

TECHNIK

IN BAYERN

Das Regionalmagazin des VDI¹

Smarte Sensorik



Eventkalender & Aktuelles
VDI Tag 2024
Ausschreibung VDI Preis

SICHERHEITS EXPO München



26. + 27. Juni 2024

Die Fachmesse für

Zutrittskontrolle

Videoüberwachung

Brandschutz

Perimeter Protection

IT-Security



www.sicherheitsexpo.de



EDITORIAL



Foto: Silvia Strettmayer

Fritz Münzel
Chefredakteur TiB

Marktwirtschaft der Subventionen

Deutschland hat bekanntlich wenige Bodenschätze, die man ausbeuten und den Reichtum verteilen könnte, die Zeit der Kohle- und Stahlbarone ist längst vorbei. Was bleibt ist, mit klugen Köpfen tolle Dinge zu machen, die uns die Anderen in dieser Welt abkaufen. Doch auch anderswo gibt es kluge Köpfe. Ein solcher ist Morris Chang, der sein Handwerk bei Texas Instruments gelernt und 1987 in Taiwan die Firma TSMC gegründet hat. Dort sind die Köpfe viel billiger als in Deutschland, und nun kommen von dort weltweit 90% der hochwertigsten integrierten Schaltkreise, Bestandteile von allen modernen Produkten und natürlich auch von Sensoren. Den Weg in diese Situation haben die Entscheidungsgremien der „westlichen“ Industrien gebahnt, die sich vollkommen dem wirtschaftlichen Diktat der Reduktion von Stückkosten und Lagerhaltung unterworfen haben. Das funktionierte gut, solange Lieferketten und Herkunftsländer stabil blieben, wozu aber die Weltherrschaft der CSU und des TÜV notwendig wären. Ein querstehender Frachter im Suezkanal genügt, um die deutsche Autofertigung zu stoppen, von den Auswirkungen der Corona Pandemie und des russischen Angriffskrieges ganz zu schweigen. Inzwischen hat ein Umdenken stattgefunden und die Regierungen drängen mit finanziellen Anreizen die

Chipindustrie, sich wieder stärker in USA und Europa zu engagieren. Das „Zuckerstück“ für eine Ansiedlung von Intel in Magdeburg kostet beispielsweise 10 Mrd. Euro aus Steuergeldern. Ja warum denn dieses, war in der aufgeregten öffentlichen Diskussion zu hören, wo doch diese Firma selber genug Geld verdient. Aber es lohnt sich ein Vergleich: Die EU hat im September 2023 den EU Chipact mit einem Umfang von 43 Mrd. Euro auf den Weg gebracht, um die Europäische Chipproduktion von derzeit 10% auf bescheidene 20% des Weltmarktes bis zum Jahr 2030 zu erhöhen. Bekanntlich sind die Gremien der EU nicht gerade die schnellsten, und so ging vor über einem Jahr diesem Gesetz der US Chips and Science Act mit 280 Mrd. Dollar Umfang voraus. Und Intel will natürlich auch in USA neue Werke bauen mit Zuckerstücken von knapp 20 Mrd. Dollar. So ist also ein weltweites Werben um Rückansiedlungen in Gang gekommen, was nicht jeder gut finden mag. Aber Fehler auszumerzen ist teuer und wir müssen uns überlegen, was uns das wert ist. Denn es ist auch für die Zuckerstücke ein Markt entstanden, und das passt doch eigentlich wieder gut zu unserem Wirtschaftsmodell.

Ihr

Fritz Münzel

Jetzt Eintrittsticket sichern:
www.sensor-test.com

Willkommen zum
**Innovations-
dialog!**



SENSOR+TEST
DIE MESSTECHNIK-MESSE

Nürnberg
11. - 13. Juni 2024

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



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



Foto: SICK AG

SCHWERPUNKT

Smarte Sensorik: Von der Produktion bis zur Wasserversorgung <i>Stefanie Fuchs</i>	06
Sensoren – Annäherung an eine Begriffsgeschichte <i>Der historische Hintergrund von Frank Dittmann</i>	09
Miniaturisierung hat nur Vorteile <i>Gespräch mit Christoph Kutter</i>	10
Industrial Metaverse <i>Arnd Sörensen</i>	14
Mit Sensoren und Digitalisierung zum Digitalen Zwilling <i>Bernhard Wardin</i>	16
Quantensensorik <i>Robert Staacke</i>	18
Miniaturisierter thermischer Wasserstoffsensoren <i>Dominik Berndt</i>	20
Intelligente Verschleißerkennung <i>Ulrich Poestgens</i>	22
Sensoren und KI <i>Hoai My Van</i>	24
Energy Harvesting <i>Frank Dittmann</i>	26
Auf den Punkt gebracht <i>Jörg Hassel, Arno Steckenborn und Fritz Breimesser</i>	28

Smarte Sensorik

Von der Gesichtserkennung im Smart Phone bis zum Tastgefühl des Roboters, jedwede Technik ist heute auf moderne miniaturisierte Sensorik angewiesen. Weit über die klassische Druck- oder Temperaturmessung hinaus entwickelt die Industrie Elemente, die mit Quantentechnik und Künstlicher Intelligenz neue Anwendungsfelder erschließen.

HOCHSCHULE UND FORSCHUNG

Start-Hub for Printed Electronics	31
Gleichstromtechnik in Mittelspannungs- und Niederspannungsnetzen	40

AKTUELLES

VDI BV München: VDI Tag 2024	32
VDI BV München: CSRD – Klimastrategie ist notwendig	34
VDI BV Bayern Nordost: Fördermitglied LEISTRITZ AG	35
VDI BV München: Jahresmitgliederversammlung 2024	36
Jubiläum des Hofastronomen Simon Marius 1573 – 1624	38
Jugend forscht 2024 – Regionalwettbewerb Oberpfalz	39
VDI-Netzwerk Produktion und Logistik Bayern Nordost	42
VDI BV Bayern Nordost: Besuch bei Sumitomo (SHI) Demag	43
Zukunftspiloten Bayern Nordost	44
VDI BV München: Ausschreibung VDI PREIS 2024	48

RUBRIKEN

Veranstaltungskalender	45
Ausstellungstipp	49
Impressum	49
Cartoon	50
Vorschau	50



Titelbild:
Ein elektro-chemischer Sensor zur Messung von flüssigen und gasförmigen Proben

© Fraunhofer EMFT / Bernd Müller

VDI Landesverband Bayern
VDI Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V.
Westendstr. 199, D-80686 München
Tel. (0 89) 57 91 22 00, Fax (0 89) 57 91 21 61
www.vdi-sued.de, E-Mail: bv-muenchen@vdi.de

VDI Bezirksverein Bayern Nordost e.V.
c/o Technische Hochschule Georg-Simon-Ohm
Keßlerplatz 12, D-90489 Nürnberg
Tel. (09 11) 55 40 30, Fax (09 11) 5 19 39 86
E-Mail: geschaeftsstelle.bv-bno@vdi.de

INHALT

Suchen Sie einen Übersetzer?



1500 Übersetzer
und Dolmetscher für mehr
als 40 Sprachen!



Qualifikation ✓
Spezialisierung ✓

→ by-suche.bdue.de

Bundesverband der
Dolmetscher und Übersetzer
Bayern



Unsere Fachliste Technik
gratis für Sie:

- Qualifizierte Sprachprofis für 200 technische Fachgebiete
- Als PDF erhältlich unter fachliste-technik.bdue.de oder als Printversion über service@bdue.de



Smarte Sensorik: Von der Produktion bis zur Wasserversorgung

Von den Dächern der Produktionshallen bis in die Tiefen unseres Kanalsystems – Sensoren sind überall einsetzbar.

Sie ermöglichen eine präzise Erfassung von Daten, deren automatische Analyse und Anpassung. Das führt zu effizienteren Prozessen und besseren Entscheidungen. Die Vernetzung von Sensoren, künstliche Intelligenz und das Internet der Dinge (IoT) sind Schlüsselfaktoren, die aktuell die nächste Welle des Fortschritts antreiben und somit auch die Entwicklungstätigkeiten der Unternehmen in Bayern. Ingenieur-Know-how trifft hier auf eine starke Forschungslandschaft. Die smarten Technologieansätze und Hightech-Lösungen gemäß internationalen Standards kommen weltweit zum Einsatz; die hohe Exportquote ist auch ausschlaggebend für die Wirtschaftskraft unseres Bundeslands. Die Sensorik als Schlüsselbranche trägt hierzu wesentlich bei. „Unternehmen und Institutionen in Bayern liefern qualitativ hochwertige, innovative und zugleich verlässliche Sensorlösungen, das Interesse globaler Partner und Investoren ist entsprechend hoch“, so Matthias Streller,

der als Geschäftsführer des bayerischen Sensorik-Netzwerks regelmäßig Delegationen aus dem Ausland empfängt und die bayerische Expertise verschiedener Branchen präsentiert. „Vom Sensor bis in die Cloud, entlang der gesamten Wertschöpfungskette“ – dieses Know-how bietet Bayern und liefert somit den Grundstein für die Entwicklung und sichere Einführung smarter Sensorik.

Intelligente Sensoren alleine reichen nicht mehr aus, es bedarf smarter Sensorensysteme. Intelligente Sensoren erfassen Rohdaten, können diese Daten vor Ort verarbeiten und erkennen dank eingebauter Algorithmen bestimmte Muster oder können Entscheidungen treffen, ohne auf eine externe Verarbeitungseinheit angewiesen zu sein. Smarte Sensorik umfasst jedoch einen weiteren Schritt: die Integration von intelligenten Sensoren in ein größeres Netzwerk oder System. „Hier geht es nicht nur um einzelne intelligente Sensoren, sondern um die Kommunikation, Koordination und das Zusammenspiel verschiedener Sensoren und weiterer Datenquellen wie Prozessparameter, Cloudschnittstellen oder Informationen von Aktoren.“ Oft integriert

die smarte Sensorik Technologien wie das Internet der Dinge (IoT) und künstliche Intelligenz, um eine umfassendere und vernetzte Datenverarbeitung zu ermöglichen. Dies ist besonders in komplexen Umgebungen entscheidend, um umfassendere Einblicke und Automatisierungsmöglichkeiten zu erhalten.

Smarte Sensorik – „all inclusive“

Der All-inclusive-Gedanke findet sich längst auch im industriellen Kontext wieder. Ähnlich wie wir heute mit einem Klick ein Abonnement für verschiedene Dienstleistungen abschließen, erwarten Endanwender in der Industrie die Bereitstellung eines umfassenden „Sensor-Abonnements“. Der Kunde möchte nicht nur mehr den einen bestimmten Sensor kaufen, sondern ein für ihn einfach handhabbares Komplettsystem, das sich nahtlos in seine Prozesse und Fertigungsumgebung integrieren lässt. „Sensor as a Service“ lautet das Schlagwort. Dieses Modell bietet verschiedene Vorteile, darunter Flexibilität, Skalierbarkeit und Kosteneffizienz für die Endanwender. Es ermöglicht Unternehmen, nicht nur auf eine Vielzahl von Sensorfunktionen zuzugreifen, sondern auch ihre Sensorinfrastruktur bedarfsgerecht anzupassen und zu erweitern – eine entscheidende Komponente in der digitalen Transformation industrieller Prozesse wie auch in zahlreichen weiteren Bereichen.

Unternehmen nutzen smarte Sensorik verstärkt im Rahmen von Industrie 4.0, um Produktionsprozesse zu optimieren. In der Automobilindustrie ermöglichen fortschrittliche Sensoren eine präzisere Qualitätskontrolle und effizientere Fertigung, in der Logistikbranche eine Überwachung des Lagerbestands in Echtzeit. In der landwirtschaftlichen Produktion verhilft der Einsatz von smarter Sensorik zur Ertragssteigerung. „Dank smarter

Sensorik lassen sich Daten nicht nur genauer erfassen, es entstehen auch neue Geschäftsmöglichkeiten und sie steigert die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.“ Dass Netzwerken in diesem Kontext die Technologieentwicklung fördert, zeigt u.a. das Projekt INTEUM. Mehrere Mitglieder des bayerischen Sensorik-Netzwerks aus Wirtschaft und Wissenschaft haben eine intelligente, robuste Plug-and-Play-Lösung speziell für den Einsatz in produzierenden mittelständischen Unternehmen entwickelt. Das System ermöglicht maschinenunabhängig und prozessübergreifend die Vorhersage von Verschleißerscheinungen und die Verbesserung der Produktqualität. Hochauflösende Schwingungsmessungen in Verbindung mit einem Kamerasystem und eine IIoT (Industrial Internet of Things)-Lösung für Umweltparameter erfassen die Produktion in Echtzeit und optimieren sie mit Hilfe eines entsprechenden Modells.

Umwelt, Kommunen und Bürger profitieren: Smarte Sensorik kann für sichere Wasserversysteme, den Erhalt von Grünanlagen und gutes Stadtklima sorgen. Auch Kommunen entdecken derzeit das Potenzial smarter Sensorik. Moderne Technologien eröffnen z.B. im Bereich Wassermanagement neue Möglichkeiten und liefern auch den Bürgern unmittelbar Mehrwert. Wasserversysteme lassen sich mit smarter Sensorik ganzheitlich überwachen. Funkwasserzähler in Haushalten, kombiniert mit weiteren Temperaturfühlern und Durchflusssensoren ermöglichen einen umfassenden Ein- und Vorausblick ins Leitungsnetz. Mit Hilfe der präzisen Daten können Leckagen frühzeitig erkannt werden, ebenso wie sich Temperaturspitzen überwachen lassen. Bürger und Kommune profitieren von mehr Effizienz und Sicherheit des Wassernetzes. Sogar das Rückhaltevermögen von Entwässerungskanälen



lässt sich durch den Einsatz von smarter Sensorik insbesondere in Trockenperioden besser nutzen, u.a. durch eine kontrollierte Freisetzung von gespeichertem Wasser an die Oberfläche zur gezielten Bewässerung von Parkanlagen. Die Verbesserung ist sicht- und spürbar in Form von erhaltenen Grünflächen und einem angenehmen Stadtklima, gerade in den heißen Sommermonaten.

„Ziel in den kommenden Jahren ist es, den Mehrwert smarter Sensorik noch greifbarer zu machen und Berührungspunkte mit neuen Technologien weiter abzubauen“, so Streller. Smarte Sensorik sei keine Wissenschaft im Elfenbeinturm – auch die Gesellschaft profitiert: In der Verkehrssteuerung unterstützen Sensoren die Optimierung von Verkehrsflüssen, was zu weniger Staus und einer verbesserten Luftqualität führt. Das Monitoring von Energienetzen wird möglich durch intelligente Transformatoren, ebenso können Sensorsysteme Reinigungs- oder Wartungsprozesse bei Solar- oder Windkraftanlagen anstoßen, indem sie Verschmutzung oder Defekte erkennen.

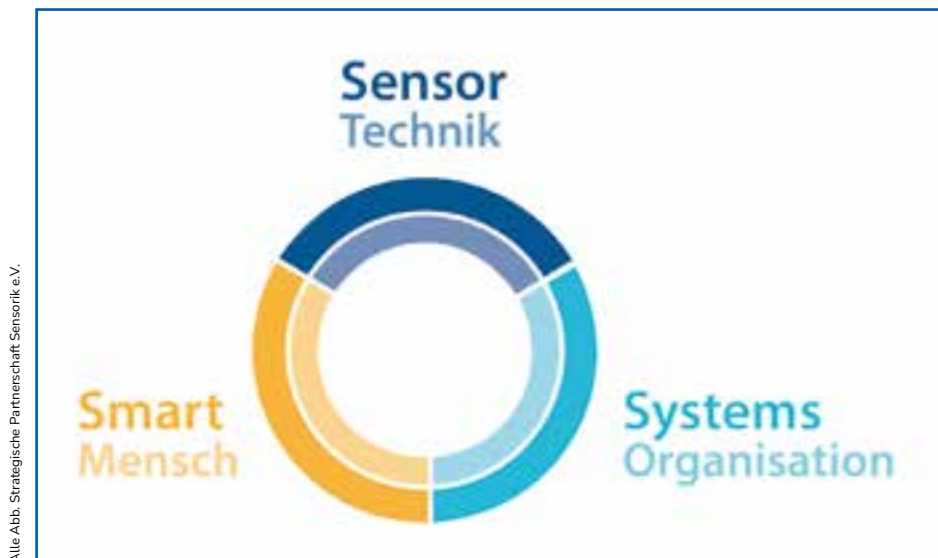
Vertrauenswürdigkeit als „must have“ bei der Entwicklung von smarter Sensorik

Nicht nur in menschlichen, sondern auch in technologischen Beziehungen spielt Vertrauen – auf englisch „Trust“ – eine entscheidende Rolle für den Erfolg. „Trusted Technology“, vertrauenswür-

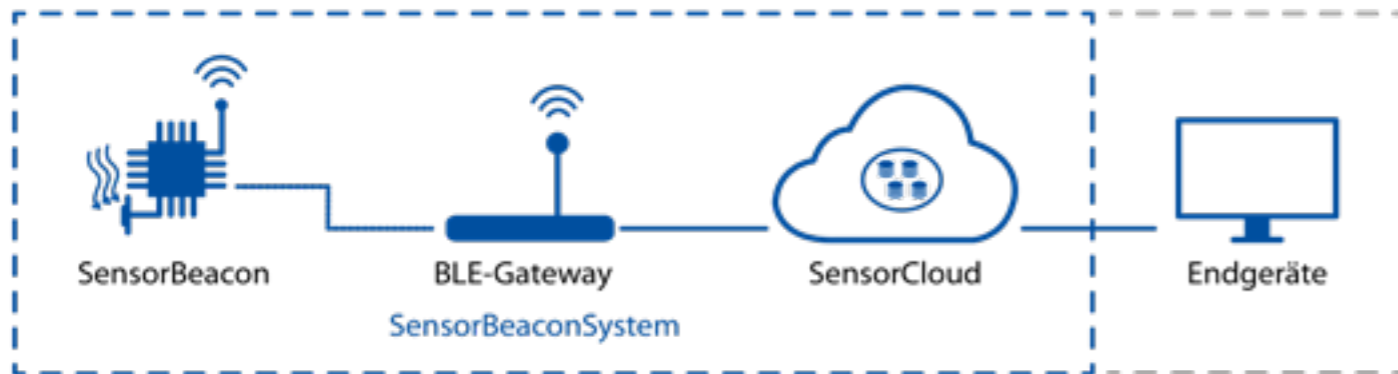
dige elektronische Systeme, die die Sicherheit erhobener Daten gewährleisten, sind erforderlich, denn mit zunehmender Vernetzung werden Messelemente anfälliger für Angriffe. Dabei ist es entscheidend, die Vertrauenswürdigkeit der Sensorik bereits während der Produktentwicklung zu berücksichtigen, anstatt sie erst nach Fertigstellung des Designs zu implementieren. In der Sensorik-Branche sind viele kleine und mittelständische Unternehmen als Hersteller aktiv. Sie statten ihre Produkte mit Features wie kabelloser Netzwerkfähigkeit oder Vorverarbeitung der Messdaten aus und werden vom reinen Elektronikproduzenten zum IT-Anbieter. In diesem Zuge müssen sie sich plötzlich mit dem Cyber Resilience Act der EU oder NIS2 auseinandersetzen. „Das Bewusstsein hierfür steigt in der Branche, aber dennoch müssen Unternehmen noch weiter sensibilisiert werden“, so Streller. Lieferengpässe wie auch die „Chipkrise“ boten Raum für Produktfälschungen, hohes Potenzial für Manipulation und die Möglichkeit, in Systeme einzudringen, gibt es zudem bei der Anbindung an die Cloud.

Ausblick – Quantensprünge auch in der bayerischen Sensorik

Die Entwicklungsaktivitäten in der Sensorik-Branche fokussieren sich auch weiterhin bereits auf Miniaturisierung und Integration, um noch kompaktere, leistungsstärkere und flexibel einsetzbare Sensoren zu schaffen. Die Multisen-



Sensoren - Annäherung an eine Begriffsgeschichte



Integration und Sensorfusion, die geschickte Kombination unterschiedlicher Sensoren, sind in den F&E-Abteilungen in Bayern ebenso präsent wie der Begriff „Nachhaltigkeit“. Energieeffizienz und Energy Harvesting sind zentrale Themen in nahezu jeder Entwicklung. Parallel dazu entstehen anwendungsspezifische, vertrauenswürdige Elektroniklösungen. Derzeitige Bestrebungen gehen noch einen Schritt weiter, indem Quanteneffekt-Sensorik integriert wird. Die Nanotechnologie bildet die Grundlage für eine fortschrittliche Integration und ist somit eine entscheidende Schnittstelle für die Realisierung hochentwickelter Sensorsysteme. Nanotechnologie erweitert die Grenzen der Sensortechnologie und bietet somit innovative Lösungen für Umweltüberwachung und Kommunikationstechnologie, um nur zwei Anwendungsbeispiele zu nennen. Im Nanometer-Bereich beeinflusst die Physik kleiner Teilchen die Materialeigenschaften und ermöglicht besonders kompakte Bauformen sowie vollständige Nanosensor-Systeme.

Vernetzung auf allen Ebenen als Schlüssel zum Erfolg

Insbesondere weil Bayern über ein weitreichendes Kompetenzspektrum verfügt, gilt es in den kommenden Jahren, die

Vernetzung und konkrete Zusammenarbeit zu stärken. Geschlossen tritt die Halbleiterindustrie als „Bavarian Chips Alliance“ auf, um mehr internationale Sichtbarkeit zu erlangen und widerstandsfähiger zu werden. Den Rücken stärkt das Bayerische Wirtschaftsministerium auch mit entsprechenden Fördergeldern. Um Bayern als Innovations- und Exzellenzstandort für Chipdesign zu etablieren, stellte es 50 Millionen Euro bereit für das neue Bayerische Chip-Design-Center. Dessen Aufgabe ist es, mittels gezielter Forschung Instrumente für innovatives Chip-Design zu entwickeln und bereitzustellen. Außerdem soll es mittelständischen Unternehmen den Zugang zu Fertigung und Lieferketten der Halbleiterindustrie erleichtern und einen Beitrag zur Aus- und Weiterbildung von Fachkräften leisten.

Beim Stichwort „Vernetzung“ führt in Bayern zudem kein Weg an den 17 Technologie-Clustern vorbei. Sie wirken als Multiplikatoren der „Hightech-Agenda“ und sind zugleich starke Partner für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. 2024 startete die 5. Förderperiode der „Cluster-Offensive Bayern“, ein Beleg für die nachhaltig angelegte Wirtschaftspolitik, in der derzeit die Rückbesinnung auf das „regionale Miteinander“ Hand in Hand mit der Internationalisierung geht.

Dieses dynamische Cluster-Ökosystem bietet durch horizontale und vertikale Vernetzung eine optimale Grundlage, um auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene erfolgreich zu agieren. Zahlreiche Cross-Cluster-Projekte sind motivierende Beispiele und geben greifbare Perspektiven, wie sich Kooperation branchen- und technologieübergreifend gestalten lässt. Smart, diese zukunfts-fähige Vernetzung, oder?

Stefanie Fuchs

Geschäftsführung

Strategische Partnerschaft Sensorik e.V.

Über die Strategische Partnerschaft Sensorik e.V./ Cluster Sensorik

Wir sind strategischer Partner der bayerischen Sensorik. In unserem Netzwerk bündeln wir die bayerische Kompetenz entlang der gesamten Datenwertschöpfungskette. Gemeinsam mit 80 Mitgliedern aus Wirtschaft und Wissenschaft realisieren wir smarte, nachhaltige und vertrauenswürdige Sensortechnologie in interdisziplinären und crosssektoralen Kooperationen. Unsere unternehmensorientierten Angebote adressieren operative wie strategische Herausforderungen. www.sensorik-bayern.de

Laut Duden sind Sensoren „Messfühler“ bzw. neuerdings auch „durch bloßes Berühren zu betätigende Schalter bei elektronischen Geräten“ [1]. Das Wort kommt aus dem Englischen und geht auf das lateinische *sensus* zurück, was mit Gefühl, Sinn, Empfindung oder Wahrnehmung übersetzt wird.

