Emissionen. Durch die hohen Spitzentemperaturen und magere Bereiche während der Verbrennung kommt es jedoch zu einer erhöhten Stickoxidbildung im Motor. Wird ein konventioneller Dieselmotor verbrauchsarm kalibriert, so resultieren zwangsläufig höhere Rohstickoxidemissionen. Dieser Trade-off ist in Abbildung 1 ersichtlich.

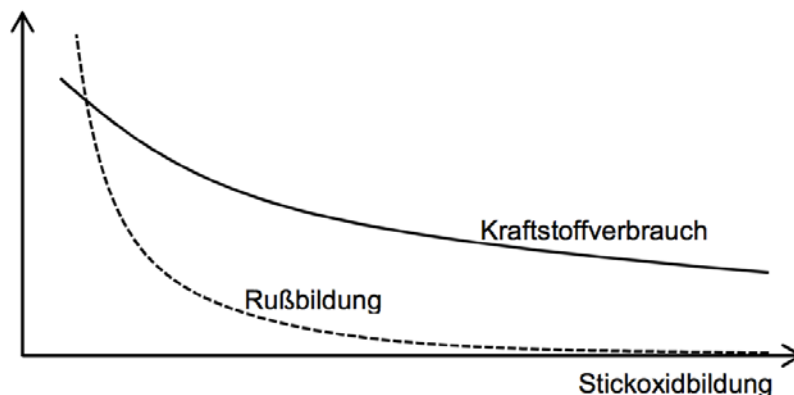


Abbildung 1:
Qualitative Trade-offs der
Rohemissionen und Ver-
brauch eines konventio-
nellen Dieselmotors

Um strenger werdende Anforderungen an Verbrauch und Schadstoffemissionen zu erfüllen, werden immer mehr Aktuatoren und Sensoren in den Motoren eingebaut, welche es erlauben die Trade-off Kurven zu verschieben. Zusätzlich bedarf es einer Abgasnachbehandlung. Die erhöhte Anzahl an Aktuatoren erschwert die Kalibration des Motors jedoch deutlich. Oft wird der Motor getrennt von der Abgasnachbehandlung kalibriert. Im Forschungsprojekt «Emissionsoptimierter Dieselmotor» werden systematische Ansätze untersucht, um das Gesamtsystem, Motor und Abgasnachbehandlung, zu optimieren. Dabei ist es erforderlich, dass jede Komponente eine variable Kalibration beibehält und nicht schon früh im Entwicklungsstadium eingefroren wird.

Der moderne Dieselmotor

Moderne Dieselmotoren verfügen über Turboaufladung, Direkteinspritzung und zahlreiche innermotorische Stellglieder zur Beeinflussung der Rohemissions- und Drehmomentbildung. Ein wichtiger Bestandteil der Drehmomentbildung ist der Turbolader und die Menge an eingespritztem Kraftstoff. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung eines modernen Dieselmotors. Die Abgasrückführung (AGR) über ein Ventil wird genutzt um den Sauerstoffanteil in der angesaugten Frischluft der Zylinder zu verringern, wodurch die Stickoxidemissionen deutlich reduziert werden können.

Als wichtige Stellgrösse wird das Verhältnis x_{BG} zwischen Abgas und Frischluft im Ansaugkrümmer erachtet. Daher wird das AGR-Ventil als Stellgrösse in einem Regelkreis für ein gewünschtes x_{BG} genutzt. Die Rezirkulation der Abgase resultiert in einer verlangsamten Verbrennung was neben der reduzierten Stickoxidbildung zu einem verstärkten Russausstoss führt. Durch die Einlasskanalabschaltung (EKAS) erhöht sich die Turbulenz der angesaugten Luft im Zylinder, wodurch sich die Verbrennung verbessert und die Russ-emissionen gesenkt werden können. Ein weiteres wichtiges Stellglied ist der Zeitpunkt der Dieseleinspritzung (Start Of Injection, SOI), worüber der Schwerpunkt der Verbrennung beeinflusst werden kann. Eine frühe Kraftstoffeinspritzung führt zu einer hohen Effizienz, jedoch auch zu hohen Stickoxidemissionen. Im Gegensatz führt eine späte Einspritzung zu einer verminderten Effizienz, aber auch zu geringeren Stickoxidemissionen. Für das Forschungsprojekt wurden die Abgasrückführrate, die Einlasskanalabschaltung und der Einspritzzeitpunkt als massgebliche Stellgrössen für die Beeinflussung der Roh-Emissions-Charakteristik des Motors gewählt.

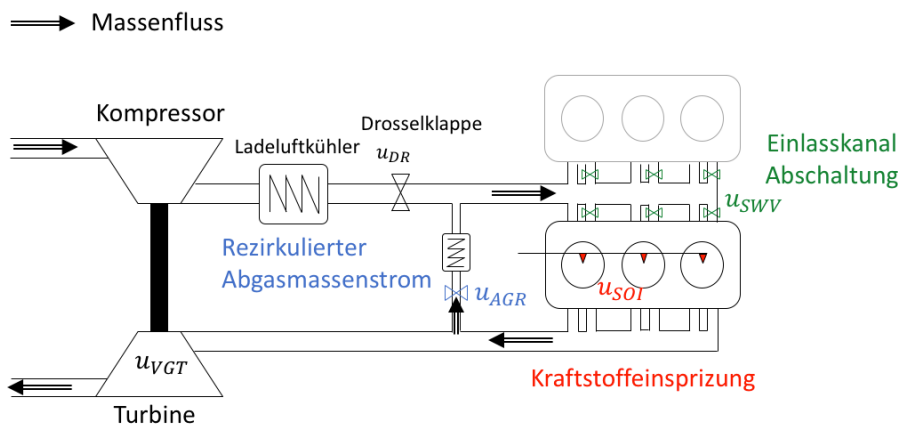
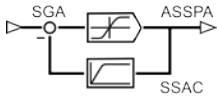


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines modernen Dieselmotors mit Turboaufladung und Direkteinspritzung

Modellierung des Motors

Für eine Optimierung des Gesamtsystems braucht es Modelle, welche Drehmoment, Stickoxid- und Russemissionen in Abhängigkeit der gewählten Stellglieder abbilden. In dieser Masterarbeit werden dazu datengetriebene Modelle benutzt, welche effizient mithilfe statistischer Versuchsplanung und statistischer Modellierung erstellt werden können. Als statistische Modelle werden polynomiale Modelle in Verbindung mit einfachen neuronalen Netzwerken benutzt. Die Motorcharakteristik wird durch die Modelle jedoch nur statisch an ausgewählten Punkten im Motorkennfeld abgebildet. Diese Betriebspunkte im Motorkennfelds sind durch eine gegebene Motordrehzahl ω_e und Einspritzmenge $\dot{m}_{fuel}$ definiert.