Sensor, Messfühler, Fühler

Der Begriff Sensor wurde in der Mitte der 1950er Jahre erstmals in deutschen Publikumszeitschriften verwendet [2]. Den Ingenieuren war aber bereits davor bekannt, dass ein automatisches System entsprechende Informationen benötigt, wenn es physikalische Größen selbsttätig beeinflussen soll. Sie verwendeten allerdings den deutsche Begriff Messfühler. Ein frühes Kompendium zu verschiedenen Messfühlern, welches diesen Terminus im Titel trägt, erschien zu Beginn der 1960er Jahre [3]. Bereits 20 Jahre zuvor war die verkürzte Form Fühler gebräuchlich, wie das Buch Fühlergesteuerte Maschinen von 1939 zeigt [4]. Hier werden Metallbearbeitungsmaschinen beschrieben, bei denen ein mechanischer Fühler ein Masterstück abtastet und ein Werkzeug so steuert, dass dieses die Originalform nachfräst oder nachdreht. Das Prinzip wird heute noch beim Kopieren von Schlüsseln benutzt. Übrigens behandelte einer der beiden Autoren, nämlich Wolfgang Schmidt, in den 1950er Jahren in seinem Buch zur Automatologie erneut das Thema der Automatisierung von Fertigungsmaschinen [5]. Ansätze für derartige Kopiermaschinen gab es bereits vor dem Ersten Weltkrieg zur Abformung Kunstwerken [6]. Die Fühler dienten dabei nach heutiger Terminologie der Bereitstellung von Bewegungskordinaten in einer offenen Steuerkette. Im Gegensatz dazu ist ein Regelkreis geschlossen, d.h. die Veränderung der Regelgröße wird ständig gemessen und der Regler wirkt

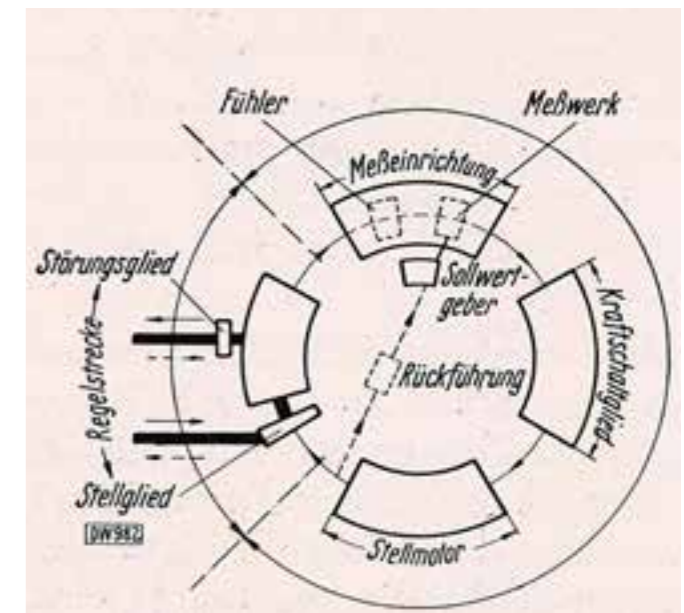
über das Stellglied so auf die Regelstrecke ein, dass Soll- und Istwert möglichst zur Deckung kommen.

Die Regelung

Zwar reichen die Anfänge der Regelungstechnik weit zurück, aber die Struktur der Regelung konnte erst zu Beginn des 20. Jhs. geklärt werden. So wurde das Prinzip des Fliehkraftreglers bereits 1745 von Edmund Lee patentiert, später erhielten auch Thomas Meed (1787) und Stephen Hooper (1789) Patente für ähnliche Regler. James Watt setzte ihn 1788 zur Drehzahlregelung seiner Dampfmaschine ein. Bis zum Ende des 18. Jhs. wurden die Regler als großes Geheimnis gehütet. Ende des 19. Jhs. kamen sie dann verstärkt zur Anwendung, vor allem um die Drehzahl von Wasserturbinen und Dampfmaschinen stabil zu halten, weil neue Arbeitsmaschinen wie etwa Webstühle oder Spinnmaschinen eine höhere Drehzahlkonstanz erforderten. Bei Belastungsänderungen sollte der Regler die Maschinenleistung anpassen, dabei kam es aber oft zum Schwingen der Drehzahl. Ingenieure und Mathematiker versuchten nun, das Regelverhalten theoretisch zu durchdringen, etwa indem sie die beschreibenden Differentialgleichungen untersuchte. Neben diesem stark mathematischen Ansatz schlugen Praktiker neue Lösungen für das „Regulierungsproblem“ vor, etwa sog. Servomechanismen mit mechanischer oder hydraulischer Rückführung. Insgesamt dauerte es bis in die 1920er Jahre, dass die Struktur des Regelkreises geklärt werden konnte. Und erst damit war man in der Lage, die einzelnen Funktionselemente im Regelkreis, wozu auch der Fühler bzw. Sensor gehört, zu identifizieren.

Frank Dittmann

Deutsches Museum München



Darstellung des Regelkreises im Fachbuch von F. Engel: Mittelbare Regler und Regelanlagen. Berlin 1944, S. 2

Literatur

- [1] <https://www.duden.de/rechtschreibung/Sensor>
- [2] <https://www.dwds.de/wb/Sensor>
- [3] Bley, Horst: Elektronische Meßfühler. 2 Bde. Stuttgart 1963
- [4] Schmidt, Wolfgang; Olk, Friedrich: Fühlergesteuerte Maschinen. Essen 1939
- [5] Schmidt, Wolfgang: Automatologie. Grundlagen der Selbststeuerung von Fertigungsmaschinen. München 1952
- [6] z.B. DRP 251.082, Frank Denny: Maschine zum Kopieren von Bildhauerwerken, 24.12.1908. Auch DRP 276.056, Tony Selmersheim: Bildhauerkopiermaschine, 27.02.1913

Mikroelektronik

Miniaturisierung hat nur Vorteile

Wir sprachen mit Prof. Dr. Christoph Kutter, Direktor des Fraunhofer-Instituts für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in München

Technik in Bayern: Herr Prof. Kutter, Sensoren für physikalische Messgrößen waren früher klobig und robust. Wieso geht der Trend zu immer weiterer Miniaturisierung?

Prof. Christoph Kutter: Das „Warum“ ist einfach zu beantworten, schwieriger ist das „Wie“. Die Miniaturisierung macht

man, weil sie nur Vorteile hat, kostenmäßig und technisch. Wenn Bauelemente kleiner werden, brauchen sie weniger Energie und werden schneller, also effizienter. Es gibt überhaupt keinen Parameter, der durch Miniaturisierung in der Mikroelektronik schlechter wird. Insofern ist dieses „kleiner werden“ der natürliche Weg und der wichtigste Punkt. Und wenn man hoch integriert, sinken die Kosten. Und dieser Weg geht weiter in der Mikroelektronik. Auch wenn das CMOS Scaling an seine Grenzen läuft, redet man jetzt in der in der Forschung und Entwicklung über die drei Nanometer Technologie und hinunter bis zur 0,3 Nanometer Technologie. 0,3 Nanometer ist die Größe eines Atoms. Der Transistor selber wird fünf Nanometer lang bleiben, denn kürzere Transistoren können aufgrund des Tunneleffekts nicht mehr sperren. Der Technologieknoten mit der Dimension Nanometer ist eine reine Rechengröße und gibt die Dichte der Transistoren wieder. Um sie zu erhöhen, integriert man diese Elemente erstmal näher zusammen. Der nächste Schritt ist dann die dritte Dimension zu nutzen und mehrere Gates übereinander zu stapeln.

TiB: Aber für viele Anwendungen müssen Sensoren ja eine gewisse Größe haben. Verursacht die Miniaturisierung nicht extra Kosten, weil ein empfindliches Miniaturteil robust eingehäust werden muss?

Kutter: Da spielt noch der Gesichtspunkt der Linearisierung eine große Rolle, denn viele Messfühler sind nur in einem kleinen Bereich linear. Heute spielt das fast keine Rolle mehr, weil immer eine Ausleseschaltung dabei ist, mit der man Kennlinien linearisieren kann, oder die Daten in einer Tabelle ablegen kann. Robustheit ist ein wichtiges Thema, das viele Jahre im Fokus in der Mikroelektronik stand. Zu Ausfällen führen heute oft nicht mehr die

Chips, sondern die Software und die Stecker. Bei der Software kämpft man noch, um sie robuster zu machen, aber da man hat den Vorteil, dass man Updates einspielen kann. Die Stecker sind ein Thema, das in den nächsten Jahren noch sehr viele Herausforderungen bieten wird.

TiB: Kann man nicht von den Erfahrungen in der Luftfahrt profitieren?

Kutter: In der Luftfahrt wird vieles redundant aufgebaut. Bei Massenprodukten wie dem Automobil ist das aus Kostengründen nicht möglich.

TiB: Wie funktionieren Sensoren für chemische und biologische Messgrößen?

Kutter: Ich fange mal mit biologischen Systemen an, weil das in der hinter uns liegenden Pandemie sehr wichtig war. Es ist gelungen, innerhalb sehr kurzer Zeit Sensoren zu entwickeln, die das Virus nachweisen. Im Prinzip macht man Schlüssel-Schloss-Systeme. Das Virus muss an einem Substrat andocken, und wird dann daran gebunden, was man sichtbar machen kann. Dazu ist zunächst gar keine Elektronik notwendig. Um die Veränderung elektrisch zu messen, nützt man die veränderte Dielektrizitätskonstante über eine Messung der Kapazität aus. Adsorption von Gasen auf Sensorflächen kann man auch über die Frequenz von Schwingungen messen. Das ist ein sehr empfindliches Verfahren, denn Frequenzen kann man sehr exakt messen. Darüber hinaus sind optische und Impedanz-basierte Messungen möglich. Unsere Fraunhofer EMFT Kolleginnen und Kollegen in Regensburg forschen an zellbasierter Sensorik. Dazu werden Zellen auf Elektroden gesetzt. Wenn man die Zellen dann z.B. mit Chemikalien reizt, verändern die sich in ihrer Form und man kann relativ große Änderungen im Impedanzsignal messen.

In der Chemie geht es sehr oft um den Nachweis von Gasen. Das ist sehr knifflig, weil in einer Probe meist sehr viele verschiedene Gase sind, die Querwirkungen verursachen. Zusätzlich gibt es noch das Problem mit Wasser. Durch seine hohe Dielektrizitätskonstante von 80 stört Wasser sehr oft die Sensorergebnisse.

Sehr verbreitet sind sog. Hotplate Sensoren. Deren Sensorelement ist eine aufgeheizte Metalloxid Platte, in die das Analysegas eindringt und damit reagiert. Dadurch wird der elektrische Widerstand der Platte geändert, was man messtechnisch auswerten kann. Diese Technik ist heute weitgehend miniaturisiert und wird zum Teil auch direkt mit CMOS-Technologie verknüpft.

Eine noch ältere Technologie ist der ionenselektive Feldeffekttransistor, ISFET. Auf dem Gate liegt eine ionenempfindliche Oxidschicht, die direkt mit einer zu untersuchenden Lösung in Kontakt gebracht wird. Dadurch entstehen Ladungen auf der Oxidschicht, die wie bei einem „normalen“ FET den Strom im Kanal zwischen Source und Drain steuern. Damit kann man beispielsweise hochsensible Wasserstoffsensoren bauen, oder pH-Wert Sensoren. Hinter diesem Prinzip steckt ein bekannter Kopf, Prof. Eisele, der solche Elemente schon vor 50 Jahren aufgebaut hat. Aber es besteht immer noch großer Forschungsbedarf. Die kritischen Punkte sind die Oberflächen und die Oberflächenbehandlungen, mit denen man die Sensibilität auf bestimmte Stoffe einstellen kann.

Die Klassiker unter den Sensoren sind die elektrochemischen Sensoren, die eine chemische Reaktion ausnützen. Diese Reaktion erzeugt dann einen Strom, den man messen kann. Das Prinzip erlaubt Sensoren mit einer hohen Sensitivität und Selektivität. Solche Sensoren sind beispielsweise in Umwelt Messstationen verbaut, kosten aber in gut kalibrierter Form zwischen 50 und 100 €. Sie haben auch eine begrenzte Lebensdauer, denn sie enthalten Reagenzien, die bei der Messung verbraucht werden.

TiB: Für welche Aufgaben ist die Quantensensorik vorteilhaft?

Kutter: Die Quantensensoren werden sicher eine Rolle spielen, bei der Messung von Magnetfeldern werden sie bereits verwendet. Aber es gibt auch andere interessante Anwendungen. Das Walter-Schottky Institut hat einen Photonsensor herausgebracht, der so empfindlich ist, dass er ein einzelnes Photon messen kann. Dazu wird ein Substrat knapp an der Schwelle der Supraleitfähigkeit gehalten. Wenn dann ein Photon eingefangen wird, hebt es die Temperatur leicht an, was zum Zusammenbruch der Supraleitung führt. Dadurch kann man einzelne Photonen nachweisen.

TiB: Wie kann in der Welt von IoT mit ihren millionenfachen Sensoren Datensicherheit gewährleistet werden?

Kutter: Datensicherheit ist das Hauptanliegen unseres Schwesterinstituts Fraunhofer AISEC (Fraunhofer Institute for Applied and Integrated Security), da gibt es die Experten für dieses Thema. Aber wir forschen in unserem Institut natürlich ebenfalls an Sicherheitsthemen im Zusammenhang mit Sensorik und arbeiten eng mit Fraunhofer AISEC zusammen. Dazu werde ich gleich noch ein paar Worte sagen, aber zunächst zum Generellen: In dieser Vision des Internet der Dinge, wo überall Sensoren eingebettet sind, ergeben sich natürlich potenzielle Angriffsmöglichkeiten, die schwerwiegende Folgen haben können, insbesondere an bestimmten Knotenpunkten. Es gibt zahlreiche potenzielle Schadensszenarien, angefangen bei der Überwachung, ob jemand zu Hause ist, bis hin zu Manipulationen an den Entscheidungspunkten. Wenn Entscheidungen auf Basis von Sensordaten getroffen werden und diese Daten manipuliert wurden, kann der Schaden enorm

sein. Das Problematische dabei ist, dass der Mensch diese Manipulationen in der IoT-Welt oft nicht so schnell erkennt, da Sensoren und Maschinen gemeinsam agieren und die Menschen nicht mehr direkt involviert sind. Daher ist es entscheidend, die IoT-Architektur von Anfang an sicher aufzubauen, und einer der wichtigsten Aspekte dabei ist die Authentifizierung. Sensoren und Maschinen müssen eindeutig identifizierbar sein. Das bedeutet, dass wir jedem Sensor und jeder Maschine eindeutige Schlüssel zuweisen müssen, die nicht einfach veränderbar sind und nicht über Softwareupdates manipuliert werden können. Ein Ansatz, den wir diskutieren und an dem wir arbeiten, sind sogenannte Physical Unclonable Functions, PUF, die als Fingerabdruck für jedes Gerät dienen können. Dadurch können wir sicherstellen, dass der Sensor, den wir im Netzwerk haben, auch derjenige ist, den wir erwarten. Wird der



Prof. Dr. Christoph Kutter



Fotos: Silvia Stettmayer

Sensor manipuliert, kann entsprechend ein Alarm ausgelöst werden. Für die Realisierung dieses Fingerabdrucks können kleine Schwankungen in den Eigenschaften der Hardware herangezogen werden, die beim Fertigungsprozess entstehen.

TiB: Wenn aber ein Sensor kaputt geht und ersetzt werden muss, wie bekommt man dann genau diesen Schlüssel in den Ersatz?

Kutter: Das geht nicht, ein neuer Sensor hat einen anderen Fingerabdruck. Man braucht eine sichere Methodik im Gesamtsystem, wie man einen neuen Sensor mit neuer PUF anmelden kann. Dazu ist die richtige Architektur notwendig, und dazu gehört auch, dass die Übertragungsstrecken verschlüsselt sind. Es gibt sehr viele Details, die man richtig planen und umsetzen muss. Wichtig ist eine klare Hierarchie in diesem System. Man muss sicherstellen, dass die kleinen Einheiten zunächst intern sicher sind, bevor man sie miteinander verbindet. Niemand würde zentral überwachen können, ob in jeder kleinen Einheit alles in Ordnung ist. Nehmen wir zum Beispiel einen Laptop: Hier wurden sogenannte TPMs (Trusted Platform Modules) eingebaut. Diese speziellen Schlüssel können beim Hochfahren die Integrität der Hardware überprüfen. Wenn am Laptop etwas verändert wird, kann das TPM sagen: Stopp, ich funktioniere nicht.

TiB: Seit einigen Jahren gibt es politische Bestrebungen, Teile der Chipfertigung wieder nach Europa zurück zu holen. Welche sind Ihnen bekannt und in welchem zeitlichen Rahmen werden diese realisiert?

Kutter: In dieser Thematik bin ich gut involviert. Ich habe in meiner Funktion beim VDE insgesamt drei vom VDE initiierte Positionspapiere ko-verfasst, angefangen im Jahr 2014 mit dem ersten

zu „Hidden Electronics“. Darin haben wir gezeigt, dass Elektronik überall präsent ist, auch wenn sie nicht sichtbar ist. Das ist beabsichtigt. Selbst eine Zahnbürste enthält Elektronik und rund 2000 Zeilen Code, die ein Nutzer nicht unbedingt kennen soll. Sie muss einfach funktionieren. Genau das ist der Zweck von Elektronik. In diesem Positionspapier haben wir darauf hingewiesen, wie wichtig Elektronik ist. Es hat jedoch einige Jahre gedauert, bis die Bedeutung der Mikroelektronik verstanden wurde. Dann haben wir 2020 das zweite Positionspapier und schließlich im Jahr 2021 ein weiteres Papier veröffentlicht, um den Handlungsbedarf zu verdeutlichen. Wir glauben, dass diese Publikationen dazu beigetragen haben, die Wichtigkeit der Versorgung von Chips und der Mikroelektronik zu verstehen. Dies wurde auch durch die Chipkrise und die Coronakrise unterstützt, durch die Politiker erkannt haben, wie wichtig Chips für die Energiewende, die Sicherheit und die technologische Souveränität vor dem Hintergrund von veränderten globalen Machtverhältnissen sind. Die EU hat daraufhin den EU Chip Act verabschiedet. Auf europäischer Ebene haben sowohl Unternehmen als auch Politiker reagiert. Die Bekanntgabe von Intel, in Deutschland eine Chipfabrik zu bauen, war ein bedeutender Meilenstein und wichtig für Europa. Ähnliche Bestrebungen gibt es in den USA, die nicht länger alle Chips aus Taiwan beziehen wollen, sondern neue Chipfertigungen im eigenen Land einfordern.

Warum ist das wichtig? Im Jahr 2000 hatte Europa einen 20-prozentigen Anteil an der weltweiten Chipproduktion, der seitdem gesunken ist. Warum? Es ist relativ einfach: Asien hat mit massiven Subventionen eine starke Chipproduktion etabliert. Sowohl europäische als auch amerikanische Unternehmenslenker können nicht einfach sagen, dass

sie ihre Werke lieber in ihren Heimatländern bauen, wenn sie anderswo mit 40% der Kosten subventioniert werden. Dieser Mechanismus wurde lange Zeit von der Politik nicht verstanden, die „den freien Markt nicht stören wollte“. Das Verständnis, dass der Markt nicht frei ist, sondern durch staatliche Programme massiv gesteuert wird, kam erst während der letzten Chip-Krise, als klar wurde, dass man genauer hinsehen muss. Maßnahmen in den 2000er Jahren, um Marktverzerrungen über die WTO zu vermeiden, waren zu langsam und leicht zu umgehen. Intel hat letztendlich geholfen zu verstehen, wie Investitionsentscheidungen getroffen werden. Sie haben deutlich gemacht, dass sie investieren wollen, aber auch Unterstützung erwarten. Dies mag aggressiv wirken, aber hat geholfen, das Problem offensichtlich zu machen. Der EU Chip Act 2 soll Teile der Produktion wieder nach Europa holen, und jetzt selbstverständlich fordern auch europäische Unternehmen Unterstützung, um von diesem Wandel zu profitieren. Eine starke Mikroelektronik ist notwendig für die technologische Souveränität und die Wettbewerbsfähigkeit Europas. Zum Beispiel macht Mikroelektronik mehr als 80% der Innovationen in Autos aus. Es gibt Wirtschaftswissenschaftler, die Subventionen für falsch halten, da sie Technologien fördern, die ohne Subventionen nicht existieren könnten. Dieses Argument greift bei der Mikroelektronik nicht, denn der freie und ungestörte Markt existiert nicht. Wir können als Europa entscheiden, nicht zu subventionieren, mit der Folge, dass neue Chipfertigungen in Asien und Amerika gebaut werden. Oder wir spielen das Spiel mit und siedeln ganz bewusst wieder Halbleiterfertigungen in Europa an.

Die Fragen stellten Fritz Münzel und Silvia Stettmayer



Foto: VideoFlow/Adobe Stock

Smarte Übersetzungen für smarte Sensoren

Künstliche Intelligenz hat die Welt der Sensorik nachhaltig verändert. Was einst wie Magie erschien, ist heute Realität geworden. Dieser Fortschritt betrifft nicht nur die Sensorik, sondern alle Bereiche des Lebens, einschließlich der Übersetzungen.

Viele Unternehmen verlassen sich heute immer mehr auf künstliche Intelligenz, was ihnen in vielen Bereichen eine Effizienz- und Kostenoptimierung ermöglicht. Gerade für monotone Arbeiten kann dies auch für die Mitarbeiter ein großer Gewinn sein, wenn sie dadurch nun interessantere und ggf. anspruchsvollere Aufgaben übernehmen können, was vorher aus Kapazitätsgründen nicht möglich war. Es gibt allerdings auch Bereiche, in denen die künstliche Intelligenz eine qualifizierte Fachkraft nicht einfach und schon gar nicht vollständig ersetzen kann. Ein gutes Beispiel hierfür sind Übersetzungen.

Ohne qualifizierte Übersetzer geht es nicht

Gerade in einem technologiebasierten Bereich wie dem der smarten Sensoren, wo künstliche Intelligenz auf technischer Seite große Effizienzsteigerung verspricht, ist die Versuchung groß, sich auch bei Übersetzungen auf die KI zu verlassen. Allerdings ist gerade hier besondere

Vorsicht angeraten – ähnlich wie bei dem Einsatz von Spezialwerkzeug durch Laien. Denn bei unsachgemäßem Einsatz sind die Effizienzgewinne schnell verpufft – wenn nicht schlimmer. So können aktuelle Übersetzungsanwendungen inzwischen zwar Texte produzieren, die sich durchaus gut lesen. Allerdings verstellt dieser flüssige Stil umso mehr den Blick auf oftmals gravierende Fehler, die ernste Konsequenzen nach sich ziehen können. Um mögliche Risiken auszuschalten, ist deshalb grundsätzlich eine Überprüfung maschineller Ergebnisse durch Übersetzungsprofis mit Erfahrung im jeweiligen Fachgebiet anzuraten. Nicht zuletzt müssen bei frei verfügbaren Tools auch Gefahren rund um Datenschutz und Vertraulichkeit im Blick behalten werden. Erfahrene und spezialisierte Übersetzer sind im Übrigen seit Jahren im Umgang mit maschineller Übersetzung vertraut und setzen diese als Werkzeug ein, damit der weltweit steigende Bedarf an Sprachdienstleistungen überhaupt be-

wältigt werden kann. Entsprechend erfahrene Sprachexperten können heute im Zusammenspiel mit künstlicher Intelligenz Unternehmen viel zusätzlichen Mehrwert bieten: angefangen bei der kompetenten Feinbearbeitung von maschinellen Übersetzungen (das sogenannte Post-Editing) bis hin zur fachkundigen Beratung für effiziente Übersetzungsprozesse (mit und ohne KI).