$\dot{m}_{NOx} = f_{NOx}(\dot{m}_{fuel}, \omega_e, u_{SOI}, u_{EKAS}, x_{BG})$	$\dot{m}_{fuel}$: Kraftstofffluss
$\dot{m}_{PM} = f_{PM}(\dot{m}_{fuel}, \omega_e, u_{SOI}, u_{EKAS}, x_{BG})$	ω_e : Motordrehzahl
$T_e = f_{T_e}(\dot{m}_{fuel}, \omega_e, u_{SOI}, u_{EKAS}, x_{BG})$	$\dot{m}_{NOx}$: Stickoxidemissionen Motor
	$\dot{m}_{PM}$: Russemissionen Motor
	T_e : Drehmoment Motor
	u_{SOI} : Einspritzzeitpunkt Diesel
	u_{SWV} : Einlasskanalabschaltung
	x_{BG} : Verhältnis zwischen Abgas und Frischluft im Ansaugkrümmer



Optimalität

Ziel der optimalen Kalibration des Gesamtsystems Motor und Abgasnachbehandlung ist die Minimierung des Kraftstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Einhaltung der Schadstoffemissionsgrenzwerte. Diese Problemstellung kann als optimales Steuerungsproblem formuliert werden.

$\int_{\text{cycle}} \dot{m}_{\text{fuel}} dt$ s. t. $m_{NOx} \leq m_{NOx, \text{legislation}}$ $m_{PM} \leq m_{PM, \text{legislation}}$ $T_e = T_{\text{cycle}}$	$\dot{m}_{\text{fuel}}$:	Kraftstofffluss
	m_{NOx} :	Kumulierter Stickoxidausstoss über Zyklus
	$m_{NOx, \text{legislation}}$:	Erlaubter Stickoxidausstoss über Zyklus
	m_{PM} :	Kumulierter Russausstoss über Zyklus
	$m_{PM, \text{legislation}}$:	Erlaubter Russausstoss über Zyklus
	T_e :	Drehmomentanforderung Motor
	T_{cycle} :	Drehmomentanforderung Zyklus

Die Minimierung erfolgt über einen Fahrzyklus, wie zum Beispiel dem realitätsnahen Fahrzyklus WLTP (*Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure*). Dabei wird angenommen, dass der Motor im transienten Verhalten mithilfe der statischen Modelle gut abgebildet werden kann. Dies wird mithilfe leistungsfähigen Reglern garantiert. Das optimale Steuerungsproblem kann durch das Minimum-Prinzip von Pontryagin umformuliert werden. Dabei ergibt sich die Kostenfunktion H bestehend aus einer weiteren Kostenfunktion $\mathcal{H}_1$, welche den Trade-off zwischen Russ und Kraftstoffverbrauch regelt. Die Kostenfunktion $\mathcal{H}_1$ ist dann im Trade-off zu den Stickoxidemissionen.

$\mathcal{H}_1(\mu_{PM}) = \mu_{PM} \dot{m}_{PM} + (1 - \mu_{PM}) \dot{m}_{\text{fuel}}$	$\mu_{NOx} \in [0,1]$: Penalisierung Stickoxidemissionen
$\mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx}) = (1 - \mu_{NOx}) \mathcal{H}_1(\mu_{PM}) + \mu_{NOx} \dot{m}_{NOx}$	$\mu_{PM} \in [0,1]$: Penalisierung Russemissionen

Durch die Wahl der Faktoren μ kann die Gewichtung zwischen Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen eingestellt werden. Wird zum Beispiel die Gewichtung $\mu_{NOx} = 0$ gewählt, so werden in der Optimierung ausschliesslich Kraftstoffverbrauch und Russausstoss berücksichtigt, während der Stickoxidausstoss ausser Acht gelassen wird. Bei einer Wahl von $\mu_{NOx} = 1$, verschwindet der Einfluss von Russ und Verbrauch in $\mathcal{H}$, so dass nur die Stickoxidemissionen in der Optimierung betrachtet werden. Zwischen den Werten von 0 und 1 sind beliebige kontinuierliche Werte möglich. Die Gewichtungsfaktoren μ bestimmen daher die Emissionsstrategie des Fahrzeugs.

Trade-off Kurven

Mithilfe der statischen Motorenmodelle und einem einfachen Modell der Abgasnachbehandlung lassen sich Simulationen für verschiedene Fahrzyklen durchführen. Durch die Minimierung der Kostenfunktion $\mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx})$ lassen sich Trade-off Kurven des Gesamtsystems abbilden. Abbildung 3 zeigt eine Trade-off Kurve zwischen Verbrauch und kumulierten Stickoxidemissionen für eine gewählte Strategie μ_{PM} über einen Fahrzyklus. Alle Lösungen entlang der Kurve sind Pareto-optimal, da die Minimierung einer Grösse zur Erhöhung einer anderen führt. Um nun eine gewünschte Abgasnorm zu erreichen muss nur die richtige Gewichtung μ_{NOx} gewählt werden. Da die Trade-off Kurve Pareto-optimal ist, ergibt sich gleichzeitig ein minimaler Kraftstoffverbrauch bei Einhaltung der Emissionsgrenzwerte. Die optimalen Stellgrössen u^o zum Motorbetrieb ergeben sich dann als Argumente der optimalen Lösung

$$\operatorname{argmin} \mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx}) = \begin{pmatrix} u_{SOI}^o \\ u_{EAS}^o \\ x_{BG}^o \end{pmatrix} := u^o(\mu_{PM}, \mu_{NOx})$$

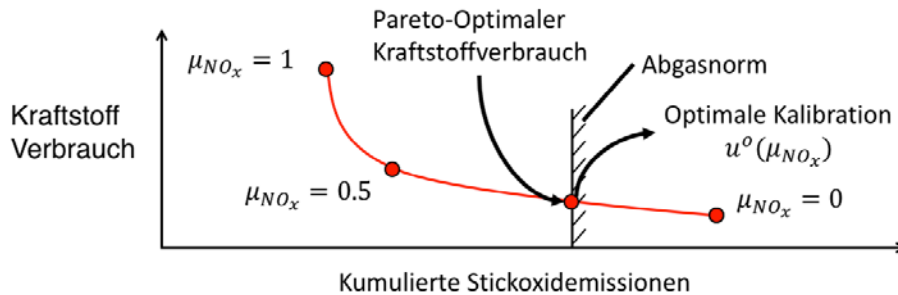
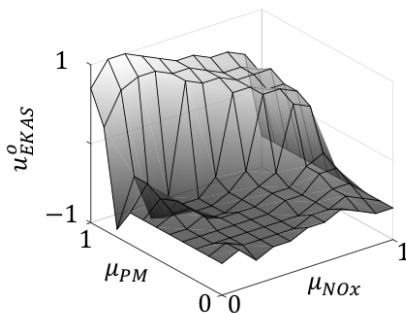


Abbildung 3: Trade-off zwischen kumulierten Stickoxidemissionen und Kraftstoffverbrauch für eine gesetzte Rucksackstrategie μ_{PM} . Um die gesetzlichen Emissionsgrenzwerte zu erreichen, muss lediglich die richtige Strategie μ gewählt werden. Die optimalen Stellgrößen u^o für den Motor ergeben sich als Argumente der optimalen Lösung.