Qualifizierte Übersetzer und Dolmetscher mit Fachwissen finden

Der **Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer (BDÜ)** erleichtert Ihnen die Suche nach qualifizierten Sprachexperten, denn in den größten deutschen Berufsverband der Branche wird nur aufgenommen, wer einschlägige übersetzerische Qualifikationen nachweisen kann, etwa ein Übersetzungs- bzw. Dolmetschstudium oder eine staatliche Prüfung. Damit unterscheiden sie sich wesentlich von unqualifizierten Anbietern auf dem Markt. In der kostenlos nutzbaren **Online-Datenbank** des BDÜ finden Sie allein in Bayern rund 1.500 professionelle Dolmetscher und Übersetzer für mehr als 40 Sprachen und zahlreiche Fachgebiete. Bundesweit sind es sogar über 7.500 BDÜ-Mitglieder mit ca. 90 Sprachen, von denen viele auf Technologie spezialisiert sind. Geht es um intelligente Sensorik, stehen Ihnen vertrauenswürdige Sprachprofis für die nötigen Übersetzungen zur Seite.

Sophia Morawitz

Vorstandsmitglied im BDÜ Bayern
E-Mail: by@bdue.de
Öffentlich bestellte und allgemein beeidigte Übersetzerin und Dolmetscherin für die englische Sprache



5 TIPPS ZUR VERGABE VON ÜBERSETZUNGEN

- ▶ **EXPERTENWISSEN**
Achten Sie darauf, dass Ihre Übersetzerin oder Ihr Übersetzer auf das jeweilige Fachgebiet spezialisiert ist.
- ▶ **ANGEBOTSANFORDERUNG**
Geben Sie Ihrer Übersetzerin oder Ihrem Übersetzer vorab Einblick in den Text, damit ein verlässliches Angebot möglich wird.
- ▶ **BEI MEHREREN ANGEBOTEN**
Noch wichtiger als der Preis ist das Fachwissen des Übersetzers, damit Sie hohe Qualität erhalten.
- ▶ **FRÜHZEITIGE BEAUFTRAGUNG**
Eilaufträge sind in der Regel deutlich teurer.
- ▶ **KOSTENEFFIZIENZ**
Geben Sie möglichst nur Endfassungen von Texten in Auftrag, damit die Übersetzung günstig und effizient für Sie erfolgen kann.

Dolmetscher- und Übersetzerdatenbank für Bayern: suche.bdue.de

Bundesverband der Dolmetscher und Übersetzer e. V. (BDÜ)
Landesverband Bayern: by.bdue.de

Mit Industrial Metaverse über den Tellerrand der Realität blicken

Digital und dreidimensional, interaktiv und innovativ – Das „Industrial Metaverse“ lässt die physische und virtuelle Welt verschmelzen und eröffnet ungeahnte Möglichkeiten sowie Chancen. Diese liegen beispielsweise in der Entwicklung von Produkten, der Demonstration in der Projektierung, Inbetriebnahme, Anwendung und Fernwartung von Maschinen und Anlagen oder dem digitalen Austausch in Unternehmen und mit Kunden.

Neu ist er nicht der Begriff „Metaverse“: Geprägt hat ihn vor mehr als 30 Jahren ein Science-Fiction-Autor, in dessen Roman die Protagonisten mal als echte Menschen und mal als digitale Avatare wandeln und handeln. Die ersten technischen Umsetzungen fanden etwa zeitgleich in Online-Computerspielen mit vernetzten Teilnehmern statt. In beiden Beispielen steht das Metaverse für einen virtuellen Raum, in dem viele verschiedene Technologien dafür sorgen, dass sich digitalisierte Nutzer in einer durch Software künstlich erzeugten Welt bewegen, dort Gespräche führen oder Handlungen vornehmen. Der Blick durch die Virtual-Reality-Brille in den künstlich erzeug-

ten Raum eines Metaverse lässt den Nutzer eintauchen in eine Realität, welche die klassischen Grenzen digital sprengt.

Virtuelle Welt erweitert die Realität

Als Industrial Metaverse bietet diese Technologie für Industrieunternehmen ein hohes disruptives Potenzial, das sehr viel verändern und verbessern kann. So sind beispielsweise Hersteller großer Maschinen und Anlagen, die nicht oder nur mit großem Aufwand transportiert werden können, in der Lage, diese anhand eines virtuellen dreidimensionalen Modells auf Messen zu zeigen und Kunden zu präsentieren. In Projekt- und Planungsgesprächen ist es möglich, verschiedene Maschinenkonfigurationen oder arbeitssicherheitsrelevante Installationen ohne mechanische Umbauten darzustellen und in ihren Funktionen zu visualisieren und validieren. Aber auch Komponentenherstellern oder Lösungsanbietern für sensorbasierte Applikationen – wie SICK – eröffnen sich mit dem Industrial Metaverse vielfältige Vorteile. So lassen sich beispielsweise Sensoren in unterschiedlichen Anschluss- und Schnittstellenversionen als 3D-Modelle anzeigen oder direkt in virtuelle Monta-

gesituationen von Maschinen integrieren, in ihrer Funktionsfähigkeit testen und in ihrem Arbeitsabstand oder ihrer Ausrichtung optimieren. Dadurch können Sensorapplikationen nicht nur präsentiert, sondern auch konkrete Herausforderungen gelöst werden, mit größerer Flexibilität als in der realen Welt. Ob Mega-Maschine, smarter Sensor oder eine beliebig andere technische Anlage oder Komponente – das Industrial Metaverse hat das Potenzial sich, wie beispielsweise Applikationen mit Künstlicher Intelligenz,

zu einem industrieweit genutzten Tool zu entwickeln, das in vielen Bereichen und Aufgabenstellung gewinnbringend genutzt werden kann. Nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass die Umsetzung durch anerkannte Technologien und offene Standards unterstützt wird.

Technologien und Standards als Enabler des Industrial Metaverse

Auch wenn das Industrial Metaverse noch am Anfang seiner Entwicklung steht, bringt diese agile Technologie viel in Bewegung – selbst in eher traditionell ausgerichteten Industrie-, Maschinenbau- oder Logistikunternehmen. Verantwortlich dafür ist zum einen die rasante Weiterentwicklung und höhere Rechenleistung relevanter Hardware-, Software- und Kommunikationstechnologien in den letzten Jahren. Dadurch können jetzt, in Echtzeit, große Datenmengen und hohe Nutzerzahlen verarbeitet werden. Zum anderen sorgen offene und etablierte Standards für Interoperabilität sowie eine hohe Entwicklungs- und Investitionssicherheit. Ähnlich wie HTML als textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung von Webseiten, hat sich das aus der Animationsfilmindustrie stammende Format Universal Scene Description (USD) als offener Austauschstandard für 3D-Darstellungen und virtuelle 3D-Modelle bei Software- und Grafikkartenherstellern etabliert. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist das Open-Source-Framework auch für Lösungen, die SICK für das Industrial Metaverse entwickelt, technologisch und wirtschaftlich der richtige Standard. Dies gilt umso mehr, als mit NVIDIA Omniverse aktuell eine transparente Rechenplattform zur Verfügung steht, die die Entwicklung von OpenUSD-basierten 3D-Workflows und -Anwendungen ermöglicht. Ein weiterer Standard ist das Graphics Library Transmission

Format (gLTF) zur Darstellung von 3D-Modellen für Websites. gLTF, vor allem aber USD, tragen erheblich dazu bei, die Entwicklungen im Industrial Metaverse nachhaltig voranzubringen – und sinnvoll mit Konzepten von Industrie 4.0 zu verbinden.

Den „Digital Twin“ im virtuellen Raum nutzen

Der Digitale Zwilling ist ein Touch Point zwischen Industrial Metaverse und Industrie 4.0. Hierbei handelt es sich um die virtuelle, digitale Repräsentanz eines physisch greifbaren Objektes. Im Fall von SICK beispielsweise eines Sensors oder einer Steuerung. Das digitale Double bildet dabei zwei Welten ab. Zum einen die Kundenperspektive, also den Lebenszyklus beim Anwender, in der Anlage, in der Applikation. Zum anderen den Produktlebenszyklus im Portfolio des Herstellers. In diesem Umfeld kann ein in der Entwicklungsabteilung generiertes CAD-Modell als erste Ausprägung und Keimzelle des Digitalen Zwillings betrachtet werden. Auf diesem können dann Lösungen des Industrial Metaverse aufsetzen, indem sie den geometrischen Abmessungen sowie anderen Daten und Merkmalen (beispielsweise die Messfunktionalitäten des Sensors) hinzufügen. In diesem Moment erwacht der Sensor in einer virtuellen Applikation des Industrial Metaverse zum Leben, indem er zum Beispiel seine Umgebung wahrnimmt und mit ihr kommuniziert. Oder er erfasst Veränderungen, wie den Wechsel von Lichtverhältnissen, die für die Funktion von Optosensoren oder Kameras durchaus relevant sind. Damit eröffnet sich bei der Projektierung, der Inbetriebnahme oder einer Fernwartung die Möglichkeit, beispielsweise Empfangs- und Signalstärken oder Farb- und Kontrastwerte zu messen und die Sensoren bei Bedarf anders zu platzieren, auszurichten oder



Mit Hilfe einer Simulation lassen sich beispielsweise Sensoren in unterschiedlichen Anschluss- und Schnittstellenversionen als 3D-Modelle anzeigen oder direkt in virtuelle Montagesituationen von Maschinen integrieren, in ihrer Funktionsfähigkeit testen und in ihrem Arbeitsabstand oder ihrer Ausrichtung optimieren

in ihrer Detektionsempfindlichkeit anzupassen. Mit einem Digital Twin im Industrial Metaverse lässt sich also unmittelbar und genau erkennen, ob bei einer Problemstellung bestimmte Änderungen oder Anpassungen zuverlässig in der Realität funktionieren. Zudem können die finalen Parameter-Konfigurationswerte anschließend wieder in den Digitalen Zwilling selbst zurückgeführt werden. Dies erleichtert im Bedarfsfall die Auswahl und Einstellung eines Austauschensors.

Interne und externe Leuchtturmprojekte

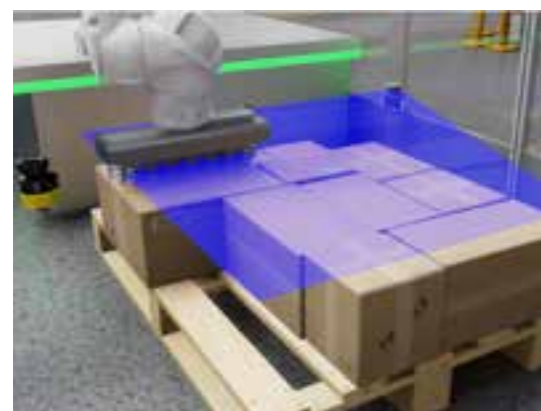
SICK setzt bei seinen aktuellen Leuchtturmprojekten wie auch bei künftigen Industrial-Metaverse-Entwicklungen auf offene und etablierte Standards, die Interoperabilität sowie eine hohe Entwicklungs- und Investitionssicherheit der Lösungen gewährleisten. Mit einem Maschinenhersteller hat SICK gemeinsam mit anderen Beteiligten ein Projekt umgesetzt, in dem es um die Erforschung der Integration von dienstleistungsorientierten „Everything-as-a-Service“-Angeboten in eine intelligente Fabrikumgebung ging. Zu den Zielen gehörte die digitale Inbetriebnahme- und Fernwartungsunterstützung über das Industrial

Metaverse. Hierbei konnten Techniker an passender Stelle eine entsprechenden 3D-Trainingssimulationen virtuell betreten und so zeitsparend in detaillierten Montagesituationen oder Einstellungsabläufen agieren. Interne Leuchtturmprojekte hat das Unternehmen bereits an diversen digitalen Messeexponaten umgesetzt. Zudem werden aktuell Automatisierungs- und Sicherheitslaserscanner verschiedener Produktfamilien als Sensormodelle auf das NVIDIA Omniverse eingestellt.

Künftig nur noch Industrial Metaverse?

Experten stimmen darin überein, dass der Mensch im Industrial Metaverse weiterhin eine wichtige Rolle spielen wird. Sei es in der konkreten Ausarbeitung der konzeptionellen Planung mit dem entsprechenden Weitblick oder beim Einsatz an der Maschine selbst. Eine vollständige Verschmelzung von virtuellem Raum und Realität bleibt abzuwarten. Denkbar sind weiterreichende Hybridmodelle, welche die Vorteile aus beiden Welten sinnvoll und effektiv sowie interaktiv miteinander kombinieren.

Dr. Arnd Sörensen
Project Manager Virtualization,
SICK AG, Waldkirch



Beispielhafter Einsatz von SICK Sensoren in Rahmen einer Depalletierungsanwendung. Das Lesefeld des Sensors, das sonst unsichtbar ist, kann so bspw. visualisiert werden

Mit Sensoren und Digitalisierung zum Digitalen Zwilling

Die Digitalisierung im industriellen Sektor umfasst weit mehr als die bloße Optimierung bestehender Arbeitsabläufe. Sie bezieht sich auf die umfassende Integration digitaler Technologien in alle Bereiche eines Unternehmens, um nicht nur bestehende Prozesse zu verbessern, sondern auch neue Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsmöglichkeiten zu schaffen. Im Kern dieser Transformation steht das Industrial Internet of Things (IIoT), das durch den Einsatz von Sensoren, fortschrittlicher Datenanalytik und Vernetzung eine tiefgreifende Veränderung der Industrielandschaft ermöglicht.

Durch IIoT und Sensorik werden physische Prozesse und Maschinen mit dem digitalen Ökosystem verbunden. Sensoren sammeln kontinuierlich Daten über Maschinenleistung, Umgebungsbedingungen und Produktionsabläufe, die dann für Echtzeitanalysen und Prozessverbesserungen genutzt werden. Diese nahtlose Integration und der Fluss von Daten sind entscheidend für die Effektivität der Digitalisierung.

Digitale Zwillinge: Eine Revolution in der Produktentwicklung und -produktion

Digitale Zwillinge sind eine Schlüsselkomponente dieser Transformation. Sie

repräsentieren die Idee, den kontinuierlichen Datenstrom aus dem IIoT nicht nur zu erfassen, sondern so zu strukturieren und zu visualisieren, dass er ein präzises digitales Abbild des realen Objekts oder Prozesses bildet. Das Herzstück eines digitalen Zwillings ist seine Fähigkeit, diese Daten in Echtzeit zu nutzen, um Simulationen, Interaktionen und Kollaborationen zu ermöglichen.

Ein digitaler Zwilling ermöglicht es, komplexe Systeme und Prozesse zu visualisieren, zu analysieren und zu simulieren, indem er die gewonnenen Daten nutzt, um ein detailliertes und dynamisches Modell der realen Welt zu erstellen. Dies geht weit über einfache Darstellungen hinaus; digitale Zwillinge können Verhaltensmuster vorhersagen, potenzielle Probleme identifizieren und Entscheidungsträgern ermöglichen, verschiedene Szenarien zu testen, bevor Änderungen in der physischen Welt vorgenommen werden.

Ein anschauliches Beispiel dafür ist der Einsatz digitaler Zwillinge in der Produktion. Er ermöglicht es, die Abläufe der Produktion zu testen und zu verbessern, bevor die Produktion aufgebaut wurde. So kann man die Steuerungsprogramme vorab testen, prüfen, ob durch Kollisionen Schäden an Maschinen hervorgerufen werden könnten und die Abläufe gesamtheitlich optimieren, wie zum Beispiel Eng-

pässe vorab erkennen. Und im weiteren Betrieb kann er dann genutzt werden, um zum Beispiel Prozesse zu optimieren oder die Ressourcen- und Energieeffizienz zu verbessern, etwa wenn es darum geht den Einsatz großer Maschinen mit dem elektrischen Netz oder mit dem Gebäudemanagement gesamtheitlich zu optimieren.

Heute schon ein Klassiker für den Einsatz des Digitalen Zwillings ist die Anomalie-Erkennung. Es wird laufend überwacht, ob sich die reale Fabrik so verhält wie der Digitale Zwilling der Fabrik. Wenn Abweichungen auftreten, wird ein Alarm ausgelöst. So kann man frühzeitig Schäden an Maschinen verhindern. Fachausdrücke dafür sind „Condition-Monitoring“ und „Predictive Maintenance“. Das ist auch eine einfache Startmöglichkeit in die Welt der Digitalisierung, da man ja nicht gleich die ganze Fabrik überwachen muss, sondern mit einem besonders kritischen Arbeitsablauf bzw. Prozess beginnen kann.

Eine wichtige Rolle spielen aber auch digitale Zwillinge von Produkten. Er ermöglicht es die Eigenschaften des Produktes zu testen und zu verbessern, bevor die eigentliche Herstellung beginnt. Das geht soweit, dass man den Digitalen Zwilling Milliarden von verschiedenen Varianten durchprobieren lässt und dann nur jene Variante tatsächlich produziert, die die besten Eigenschaften hat. Man nennt das dann „Generative Design“.

Im weiteren Lebenszyklus kann der digitale Zwilling aber auch die Performance verfolgen und verbessern helfen. Wenn man z.B. Maschinenbauer ist und eine IoT-fähige Produktionsmaschine hergestellt hat, möchte man wissen, was diese Maschine in der Produktion im Laufe des Lebens erlebt und wie sie sich dabei verhält. So ermöglicht der digitale Zwilling, sein Produkt an die Markterfordernisse anzupassen und laufend zu verbessern. Da-

durch hat man dann einen Wettbewerbsvorteil gegenüber seinen Mitbewerbern, die nur aus Kunden-Reklamationen erfahren, wenn ihr Produkt keine zufriedenstellende Performance gezeigt hat. Und es hilft einem Schritt für Schritt die Genauigkeit des Digitalen Zwillings des Produktes und des Digitalen Zwillings der Produktion zu verbessern.

Der Digital Native Ansatz

Das Potenzial des Digitalen Zwillings beginnt bei der virtuellen Inbetriebnahme. Das spart Zeit und Kosten bei der Inbetriebnahme vor Ort, und erhöht zusätzlich die Qualität, da schon in sehr frühen Phasen Fehler gefunden werden und Potenzial für Verbesserung der Arbeitsabläufe erkannt wird.

In China hat Siemens eine ganze Fabrik als sogenannte „Digital Native Factory“ erstellt. Dies ist eine Fabrik, die bereits vollständig als Digitaler Zwilling quasi funktioniert hat, bevor der Spatenstich erfolgt ist. Um so etwas zu schaffen, muss die Datendurchgängigkeit nicht nur in der realen Fabrik bestehen, sondern auch beim Digitalen Zwilling. Sobald die Fabrik dann real gebaut ist, kann dann via „Closed Loop Manufacturing“ die Genauigkeit des Digitalen Zwillings laufend verbessert werden.

Das Konzept des Digitalen Zwillings ist in allen Branchen umsetzbar. Die Automobilindustrie ist ein Vorreiter. Dort sind Kosten für den Prototypenbau und gleichzeitig der Wettbewerb für die Funktionalität, Preis und Qualität des Endproduktes sehr hoch. Die hohen Stückzahlen bei gleichzeitig hoher Produktvariabilität machen die Datendurchgängigkeit notwendig und der Aufwand für die Erstellung der Digitalen Zwillinge amortisiert sich schnell.

Der Trend geht aber mehr und mehr in der Maschinenbau-Branche in die Richtung,



Siemens Process Simulate (links) ist mit NVIDIA Omniverse (rechts) verbunden, um einen fotorealistischen, digitalen Zwilling mit voller Designtreue in Echtzeit zu ermöglichen

dass Maschinen und deren Komponenten mit einem Digitalen Zwilling ausgeliefert werden (wie zum Beispiel Siemens SINUMERIK ONE gesteuerte Werkzeugmaschinen) um so den Aufwand der Erstellung des Digitalen Zwillings für den Industriekunden möglich gering zu halten. Das ist dann der Türöffner für viele Branchen.

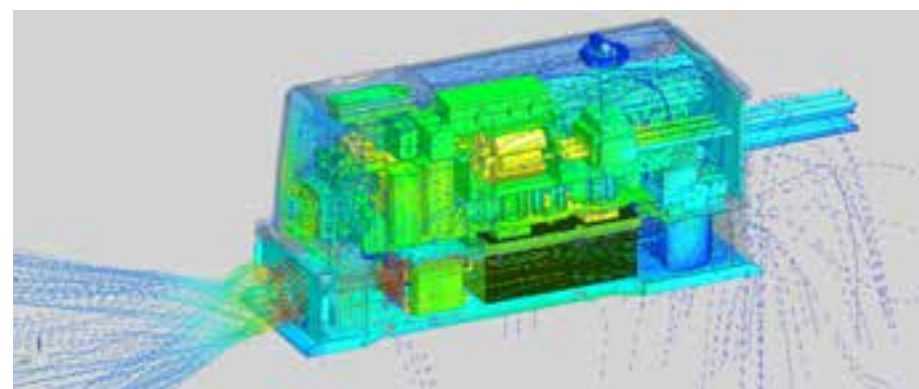
In einem bestehenden Unternehmen ist es doch eher so, dass wir mit gewachsenen Strukturen zu tun haben (brown field approach). Eher weniger oft ergibt sich die Möglichkeit, ein Unternehmen von der grünen Wiese weg völlig neu aufzubauen (green field approach), da es meistens Abhängigkeiten zu bestehenden Umwelten und existenten Infrastrukturen gibt. Es muss also gelingen, ein laufendes Unternehmen kontinuierlich und im operativen Betrieb mit zukunftsfähigen und konnektiven Lösungen zu verbessern. Das gelingt nur, wenn sie entsprechend kompetente Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben, die Digitalisierung und ihre Grundvoraussetzungen verstehen, sich aktiv in Lösungsfindungen einbringen und bereichsübergreifend denken. Die Datendurchgängigkeit bei den wichtigsten Arbeitsabläufen ist immer die Basis für eine Digitalisierung.

Ein weiterer Schritt auf dem Weg zum industriellen Metaverse

Zusammenfassend kann man sagen, dass Unternehmen in der Lage sind, ein Digitales Unternehmen zu werden, wenn sie die reale und die digitale Welt mit einem umfassenden Digital Twin-Ansatz verbinden. Dies kann zu transformativen Entscheidungen führen, die viele Branchen und die Welt zum Besseren verändern. Zum Beispiel hilft es Unternehmen, die endlichen Ressourcen unserer Welt zu schonen, indem es einen ganzheitlichen Blick auf die Nachhaltigkeitsauswirkungen entlang der Wertschöpfungskette bietet und eine kontinuierliche Optimierung ermöglicht, um mehr Nachhaltigkeit zu erreichen.

Mit dem Entstehen des Industrial Metaverse werden wir unseren Digital Twin-Ansatz konsequent vorantreiben und weiterentwickeln, um ihn realistischer und leistungsfähiger zu machen. Beim Industrial Metaverse geht es darum, die reale und die digitale Welt in einer immersiven, stets aktiven, fotorealistischen Umgebung zu verbinden, in deren Mittelpunkt der Digitale Zwilling steht.

Bernhard Wardin
Siemens AG



Siemens und UL katapultieren digitale Zwillinge in gültige Qualität für die Produktzulassung

Quantensensorik - Magnetfelder rein optisch messen

Die Nutzung von Quanteneffekten verbindet man oft mit der Notwendigkeit, Messsysteme bei sehr tiefen Temperaturen und gut abgeschirmt zu betreiben. Die dafür erforderlichen Kühlsysteme sind typischerweise sehr groß. Magnetfeld-Sensoren von Quantum Technologies GmbH können diese Effekte jedoch auch bei Raumtemperatur und darüber hinaus nutzen, sind robust und bieten dabei einen extrem kleinen Footprint.