Optimale Lösung

Abbildung 4 zeigt zwei verschiedene optimale Stellwerte für die Einlasskanalabschaltung u_{EKAS}^o in Funktion aller denkbaren Gewichtsstrategien. Es ist ersichtlich, dass die optimale Stellgröße u_{EKAS}^o abhängig vom gewählten Datensatz ist, welcher zur Modellbildung von $\dot{m}_{NOx}$, $\dot{m}_{PM}$ und T_e genutzt wird. Diese Diskrepanz kann durch die geringe Sensitivität der Kostenfunktion $\mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx})$ gegenüber der Stellgröße u_{EKAS} erklärt werden. Um die Sensitivität einer Stellgröße auf die Kostenfunktion $\mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx})$ zu quantifizieren, kann die Unsicherheit in den Vorhersagen der Größen $\dot{m}_{NOx}$, $\dot{m}_{PM}$ und T_e genutzt werden. Dies ist möglich da es sich um statistische Modelle handelt, mit welchen Konfidenzintervalle für Vorhersagen erstellt werden können.

Datensatz 1



Datensatz 2

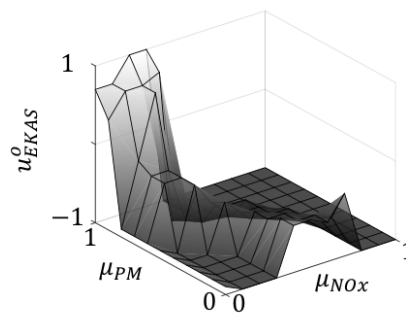


Abbildung 4: Optimale Ventilstellung zur Einlasskanalabschaltung. Unterschiedliche optimale Stellgrößen resultieren aus verschiedenen Datensätzen.

Durch die Verwendung der Konfidenzintervalle in der Kostenfunktion $\mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx})$ resultiert nicht nur eine optimale Lösung u^o , sondern ein optimaler Lösungsraum U^o , in welcher die optimale Lösung liegen kann. Abbildung 5 links zeigt den optimalen Lösungsraum U^o der Kostenfunktion $\mathcal{H}(0.3, 0.5)$ für einen ausgewählten Betriebspunkt im Motorenkennfeld. Abbildung 5 rechts zeigt die Projektion des Lösungsraums U^o auf die verschiedenen Stellgrößen. Der rote Punkt zeigt die optimale Lösung u^o , welche aus der Minimierung der Kostenfunktion $\mathcal{H}(0.3, 0.5)$ resultiert. Der blaue Punkt zeigt eine alternative Lösung, welche sich nicht wesentlich in den Stellgrößen u_{SOI} und x_{BG} , jedoch stark in der Stellgröße u_{EKAS} unterscheidet. Aus der Projektion des optimalen Lösungsraums U^o lässt sich folgern, dass die Einlasskanalabschaltung u_{EKAS} für die gewählte Strategie μ keinen grossen Einfluss auf die optimale Lösung hat. Mithilfe des optimalen Lösungsraums U^o lässt sich also der Einfluss eines Stellglieds u auf die Kostenfunktion $\mathcal{H}(\mu_{PM}, \mu_{NOx})$ quantifizieren. Diese Erkenntnis bietet einen zusätzlichen Freiheitsgrad, welcher bei der Erstellung von optimalen Kennfeldern berücksichtigt werden kann. Dieser Freiheitsgrad kann zum Beispiel bei der Glättung von Motorkennfelder genutzt werden, welche wichtig sind für ein gutmütig transientes Verhalten des Motors.

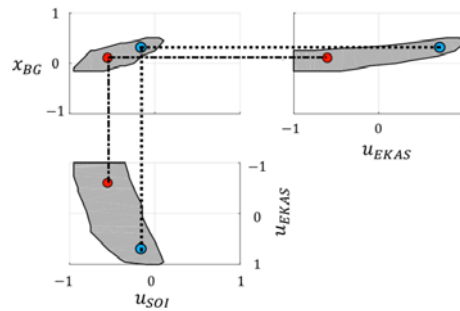
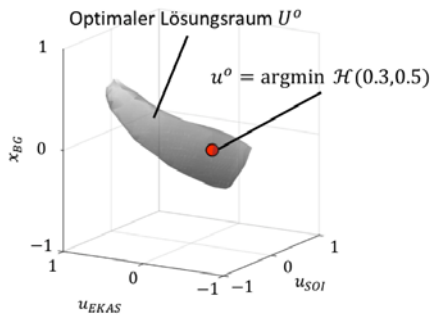
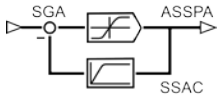


Abbildung 5:
Optimaler Lösungsraum U^o
bei einer fixen Motordreh-
zahl ω_e , Kraftstoffverbrauch
 $\dot{m}_{fuel}$ und gewählter Strate-
gie $\mu_{PM} = 0.3$, $\mu_{NOx} = 0.5$.
Der rote Punkt zeigt die
Lösung, welche als Argu-
ment der Kostenfunktion
 $\mathcal{H}(0.3, 0.5)$ resultiert.

Modellunsicherheit in der Trade-off Kurve

Die Konfidenzintervalle für die Vorhersage der statistischen Modelle $\mathcal{H}(0.3, 0.5)$, $\dot{m}_{NOx}$ und T_e lassen sich in die Trade-off Kurven des Motors übertragen. Abbildung 6 zeigt zwei Trade-off Kurven für einen gewählten Betriebspunkt des Motorenkennfelds und gesetzte Russstrategie $\mu_{PM} = 0.3$. Abbildung 6 links zeigt, dass mit stärkerer Gewichtung der Stickoxidemissionen ($\mu_{NOx} \rightarrow 1$) in der Kostenfunktion $\mathcal{H}(0.3, \mu_{NOx})$ die Varianz der Russ- emissionen zunimmt. Bei einer Vernachlässigung der Stickoxidemissionen $\mu_{NOx} \rightarrow 0$ in der Kostenfunktion $\mathcal{H}(0.3, \mu_{NOx})$, steigt die Varianz der Stickoxidemissionen. Dieses Verhalten ist zu berücksichtigen, falls extreme Gewichtungen gewählt werden.