Fasergekoppelte Messungen auf kleinstem Raum

QT-RH105 heißt eines der ersten Produkte der Quantum Technologies GmbH. Der QT-RH105 ist ein fasergekoppelter Quantensensor und misst nach einem rein optischen Prinzip und auf kleinstem Raum Magnetfeldstärken. Dafür nutzt er die Magnetfeldabhängigkeit der Spin-Zustände von sogenannten Stickstoff-Fehlstellen-Zentren in Diamanten, den sogenannten NV-Zentren. Für dieses

Verfahren muss ein Diamant so verändert werden, dass einige Kohlenstoffatome im Kristallgitter durch Stickstoff ersetzt werden. Benachbart zu jedem Stickstoffatom im Kristallgitter des Diamanten muss zusätzlich ein Kohlenstoffatom fehlen, eine sogenannte Vakanz.

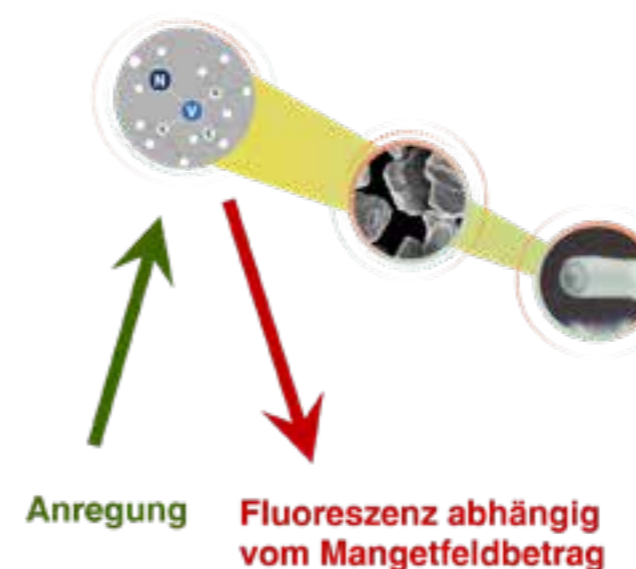
Jedes dieser NV-Zentren ist ein kleines Quantensystem und in Summe agieren diese als Magnetfeld-Sensor, der rein optisch ausgelesen werden kann. Dazu werden die NV-Zentren mit grünem Licht ($\lambda < 638$ nm) angeregt und senden anschließend rote Fluoreszenz ($\lambda > 638$ nm) aus. Wirkt ein Magnetfeld auf die NV-Zentren, verändern sich die Quantenzustände der NV-Zentren und damit auch die Fluoreszenz, die präzise gemessen werden kann. Die Intensität der Fluoreszenz ist damit ein Abbild des auf die NV-Zentren einwirkenden Magnetfelds (siehe <https://doi.org/10.1002/quote.202000037>).

Technologisch grenzt sich das Verfahren auch dadurch von gängigen Mess-

systemen ab, dass die vektorielle Richtung des Magnetfeldes unerheblich ist. Durch das spezielle Herstellungsverfahren der Sensoren ist die Messung isotrop. Das sensitive Volumen aus Diamantpulver befindet sich auf der Spitze einer Glasfaser und ist damit nicht dicker als ein menschliches Haar.

Unbegrenzte Anwendungsmöglichkeiten

Vorteile, neben dem winzigen Footprint, sind die perfekte galvanische Trennung und die hohe Geschwindigkeit der Messung. Der Sensorkopf ist vollständig nichtleitend und nichtmagnetisch und durch das rein optische Messkonzept ebenso unempfindlich auf jegliche elektromagnetische Störung, die entlang des Glasfaserkabels auftritt. Dadurch können völlig neue Messlösungen für Bereiche entwickelt werden, die mit elektrisch angebundenen Sensoren unmöglich sind. Die Sensortechnologie bietet nahezu unendliche Anwendungsmöglichkeiten,



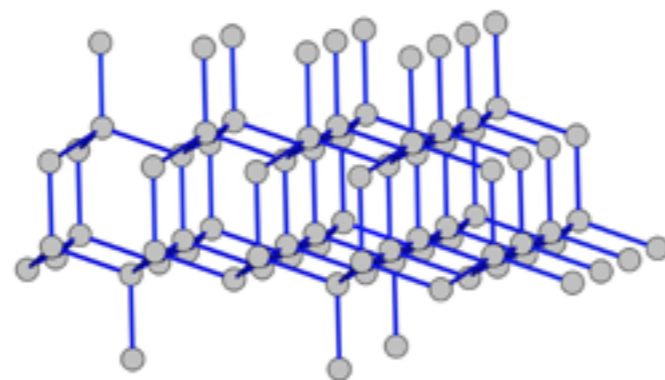
Funktionsprinzip des optischen Magnetfeldsensors QT-RH105



Quelle: Quantum Technologies



Diamantkristalle mit hoher Dichte an NV-Zentren mit typisch roter Farbe



Schematische Darstellung des Kristallgitters eines Diamanten aus Kohlenstoffatomen

Quelle: Quantum Technologies/VESTA

von der berührungslosen Messung von Stromflüssen bis hin zur präzisen Lage-messung von medizinischen Instrumenten.

Im Bereich der berührungslosen Stromsensorik können die Sensoren eingesetzt werden, um den Stromfluss in Leitern ohne direkten Kontakt zu erfassen, was besonders in Umgebungen wichtig ist, in denen Sicherheit und Isolierung eine große Rolle spielen, wie beispielsweise in Hochspannungsanwendungen. Des Weiteren bieten die Sensoren die Möglichkeit für galvanisch getrennte Messungen in verschiedensten Spannungsnetzen, sowohl in Nieder-, Mittel- als auch in Hochspannungsnetzen. Solche Messungen sind ebenso für Wechselstrom (AC) als auch für Gleichstrom (DC) möglich. Auch in der Elektromobilität können die Magnetfeldsensoren dazu beitragen, den Ladestrom und den Zustand von Batterien zu überwachen, indem sie die magnetischen Felder, die durch den Stromfluss in den Batteriezellen erzeugt werden, erfassen.

Durch die kleine Baugröße können die Sensoren im inneren von Elektromotoren oder Generatoren für die Steuerung ebenfalls von Nutzen sein, indem sie eine präzise Messung der Kommutierung ermöglichen, was eine optimale Steuerung und Umschaltung der Phasen des Motors zur Verbesserung seiner Leistung und Effizienz ermöglicht.

Durch das optische Messkonzept und die damit verbundene Robustheit gegenüber elektromagnetischen Störungen, bieten die Sensoren auch für den Einsatz in anspruchsvollen Umgebungen, wie sie z.B. bei Offshore-Anlagen, in radioaktiven Umgebungen oder in chemischen Produktionsanlagen herrschen, viel Potenzial, wo andere herkömmliche Sensoren ungeeignet sind.

Innovation durch Kooperation

Die Entwicklung und Produktion der Magnetfeldsensoren wird dabei vom strategischen Partner, der duotec GmbH, unterstützt. Ihre Expertise und Ressour-

cen tragen dazu bei, die Produkte weiter zu verbessern und neue Anwendungsbereiche zu erschließen.

„Wir sind sehr glücklich, mit Quantum Technologies ein innovatives Unternehmen an unserer Seite zu haben, das uns in die nächste Generation der Quantentechnologie begleitet“, sagt Arthur Rönisch, Geschäftsführer der duotec GmbH.

„Dieser neue Magnetfeld-Quantensensor ist ein Durchbruch in der industriellen Messtechnik und wir freuen uns darauf, gemeinsam mit Quantum Technologies die Möglichkeiten dieser neuen Technologie in unseren Kundenprojekten zu nutzen.“

Darüber hinaus sind wir stolz auf unsere Kooperation mit dem Distributor Reichelt Elektronik GmbH & Co. KG, über den erste Produkte seit dem ersten Quartal 2024 vertrieben werden, um Kunden den Zugang zu unseren hochwertigen Sensoren zu erleichtern.

Dr. Robert Staacke
CEO Quantum Technologies GmbH

Miniaturisierter thermischer Wasserstoffsensoren

Die Entwicklung alternativer Antriebskonzepte ist seit Jahren ein kritischer Baustein für die Klimaneutralität, deren Erreichen bis 2045 sich die aktuelle Bundesregierung zum Ziel gemacht hat. Neben der Elektromobilität wird vor allem die Wasserstofftechnologie als eine Grundsäule einer erfolgreichen Energiewende betrachtet – sowohl im Mobilitätssektor als auch im industriellen Segment. Im Automobilbereich wird die Energiegewinnung dabei in der Regel durch Brennstoffzellen erreicht, basierend auf einer Reaktion von molekularem Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser.

Wasserstoff birgt hohes Explosionsrisiko

Für einen portablen Betrieb dieser Brennstoffzellen müssen die Ausgangsprodukte mitgeführt werden, was vor allem für Wasserstoff eine Herausforderung darstellt, da dieses Gas nicht nur extrem flüchtig, sondern auch hochexplosiv

ist und weder durch Geruch noch visuell wahrgenommen werden kann. Aus diesem Grund sind für viele Anwendungen in diesem Bereich Sensoren nötig, welche die Wasserstoffkonzentration aus Sicherheitsgründen überwachen sollen, damit diese in Umgebungsluft nicht über 4% ansteigt, was einem kritischen Wert für die Selbstzündung des Gases entspräche. Speziell für Anwendungen im Automobilbereich werden daher sehr hohe Anforderungen an diese Sensoren gestellt, welche nicht nur die Sensitivität des Sensors, sondern auch andere Parameter wie den Leistungsverbrauch oder die Ansprechzeit einbeziehen.

Dabei ist die Leckagedetektion von Wasserstoff nicht nur für die Automobilindustrie ein wichtiges Thema, sondern ist grundsätzlich für Industriestandorte relevant, an welchen die Energiegewinnung mithilfe von Wasserstoff angedacht oder bereits umgesetzt wird. Darüber hinaus soll Wasserstoff auf absehbare Zeit Erdgas als Energieträger in vielen Bereichen

ersetzen. Auch Wasserstoff muss dabei in Gaspipelines von A nach B transportiert werden. Durch die hohe Flüchtigkeit geht ein Gasaustritt hier in erster Linie mit einem großen wirtschaftlichen Schaden einher. Für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur ist daher die genaue Detektion der Wasserstoffkonzentration ein entscheidender Faktor, um das Gelingen dieses Vorhabens zu gewährleisten.

Im Jahr 2020 kein einziger konkurrenzfähiger Sensor kommerziell erhältlich

Laut einer Studie der Technischen Hochschule Chalmers in Schweden konnte noch im Jahr 2020 kein einziger Sensor diese hohen Ansprüche bedienen [1]. Als vielversprechende Kandidaten, um diese Anforderungen zu adressieren, werden hauptsächlich optische, chemische oder auch elektro-resistive Verfahren genannt. Thermische Verfahren hingegen stellen bislang eher einen Nischenbereich dar, obwohl sie neben einer schnellen Ansprechzeit auch eine geringe Leistungsaufnahme aufweisen und einen großen Messbereich umfassen. Gravierendster Nachteil dieser Sensoren ist die schlechte Auflösungsgrenze bzw. Sensitivität im Vergleich zu anderen etablierten Verfahren. Durch die Miniaturisierung dieser Sensoren mithilfe von Methoden der Halbleitertechnologie versucht man seit Jahren dieses Problem zu lösen. Ein entscheidender Faktor ist dabei eine möglichst große Oberfläche des Sensorelements bei gleichzeitig möglichst geringer thermischer Masse, um eine ausreichend hohe Dynamik des Messsignals zu gewährleisten.

Grundsätzlich ist das thermische Messprinzip denkbar einfach: das Sensorelement wird durch Stromfluss erwärmt und gibt Wärme an das umgebende Gas ab. Wasserstoff hat im Vergleich zu anderen Atmosphärgasen eine deutlich erhöhte Wärmeleitfähigkeit und begünstigt somit



Abb. 2: Explosionszeichnung des fertigen Sensorpackages

die Wärmeabfuhr vom Sensorelement, was schließlich durch eine Widerstandsänderung messbar wird. Im einfachsten Fall ist das Sensorelement ein miniaturisierter, freihängender metallischer Draht, welcher – ähnlich wie bei einer Glühbirne – zu einer Wendel gewickelt wird, um die an das Gas ankoppelnde Oberfläche zu maximieren. Die mikromechanische Ausführung wird meist als sogenannte micro-hotplate umgesetzt. Dabei wird ein metallisches Heizelement in eine dielektrische Membran eingebettet und über einer Kavität aufgespannt [2]. Die Chips werden auf Waferlevel hergestellt (s. Abb. 1) und im Anschluss vereinzelt sowie in ein Package integriert (s. Abb. 2). Neben Oberfläche und thermischer Masse des Sensorelements ist außerdem der Abstand zur Wärmesenke – in der Regel die Einhausung des Sensors – wichtig. Für das Design möglichst effizienter Sensoren ist also eine erfolgreiche Gratwanderung aus großer Oberfläche, geringer thermischer Masse und hohem Abstand zur Wärmesenke entscheidend. Für eine Optimierung können dabei analytische und numerische Verfahren verwendet werden, welche eine recht detailgetreue Vorhersage darüber erlauben, wie sich der realisierte Sensor unter Einsatzbedingungen verhält. In mehreren Iterationschleifen können die Ergebnisse der theoretischen Studien in die weitere Konzeptionierung der Sensoren einflie-

ßen, um schlussendlich die Effizienz des Sensors zu optimieren.

Die 3-Omega Methode als Schlüssel zum Erfolg

Auch die Form des Anregungssignals ist ein wichtiger Einflussfaktor für die Performance des Sensors. Dynamische Verfahren versprechen eine höhere Genauigkeit als stationäre Messmodi, da im selben Zeitintervall über mehrere Perioden gemittelt werden kann. Ein in letzter Zeit vielversprechender Ansatz ist die sogenannte 3-Omega-Methode. Dabei wird das Heizelement mit einem sinusförmigen Strom beaufschlagt und die abfallende Spannung gemessen. Diese enthält neben der Fundamentalfrequenz auch einen erhöhten Anteil der dritten Harmonischen, welcher mit den thermischen Eigenschaften des umgebenden Gases in Zusammenhang steht. Daraus kann nicht nur die Wärmeleitfähigkeit der Substanz sehr genau bestimmt werden; das Verfahren ist natürlich auch für die Anwendung als Wasserstoffsensoren prädestiniert. Für die Extraktion des 3-Omega-Signals werden üblicherweise Lock-In-Verstärker verwendet, welche nicht nur eine sehr frequenzselektive Filterung erlauben, sondern auch eine sehr präzise Spannungsmessung mit hoher Wiederholgenauigkeit ermöglichen – neben der Geometrieoptimierung der entscheidende Faktor, um thermische

Sensoren mit einer hohen Sensitivität zu realisieren. Unter idealen Voraussetzungen können somit Auflösungsgrenzen im niedrigen ppm Bereich erzielt werden [3]. Für den thermischen Betrieb eines Sensors dürfen weitere thermodynamische Größen nicht außer Acht gelassen werden. Diese Sensoren müssen daher zusammen mit Referenzsensoren für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Umgebungsdruck betrieben werden. Eine weitere Integration der Messumgebung auf Chipbasis kann für eine kostengünstige Realisierung der Sensoren sorgen. Die Arbeiten zum miniaturisierten Wasserstoffsensoren sind Resultat einer bayernweiten Kooperation der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg unter der Leitung von Prof. Dr. Rupert Schreiner sowie den Unternehmen Thyracont Vacuum Instruments GmbH aus Passau und Vitesco Technologies aus Regensburg.

Dr. Dominik Berndt
Zurich Instruments

Literatur

- [1] Iwan Darmadi u.a. in: ACS Sensors 2020 5 (11), 3306-3327 DOI: 10.1021/acssensors.0c02019
- [2] Dominik Berndt u.a. in: Sensors & Actuators A 305 111670 DOI: 10.1016/j.sna.2019.111670
- [3] Dominik Berndt u.a. in: Sensors 22(2) 485 DOI: 10.3390/s22020485

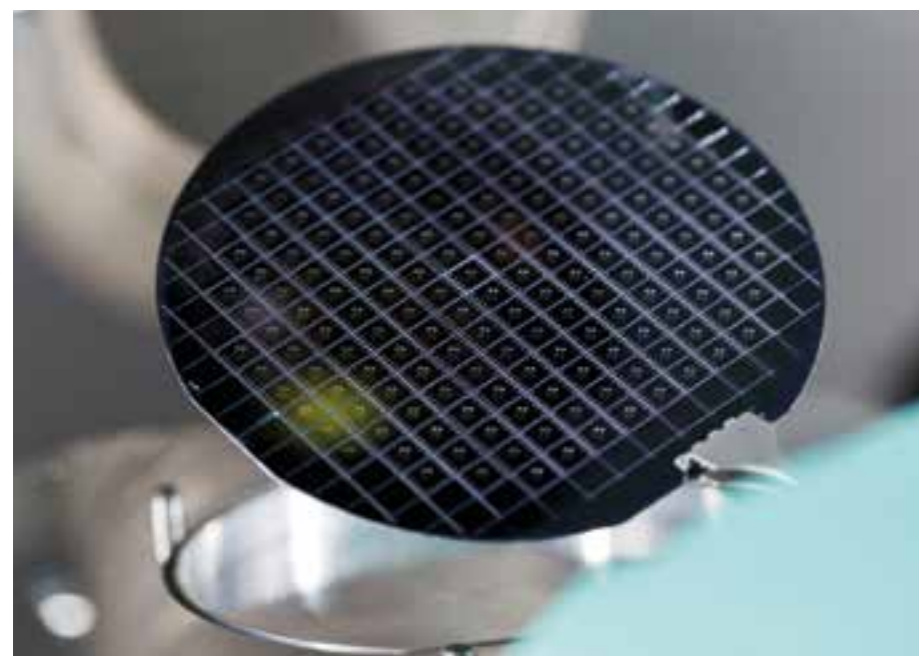


Abb. 1: Fertiger Wafer bestehend aus mehr als 200 einzelnen Sensoren

Die TNC Komponentenüberwachung von HEIDENHAIN

Intelligente Verschleißerkennung für Werkzeugmaschinen

Die Genauigkeit einer Werkzeugmaschine ist auch vom Verschleiß abhängig, dem die Mechanik und Antriebstechnik unterliegen. Damit der Anwender Einbußen nicht erst im laufenden Fertigungsprozess anhand fehlerhafter Teile feststellt, hat HEIDENHAIN die TNC Komponentenüberwachung entwickelt. Sie erkennt die Auswirkungen von Beanspruchung und Alterung der Maschine auf ihr dynamisches Verhalten – wesentlich für die Vermeidung von Ausschuss und Maschinenausfällen.

Bei ihrer Inbetriebnahme verfügt eine Werkzeugmaschine über die höchste Genauigkeit. Alle Komponenten sind neu und die Regler perfekt auf die Maschinendynamik im Auslieferungszustand abgestimmt. Im Betrieb und im Laufe der Zeit verändert sich aber das dynamische Maschinenverhalten, z.B. durch die Belastung aus den vielfältigen Beschleunigungs- und Bremsvorgängen der Achsen. Sie führen zu einer höheren Reibung

oder zu einer nachlassenden Steifigkeit von mechanischen Übertragungselementen. Daraus resultieren nicht nur Ungenauigkeiten im Antrieb. Auch die Kompensationen der Regler werden fehlerhaft. Diese Effekte summieren sich, im schlimmsten Fall wird eine Achse instabil und beginnt zu schwingen.

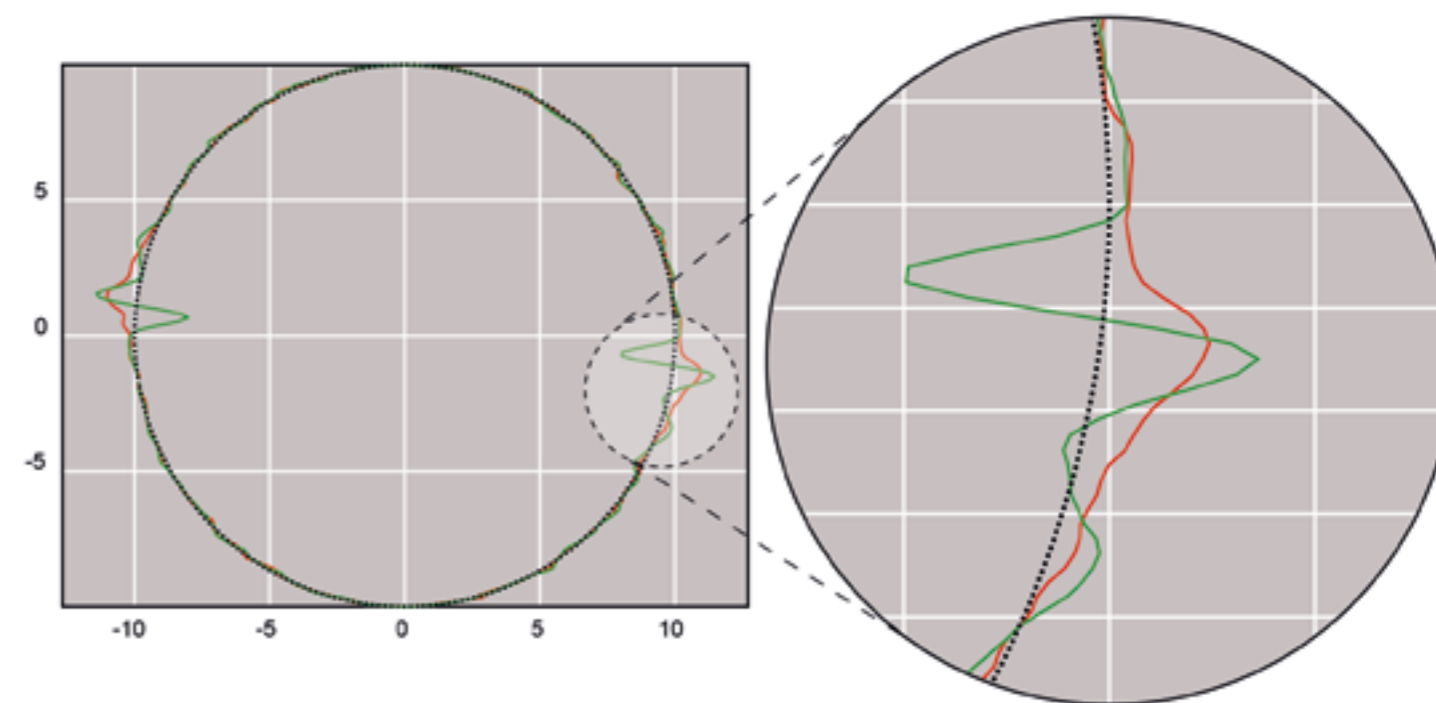
Dynamisches Verhalten im Blick: die TNC Komponentenüberwachung

Ein zyklisches Maschinenmonitoring mit der TNC Komponentenüberwachung von HEIDENHAIN beugt diesem Szenario wirkungsvoll vor. Sie erkennt sich anbahnende Abweichungen von der ursprünglichen Genauigkeit und Dynamik frühzeitig und gibt anhand definierter Grenzwerte entsprechende Hinweise und Warnmeldungen aus. Dazu gehören auch Informationen zu den möglichen Ursachen, deren Anzeige der Maschinenhersteller implementieren kann. Auf dieser Basis kann der Anwender frühzeitig und gezielt Wartungen planen,

die seinen Fertigungsablauf nicht stören. Der Maschinenhersteller kann ebenfalls die anstehende Wartung oder Reparatur samt Personal- und Materialeinsatz rechtzeitig vorbereiten. Termin, Fachkraft und notwendige Ersatzteile sind perfekt aufeinander abgestimmt. So wird der Service-Einsatz effizient – zum Vorteil von Maschinenanwender und Maschinenhersteller.