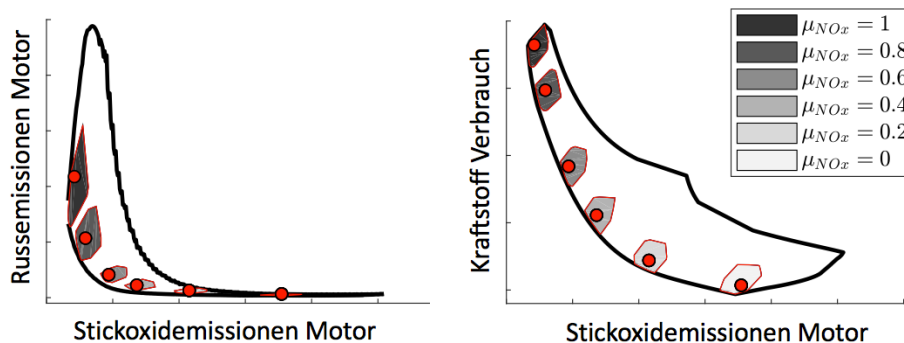
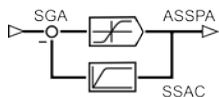


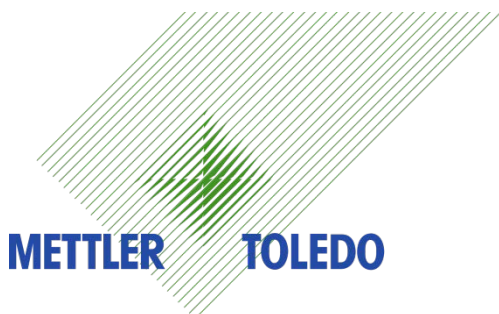
Abbildung 6: Trade-off
Kurven der Kostenfunktion
 $\mathcal{H}(0.3, \mu_{NOx})$, der Rohemis-
sionen und Kraftstoffver-
brauch des Motors für
einen Betriebspunkt im
Motorenkennfeld.

Schlussfolgerung

Die variable Kalibration des Dieselmotors und der Abgasnachbehandlung erlaubt es die Emissionsgrenzwerte einzuhalten bei gleichzeitig optimalem Kraftstoffverbrauch. Für die statische Modellierung des Motors eignen sich statistische Modelle, welche sich effizient mit statistischer Versuchsplanung erstellen lassen. Ein weiterer Vorteil statistischer Modelle ist die Erstellung von Konfidenzintervallen, mit welcher ein Unsicherheitsbereich für eine Vorhersage erstellt werden kann. Durch die Unsicherheit ergibt sich in der Optimierung ein optimaler Lösungsraum, in welcher die optimale Lösung der Stellgrößen liegen kann. Der optimale Lösungsraum erlaubt weiterhin eine Sensitivitätsanalyse für die einzelnen Stellgrößen, wodurch eine modellbasierte Glättung der Motorkennfelder möglich wird. Die Unsicherheit der Modelle kann auch in die Trade-off Kurven projiziert werden, um die Varianz der Schadstoffemissionen in der Optimierung zu berücksichtigen.



Vorankündigung SGA Generalversammlung – 29. Mai 2018



**Save the Date – Terminankündigung
Generalversammlung 2018**

29. Mai 2018 – 14 Uhr in 8606 Nänikon

Anlässlich der GV ermöglicht Ihnen die SGA eine Besichtigung der Firma Mettler Toledo in Nänikon. Mettler Toledo ist in verschiedenen Bereichen der Messtechnik Marktführer. Besonders hervorgehoben sind:

Hochschulen, Wissenschaft

METTLER TOLEDO bietet hochmoderne Waagen, Pipetten, Analyseinstrumente und Geräte für Onlinemessungen. Die Produkte bieten maximale Genauigkeit, Benutzerfreundlichkeit und Robustheit, was sie für zahlreiche Wissenschaftler und Forscher zum Instrument der Wahl macht.

Bildung

Versuche zu grundlegenden und angewandten naturwissenschaftlichen Prinzipien werden eindeutig von Waagen, Pipetten und Analyseinstrumenten von METTLER TOLEDO unterstützt.

Chemie und Physik

Analyseinstrumente und Equipment für Synthese, Reaktionsforschung und Charakterisierung neuer Verbindungen und Materialien sowie Waagen für verschiedene Anwendungen stellen das Schlüsselangebot von METTLER TOLEDO für chemische und physikalische Forschungslabors dar.

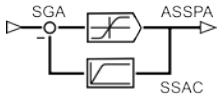
Biowissenschaften

Grundlegende Tasks, z. B. Pipettieren, Wägen oder Einstellen des pH-Werts, sind dank der Laborlösungen von METTLER TOLEDO leicht und zuverlässig möglich. Die modernen Instrumente sind benutzerfreundlich und verringern die Belastung sowie das Risiko von Bedienungsfehlern.

Materialwissenschaft

Viele Messgeräte und Analyseinstrumente unterstützen Wissenschaftler und Forscher in einer Vielzahl von Disziplinen und helfen dabei, Erfindungen und Neuheiten zu entdecken und auszuarbeiten. Die Produktpalette von METTLER TOLEDO umfasst unter anderem: Hochpräzise Waagen, Messinstrumente für pH-Wert, gelösten Sauerstoff, Dichte, Brechungsindex, Schmelzpunkt und weitere; thermische Analyse oder Systeme zur Partikelcharakterisierung.





Messe SENSORS+TEST – 26.-28.6.2018 in Nürnberg

Die SENSOR+TEST ist das weltweit führende Forum für Sensorik, Mess- und Prüftechnik. 2017 präsentierten 569 Aussteller aus 29 Nationen eindrucksvoll das gesamte Spektrum der messtechnischen Systemkompetenz vom Sensor bis zur Auswertung.

Die parallel zur Ausstellung stattfindenden Kongresse - die 19. ITG/GMA-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2018 und die ettc2018 European Test and Telemetry Conference - werden die Veranstaltung mit wissenschaftlichen Grundlagen und Ausblicken in die Zukunft der Branche bereichern.

Die SENSOR+TEST ist mehr als eine Messe, denn das Aktionsprogramm bietet Ihnen neben der Ausstellung zahlreiche Möglichkeiten, sich über den Stand der Technik zu informieren.

Z.B. in den Fachforen, auf denen Aussteller Ihnen ihre Messeneuheiten vorstellen und auf der Aktionsfläche mit erlebbaren Anwendungen der Sensorik, Mess- und Prüftechnik.

Ausstellungsspektrum

- Sensorelemente, Sensoren, Sensorsysteme und sensorische Messgeräte, Dienstleistungen, Forschung und Entwicklung für Sensortechnologien
- Messtechnische Systeme, Geräte, Komponenten und Software
- Mess- und Prüftechnik für Fahr-/Flugzeugtechnik, Material- und Qualitätsprüfung, kundenspezifische Mess- und Prüfsysteme
- Labormesstechnik, Kalibrier-, Analyse- und Prüfgeräte
- Kalibriersysteme und -dienstleistungen für die Mess- und Prüftechnik

Der elektronische Vorregistrierungs-Service für Ihren persönlichen Eintritts-Gutschein zur SENSOR+TEST 2018 steht Ihnen hier zur Verfügung.