Oberflächenqualität und Konturgenauigkeit erhalten, Maschinenstillstand vermeiden

Der Verlust der Maschinengenauigkeit zeigt sich als erstes in einer nachlassenden Oberflächenqualität und Konturgenauigkeit an den hergestellten Werkstücken. Ursachen sind unter anderem eine nicht mehr optimal auf das Maschinenverhalten abgestimmte Kompensation bei der Achsumkehr in Kreisbewegungen oder veränderte Maschinenschwingungen, die nicht mehr optimal vom Regler bedämpft werden. Was auf den ersten Blick wenig dramatisch erscheint, kann gerade in einer hochautomatisierten Fertigung schwerwiegende – sprich kostspielige – Folgen haben. Schnell häuft sich hier eine größere Zahl an fehlerhaften Teilen an, die zeit- und kostenaufwendig nachbearbeitet oder sogar als Ausschuss komplett entsorgt werden müssen. Da aufgrund des Qualitätsmangels eine weitere Fertigung auf der Maschine nicht möglich ist, resultiert aus dem nicht rechtzeitig detektierten Verschleiß auch noch eine ungeplante Stillstandszeit für die Reparatur und Wartung der Maschine. Der Genauigkeitsverlust wirkt sich also nicht nur auf den laufenden Auftrag aus, sondern führt in der Folge zu weiteren Produktionsausfällen und Verschiebungen bei nachfolgenden Aufträgen.



Nachlassende Genauigkeit: Im Auslieferungszustand (rot) zeigt der Kreisformtest kaum Abweichungen vom Ideal. Nach zwei Betriebsjahren (grün) führen das veränderte dynamische Maschinenverhalten und die nicht daran angepassten Reglereinstellungen zu deutlichen Fehlern ($r = 10 \text{ mm}$, $F = 3.000$, Darstellung des Fehlers um Faktor 1.000 überhöht)

Kenngößen messen, Abweichungen feststellen, Zustand melden

Um die Prozesssicherheit der Werkzeugmaschine zu steigern, bietet die TNC Komponentenüberwachung ihrem Anwender und dem Maschinenhersteller die Möglichkeit, regelmäßig den Zustand der Vorschubachsen zu überprüfen. Auf Basis des dynamischen Verhaltens bei der Inbetriebnahme sowie anhand von Kenngrößen und Grenzwerten, die der Maschinenhersteller hinterlegt hat, erkennt die Komponentenüberwachung auftretende Abweichungen. Für diese Analysen kommen regelungstechnische Tools wie Frequenzgangmessungen, Kreisformtests oder Hüllkurvenanalysen zum Einsatz. Sie lassen Rückschlüsse auf grundlegende und spezifische Faktoren zu.

Insbesondere die Frequenzganganalyse eröffnet erweiterte Möglichkeiten zur Berechnung von Kennwerten, die über regelungstechnische Standardgrößen hi-

nausgehen. Sie berücksichtigt z.B. auch die Achsdynamik während einer Bewegung. Denn der Frequenzgang enthält auch alle Informationen zum linearisierten dynamischen Verhalten einer Achse. Anhand dieser Daten und durch den Abgleich mit über 90 hinterlegten Kennwerten liefert die Komponentenüberwachung unter anderem die folgenden validen Informationen:

- Den effektiven Schleppfehler für eine vorgegebene Bewegung und die darin dominierende Frequenz
- Die Umkehrspitzen für eine Analyse der Maschinenperformance
- Die effektiven Positionsdifferenzen zwischen Drehzahlmessgerät am Motor und Lagemessgerät am Maschinenschlitten für eine Beurteilung des Zustands von Getriebe und Antriebsstrang
- Die dominanten Spektrallinien einer Hüllkurve für die Erkennung von Schäden an Wälzlagern

Mit der TNC Komponentenüberwachung steht somit ein Baukastensystem für die Maschinenzustandsanalyse zur Verfügung, das der Maschinenhersteller flexibel an seine Maschine und ihre Einsatzzwecke anpassen und der Maschinenanwender praxisnah in seiner Werkstatt einsetzen kann. Die Komponentenüberwachung nimmt alle notwendigen Messungen vor und berechnet alle erforderlichen Kennwerte für eine zuverlässige Beurteilung der Maschinenperformance und der regelungstechnischen Robustheit.

Ulrich Poestgens

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Mehr Informationen

www.heidenhain.de/tnc7
www.heidenhain.com



Alle Abb.: HEIDENHAIN

Die TNC Komponentenüberwachung zeigt kritische Genauigkeitsabweichungen der Maschine frühzeitig an und ermöglicht effiziente Wartungs- und Service-Einsätze

Sensoren und KI - Wandel zu einer wertorientierten Produktion

Industrie 4.0 beschreibt den technologieorientierten Fortschritt in der Produktion, in dem durch intelligente Vernetzung Prozesse optimiert werden. Aktuell findet der Wandel zu einer wertorientierten Sicht auf die Produktion statt – die sogenannte Industrie 5.0. Hier rücken der Mensch, die Nachhaltigkeit und die Resilienz in den Mittelpunkt. Diese Sichtweisen müssen nicht widersprüchlich sein. Vielmehr können Entwicklungen der Industrie 4.0 – wie Künstliche Intelligenz, intelligente Sensoren oder Edge-Cloud-Continuum – nun verwendet werden, um Mensch-Maschine-Kollaboration sowie nachhaltige, resiliente Fertigungsprozesse zu ermöglichen.

Bei ihrer Inbetriebnahme verfügt eine Der Produktionssektor steht aktuell unterschiedlichen Herausforderungen gegenüber: Fachkräftemangel, individuelle Kundenwünsche, erhöhte Energiekosten, Unsicherheit in der Lieferkette, usw. Mit der Industrie 5.0 [1] sollen neue wertorientierte Lösungen entwickelt werden, die sich diesen Problemen stellen. Konkret rücken hier drei Aspekte in den Mittelpunkt: der Mensch, die Nachhaltigkeit und die Widerstandsfähigkeit (Resilienz).

So sollen Roboter in Zukunft dem Menschen wiederholende oder gefährliche

Aufgaben abnehmen, sodass dieser sich auf kreative und komplexe Aspekte konzentrieren kann, wie Qualitätskontrolle oder kundenspezifische Lösungen. Mitarbeitenden könnten somit flexiblere Arbeitszeiten oder Weiterbildungsmöglichkeiten angeboten werden. Zusätzlich sollen Fertigungsprozesse nachhaltiger werden, zum einen im Sinne des Umweltschutzes und zum anderen aufgrund steigender Energiekosten. Zu Zeiten von flexiblen und kundenspezifischen Lösungen muss außerdem die Produktion zu jeder Zeit gewährleistet werden: Es soll auf unerwartete Störungen, z.B. in der Fabrik oder der Lieferkette, angemessen reagiert werden, sodass Liefertermine dennoch eingehalten werden können.

Adaptive Produktion für die Gewährleistung von Sicherheit und Resilienz

Eine wichtige Voraussetzung für die Industrie 5.0 ist die Anpassung an vielfältige Änderungen: Ein Roboter muss in Zusammenarbeit mit dem Menschen Sicherheit gewährleisten. Fertigungsprozesse müssen den Ausfall einer Maschine abdecken oder Ressourceneffizienz bei geringerer Auftragslage sicherstellen. Hierfür wird erweiterte Wahrnehmung benötigt, die den Zustand des Systems (z.B. Roboter, Maschine) und

der Umgebung (z.B. Mensch, Hindernisse, weitere Roboter) abbildet. Schlüsseltechnologien sind intelligente Sensoren und Künstliche Intelligenz (KI). Mithilfe vernetzter Sensoren lassen sich relevante Daten über das System und die Umgebung sammeln, z.B. Kameras und Abstandssensoren für die Erkennung von Menschen, oder Strom- und Temperatursensoren für die Zustandserkennung einer Maschine. KI hat das Potenzial, aus diesen Daten Informationen zu generieren, z.B. für erweiterte Wahrnehmung oder Ermittlung von Anpassungen.

Es gibt jedoch Technologienbarrieren, die den Einsatz von KI in der Produktion erschweren: heterogene Systeme mit teils veralteten Technologien, langwierige KI-Entwicklung aufgrund von mangelndem Domänenwissen und inflexibler KI-Betrieb in dynamischen Systemen. Der reine Einsatz von KI ist also nicht ausreichend. Vielmehr braucht es einen flexiblen, kontinuierlichen Daten- und KI-Lebenszyklus. Dieser wird – im Sinne einer service-orientierten Architektur – durch sogenannte KI-Services umgesetzt, die flexibel im Edge-Cloud-Continuum verteilt sein können (siehe Abbildung Seite 25). Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Kognitive Systeme IKS forschen im Rahmen des Projektes „REMORA – Multi-Stage Automated Continuous Delivery for AI-based Software & Services Development in Industry 4.0“ an einem Framework, das den Daten- und KI-Lebenszyklus unterstützt und optimiert [2].

Umsetzung eines Daten- und KI-Lebenszyklus für die Produktion

Mit dem Daten-Interface des Frameworks können sowohl KI-Services als auch Nutzer technologieunabhängig Daten abfragen, z.B. von Sensoren oder Maschinen. Metadaten geben zusätzliche Informationen über den Inhalt (z.B. Ein-



Beispielhafter Daten- & KI-Lebenszyklus bestehend aus fünf KI-Services (Sechsecke) – Datenerhebung, Datenaggregation, KI-Training, KI-Analyse, KI-Monitoring – der flexibel im Edge-Cloud-Continuum verteilt ist

heit) und den Kontext (z.B. vom Sensor überwachte Maschine) der Daten, um ein gemeinsames Verständnis für diese zu schaffen. Sie können über einen Digitalen Zwilling (z.B. Verwaltungsschale) modelliert und über das Daten-Interface zugänglich gemacht werden. Somit geht die Entwicklung von KI-Services deutlich schneller vonstatten, da Domänenwissen automatisiert zusammen mit den Rohdaten geliefert wird.

Durch den Service-Manager des Frameworks können die entwickelten KI-Services flexibel und vertragsbasiert im Edge-Cloud-Continuum verteilt und koordiniert werden. Relevante Metadaten hierfür sind die Anforderungen der KI-Services und die aktuell vorhandenen Ressourcen. Auf Basis von Optimierungszielen können dann KI-Services verteilt werden, z.B. Training in der Cloud und KI-Analyse innerhalb einer Steuerung oder auf einem intelligenten Sensor. Der KI-Manager des Frameworks ermög-

licht das Weiterlernen und die Neuteilung von KI-Modellen. Die Qualität der Analyseergebnisse wird stetig bewertet und neue Daten werden gesammelt. Auch die Einbeziehung des Menschen (human-in-the-loop), z.B. für die Korrektur von Analyseergebnissen, ist hier möglich.

Das Framework bietet also notwendige Werkzeuge für die Industrie 5.0. Durch die Sammlung und Analyse von Sensordaten kann eine erweiterte Wahrnehmung geschaffen werden, die eine Anpassung im Sinne von sicherer Mensch-Maschine-Kollaboration oder resilienter Produktion ermöglicht. So wird in Zukunft ein Roboter in der Lage sein, die Absicht und Konzentrationsfähigkeit des Menschen einzuschätzen und dementsprechend seine Handlungen anzupassen. Geplant sind weiteren Entwicklungen – wie digitale Menschmodelle, neuartige Mensch-Maschine-Schnittstellen und erklärbarer KI

– entsteht ein gemeinsames Verständnis und eine effiziente Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine. Dieses Vorhaben wurde im Rahmen des Projektes „REMORA – Multi-Stage Automated Continuous Delivery for AI-based Software & Services Development in Industry 4.0“ durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert und durch die Bayern Innovativ GmbH unterstützt.

Hoai My Van
Fraunhofer-Institut
für Kognitive Systeme IKS

Literatur

- [1] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_de?etrans=de
- [2] <https://doi.org/10.24406/publica-688>



Erweiterte Wahrnehmung und Anpassung des Systems basierend auf Sensoren und KI

Energy Harvesting – eine lange Geschichte

Die gegenwärtige Diskussion um Digitalisierung nimmt viele bekannte Visionen auf, vom Internet der Dinge (engl. Internet of Things – IoT), Industrie 4.0 und Smart Home bis zur digitalen Selbstüberwachung. All diesen Technologien liegt die Idee zu Grunde, dass Maschinen Daten aus der Umwelt aufnehmen und dann in adäquater Weise darauf reagieren. Dafür sind elektronische Sensoren notwendig, die ihrerseits Energie benötigen – wenn auch meist nicht viel.

Was ist Energy Harvesting?

Virulent wird die Frage, wenn die Sensoren unabhängig vom Stromnetz an schwer zugänglichen Stellen – etwa zur Lawinenwarnung, im Inneren von Maschinen und Anlagen oder im bzw. am Körper von Menschen oder Tieren – platziert werden sollen. Wenngleich die Batterieentwicklung in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat, reicht deren Betriebsdauer oft nicht aus, vor allem wenn ein turnusmäßiger Batterietausch zu aufwendig ist. Die Entwick-

ler verteilter Elektronik verfolgen daher eine komplexe Strategie, die mehrere Maßnahmen umfasst: (1) die Verbesserung der Energieeffizienz der Hardware; (2) eine energiebewusste Softwareprogrammierung; (3) die Auslagerung energieintensiver Rechenprozesse auf externe Server und schließlich (4) die Nutzung vor Ort vorhandener Energieressourcen. Letzteres wird als Energy oder auch Power Harvesting bezeichnet [1]. Hier soll der letzte Punkt in den Blick genommen werden.

Welche „Erntetechnologien“ sind möglich?

Technische Lösungen zur Entnahme geringer Energiemengen aus der Umwelt sind selten neu, können heute aber – oft mit Halbleitertechnologischen Verfahren – sehr effizient in winzigen Dimensionen hergestellt werden. Im Folgenden werden einige wichtige Wandler vorgestellt [2].

Piezoelemente erzeugen bei einer mechanischen Verformung (Druck oder Bie-

gung) eine elektrische Ladung mit relativ hoher Spannung. Vibration oder Rotation lassen sich einfach mit *Elektromagnetischen Generatoren* nutzen. Dabei wird ein kleiner Permanentmagnet in einer Spule bewegt, in der eine Spannung von wenigen Volt entsteht. Die erzeugte Leistung liegt im Bereich bis zu einigen Milliwatt. *Thermoelektrische Generatoren* wiederum nutzen den Seebeck-Effekt, wonach bei einer Temperaturdifferenz zwischen den Enden eines speziellen Materials eine Spannung im Bereich von 100 mV entsteht. Die Spannung lässt sich durch Kaskadierung mehrerer Thermoelemente erhöhen. Vorteilhaft ist, dass Thermogeneratoren keine beweglichen Teile besitzen, also völlig wartungsfrei arbeiten. Hinzu kommt, dass sich die stromerzeugenden Komponenten zusammen mit anderen Schaltungselementen wirtschaftlich auf einem Chip fertigen lassen. *Elektrostatische Energieerzeuger* nutzen die Änderung der Kapazität von schwingungsabhängigen Kondensatoren, so dass einfach Elektrizität aus Vibration gewonnen werden kann. Dabei setzt man auch sog. *Elektrete* ein, die im elektrischen Feld ähnlich wie Dauermagneten im Magnetfeld wirken. Kapazitive Wandler lassen sich gut mit den Fertigungsmethoden der Halbleitertechnik herstellen. Für die autonome Energieerzeugung im Körper von Menschen oder Tieren sind *Mikro-Brennstoffzellen* geeignet, da sie relativ einfach aufgebaut sind. Brennstoffzellen erzeugen Energie aus einer chemischen Reaktion. Eine Glukose-Sauerstoff-Zelle etwa könnte das menschliche Glukosereservoir nutzen. Voraussetzung ist aber, dass sie bei Raumtemperatur arbeiten und das Korrosionsproblem gelöst wird. *Solarzellen* sind allgemein bekannt. Für Energy-Harvesting-Anwendungen sind vor allem flexible Solarzellen interessant, etwa zur Versorgung intelligenter Kleidung bzw. von Wearable Computer. Energie lässt

sich auch aus *elektromagnetischen Wellen* gewinnen. Die Energiemenge hängt von der Feldstärke der Radiowellen und von der Antennenfläche ab. Diese Technik wird heute üblicherweise bei RFID-Tags (RFID: Radio Frequency Identification) benutzt.

Eine kurze Geschichte des Energy Harvesting

Seit den 1950er Jahren suchten die Raumfahrt und die Medizintechnik nach einer wartungsfreien Energiequelle mit langer Betriebszeit. So implantierte 1958 Åke Senning in Stockholm erstmals einem Menschen einen Herzschrittmacher. Die Stromversorgung übernahm ein Nickel-Cadmium-Akkumulator, der mittels Induktionsspule aufgeladen wurde. Bald setzte man auf leistungsfähige Quecksilberoxid-Zink-Batterien. Allerdings hielten diese oft nicht die versprochene Betriebszeit von fünf Jahren, sondern mussten bereits nach zwei Jahren getauscht werden. Deshalb suchte man seit Anfang der 1960er Jahre nach Energiequellen, die auch im menschlichen Körper arbeiten können. Viel Hoffnung setzte man auf biogalvanische Zellen, bei denen Körperflüssigkeiten den Elektrolyten bilden. Als die Idee in Tierexperimenten überprüft wurde, zeigte sich jedoch, dass die aggressiven Körperflüssigkeiten zur Korrosion der Elektroden führten. Es gab auch Versuche, mittels Piezoelementen mechanische Bewegungen im Körper, etwa die Pulsation der Aorta, zu nutzen. Wegen des stark korrosiven Milieus im Körper und einer geringen Zuverlässigkeit kamen solche Systeme aber nicht über das Versuchsstadium hinaus. Erfolgversprechend erschien auch die Idee, Glukose-Sauerstoff-Zellen zu implantieren, die bei Körpertemperatur arbeiten und unmittelbar das menschliche Glukosereservoir anzapfen, so dass sie lebenslang im Körper verbleiben könnten. Solche Systeme wurden seit Ende der 1960er Jahre entwickelt und getestet, bewährten sich jedoch nicht. Eine weitere Lösung bestand in der aus der Weltraumtechnik bekannten Radionuklid-Batterie, die Elektroenergie aus der Strahlung meist von Plutonium-238 erzeugt; später nutzte



Funkschalter des Münchner Unternehmens EnOcean, 2007, in den Sammlungen des Deutschen Museum

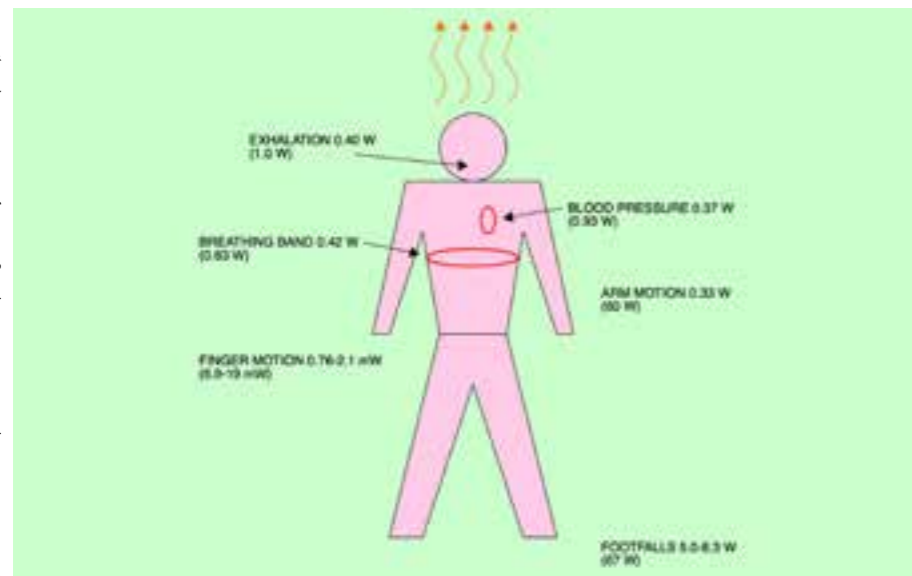
man Promethium-147 oder Tritium. Solche Herzschrittmacher besaßen zwar eine Lebensdauer von weit über 20 Jahren; allerdings musste zu jeder Zeit und für alle Beteiligten der Strahlenschutz garantiert werden. So darf auf keinen Fall etwa bei einem Unfall hochgiftiges und radioaktives Plutonium austreten. Deshalb wurde u. a. ein Gehäuse aus einer Wolfram-Tantal-Legierung vorgeschlagen, das für 90 Minuten einer Temperatur bis zu 1300° C widersteht. Als zu Beginn der 1970er Jahre die leistungsstärkeren und langlebigen Lithium-Batterien zur Verfügung standen, war damit das Energieproblem für Herzschrittmacher zwar nicht wirklich gelöst, hatte sich aber entspannt, denn z. B. Lithium-Jod-Zellen erreichten mit 5 bis 10 Jahren eine akzeptable Lebensdauer. In den 1970er und 1980er Jahren kamen verbesserte Systeme auf den Markt, etwa Lithium-Silberchromat- oder Lithium-Kupfersulfid-Zellen. So setzte man pragmatisch auf solche leistungsfähigen Batteriesysteme, die alle fünf Jahre getauscht wurden. Die Hoffnung der Implantat-Hersteller auf neue Systeme erwachte nach der Jahrtausendwende wieder, als sich die Suche nach Energy-Harvesting-Systemen massiv ausweitete. Jedoch erwiesen sich die neuen Komponenten als unbrauchbar für

medizinische Anwendungsfälle. Außerhalb des medizinischen Bereichs aber sahen junge Unternehmen einen lohnenden Markt für Energy Harvesting, wie etwa die 2001 in München gegründete EnOcean [3]. Eines ihrer ersten Produkte waren wartungsfreie, batterie-lose Funkschalter, bei dem der Druck auf den Schalter über ein Piezoelement genügend Energie erzeugt, um ein Funksignal zum Empfänger an der Brennstelle zu senden. Das Unternehmen ist heute weltweit aktiv und hat seine Produktpalette stark erweitert. Zweifellos kann man in den nächsten Jahren weitere technologische Durchbrüche erwarten, denn ohne die Energieversorgung verteilter Elektronik werden die heutigen Visionen kaum realisiert werden können.

Frank Dittmann
Deutsches Museum

Literatur

- [1] Beitrag des Autors in: Muggenburg, Jan (Hg.): Reichweitenangst. Batterien und Akkus als Medien des Digitalen Zeitalters. Bielefeld 2022, S. 173-197
- [2] Kanoun, Olfa (Hg.): Energy Harvesting. Grundlagen und Praxis energieautarker Systeme. Renningen: Expert-Verl., 2008
- [3] Schneider, Andreas: 10 Jahre EnOcean – 10 Jahre Innovationen, in: perpetuum 8 (2011) H. 2, S. 8-11



Grafische Darstellung von Stromquellen aus Körperbewegungen

Auf den Punkt gebracht

Wie ein neuartiges Mikrosystem zur kontaktlosen Spannungsmessung entsteht

Die Mikrosystemtechnik kombiniert elektrische mit mechanischen Komponenten auf dem Trägermaterial Silizium und ermöglicht so die Realisierung von kompakten Sensoren für eine Vielzahl von Anwendungen. Am Beispiel der kontaktlosen Spannungsmessung wird deutlich gemacht, wie komplex der Entwicklungsprozess für ein mikro-elektrisch-mechanisches System (MEMS) ist, das Sensor- und Aktuator-Funktionen verknüpft. Die realisierten kleinen MEMS (ca. 2x3 mm) eignen sich auch für punktweise Messungen lokaler Feldstärken.

Aufgabenstellung: Von der Vision zum Messprinzip

Es soll ein Sensor zur berührungslosen Bestimmung von elektrischen Spannungen in Gleich- und Wechselstrom-Netzen realisiert werden. Die Randbedingung, den Energie- und Raum-Bedarf zu minimieren, erfordert den Einsatz der Mikrosystemtechnik.

Nach der Analyse aller bekannten Messverfahren bietet das Prinzip des elektrostatischen Voltmeters die beste Chance auf ein erfolgreiches MEMS-Projekt. Für das Mikrosystem müssen Simulations- und Entwurfs-Werkzeuge aus den Bereichen Halbleitertechnologie, Mechanik, Elektrostatik und Elektronik gekoppelt werden.

Prinzip elektrostatisches Voltmeter

Das berührungslos arbeitende elektrostatische Voltmeter nutzt die kapazitive Kopplung zwischen einem geladenen Leiter und einer Detektorelektrode, deren Ladung proportional zur Spannung (Potentialdifferenz gegen Masse) ist. Um die Ladung zu bestimmen, wird der Verschiebungsstrom gemessen, der bei definierten Änderungen der lokalen Feldstärke zwischen Detektor und Masse fließt. Dazu wird eine Blende, die im Raum direkt vor dem Detektor angeordnet ist und

auf Massepotential liegt, mit Hilfe eines elektromechanischen Kammantriebs so verschoben, dass sie die Detektorelektrode zeitweise gegen das zu messende Feld abschirmt. Der Detektor wird im Rhythmus der mechanischen Bewegung abwechselnd auf Massepotential entladen und dann im Feld durch Verschiebungsströme wieder geladen. Der entsprechend wechselnde Stromfluss am Detektor wird mit gängigen elektronischen Schaltungen weiterverarbeitet und in das gewünschte Ausgabeformat umgesetzt. Wegen des dynamischen Messprinzips können Gleich- und Wechselspannungen gemessen werden.

Prinzip und wesentliche Komponenten der MEMS-Realisierung eines elektrostatischen Voltmeters sind in Bild 1 dargestellt. Es zeigt einen Ausschnitt des Blendenrahmens und des elektromechanischen Kammantriebs in der vorderen Blendenebene sowie der da-

hinter liegenden Detektorebene mit der kammartig geformten Detektorelektrode. Das Rastermaß der Detektorelektrodenfinger (Breite plus Abstand) bestimmt das Gesamtdesign: Breite plus Abstand der Blendenöffnungen sowie die nötige Auslenkung des Kammantriebs hängen direkt damit zusammen. Der Blendenrahmen ist über lange Federbalken in dem Sensor aufgehängt. Diese Anordnung bildet ein schwingfähiges Feder-/Masse-System, dessen Eigenresonanz im Kilohertzbereich liegt. Die Bewegung des Blendenrahmens wird mit einer zweiten elektromechanischen Kammstruktur, die als Positionssensor entlang der anderen Seite des Blendenrahmens betrieben wird, gemessen. Mit der Rückkopplung der Positionsinformation in die Ansteuerung des Kammantriebs entsteht ein elektromechanischer Regelkreis, der mit der mechanischen Eigenfrequenz oszilliert. Die Blende wird so mit minimalem Energiebedarf zyklisch bewegt.

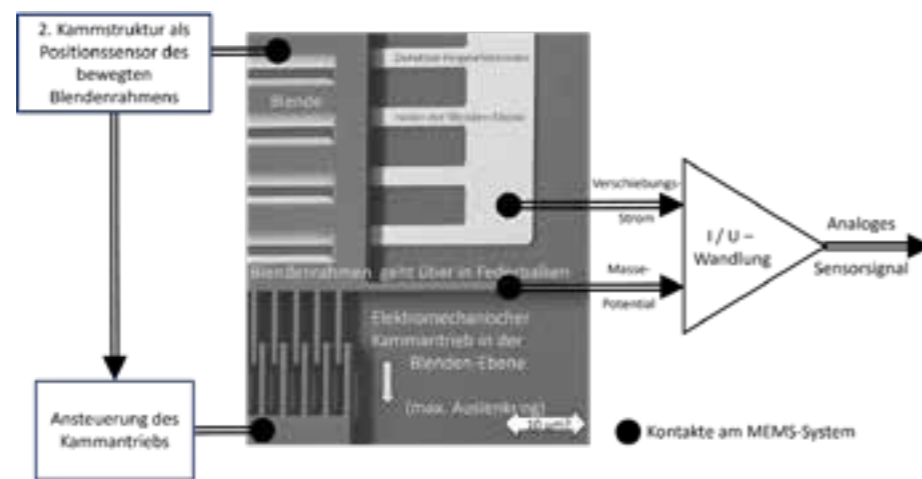


Bild 1: Prinzip und MEMS-Realisierung eines elektrostatischen Voltmeters

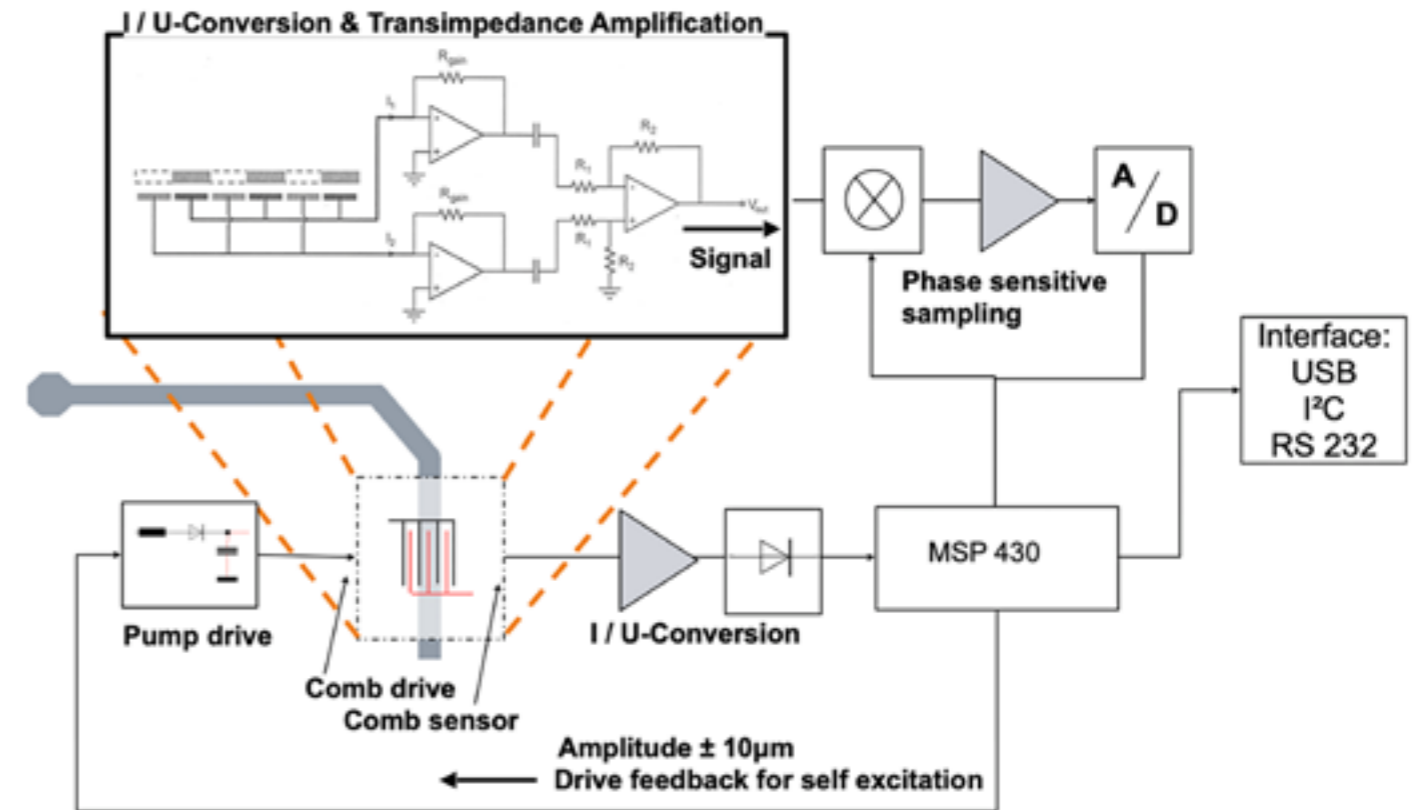


Bild 2: Prinzip der elektronischen Signalverarbeitung

Über die Federbalken ist der Blendenrahmen mit dem Massepotential der Elektronik verbunden. Der Verschiebungsstrom der Detektorelektrode wird mithilfe eines Operationsverstärkers in eine entsprechende Spannung umgesetzt. Befindet der Sensor sich in einem elektrischen Feld, ist das analoge Sensorsignal sinusförmig mit der mechanischen Frequenz der Blendenbewegung und amplitudenmoduliert proportional zur aktuellen elektrischen Feldstärke. Das Verfahren der Amplitudenmodulation begrenzt prinzipiell die Genauigkeit bei dynamischen Messaufgaben, da die maximale Abtastrate durch die Eigenfrequenz des Systems festgelegt ist.

Was ist neu?

Das Design der Detektorelektrode wurde völlig umgestellt. In dem Leerraum zwischen den Fingern des Detektors ist nun spiegelbildlich eine zweite Fingerlektrode angeordnet. Die Blende deckt abwechselnd immer eine der beiden Interdigitalstrukturen ab. Das Signal der zweiten Elektrode ist um 180 Grad ge-

genüber der ersten verschoben. Mit einem Differenzverstärker wird aus beiden Kanälen ein analoges Sensorsignal mit doppelter Amplitude erzeugt. Über das verbesserte Signal/Rauschverhältnis hinaus werden auch Störeinflüsse, die auf beide Elektroden einwirken, weitgehend eliminiert. Das phasengesteuerte Abtasten des Sensorsignals blendet elektrische Störungen durch die Antriebssteuerung aus.

Realisierung des MEMS

Zur Realisierung des Sensors in MEMS Siliziumstrukturen wurde die Technik der Tiefenstrukturierung gewählt. Hierbei werden Strukturen am CAD simuliert, erzeugt und in Belichtungsmasken umgesetzt. Diese werfen Schatten auf lichtempfindlich beschichtete Si- oder Glaswafer. Die Beschichtung der Wafer wirkt nach der Entwicklung als Maskierung für nachfolgende Ätzschritte zur Herstellung von Gruben oder Metallisierungen für Leiterbahnen und Elektroden. Diese Verfahrensschritte werden mehrfach (typ. 50 Durchläufe) nacheinander

angewendet, wodurch die im CAD simulierten dreidimensionalen Strukturen in mehreren Ebenen entstehen. Dabei werden feststehende Teile (z.B. für die Elektroden oder die Anschlüsse) und bewegliche Teile (z.B. die Kammstrukturen der beweglichen Elektroden des Resonators) auf verschiedenen Wafern erzeugt und durch Waferverbindungsverfahren (Waferbonden) zueinander gebracht und ohne Klebstoffe verbunden. So können die elektrischen Funktionen und die Federsysteme mit mikro- oder nanometer Strukturabmessungen erzeugt werden. Der Vorteil dieser kleinen Strukturen ist, dass sie sehr kleine Massen haben. Durch die Wahl der Materialien Silizium und Glas werden die MEMS-Sensoren extrem stoß- und temperaturunempfindlich sowie stabil bezüglich Alterung und störenden dielektrischen Drieffekten.

Mikro-mechanische Komponenten

Es galt nun ein Federsystem wie oben beschrieben, sowie die Aufhängung, den Aktor Anteil für die Schwingung, den Sensor Anteil zum Auskoppeln der Mess-

signale aufzubauen. Die Federelemente haben Breiten im einstelligen µm-Bereich, also kleiner als der Durchmesser eines Haares. Die Oszillation erfolgte im Bereich von 6 kHz, hierauf moduliert sich der Potenzialunterschied zwischen den Kondensatorplatten auf.

ter der Ausgabe über eine standardisierte Schnittstelle zugeführt. Die Steuerung der Messung bis zur Ausgabe übernimmt ein Mikrocontroller.

Eine wichtige Voraussetzung für die elektronische Signalverarbeitung sind störssichere und kurze Verbindungen, um

	Vorgegebene Spezifikation	Istwert	Bemerkung
Spannung	0 - 690 V	>690 V	abh. von Aufbau
Spannungstyp	UC	AC und DC	
Frequenzbereich	0 - 10 kHz	0 - 600 Hz	10. Oberwelle 60 Hz
Abtastrate		6 kSamples / sec	Resonanzfrequenz
Max. Messfehler	1%	± 0,6%	bezogen 690 V
Temperaturbereich	-25 bis 85 °C	-25 bis 125 °C	Sensorchip
Energiebedarf		30 mW	
galvanische Trennung		ja	
Überspannungsfestigkeit	4 kV	> 4 kV	abh. von Aufbau
Fremdfelder		?	Schirmung einfach
Größe		< 2 x 3 mm	Designoptimierung

Elektronische Signalverarbeitung

Der Nachteil dieser kleinen Strukturen ist die Notwendigkeit, die Messgrößen aus sehr kleinen Strömen bzw. Spannungen lesen zu müssen, was mit moderner Elektronik heute aber möglich ist.

Wegen der geringen Abmessungen der Messelektroden betragen die Verschiebungsströme bei einem typ. MEMS-Voltmeter nur 10 pA/V. Diese geringen Ströme werden über einen Transimpedanzverstärker in Spannungen gewandelt, phasenempfindlich abgetastet und wei-

möglichst keine Störsignale einzufangen. Daher ist in einer späteren Entwicklungsstufe ein Aufbau von MEMS-Chip und Elektronik-Chip in einem Gehäuse anzustreben.

Eigenschaften

In der Tabelle sind typische Eigenschaften des MEMS-Voltmeters in der Entwicklungsphase zusammengefasst. Die Spezifikation für eine Anwendung im Feld wird den Ist-Daten der Versuchsmuster gegenübergestellt.

Ausblick /Anwendungen

Dieser Sensor eignet sich für Anwendungen in Hochvoltssystemen, wo Sicherheitsaspekte zu hohem Aufwand für den Schutz bei elektrischen Spannungen führen. Er ist auch geeignet für Anwendungen, die ein leichtes Gewicht oder ein geringes Volumen erfordern.

Insbesondere ist der Sensor geeignet, in Gleichspannungssystemen (i.e. HGÜ-Systemen) galvanisch getrennt kapazitiv Spannungen zu messen.

Jörg Hassel, Arno Steckenborn und Fritz Breimesser

Patentsituation

Bevor man sich auf ein Messprinzip festlegt, muss man den aktuellen Stand der Technik dazu recherchieren. Dieser wird durch Literatur- und Patent-Recherchen dokumentiert. Patente, die auf dem Feld des geplanten Projekts bereits existieren, müssen bis in die Details der Ansprüche besonders sorgfältig analysiert werden, um von Anfang an das Risiko von Patentstreitigkeiten zu minimieren. Nachgewiesene Patentverletzungen können den wirtschaftlichen Erfolg des Projekts infrage stellen, wenn Lizenzgebühren anfallen oder gar ein Verkaufsverbot verhängt wird. Im speziellen Fall des zuvor beschriebenen MEMS-Sensors mussten wir wegen einer störenden weltweiten Patentanmeldung die ersten Lösungsvorschläge verwerfen und einen neuen Ansatz für das Sensorprinzip entwickeln. Daraus entstand ein Patent, das inzwischen im Prüfungsverfahren offengelegt wurde. Parallel zu den Fortschritten des Projekts wurden weitere Anmeldungen beim Patentamt eingereicht. Patentrechtlich ist das Mikrosystem zur kontaktlosen Spannungsmessung breit abgesichert.

Hochschule München Start-Hub for Printed Electronics

Der Start-Hub for Printed Electronics bietet den Startups der Hochschule München den Raum, neueste Entwicklungen aus dem wachsenden Markt der gedruckten Elektronik in ihre Produkt- und Prozessentwicklung einfließen zu lassen. Prof. Dr. Ulrich Moosheimer stellt ihnen das aktuelle Know-how aus dem Bereich der gedruckten Elektronik bereit. Durch seine Vorstandsarbeit bei der Organic and Printed Electronics Association, eine Arbeitsgemeinschaft im VDMA, kann er auf seine langjährigen Erfahrungen in Forschung und Entwicklung und seine Kontakte in der Industrie zurückgreifen.

Ausgestattet mit analoger und digitaler Technologie

Mit Hilfe einer Präzisionssiebdruckanlage können die betreuten Start-ups mehrlagige Produktdesigns exakt drucken. Entsprechende Anlagen für Druckformherstellung und Weiterverarbeitung gehören auch zur Ausstattung. Dazu gehören eine Pick&Place-Anlage zum Applizieren elektronischer SMD-Bauteile auf die gedruckten Strukturen oder Laserschneidanlagen zum Strukturieren der gedruckten Prototypen.

Siebdruck ist ein bewährtes analoges Druckverfahren, aber Inkjet wird das dominierende digitale Druckverfahren in der Zukunft sein. Deshalb werden auf einem Funktions-Inkjetdrucker leitfähige Tinten getestet, um sie zur Produktentwicklung zu nutzen. So können auch partikelfreie Tinten zum Druck von leitfähigen Silberbahnen verarbeitet werden.

Gedruckte Sensoren gegen Rückenschmerzen

In der Corona-Zeit kam unserer Alumna Maria Neugschwender zur Linderung ihrer Rückenschmerzen der Einfall, Sensoren in Kleidung einzudrucken. Diese Sensoren sollten Muskelgruppen akti-

vieren und dann sogar einzelne Körperpartien steuern können. Das Start-Hub war schnell von der Idee begeistert und stellte Infrastruktur und Know-how zur Verfügung. Zusammen mit ihrem Bruder Marius Neugschwender entwickelte sie gedruckte Sensoren und Aktoren für das Gesundheitswesen, um Muskelgesundheit zu optimieren und bei Muskel-Skelett-Erkrankungen Abhilfe zu schaffen. Im Detail verbinden die Sensoren nahtlos präzise Muskeldiagnostik mit neurorehabilitativen Therapien. Die gedruckten Sensoren lassen sich in alle Textilien integrieren, die dann in punkto Funktionalität und Komfort der normalen Sportkleidung in nichts nachstehen. Der dünne Schichtaufbau garantiert, dass die Sensoren diskret und kaum wahrnehmbar sind.

Unter anderem diese Ehrungen unterstreichen die Erfolgchancen des Start-ups:

- Science4Life Preis (wissenschaftliche Ausgründungen aus den Bereichen Chemie, Lifesciences und Energie)
- Lopec Award 2023 (Auszeichnung für das beste Start-up im Bereich gedruckter und organischer Elektronik)

Mehrere Patentanmeldungen, eine wachsende Anzahl von Mitarbeitern und eine sehr erfolgreiche Investorenrunde weisen auf eine erfolgreiche Zukunft hin.

Hightech Agenda Bayern fördert Entrepreneurship

Die Hightech Agenda Bayern stellte die Ressourcen für den Betrieb des Start-Hubs for Printed Electronics und die Unterstützung der Startups im Bereich der gedruckten Elektronik zur Verfügung. Die Reduzierung des Lehrdeputats von



Gedruckte Sensoren in der Kleidung können bei Rückenschmerzen helfen

Foto: Alexander Frießleben

Prof. Moosheimer gaben ihm den Freiraum, Startups der Hochschule München zu coachen und sie bei der Produkt- und Prozessentwicklung intensiv zu unterstützen. Zusätzlich erlaubt sie ihm die Weiterentwicklung des Start-Hubs auch im Bereich der digitalen Drucktechnologien. Die HTA-Mittel fördern hier Forschung sowie Innovationen in Lehre und Transfer, insbesondere Entrepreneurship.

Prof. Dr. Ulrich Moosheimer

Weitere Links

- Start-Hub for Printed Electronics: www.start-hub.info
- Organic and Printed Electronics Association: www.oe-a.org
- Noxon: www.noxon.io
- Hightech Agenda Bayern: www.hm.edu/hochschule_muenchen/hochschulleitung/hta/index.de.html



Auf der RMS Herrsching nach Stegen

Foto: Schifffahrt Ammersee

Wo kann Technik schöner sein ... Hightech in der Kulturlandschaft Ammersee

VDI Tag 2024

am 8. Juni 2024



Die „Alte Brauerei“ in Stegen

Liebe Mitglieder und Freunde des VDI,

am Samstag, den **8. Juni 2024**, laden wir Sie wieder zu einem VDI Tag ein. Diesmal geht es in die Kulturlandschaft am Ammersee. Freuen Sie sich auf interessante Exkursionen und ein schönes Rahmenprogramm.

Nach dem Motto „Wo kann Technik schöner sein?“ sind wir auf der Suche, was die Gegend an exzellenten Technologien, Kultur und Geschichte zu bieten hat.

Wir wünschen schon jetzt viel Spaß und Freude, gute Gespräche und interessante Stunden beim VDI Tag. Wir hoffen, wir haben Sie neugierig gemacht.

Es sind noch Restplätze frei!

Die Online-Anmeldung ist noch bis zum 15.5.2024 möglich unter www.vdi-sued.de

Rupert Zunhammer

Programm:

9:00: Einchecken in der Alten Brauerei.
 Sie erhalten aktuelle Hinweise beim Check-in.
 9:45 Begrüßung durch den VDI Vorstand in der Alten Brauerei
 Vortrag durch Herrn Bajohr/Fa. Torqeedo: Wir gestalten die Zukunft. Wie sich Menschen auf dem Wasser bewegen.
 Mittagsimbiss, Smalltalk, Informieren, Kennenlernen, Austausch im Gastraum „Alte Brauerei“.
 Busabfahrt ca. 12:00 Uhr.
 Die Führungen starten gestaffelt ab ca. 12:30 Uhr

Führungen

Gruppen A und B: Jahrhundertbauwerke prägen eine Region

Mit einem Bus besuchen die Gruppen A und B das Marienmünster in Dießen und das Radom Raisting. Nach den Führungen ist Treffpunkt am Hafen Dießen, Schiffanlegestelle. Von dort bringt Sie ein Dampfer über Herrsching zurück nach Stegen

Gruppen C und D: Kunstwerke, Kupfer und Zinn

Die Gruppen C und D besuchen abwechselnd den Künstlerort Dießen und das Kupfermuseum in Fischen. Nach den Führungen ist Treffpunkt Hafen Dießen, Schiffanlegestelle. Von dort bringt Sie ein Dampfer über Herrsching zurück nach Stegen.

Gruppen E und F: High Tech am Ammersee

Die Gruppen E und F besuchen die Groundlift Studios und brechen um 13:30 Uhr mit einem Bus nach Weßling zur Firma Torqeedo auf. Gegen 15:45 Uhr geht die Reise weiter nach Herrsching zum Hafen. Einem kurzen Aufenthalt an der Seepromenade folgt ab 16:55 die Rückfahrt mit dem Dampfer nach Stegen.

Abendprogramm

Um 18:00 Uhr trifft das Schiff mit allen Gruppen in Stegen ein. Kurzer Fußweg zur alten Brauerei. Das Abendessen beginnt ab 18:30 Uhr. Während des Abends werden attraktive Preise zum VDI Tag verlost.

Allgemeine Informationen:

Die Anmeldegebühr beträgt 25,- Euro pro Person (Kinder bis 8 Jahre kostenlos) und beinhaltet alle Transfers und den Mittagsimbiss. Das Abendessen zahlt jeder selbst. Anmeldeschluss: 15. 5. 2024

Die Anreise ist individuell, es gibt keine reservierten Parkplätze. Bitte suchen Sie sich Parkmöglichkeiten rund um die „Alte Brauerei“.

Die Zugfahrer bitte mit der S8 bis Weßling fahren. Z.B. S 8 München Hbf Ab 8:04, An Weßling 8:41. Vom Bahnhof Weßling fährt ein VDI-Bus, Abfahrt 9:05 Uhr, und bringt Sie direkt zur „Alten Brauerei“. Derselbe Bus bringt Sie abends zurück zum Bahnhof. Abfahrt Bus 20:00 Uhr. Abfahrt S8 ab Weßling 20:37 Uhr.