Sichern Sie sich damit frühzeitig und unkompliziert Ihr **kostenloses** [Messeticket](http://www.sensor-test.com/gutschein).



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



Willkommen zum

Innovationsdialog!



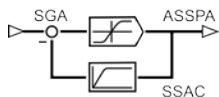
SENSOR+TEST

DIE MESSTECHNIK - MESSE

Nürnberg, 26. – 28. Juni 2018

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

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



Termine – Links IFAC

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

Sollten Sie die Mails, mit denen wir Ihnen jeweils die IFAC News als PDF weiterleiten nicht mehr griffbereit haben, finden Sie diese auch auf unserer Webseite unter: www.sga-asspa.ch

Termine – IMEKO (International Measurement Confederation=

Infos und Daten zu allen IMEKO Events entnehmen Sie bitte der [IMEKO Webseite](http://www.imeko.org)

Die neueste ACTA IMEKO ist erschienen, neben dem Journal MEASUREMENT das Hauptpublikationsorgan der IMEKO <https://acta.imeko.org/index.php/acta-imeko/issue/current>.

Ältere Bände findet man dann unter dem Register «ARCHIVES» oder direkt <https://acta.imeko.org/index.php/acta-imeko/issue/archive>

Messe SENSORS+TEST 2018

Die SENSOR+TEST in Nürnberg ist die perfekte und internationale Technologie-Plattform für den Innovationsdialog zwischen Anbietern und Anwendern von Sensorik, Mess- und Prüftechnik. Als modernste und vollständigste Leistungs- und Innovationsschau bietet sie das weltweit umfassendste Angebot an Mess-, Prüf- und Überwachungslösungen für alle Industriebranchen. Intensive Fachgespräche stehen hier im Vordergrund.

Link zum Gratisticket siehe [Seite 10](#)



Die Fachtagung «Sensoren und Messsysteme» findet parallel zur Messe SENSOR+TEST im Nürnberg statt. An zwei Tagen sind neben eingeladenen Beiträgen und Übersichtsvorträgen Präsentationen in parallelen Sitzungen und Poster-Sitzungen vorgesehen. Weitere Infos unter <http://www.vde.com/sensoren2018>



Generalversammlung SGA

- Im Anschluss an die Besichtigung der Firma Mettler Toledo in Nänikon findet die diesjährige Generalversammlung statt. Wir hoffen mit den Infos zur Firma METTLER TOLEDO auf [Seite 9](#) bereits Ihre Neugierde geweckt zu haben.
- Weitere Details erhalten Sie mit der offiziellen Einladung zur diesjährigen GV



Administration

Sollten Sie inzwischen eine E-Mail Adresse haben oder hat sich Ihre E-Mail Adresse geändert, so sind wir Ihnen dankbar, wenn Sie uns dies mitteilen.

Auch bei Adressänderungen bitten wir Sie um eine kurze Info – Besten Dank im Voraus!

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 Dr. Peter Gruber
sensors.ch Peter Kirchhofer

Gestaltung SGA Sekretariat Christl Vogel

Auflage 150 Exemplare SGA + 150 Exemplare sensors.ch

Redaktionsschluss für Bulletin Nr. 80 – August 2018

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 vom 07. Dezember 2017 SOPROD SA, Sion

Die 1966 gegründete Uhrmacherfirma SOPROD SA gehört heute zur 1980 durch den spanischen Kaufmann Miguel Rodriguez gegründeten Festina-Group. Die Swiss Festina Group mit Sitz in Biel beschäftigt etwa 400 Mitarbeitende, SOPROD SA hat 250 Mitarbeitende.

SOPROD SA entwickelt und fertigt mechanische Uhrwerke und Quarzwerke, einschliesslich Komplettsysteme für vernetzte Uhren. 2005 erfolgte die Gründung des Geschäftsbereichs Outsourcing mit grossen Produktionskapazitäten für mittlere und grosse Serien von gestanzten, gespritzten und umspritzten Bauteilen.

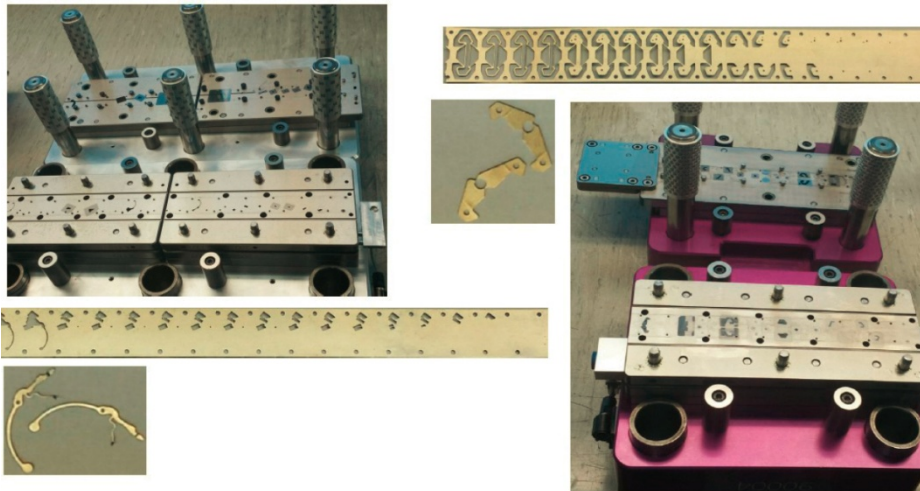


Bild 1: Stanzwerkzeug, von SOPROD konstruiert und gefertigt © SOPROD

Seit der Gründung entwickelt und fertigt SOPROD SA mechanische Uhrwerke mit eigenen Sortimenten an Ankern, Balances, Ankerrädern und Spiralen. Die Entwicklung und Herstellung neuer Kaliber und der dazu erforderlichen Werkzeuge, Stanzen, Spritzgussformen und Montagewerkzeuge im eigenen Haus ermöglichen es, vom Prototyp bis zur Serienfertigung der eine Partner zu sein. In der mechanischen Abteilung stehen dazu 12 Stanzen bis zu 30 Tonnen zur Verfügung. Die Spritzgiess-Kapazität liegt dank Gussformen mit bis zu 24 Kavitäten bei 800 Mio Teilen pro Jahr. Es werden auch Spritzgussteile aus zwei unterschiedlichen Materialien gefertigt und Teile mit nano-strukturierten Oberflächen.

Die Komponenten werden insbesondere in elektromechanischen Mikrosystemen verwendet, z.B. auch als Doppel-Linsen in einem SMD-Gehäuse, oder als Gehäuse von Mikrosensoren für Smartphones und andere Konsumgüter-Elektronikprodukte.

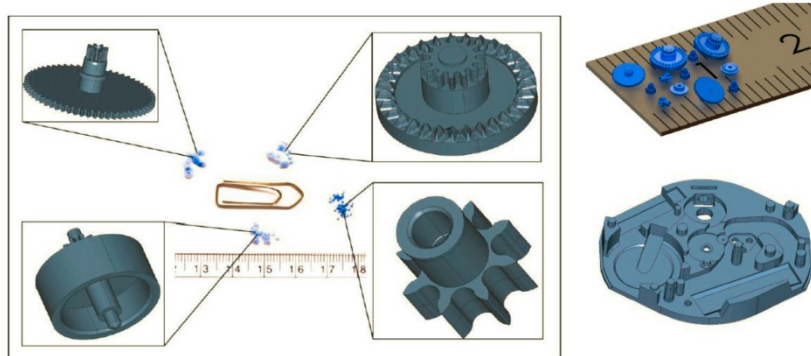


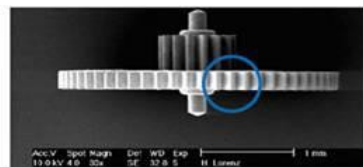
Bild 2: Mikrospritzgussteile für Uhrwerke und MEMS © SOPROD

Als Pionier der «Schweizer Smart Movements» bietet SOPROD SA zudem eine Reihe von Quarz-Werken, die ggf. an eigene Kreationen und Designs der Kunden angepasst werden können. Ein Quarz-Werk enthält bis zu 5 Schrittmotoren für unterschiedliche Aufgaben, wie Sekunden, Minuten, Stunden, Wochentage, Datum, Jahr. Ein Werk kostet in der Herstellung ab etwa Fr. 1.50 . Pro Woche werden 2 Mio Werke gefertigt.

Mit dem erarbeiteten Know-how steht SOPROD SA als Anbieter von Teilen «Swiss Made». Das Unternehmen produziert an Standorten in Les Reussilles, BE, Le Sentier, VD, Maîche, Dépt Doubs, F, Muriaux, JU, Saignelégier, JU und Sion, VS.

Der Fabrikrundgang führte durch die verschiedenen Räumlichkeiten:

- Entwicklung mechanischer und elektrischer Komponenten und Baugruppen und Software
- Mechanische Werkstatt zum Bau von Werkzeugen, Prototypen und Nullserien mittels klassischer und computergesteuerter Bearbeitungsmaschinen: Drehen, Fräsen, Stanzen, Bohren, Sägen, Schweißen, Programmieren der computergesteuerten Bearbeitungsmaschinen.
In einem separaten, klimatisierten Raum stehen Funken-Erosionsmaschinen, mit Erosions-Draht oder -Stempeln, mit Bearbeitungsgenauigkeiten von 50 Mikrometern.
In einem schallisolierten Raum stehen zusätzliche Stanzmaschinen für bis zu 3-schichtigen Betrieb.



Wire cutting EDM Ra $\geq$ 200nm

SOPROD technology Ra $\leq$ 20nm

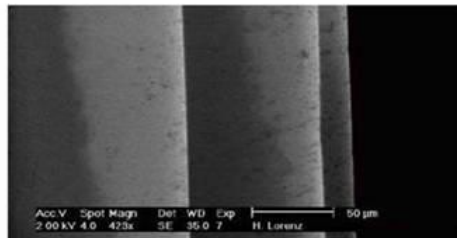
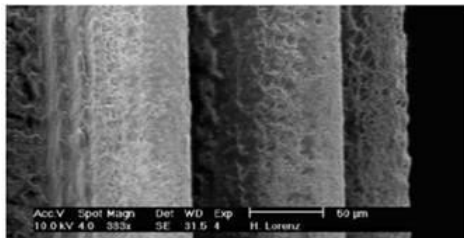


Bild 3: Mikro-Spritzgussteile mit glatten Oberflächen © SOPROD

- Oberflächenbearbeitung und -behandlung: Polieren, Trovalisieren, Schleifen mit unterschiedlicher Körnung. Diese Arbeiten werden auch als Lohnarbeit für externe Kunden ausgeführt.
- Drei separate Werkstätten für den Kunststoff-Spritzguss, die Inbetriebnahme der Giess-Formen, das Mikrospritzgießen von z.B. Linsen(-Systemen), das Eingiessen von Leadframes und die Prüfung der Giesslinge



Bild 4: Opto-elektronische Bauteile mit 2 Plastik-Komponenten (Linsen und Gehäuse) in Spritzgusstechnik © SOPROD

- In einem separaten Raum werden die festgelegten Eingangs- und Fertigungs-Kontrollen durchgeführt (Stichproben ... 100%), u.a. mit Hilfe eines PC-gesteuerten Mikroskops und zwei automatisierten Visions-Systemen.
- Werkstätten für den Zusammenbau und die Endmontage verfügen über Hilfsmittel zum Pressen, zum Fügen und zum Programmieren der Schrittmotoransteuerungen auf den Uhrenplatinen.

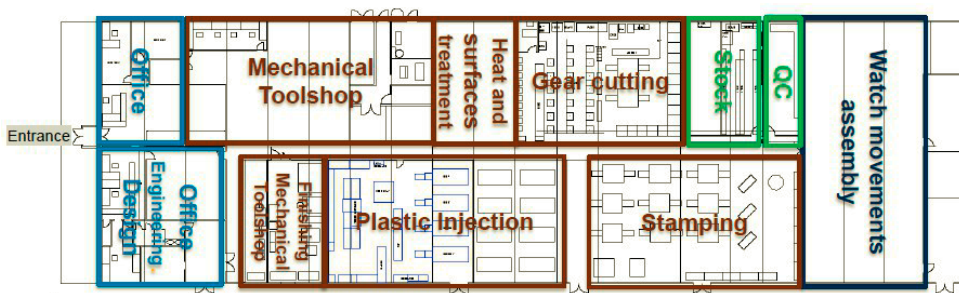


Bild 5: Grundriss der Lokalität © SOPROD

Firmenwebseite: <http://www.soprod.com>

Festina-Gruppe: <https://watch-wiki.org/index.php?title=Festina-Gruppe>

FSRM Schweizerische Stiftung für mikrotechnische Forschung

Die FSRM Schweizerische Stiftung für mikrotechnische Forschung wurde 1978 vom Bund, einigen Kantonen, Städten, Berufsverbänden und von 24 Firmen gegründet. Der Präsident des Vereins «sensors.ch» hat bei der FSRM die Position eines Direktors. Das Wecken der Begeisterung der Jugendlichen für Technik und Wissenschaft ist auch sensors.ch ein Anliegen.