Industriedenkmal Radom Raisting



Marienmünster Dießen



Herrenstraße im Künstlerort Dießen



Groundlift Studios



Torqeedo – Elektroantriebe für Boote

VDI München

CSRD - Klimastrategie ist notwendig

Welche Offenlegungen in Bezug auf Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel werden für Unternehmen erforderlich, die der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) unterliegen? Auf diese Fragestellung ging Referentin **Dietlind Weide** im VDI Arbeitskreis Unternehmer und Führungskräfte ausführlich ein. In Relation zu den vielfältigen Themen, die unter Nachhaltigkeit oder ESG (Environment, Social, Governance) subsummiert werden, hat der Klimaschutz eine herausragende Bedeutung. Einerseits ist seit Beginn der Industrialisierung die globale Durchschnittstemperatur bereits im Schnitt um 1,1°Celsius angestiegen. Andererseits befürchten Expertinnen und Experten, dass bei fortschreitender Erwärmung kritische Schwellenwerte mit Rückkopplungseffekten, die sogenannten Kippelemente, nicht mehr beherrschbar sein und zu signifikantem Meeresspiegelanstieg, Wasserknappheit und unbe-

wohnbaren Gebieten führen werden. Weitere Auswirkungen zeigt die Grafik, die es zu bewerten gilt.

Unternehmen sind in einer Doppelrolle: Sie sind zugleich Mitverursacher der Erderwärmung und Betroffene der Konsequenzen. Wichtig ist zu verstehen, dass dieser Zusammenhang nicht nur für große Unternehmen relevant ist.

Ebenso spiegeln die **European Sustainability Reporting Standards (ESRS)**, der europäische Berichtsstandard, diesen Kontext wider (herunterladbar auf EUR-Lex*), dem zentralen Zugang zum EU-Recht).

So ist ein Ausschluss des Klimawandels aus der Liste der wesentlichen Themen kaum möglich (s. ESRS 2, Allgemeine Angaben, Punkt 57). Die Offenlegungen wiederum werden im Einzelnen durch den Themenstandard „ESRS E1 Klima-

schutz“ geregelt. Er beinhaltet die Themen „Anpassung an den Klimawandel“, „Klimaschutz“ und „Energie“.

Neben Angabepflichten wie zum Beispiel die Einbeziehung der nachhaltigkeitsbezogenen Leistung in Anreizsysteme, eines Übergangsplans für den Klimaschutz, Energieverbrauch und Energiemix sollten die Anwendungsanforderungen für die „Darlegung erwarteter **finanzieller Auswirkungen wesentlicher physischer Risiken** und Übergangsrisiken sowie potenzieller klimabezogener Chancen“ von berichtspflichtigen Unternehmen unbedingt beachtet werden. Denn bei der Durchführung der **Resilienzanalyse** für jedes ermittelte wesentliche klimabezogene Risiko müssen bestimmte Szenarioanalysen berücksichtigt werden.

Ab 2025 haben Kapitalgesellschaften mit über 250 Beschäftigten und einer Bilanzsumme über 20 Mio. EUR oder einem Umsatz über 40 Mio. EUR ihre **Nachhaltigkeitserklärung im Lagebericht** abzugeben. Damit sind Finanz- und Nachhaltigkeitsberichtserstattung vor dem Gesetz gleichgestellt.

Dieser online VDI-Themenabend sensibilisierte auf den unausweichlichen **Klimafokus**. Intensiv diskutiert wurde der Bezug in die Entwicklungsumgebung und Produktion hinein.

*) https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a17f44bd-2f9c-11ee-9e98-01aa75e-d71a1.0010.02/DOC_2&format=PDF

Dietlind Weide
Beraterin für nachhaltige Unternehmensführung
Dipl.-Ing. Christa Holzenkamp
Leitung VDI AK Unternehmer und Führungskräfte

Klassifikation von Klimagefahren (Quelle: Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission)				
	Temperatur	Wind	Wasser	Feststoffe
Chronisch	Temperaturänderung (Luft, Süßwasser, Meerwasser)	Änderung der Windverhältnisse	Änderung der Niederschlagsmuster und -arten (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Küstenerosion
	Hitzestress		Variabilität von Niederschlägen oder der Hydrologie	Bodendegradation
	Temperaturvariabilität Abtauen von Permafrost		Versauerung der Ozeane Salzwasserintrusion Anstieg des Meeresspiegels Wasserknappheit	Bodenerosion Sotifikation
Akut	Hitzewelle	Zyklon, Hurrikan, Taifun	Dürre	Larvine
	Kälte-/Frost	Sturm (einschließlich Schnee-, Staub- und Sandstürme)	Starke Niederschläge (Regen, Hagel, Schnee/Eis)	Erdbeben
	Wald- und Flächenbrände	Tornado	Hochwasser (Küsten-, Flusshochwasser, pluviales Hochwasser, Grundhochwasser) Überlaufen von Gletscherseen	Bodenabsenkung

Klassifikation von Klimagefahren

VDI BV Bayern Nordost

Fördermitglied LEISTRITZ AG erhält die Auszeichnung mit dem TOP 100-Siegel 2024

Das Unternehmen bekommt die Auszeichnung für seine Innovationskraft. Ranga Yogeshwar gratuliert im Juni 2024 bei der Preisverleihung in Weimar.

Nach dem viel beachteten und erfolgreichen Besuch des Bundespräsidenten mit einer Wirtschaftsdelegation 2023, nun die nächste Auszeichnung zum frisch gekürten Innovations-Champion: Die LEISTRITZ AG aus Nürnberg hat das TOP 100-Siegel 2024 erhalten. Damit werden nur besonders innovative mittelständische Unternehmen ausgezeichnet. Wissenschaftsjournalist Ranga Yogeshwar wird bei der Preisverleihung am 28. Juni in Weimar persönlich zu diesem Erfolg gratulieren. Yogeshwar begleitet den Innovationswettbewerb TOP 100 seit zwölf Jahren als Mentor. Der VDI BVBNO-Nürnberg freut sich mit der LEISTRITZ AG, die uns seit über 60 Jahren als Fördermitglied verlässlich unterstützt, und gratuliert ganz herzlich zu dieser bedeutenden Auszeichnung.

TOP 100: Der Wettbewerb

Seit 1993 vergibt compamedia das TOP-100-Siegel für besondere Innovationskraft und überdurchschnittliche Innovationserfolge an mittelständische Unternehmen. Die wissenschaftliche Leitung liegt seit 2002 in den Händen von Prof. Dr. Nikolaus Franke. Franke ist Gründer und Vorstand des Instituts für Entrepreneurship und Innovation der Wirtschaftsuniversität Wien. Mit 26 Forschungspreisen und über 200 Veröffentlichungen gehört er international zu den führenden Innovationsforschern. Mentor von TOP 100 ist der Wissenschaftsjournalist Ranga Yogeshwar. Projektpartner sind die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung und der Mittelstandsverband BVMW. Die Magazine manager magazin und impulse begleiten den Unternehmensvergleich als Medienpartner, ZEIT für Unternehmer ist Kooperationspartner. Mehr Infos und Anmeldung unter www.top100.de



sei zudem, wie und ob sich Neuheiten und Produktverbesserungen am Markt durchsetzen konnten.

Die LEISTRITZ AG setzte sich in dem wissenschaftlichen Auswahlverfahren durch und gehört zum ersten Mal zu den Top-Innovatoren. Das Unternehmen ist nicht nur ein erfolgreicher Hidden Champion, sondern auch ein Global Player des Maschinenbaus in der Metallindustrie. Damit Chancengleichheit herrscht, wird das TOP 100-Siegel in drei Größenklassen vergeben: bis 50,

Im Auftrag von compamedia, dem Ausrichter des Wettbewerbs, überprüften der Innovationsforscher Prof. Dr. Nikolaus Franke von der Wirtschaftsuniversität Wien und sein Team die Innovationskraft aller Teilnehmenden anhand von mehr als 100 Kriterien aus fünf Kategorien: Innovationsförderndes Top-Management, Innovationsklima, Innovative Prozesse und Organisation, Außenorientierung/Open Innovation sowie Innovationserfolg.

„Sind die Unternehmen in der Lage, neue Produkte, neue Dienstleistungen, neue Prozesse und neue Geschäftsmodelle zu schaffen? Und sind diese Leistungen nur Zufälle oder aber das Ergebnis eines strukturierten und zielgerichteten Vorgehens? Diese Fragen untersuchen wir bei TOP 100“, erläutert Nikolaus Franke sein Vorgehen bei der Überprüfung. Wichtig

51 bis 200 und mehr als 200 Mitarbeiter. Maximal werden 100 Unternehmen pro Größenklasse ausgezeichnet. In der nunmehr 31. Auflage dieses Innovationswettbewerbs bewarben sich 388 Mittelständler um die Auszeichnung. Erfolgreich waren 287, darunter auch die LEISTRITZ AG, und tragen seit dem 1. Februar das TOP-100-Siegel 2024. Am 28. Juni versammeln sich dann im „congress centrum weimarhalle“ alle Top-Innovatoren des Jahrgangs 2024. Zur Preisverleihung, im Rahmen des Deutschen Mittelstands-Summit, wird Ranga Yogeshwar den Mitarbeitern zur besonderen Innovationskraft und Innovationserfolg der TOP 100 persönlich gratulieren.

H.-G. Manns und A. Ingenfeld

VDI BV München, Ober- und Niederbayern

Jahresmitgliederversammlung 2024

Der Vorsitzende des Vorstandes, Andreas Wüllner, begrüßte die 105 anwesenden Mitglieder sowie die Gäste am 4. März 2024 bei der TÜV SÜD AG in München und stellte die Tagesordnung vor.

Die Einladung erfolgte form- und termingerecht. Andreas Wüllner stellte fest, dass die Versammlung beschlussfähig ist. Die Mitgliederversammlung verabschiedete die Niederschrift der Mitgliederversammlung vom 13. März 2023 („Technik in Bayern“, Heft 03/2023, S. 34 bis 36), zu der keine Einwände erhoben wurden und die Tagesordnung 2024 („Technik in Bayern“, Heft 01/2024, S. 29) einstimmig.

Tätigkeitsbericht für das Geschäftsjahr 2023 und Planung 2024

Andreas Wüllner drückte zu Beginn seiner Ausführungen herzlichen Dank und Anerkennung an alle ehrenamtlich Tätigen und Helfer im BV aus, die wieder ihr Bestes gegeben haben, um das gewohnt umfangreiche und anspruchsvolle Programm zu gestalten und den Mitgliedern überall vor Ort technisch interessante und aktuelle Themen und Veranstaltungen zu bieten, was auch gut gelungen ist und im laufenden Jahr konsequent weitergeführt wird.

Die Zahl der Mitglieder im BV hat sich im Vergleich zu Vorjahr um ca. 200 auf derzeit 9.684 persönliche Mitglieder leicht erhöht. Herr Wüllner bekräftigte, dass der Mitgliedererwerb vom Vorstand große Aufmerksamkeit geschenkt wird und forderte alle Mitglieder auf, sich im jeweiligen Umfeld für die Mitgliederwerbung zu engagieren.

Insgesamt wurden im Jahr 2023 138 Veranstaltungen in Präsenz und auch zu einem nennenswerten Teil online durchgeführt. Die Entwicklung zeigt die nach wie vor aktuelle Hauptaufgabe auf, Mitglieder mit attraktiven Angeboten zu hal-

ten und neue zu gewinnen. – Herr Wüllner berichtete über die Veranstaltungen des BV im Jahr 2023:

- 138 Veranstaltungen mit 3.383 Teilnehmern
- Deutscher Materialfluss Kongress
- Regionaler Hub zum Deutschen Ingenieurtag (DIT) mit dem Schwerpunkt „Zirkuläre Wertschöpfung“
- VDI Tag in Rosenheim mit Querschnitt Geschichte, Kultur, Technologie, Lehre und Industrie
- Zwei Jubilärfeste mit langjährigen Mitgliedern im Hofbräukeller
- Beiratssitzung mit unseren Ehrenamtlichen
- Autonomous Driving Challenge am Lausitzring
- 12 Sitzungen des Redaktionsschlusses der „Technik in Bayern“
- VDI Preisverleihung bei Infineon Technologie AG
- Neumitgliedertreffen in der Frau im Mond – Deutsches Museum
- 6 Vorstandssitzungen.

Herr Wüllner stellte den aktuell amtierenden Vorstand vor mit Prof. Dr. Pfeiffer – stellvertretender Vorsitzender, Prof. Dr.-Ing. Fottner – Schatzmeister, Dipl.-Ing. Hotka – Schriftführer und Ingenieurhilfe, Dipl.-Ing. Schulz – Betreuung Fördermitglieder, Dipl.-Ing. (FH) Zunhammer – Events, Frau Prof. Dr. Bolzern-Konrad – Betreuung der Arbeitskreise und Bezirksgruppen, Frau B. Eng. Pohl – Sprecherin Young Engineers, Rechnungsprüfer. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. Peter Hangen – 1. Rechnungsprüfer und Dipl.-Ing. Jan- Martin von Pozniak als 2. Rechnungsprüfer.

Herr Wüllner dankte allen sehr herzlich für das gezeigte große Engagement und die zahlreichen erfolgreichen Einsätze.

Herr Wüllner würdigte die VDI-Arbeit in unserem BV und dankte den beteiligten und aktiven VDI Mitgliedern sehr herzlich

dafür und gab einen Ausblick auf die die geplanten Events im Jahr 2024:

- 29. Februar 2024 31. Deutscher Materialfluss-Kongress, HM München
- 17. April 2024 Young Engineers Kongress in München
- 8. Juni 2024 VDI Tag am Ammersee (Anmeldung ab 1. April 2024)
- Juni 2024 Jubilärfeste für langjährige Mitglieder und Frühjahrsempfang für Ehrenamt im Kasino TÜV-SÜD
- 10. Oktober 2024 VDI ADC
- November 2024 VDI Preisverleihung 2024
- Dezember 2024 Neumitgliedertreffen.

Abschließend würdigte Herr Wüllner die Leistungen des langjährigen Leiters der Bezirksgruppe Innviertel Dipl.-Ing. (FH) Herbert Kahnert, der am 5. April 2023 verstorben ist.

Bericht des Schatzmeisters Jahresabschluss 2023

Professor Dr. Fottner berichtete, dass sich der Finanzhaushalt aufgrund von erhöhten Einnahmen in 2023 in gutem und geordnetem Zustand befindet und ein Abschluss 2023 über den geplanten Zahlen möglich wurde.

Auch die von den Mitgliedsbeiträgen und den Kapitalerträgen gespeisten Zuweisungen aus Düsseldorf waren erfreulicherweise höher als geplant. Bei Veranstaltungen wurden gute positive Ergebnisse unter anderem durch Sponsorengelder erzielt. Die Förderfirmen haben durch ihre Zahlungen ebenfalls einen sehr guten Beitrag geleistet. Die Kosten 2023 sind unter dem Planniveau. Aufgrund der deutlich verbesserten Finanzsituation 2023 können die im letzten Jahr in Anspruch genommenen Entnahmen aus den Rücklagen nun wieder zu einem gewissen Teil aufgefüllt werden.



v.l.n.r.: Andreas Wüllner, Vorsitzender der VDI BV München und Festredner Gerald Winzer, SIEMENS Mobility

Haushaltsplanung 2024

Professor Dr. Fottner stellte dar, dass bei den Finanzen 2024 ein deutlich konservativer Ansatz in Bezug auf die Einnahmen aus allen Quellen geplant ist. Die geplanten Leistungen und Veranstaltungen sollen aber unverändert und in der gewohnten Qualität durchgeführt werden. Dies bezieht sich insbesondere auf:

- Verstärkte finanzielle Unterstützung AK und BG zur Intensivierung von Aktivitäten
- Beibehaltung aller Aktivitäten inkl. der „Technik in Bayern“
- Deutscher Ingenieurtag
- Deutscher Materialflusskongress in Präsenz
- VDI Tag
- VDI Autonomous Driving Challenge
- Modernisierung IT Infrastruktur (Cloud, Hardware)
- Umzug Geschäftsstelle.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass zwar geringere Erlöse geplant sind, dass jedoch gute Chancen auch 2024 bestehen, ein positives Ergebnis zu erzielen.

Herr Wüllner teilte mit, dass im Zuge der Neustrukturierung der Geschäftsstelle die Handhabung der Handkassen zur Vereinfachung und der Verringerung des Buchungsaufwandes umgestellt wird und die Firma Accosis die Buchungen durchführen wird.

Bericht des Rechnungsprüfers und Genehmigung des Jahresabschlusses 2023

Die laut Satzung nach § 14, Ziffer 2 erforderliche Prüfung wurde nach den Richtlinien des VDI-Hauptvereins durch den

gewählten Rechnungsprüfer Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing (FH) Peter Hangen am 23. Februar 2024 in der Geschäftsstelle des BV vorgenommen.

Herr Hangen bestätigte, dass die Finanzen satzungsgemäß verwendet, alle Veranstaltungen und Aktivitäten gemäß der Planung und ordnungsgemäß finanziert und verbucht wurden.

Auf Antrag des Rechnungsprüfers wurde der Jahresabschluss 2023 einstimmig von der Mitgliederversammlung genehmigt.

Entlastung des Vorstands für 2023

Die Entlastung des Vorstands wurde auf Antrag von Herrn Gelb, Regionalkoordinator VDI Düsseldorf, von der Mitgliederversammlung einstimmig genehmigt.

Wahlen

Die Wahlen wurden auf Antrag von Herrn Gelb, Regionalkoordinator VDI Düsseldorf, durchgeführt. Entsprechend den satzungsgemäßen Laufzeiten der Vorstandsämter laufen die Mandate im Jahr 2024 von folgenden Herren ab:

- Dipl.-Ing. (TUM) Peter Hotka – Schriftführer
- Dipl.-Ing. Martin Schulz – Betreuung Fördermitglieder
- Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-Wirt.-Ing. Peter Hangen – 1. Rechnungsprüfer

Alle Herren stellten sich zur Wiederwahl in ihren Ämtern und wurden von der Mitgliederversammlung einstimmig für 3 Jahre wiedergewählt. Herr Gelb gratulierte den Wiedergewählten unter dem herzlichen Applaus der Anwesenden.

Verschiedenes

Andreas Wüllner informierte nochmals über die Website und die Info-Mails u.a.

mit den aktuellen Terminen für Ehrenamtliche im VDI und regte die Mitglieder an, sich für den Newsletter unter: www.vdi-sued.de/vdi-vor-ort/info-mails anzumelden.

Ehrungen

Dipl.-Ing. Christa Holzenkamp wurde die Ehrenplakette des VDI mit großem Dank und Anerkennung Ihrer vielfältigen und engagierten Verdienste für den Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V. verliehen.

Herr Wüllner würdigte insbesondere die langjährige Mitarbeit im Vorstand und in der Leitung des Arbeitskreises Unternehmer und Führungskräfte. Mit diesem Engagement werden die VDI-Mitglieder fachlich kompetent und aktuell informiert und einbezogen sowie zu Vereinsaktivitäten motiviert.

Im Anschluss hielt Gerald Winzer, Leiter S-Bahnen SIEMENS Mobility den Festvortrag zum Thema: „Die neuen Fahrzeuge für die S-Bahn München“ (Bericht in der nächsten TiB).

Andreas Wüllner schloss die Mitgliederversammlung um 20:30 Uhr und warb um weitere aktive und engagierte Mitarbeit im BV und für das ehrenamtliche Engagement.

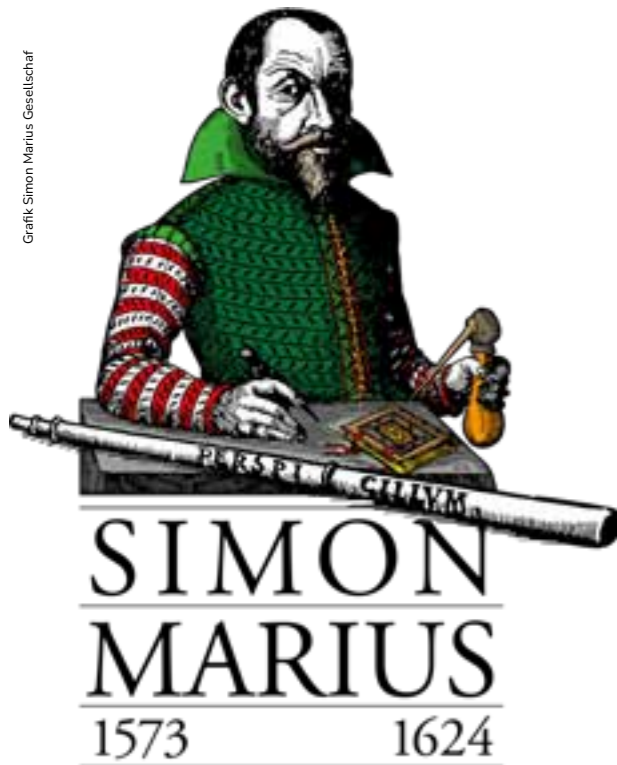
*Peter Hotka
Schriftführer BV München
Andreas Wüllner
Vorsitzender BV München*

Gekürzte Fassung, das vollständige Protokoll kann in der Geschäftsstelle des VDI BV München, Obb.- und Niederbayern eingesehen werden.

Jubiläumsjahr des Hofastronomen gestartet

Simon Marius 1573 - 1624

Im vergangenen Jahr hatte der fränkische Astronom Simon Marius 450. Geburtstag und in diesem Jahr ist sein 400. Todestag. Die Simon Marius Gesellschaft hat daher für 2024 das Jubiläum „Simon Marius 1573 – 1624“ ausgerufen, und Sternwarten, Planetarien, Bibliotheken, Archive, Museen und Vereine beteiligen sich mit Vorträgen, Ausstellungen, Projekten und Publikationen.



Simon Marius war markgräflicher Hofastronom in Ansbach und entdeckte im Januar 1610 unabhängig von Galileo Galilei vier Jupitermonde und später Venusphasen – wichtige Argumente für das heliozentrische Weltsystem, das damals allerdings noch nicht zu beweisen war. Indem Marius das ptolemäische System bereits ablehnt, aber noch nicht den Copernicanismus vertritt, steht er

zwischen dem geozentrischen und dem heliozentrischen Weltbild.

Da ihn Galilei – wie man heute weiß – zu Unrecht des Plagiats bezichtigte, wurde der Franke von der Wissenschaftsgeschichte weitgehend vergessen. Die Simon Marius Gesellschaft pflegt das wissenschaftliche Erbe und betreibt das Marius-Portal www.simon-marius.net, das alle Werke von Marius, die Sekundärliteratur, Berichterstattung, Internetbeiträge und Veranstaltungen verzeichnet.

Bei den Auftaktveranstaltungen in den „Marius-Städten“ Nürnberg, Ansbach und Gunzenhausen verfolgte das gut gelaunte Publikum historische Beiträge und zukünftige Satellitenprojekte. Die Europäische Weltraumorganisation ESA stellte ihre Mission *Jupiter Icy moons Explorer (Juice)* vor, die für die moderne Jupiterforschung steht. Marius' Hauptwerk „Mundus lovialis“ war Ausgangspunkt dieses Zweigs.

Das Jubiläumsprogramm umfasst wissenschaftliche und populäre Projekte – in Ansbach und Nürnberg gibt es zwei Vortragsreihen

Gemeinsam mit dem AK Astronomiegeschichte der Astronomischen Gesellschaft wird die Simon Marius Gesellschaft am 21. Juni in Ansbach die Tagung „Simon Marius und der Wandel im Weltbild“ durchführen. Die Stadt Ansbach

lädt ab 14. März zu sechs Vorträgen unter dem Motto „Die Welt über uns – der Ansbacher Hofastronom Simon Marius“ ein. Gleichzeitig startet die Sonderausstellung „Herrscher und Himmelsdeuter – Simon Marius am Markgrafenhof zu Ansbach“ im Markgrafenmuseum Ansbach. Die Ausstellung „Simon Marius im Spiegel der Bibliotheksbestände in Ansbach und München“ in der Ansbacher Schlossbibliothek erweckt vom 13. Juni bis 31. Juli die faszinierende Bücherwelt des 17. Jahrhunderts zum Leben. Im Nicolaus-Copernicus-Planetarium Nürnberg werden ab 9. Oktober sieben Vorträge zu Simon Marius und der Astronomie seiner Zeit angeboten. Bei der Grünen Nacht in Ansbach am 28. September richten die Sternenfreunde Brombachsee die Simon-Marius-Pop-up-Sternwarte ein.