Autor:

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

Jugendliche entdecken Technik

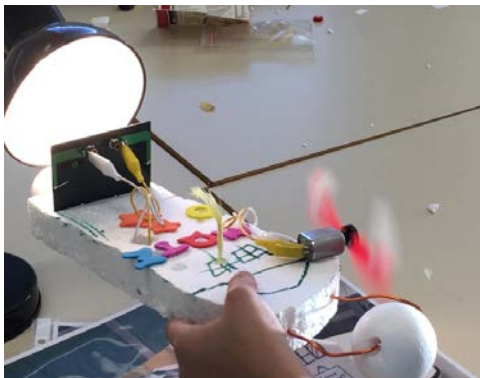
Anlässlich des Endes der FSRM-Kids-Workshop-Saison gaben die Organisatoren ein Update zu diesem Programm zur Förderung des Interesses an Technik bei jungen Menschen. Während der letzten sechs Workshops nahmen fast 80 Mädchen und Jungen an drei Arten von Workshops teil: Solar-Basterei, Thymio, der kleine Roboter und die Montage des Drawdio-Elektroniksets.

FSRM-Kids und #bepog geben bekannt, dass das Programm 2018 fertig ist und die Registrierung online unter <www.fsrml-kids.ch> möglich ist. Zwanzig Workshops am Mittwochnachmittag sind für Jugendliche zwischen 7 und 13 Jahren in 10 Städten bis Juni 2018 geplant.



Ein beliebtes Programm

Das FSRM-Kids-Programm besteht seit 2014 und mehr als 680 Kinder aus dem Jura-Bogen haben die Technik durch spannende Aktivitäten an einem Mittwochnachmittag entdeckt. Das Programm wird von Kindern und Eltern sehr geschätzt. Philippe Fischer, Leiter der FSRM, sagt: «All die positiven Nachrichten am Ende des Kurses freuen und ermutigen das Management-Team. Ich danke allen Partnern und Mitarbeitern sowie allen Beteiligten für ihr Engagement.»



links: Solarstrom lässt den Propeller rotieren
rechts: Lötarbeit

Die Technik ist offen für die Zukunft und auch für Mädchen

Die technischen Berufe sind traditionell im kollektiven Unterbewusstsein männlich besetzt. Zum Glück kommt die Situation in Bewegung und Mädchen entdecken, dass diese Aktivitäten auch ihnen offen stehen. An den im Jahr 2017 durchgeführten Workshops haben 62 Mädchen teilgenommen. Pierre-Yves Kohler, verantwortlich für das #bepog Entwicklungsprojekt für das technische Gewerbe unter der Schirmherrschaft der Fondation Arc Jurassien Industrie (FAJI <www.arcjurassien.ch>), arbeitet an diesem Projekt eng mit dem FSRM zusammen und sagt: «Die technischen Gewerbe sind noch weitgehend unterschätzt. Mit den Entwicklungen der modernen Welt, der Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) brauchen wir immer mehr qualifiziertes Personal in den technischen Berufen. Heute haben diese Berufe nichts mehr mit dem Bild in der Vergangenheit zu tun. Es sind moderne Berufe, interessant, sinnvoll und offen für die Zukunft. Nach einer Studie der Swissmem 2016 fehlen in der Schweiz jährlich fast 17'000 Menschen in diesen Gewerben».

Die Ziele der «FSRM-Kids» Workshops sind es, die Kreativität und den Einfallsreichtum der Jugendlichen auf spielerische Weise zu stimulieren, einen Roboter zu bauen und zu programmieren, ein einzigartiges und persönliches Spielzeug zu erfinden. Die Workshops fördern die Entdeckung praktischer Anwendungen in technischen Bereichen wie Elektrizität, Mechanik, Robotik usw. Lernen wird weitgehend durch Spielen erreicht, und der Lernwille wird gestärkt. Philippe Fischer fasst zusammen: «Die Aktivitäten finden in kleinen Gruppen statt und bevorzugen einen spielerischen und praktischen Ansatz, und dies mit grossem Erfolg, da die Schüler aktiv an der Umsetzung ihres Roboters/Spielzeugs beteiligt sind.»



Thymio ist ein kleiner, mobiler Roboter, der programmierbar ist und für pädagogische Zwecke konzipiert wurde. Die Programmierung ist einfach zu erlernen, da die Programmiersprache Aseba übersichtlich und logisch aufgebaut ist. Hier folgt der Roboter einem am Boden aufgemalten Streifen.

Mehr über die technischen Berufe ist zu erfahren unter < www.bepog.ch >
«Be Part Of the Game» eine Initiative zur Aufwertung technischer Berufe
Link zu den FSRM-Kids Workshops: <www.fsrn-kids.ch>

Weitere Informationen:

Pierre-Yves Kohler
FAJI SA
pierre-yves.kohler@faji.ch
Tel. +41 79 785 46 01

Studie «Sensortechnologien 2022» des AMA Verbandes für Sensorik und Messtechnik e.V.

Der AMA Verband für Sensorik und Messtechnik veröffentlichte im Dezember 2017 die Studie «Sensor Technologien 2022» – Sensorik als Schlüsseltechnologie für den Industriestandort Deutschland. Die Studie gibt Interessierten einen Einblick in erwartete technologische Trends, basierend auf kompetentem Expertenwissen der AMA Mitglieder aus dem AMA Wissenschaftsrat und einiger Industrievertreter.

Die Sensorindustrie hat sich in den letzten Jahren als eine der Schlüsseltechnologien für Industrieländer erwiesen. Die internationale Konkurrenzfähigkeit im Maschinenbau, in der Prozesstechnik, im Fahrzeugbau oder bei Hausgeräten beruht auf dem Einsatz moderner Sensoren. Die Studie «Sensor Technologien 2022» berücksichtigt globale Anforderungen an Technologieentwicklungen sowie aktuelle Trends der Informations- und Kommunikationstechnik und deren Einfluss auf die Weiterentwicklung von Sensoren und Messtechnik. Zum anschaulichen Verständnis der erwarteten Entwicklungen zeigt die Studie einige typische neuartige Sensoranwendungen auf.

Die Studie gibt, beruhend auf kompetentem Expertenwissen, einen vorausschauenden Blick in die nahe Sensor-Zukunft. Dabei wurde nicht Vollständigkeit angestrebt, sondern es werden vor allem die Chancen neuartiger Technologie- und Anwendungsfelder beispielhaft aufgezeigt. Dazu ist häufig eine komplexe Kombination von innovativen Sensoren, Steuerung, Miniaturisierung der Komponenten und Integration notwendig.

Die Studie ist in vier Teile und einen Anhang gegliedert:

Teil A beleuchtet die **Anforderungen an Sensorik und generelle Entwicklungstrends**.

Die Aussagen basieren auf einer Analyse und Prognose des zivilen Weltmarktes für Sensoren von 2010 bis 2020 und einer Umfrage unter den AMA-Mitgliederfirmen. Es werden dabei auch die über etwa 100 bekannten Parameter bzw. Messgrößen von Sensoren aufgelistet, welche auf dem Markt oder in Entwicklung sind. Die Anforderungen und Entwicklungsmöglichkeiten werden im globalen, regionalen, gesellschaftlichen, politischen und gesetzgeberischen Kontext betrachtet (z.B. Klimaveränderungen, Bevölkerungswachstum, erneuerbare Energien, Mobilität, Internet of Things, Digitalisierung, präventive Instandhaltung, Gesundheit, Konsumentenschutz

Im Teil B, **Entwicklungstrends bei Sensoren**, werden nach einer Klassifizierung der Sensoren und ihrer Strukturen (Sensor-Element, Primär-Elektronik und Sekundär- (verarbeitende) Elektronik) die verschiedenen physikalischen, chemischen und medizinischen Messgrößen und neue Anwendungen z.B. im Bereich der smarten Umgebungssteuerung (HLK), der Netzüberwachung (Freileitungs-Monitoring) und der Medizintechnik (Mikroimplantate, Neuroprothesen und Sensor-Aktor-Systeme für haptische Bediensysteme) vorgestellt. Die Trends zeigen sich auch durch die im Rahmen des AMA Innovationspreis prämierten Arbeiten. Der AMA Verband für Sensorik und Messtechnik verleiht seit dem Jahr 2000 jährlich einen Innovationspreis über EUR 10'000.- für aussergewöhnliche Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Sensorik und Messtechnik, wobei jedes Jahr zwischen 40 und 60 Projekte aus Deutschland und aus dem Ausland eingereicht werden.

Teil C gibt eine **Übersicht über Entwicklungstrends der Sensorkomponenten und Fertigungstechnologien** (MEMS, Integrationstechniken, Sensor-Signalverarbeitung bei intelligenten Sensoren, Sensor-Kommunikation, Vernetzung und Selbstüberwachung).

Neuentwicklungen und Verbesserungen an den Sensoren entstehen oftmals langsam, über einen Zeitraum von Jahren. Auch wenn moderne Halbleitertechnologien (noch) nicht die erforderliche Robustheit gegen raue Umgebung einhalten können, dominiert bei der Entwicklung seit vielen Jahren das Zusammenspiel der Trends Miniaturisierung, Integration und Kommunikation.

Verschiedene Kapitel im Teil C beleuchten die Ausbau- und Verbindungstechnik (AVT), Gehäusungs- und Kontaktierungs-Technologien, welche funktionale Eigenschaften, die Zuverlässigkeit und die Herstellungskosten von Sensoren signifikant beeinflussen können. Auch künftig dominieren leiterplatten-basierte Systeme mit sensortauglichen SMD- und Chip-Scale-Packages, monolithische Integration ist dagegen die Basis für extreme Größen- und Kostenreduktionen sowie weitere Miniaturisierung. Die Entwicklung gedruckter integrierter passiver Bauelemente (Integrated Passive Devices, IPDs) ist heute weit fortgeschritten, sodass SMDs (vielleicht) bald völlig ersetzt werden können.



Bild Internet © AMA

Oft sind weniger die rohen Messdaten eines Sensors als Repräsentierung des Verlaufs einer physikalischen Grösse von Interesse, als vielmehr höherwertige Aussagen wie z. B. der Mittelwert der zu beobachtenden Grösse, die Einhaltung eines definierten Intervalls, oder das Überschreiten von Schwellwerten. Naheliegender ist, die Gewinnung solcher Merkmale gleich in die Sensoreinheit zu integrieren. Dazu dienen elektronische Einheiten mit speziell angepassten Funktionen, sogenannte eingebettete Systeme. Durch ihren Einsatz werden einfache Sensoren zu integrierten und intelligenten Sensorsystemen, die durch kombinierten Einsatz von auf die Messaufgabe zugeschnittener Hard- und Software einen umfassenderen Funktionsumfang abdecken können. Dazu gehören vor allem Signalkonditionierung, Linearisierung, Durchführung von Korrekturrechnungen, Muster- und Signalerkennung, Extraktion von Merkmalen, Schnittstellenkonversionen und Kommunikation zu anderen Komponenten des Gesamtsystems. Mit solchen Systemen können auch sich selber überwachende Sensoren realisiert werden, was deren gesteigerte Zuverlässigkeit, Verlässlichkeit und Verfügbarkeit gewährleistet.

Im Teil D, **Résumé und Empfehlungen**, gibt es einen Überblick über Sensorik und Messtechnik in Deutschland, die involvierten Firmen, bestehende Kooperationen und vielerlei Beispiele von Firmengründungen aus Forschungsinstituten, inklusive Kontakt-Daten.

Im Anhang wird der AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V. vorgestellt:

Der AMA ist in Deutschland das Netzwerk und die Interessenvertretung für die Schlüsselbranche technischer Innovationen. Mit seinen 460 Mitgliedern aus Industrie und Wissenschaft ist AMA erster Ansprechpartner der Sensorik und Messtechnik. Die Mitglieder repräsentieren rund 100'000 Arbeitsplätze, erwirtschaften einen direkten Umsatz von einigen 10 Milliarden Euro und weisen ein starkes Wachstum in Umsatz und Mitarbeiterzahlen auf.

Ein detaillierter AMA Branchenführer bietet einen Angebotsüberblick der Sensorik und Messtechnik. AMA unterstützt den Innovationsdialog auf der führenden Fachmesse SENSOR+TEST, auf Gemeinschaftsständen im In- und Ausland und bietet zudem Technologie-Seminare mit den Themenschwerpunkten Sensorik, Messtechnik und Mikrosystemtechnik.

Die hier besprochene Verbandsstudie umfasst über 130 Seiten. Sie ist gegen eine Schutzgebühr von EUR 12.- auf der AMA Website erhältlich:

<http://www.ama-sensorik.de/studie-kaufen/>

Verbands-Website: <http://www.ama-sensorik.de/>

Für Infos zur diesjährigen Messe SENSORS+TEST vom 26.-28.6.2018 in Nürnberg bitten wir Sie [Seite 10](#) zu beachten.

Der elektronische Vorregistrierungs-Service für Ihren persönlichen Eintritts-Gutschein zur SENSOR+TEST 2018 steht Ihnen direkt zur Verfügung.

Sichern Sie sich damit frühzeitig und unkompliziert Ihr **kostenloses** [Messeticket](#).



Kommende Veranstaltungen

- **Terminverschiebung NEU NEU NEU**

3. Mai 2018 Cicor, Bronschhofen, SG, Hauptquartier der Cicor Group