Ein Supernovaüberrest wird nach Marius benannt werden und im Marius-Portal wird das neue Menü „Briefe und Bildnisse“ freigeschaltet. Das Hauptwerk „Mundus lovialis“ wird als Buch neu aufgelegt, in Form keramischer Tafeln tief im ältesten Salzbergwerk der Welt eingelagert, von einem Satelliten zur Erde gefunkt und über eine Funkanlage von der Erde ins Weltall ausgestrahlt. Nach gut sechs Stunden wird das Signal unser Planetensystem bereits verlassen haben.

Die generative MariusKI wird Fragen zu Simon Marius beantworten und das Kurztheater „Simon auf der Couch“ bearbeitet die vielfältigen Kränkungen und Niederlagen, die der fränkische Astronom zeitlebens und darüber hinaus hinnehmen musste. Marius' Frau Felicitas sorgt dafür, dass der Mann endlich professionelle Hilfe erhält und schleppt ihn zu einer Therapeutin unserer Zeit.

Pierre Leich

Jugend forscht 2024 – Regionalwettbewerb Oberpfalz

Ich denke und überlege, aber es fällt mir nix ein

So oder ähnlich wird manch ein Schüler gedacht haben, weil er bei „Jugend forscht – Regionalwettbewerb Nördliche Oberpfalz 2024“ teilnehmen möchte.

Wie viele wieder aufgegeben haben, weiß ich nicht. Es waren aber 80 Anmeldungen mit 88 Teilnehmern, die sich einer 35-köpfigen Jury mit ihrem Ergebnis präsentierten. Dabei kann der Teilnehmer zwischen folgenden Bereichen wählen (Anmeldungen): Arbeitswelt (6), Chemie (17), Biologie (14), Technik (25), Mathematik/Informatik (6), Physik (12) und Geo- und Raumwissenschaften (0). Damit der Wettbewerb auch ein bisschen fair abläuft und die Schüler ermuntert, wird eine Altersunterteilung vorgenommen: Schüler experimentieren (4. Klasse bis 14 Jahre) und Jugend forscht (15-21 Jahre), incl. Studierende und AZUBIs. Für diesen Ideenwettbewerb werden keine Themen vorgegeben. Es sollen Arbeiten gefunden werden, die der Schüler aus seinem Lebensumfeld kennt und er der Meinung ist, hier kann man etwas verbessern. Durch diese Überlegungen kommen dann Projekte wie: „Wie viel Mikroplastik ist in Regenwürmern“, „Energieerzeugung durch Krafttraining“ oder „Der beste Milchersatzpudding“ zustande. Das mag lustig klingen, wenn man dann aber die Ausdauer und den Ehrgeiz bei der Präsentation erkennt, hat man als Jurymitglied doch gewaltigen Respekt vor den Arbeiten.

Ein großes Lob geht an den Wettbewerbsleiter dieser 59. Runde, Tobias Wagner. Seine mehrfache Erfahrung zahlt sich aus, und so war es in diesem Jahr auch wieder ein effizienter und reibungsloser Tagesablauf, der von ca. 9 bis 19 Uhr mit Aktionen, wie: Grußworte von Prof. Dr. Wolfgang Weber, OB Amberg, Michael Cerny, Standbesichtigung, Teamsitzung (Sonderpreise), Gesamtjury

(Platzierungen der Preise) und zum Schluss die Preisverleihung, gefüllt war. Unterstützt wurde er dabei von Prof.-Dr. Werner Prell, der u.a. die Moderation übernahm.

Betrachten wir den Bereich, in dem ich als Jurymitglied neben Stephanie Friedel (Lehrerin) und Klaus Peter Kreuzer (Netzwerker Produkt- und Prozessgestaltung) eingesetzt war. Für diese Aufgabe wurde uns als Juroren auch eine intensive Schulung angeboten, innerhalb der wir lernten, den Eigenanteil, die Brauchbarkeit und die Präsentation des Schülers zu bewerten.

Zu beurteilen hatten wir 2 Schülerprojekte: „IsoFusseln“, Elias Rau (15) und „Wie entferne ich Kaugummi am besten“, Martin Kurenkov (12) und Florian Kerschensteiner (12), sowie 2 Projekte Jugend forscht: „Tracking System für den Brandeinsatz“, Lukas Nagel (21) und „Bau einer Neigungsanzeige für Palettengabel“, Julian Stoll (18). Die Präsentation musste von den Schülern selbst gestaltet werden, denn einer der Sonderpreise ging an den schönsten Ausstellungsstand. Das war in diesem Jahr „Die grüne Wand“, bei dem der Schüler über ein Thema rund um die Pflanze informierte.

Kommen wir nun zu unserem Sieger aus dem Bereich der Arbeitswelt. Die Jury war sich einig, diesen Preis an Julian Stoll zu vergeben. Die Forderungen an diese Arbeit (s.o.) wurden perfekt erfüllt, und durch die ruhige und informative Art der Präsentation hat Julian alle drei Jurymitglieder überzeugt. Bei seiner Arbeit hat Julian hauptsächlich an Neulinge auf dem



Foto: Bergmann

Gabelstapler gedacht. Es ist möglich, vom Fahrersitz aus auf einem Monitor die Stellung der Gabel/Schaufel und die Gesamtneigung des Laders zu erkennen. Dadurch wird erreicht, dass weniger Schäden an den Paletten entstehen. In seiner Projektbeschreibung hat er auch kritische Punkte und Fehlermöglichkeiten benannt, womit er bewiesen hat, dass er sich intensiv mit der Aufgabenstellung auseinandergesetzt hat.

Wenn man schon so lange wie ich aus dem Arbeitsleben ausgeschieden ist, dann ist so ein Wettbewerb eine super Auffrischung, um Neuigkeiten auf dem gesamten Forschungsgebiet der Schüler zu erfahren. Sie als Leser werden lächeln, aber ein „Arduino, 3-Achsen Gyroskop und Orange Pi“ waren mir nicht geläufig. Klicken Sie einfach einmal bei „Jugend forscht 2024“ rein. Ein weiterer Weg, auf dem Stand der Technik zu bleiben, ist das regelmäßige Studieren der TiB, die ich hiermit besonders empfehle. Ein gelungener Tag.

Auf dem Bild sieht man den Sieger im Bereich Arbeitswelt mit zwei Jurymitgliedern.

Knut Bergmann

Gleichstromtechnik in Mittelspannungs- und Niederspannungsnetzen

Viele Anlagen im Umfeld der Energiewende sind Gleichstromsysteme: PV-Anlagen, Batteriespeicher, Schnellladesäulen für Elektrofahrzeuge (PKW und LKW), Windräder, Anlagen zur Hydrolyse, Brennstoffzellen, sowie Fertigungsmaschinen mit Frequenzumrichtern. Je nach Leistung passen diese Anlagen im Stromnetz an einen Niederspannungsanschluss oder an einen Mittelspannungsanschluss. Allerdings ist die Kopplung von Gleichstromsystemen über Wechselrichter aufwendig und teuer: Gleichspannungsnetze in der Niederspannung und in der Mittelspannung sind die effizientere Alternative und erschließen darüber hinaus neue technische Möglichkeiten.

Anwendungen aus der Niederspannung

In einem Einkaufszentrum oder in einem Industriebetrieb liegt oft die Vergrößerung des Eigenanteils an der Stromversorgung nahe: Ein Batteriespeicher kann den Anteil an eigenem Solarstrom erheblich steigern. Kommen dann noch DC-Ladesäulen oder Fertigungsmaschinen dazu, steigt der Anteil erheblich. Allerdings ist die Kopplung der Anlagen über die AC-Verteilung in der Niederspannung problematisch:

- Erhebliche Konverterverluste: Wenn man pro Konverter 3% Verluste rechnet, verliert man bei einem Durchgang

von der PV-Anlage bis zum Fahrzeug bzw. zur Maschine insgesamt 12% der Leistung.

- Aufwändige Kabelführung und hohe Kabelverluste: Die Spannung von 400 V bzw. 230V zwischen Kabel und Neutralleiter führt bei den geforderten Leistungen zu hohen Strömen. Auch bei großen Kabelquerschnitten bleiben die Kabelverluste erheblich, da die Verlustleistung pro Leiter quadratisch mit dem Strom steigt: $PV = I^2 R$. Zudem ist die Verlegung dicker Kabel teuer, aufwendig und führt leicht zu Problemen bei der Entwärmung.

Gleichspannungsnetze in der Niederspannung vermeiden beide Nachteile: Das Spannungsniveau der Verteilung kann nach der in Arbeit befindlichen IEC TR 63282 (Basis für die IEC 600038, Normspannungen DC) auf ± 750 V angehoben werden. Somit steht etwas mehr als die dreifache Spannung im Vergleich zu 230 V zur Verfügung. Bei gleicher Leistung pro Kabel sinkt somit der Strom auf 1/3, die Verlustleistung auf 1/9. Bei Verwendung eines Kabels mit 1/3 des Querschnitts (z.B. 50 mm² anstelle von 150 mm²) bleiben die Kabelverluste bei 1/3 der Verluste der AC-Verteilung.

Die Konverter als DC-Steller bzw. DC-Transformatoren fallen einfacher und kostengünstiger aus als AC/DC-Wandler, die Verluste kleiner.

Nach Etablierung der Normspannungen kann man davon ausgehen, dass Anlagen künftig direkt an die DC-Verteilung angeschlossen werden können. Der zentrale AC/DC-Wandler zum Anschluss an das Stromnetz

in der Mittelspannung kann wesentlich effizienter ausgeführt werden als viele verteilte AC/DC-Wandler, sowie wegen des Gleichzeitigkeitsfaktors der Anlagen auch mit weniger Leistung als die Summe der Anschlussleistungen der Anlagen mit verteilten AC/DC-Wandlern.

Mehr Transportkapazität für Mittelspannungskabel

In der Mittelspannung ergeben sich durch Einsatz von DC-Verteilnetzen völlig neue Möglichkeiten: Untersuchungen an gängigen 20 kV AC-Kabelsystemen haben ergeben, dass diese Kabel auch mit 60 kV DC betrieben werden können (siehe Bild 1). Auch für den Dauerbetrieb mit gleicher thermischer Belastung (gleichem Effektivwert des Stroms) erweisen sich die Kabel nach Untersuchungen im Labor als tauglich (siehe Bild 2).

Hierdurch lässt sich mit einem preisgünstigen und erprobten Kabelsystem die Transportleistung erheblich steigern: Im Betrieb mit 20 kV AC führt ein einzelnes Kabel eine Spannung von ca. 12 kV zwischen Leiter und Kabelmantel. Bei Betrieb mit 60 kV DC liegt die Betriebsspannung um einen Faktor 5 höher. Bei gleichem Effektivwert des Stroms lässt sich über das Kabel somit die 5-fache Leistung transportieren. Ein Beispiel: verwendet man ein bipolares System mit ± 60 kV mit jeweils einem Bündel von 3×240 mm² Leiterquerschnitt pro Phase, so lassen sich Ströme von 1000 A übertragen. Somit ergibt sich pro Leiter eine Transportleistung von 60 MW, insgesamt 120 MW.

Diese Leistung entspricht einem 110 kV AC-Kabelsystem. Der Vergleich ist naheliegend, da auf einem 110 kV-System die Spannung auf dem einzelnen Kabel 64 kV zum Kabelmantel beträgt. Somit stellen MVDC-Systeme mit ± 60 kV eine technische Alternative zu 110 kV Verteilnetzen dar: Speziell für Neubaumaßnah-

men von Windparks und großen Solarparks, sowie zur Vernetzung industrieller Standorte eignen sich 60 kV DC-Kabelstrecken als Alternative zu 110 kV AC-Netzen. Hierbei wird ein Leitungsbündel aus 3 Leitern als positive Leitung, ein weiteres Dreierbündel als negative Leitung verwendet.

110 kV AC-Kabelsysteme sind aufwendig und teuer: Für einen Strom von 1000 A (sowie zur Begrenzung der elektrischen Feldstärke) werden Leiterquerschnitte von mindestens 800 mm² benötigt. Durch den großen Kabelquerschnitt werden viele 110 kV-Kabelmuffen benötigt, die im Vergleich zu 20 kV Muffen technisch anspruchsvoll und teuer sind. Wie bei allen Kabelsystem ist in der Hochspannung und Höchstspannung der Betrieb mit AC wegen der Fehlanpassung der Leistung problematisch. DC-Verteilnetze haben dieses Problem nicht.

Windparks im Kraftwerksbetrieb

Windräder mit Synchronmaschinen, Anlagen zur Hydrolyse, Brennstoffzellen zur Rückverstromung von in Wasserstoff gespeicherter Energie und Batteriesysteme zur Pufferung lassen sich am effizientesten direkt über ein Gleichspannungsnetz in der Mittelspannung verbinden (siehe Bild 3). Die Speicherung und Rückverstromung am Ort der Erzeugung vermeidet hierbei unnötigen Netzausbau.

Darüber hinaus ist in dieser Konfiguration der Betrieb des Windparks als Kraftwerk möglich. In dieser Betriebsweise arbeitet der Windpark netzbildend, stellt also eine stabile Spannung bereit und kann somit Kraftwerke entlasten bzw.

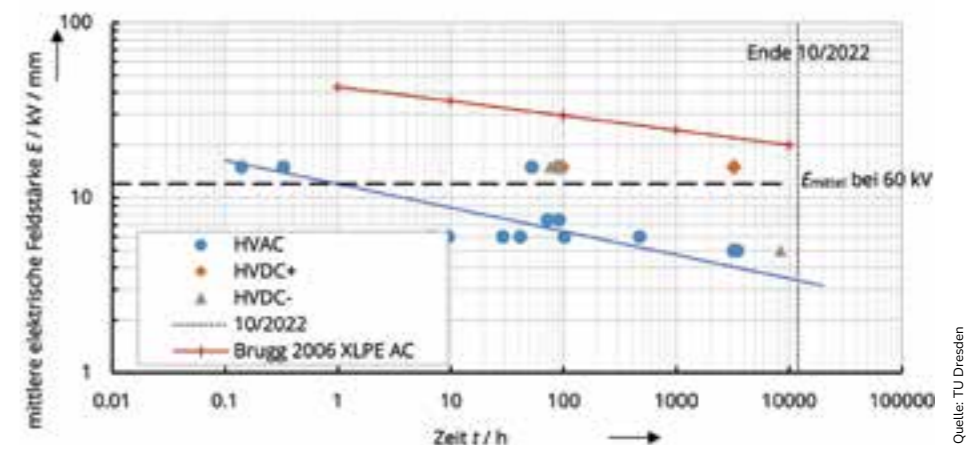


Bild 2: Ergebnisse der Alterungsdurchschlagversuche (Lebensdauerennlinien) an Mittelspannungskabel-Prüflingen (NA2XS(F)2Y)-1-x-150 RM bei AC- und DC-Belastungen

ersetzen. Regelungstechnisch bleiben hierbei alle Anlagen unverändert: Sie werden mit Hilfe von Gleichspannungstransformatoren (galvanisch trennende und die Spannung transformierende DC/DC-Wandler) an das ± 60 kV DC-Netz angeschlossen. Die DC-Transformatoren übernehmen hierbei auch die Implementierung der Anschlussrichtlinien einschließlich der Schutzeinrichtung. Nur der DC-Transformator am Batteriebetrieb hat eine Sonderaufgabe: Er arbeitet spannungsgeführt bzw. netzbildend am DC-Netz und implementiert die hierfür erforderlichen Reglerennlinien.

In einem 110 kV AC-Verteilnetz wäre die Netzimpedanz vom Windrad bis zum Anschlusspunkt ans Übertragungsnetz (380 kV) zu hoch: Es befinden sich zu viele Transformatoren in der Strecke; ein Kraftwerk ist über einen einzelnen Maschinentransformator angebunden.

HGÜ-Strecken und arbeitet AC-seitig netzbildend.

Innovation durch Kooperation

Die neuen Möglichkeiten zur Nutzung der Gleichstromtechnik sind Ergebnisse der Kooperation zwischen der Technischen Universität Dresden und der Maschinenfabrik Reinhausen im Förderprojekt AC2DC (BMW, Förderkennzeichen 8627027). An der Hochschule erfolgten Untersuchungen an Mittelspannungskabeln für Gleichspannung und Gleichstrom, sowie Simulationen an Gleichspannungsnetzen. In der Industrie wurde die technische Machbarkeit leistungselektronischer Transformatoren für die Mittelspannung untersucht, einschließlich der Regelung der Konverter, sowie der Realisierbarkeit spannungsfester Mittelfrequenztransformatoren. Die Arbeiten sollen im Jahr 2024 in einer zweiten Projektphase mit weiteren Kooperationspartnern aus Forschung und Industrie fortgesetzt werden. Ziele der zweiten Projektphase sind die Weiterentwicklung der technischen Reife und die Erprobung der Konzepte in einem Feldversuch.

Prof. Dr.-Ing. Stephan Rupp
Maschinenfabrik Reinhausen, Geschäftsentwicklung Leistungselektronik

Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner
Technische Universität Dresden, Institutsdirektor Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik

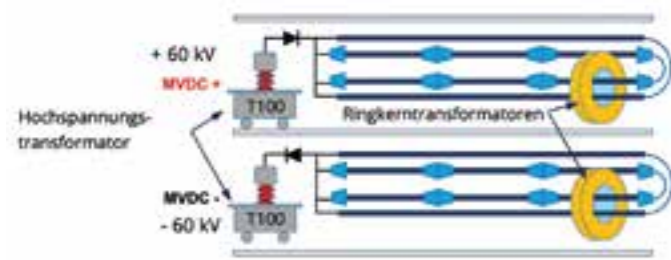


Bild 1: Versuchsaufbau zur Stehspannung an neuen Mittelspannungskabeln (NA2XS(F)2Y) und deren Garnituren sowie VDE-gealterten VPE-Kabelproben

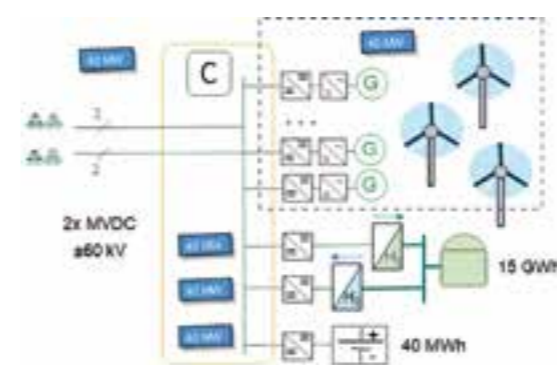


Bild 3: Anlagen in einem Windkraftwerk mit Regelungskonzept

VDI-Netzwerk Produktion und Logistik Bayern Nordost

Regionale Energieversorgung auf Wasserstoffbasis

Immer mehr Firmen entdecken Wasserstoff als Stoff der Zukunft für sich. Mit seinen idealen Speicher- und Transporteigenschaften hat er großes Potential für den Klimaschutz. Die Nachfrage von Unternehmen und Privatkunden steigt. Vergleichsweise wenige Firmen haben soweit fortentwickelte und praktisch einsetzbare Lösungen zu bieten wie die ostermeier H2ydrogen Solutions GmbH, kurz OHS, mit Sitz in Schweitenkirchen bei München. Sie gehört zu den TOP 15 Energie-Start-ups in Bayern, ist auf umweltfreundliche, CO₂-freie Wasserstoffelektrolyse spezialisiert und stellt innovative Baukastensysteme her. Das hat den Verein Deutscher Ingenieure zu einem Betriebsbesuch veranlasst.

Im Gespräch mit Peter Ostermeier, einem der beiden Geschäftsführer, wur-

de schnell klar, wie spannend nicht nur die Zukunftsvisionen der Ostermeier-Brüder sind, sondern vor allem ihre Produkte. Mit dem von ihnen entwickelten modularen Elektrolyse-Baukasten ist die regionale und autonome Energieversorgung in greifbare Nähe gerückt. Mit Strom aus erneuerbaren Energien wie Photovoltaik oder Wind wird zusammen mit Wasser vor Ort Wasserstoff erzeugt. Damit kann Energie aus sonnenreichen Tagen gespeichert werden, um dann im Winter wieder Strom und Wärme erzeugen zu können. Die Rückverstromung erfolgt über eine Brennstoffzelle oder einen Wankelmotor. Damit können sich Wohnquartiere, Unternehmen, Hotels ganzjährig mit lokal und nachhaltig produziertem Strom und Wärme selbst versorgen, unabhängig vom allgemeinen Netz. Neben Langzeitspeicherlösungen für Gebäude sind mögliche Anwendungen auch die Wasserstoffproduktion für die Industrie oder als Kraftstoff in der Mobilität. „Die lokale Autonomie ist uns sehr wichtig“, so Peter Ostermeier. „Nicht umsonst lautet unser Motto ‚We EmPower People‘. Unser Ziel ist, dass lokale Gemeinschaften die Kontrolle über ihre Energie zurückerhalten und somit unabhängig sind von den Entwicklungen auf dem internationalen Energiemarkt.“ Der Elektrolyse-Baukasten ist vollständig modular aufgebaut und findet kompakt in ei-



Elektrolysebaukasten

nem 19-Zoll-Schrank Platz. Der Wasserstoff wird extern in Flaschen gespeichert. Durch die modulare Bauweise kann die Wasserstoffproduktion individuell und kostengünstig an die jeweiligen Einsatzgebiete angepasst werden. Ein Produktbeispiel ist der Saisonspeicher „Ecore“. OHS-Baukästen sind bereits in Deutschland und Europa im Einsatz, Projekte in Ghana und Oman stehen an. Um einem breiten Markt möglichst schnell ihre klimaschonenden Lösungen zur Verfügung zu stellen, fördert OHS die Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern für kleine bis große Energielösungen und für einen weltweiten Vertrieb. Neue Mitarbeitende, die die Entwicklung mitgestalten, sind willkommen.

Ostermeier gmbh
www.ohs.energy

Fotos: Ostermeier gmbh



VDI Bayern Nordost

Innovative Technologien hautnah erleben: Der VDI zu Besuch bei Sumitomo (SHI) Demag

Eine Gruppe von etwa 20 Ingenieuren des Verbands Deutscher Ingenieure (VDI) hatte kürzlich die exklusive Gelegenheit, die beeindruckenden Innovationen des Spritzgießmaschinen-Herstellers Sumitomo (SHI) Demag im Werk Schwaig zu erkunden.

Der Besuch begann mit einer herzlichen Begrüßung durch Julian Meyer, dem Leiter für Ausbildung, Personalentwicklung & Projekte, gefolgt von einer informativen Firmenpräsentation. Sumitomo (SHI) Demag ist ein weltweit führender Hersteller von Spritzgießmaschinen mit einer Historie, die bis ins Jahr 1950 zurückreicht. Ursprünglich als „Ankerwerk“ gegründet, stellte das Unternehmen damals schon seine ersten Spritzgießmaschinen in Nürnberg her. Seit 2008 gehört die Firma zum japanischen Konzern Sumitomo Heavy Industries. Neben dem Hauptsitz in Schwaig und dem zweiten Werk im thüringischen Wiehe zeigt Sumitomo (SHI) Demag internationale Präsenz durch Produktionsstätten in Japan und China sowie ein großes Netzwerk von Tochtergesellschaften und Vertriebspartnern weltweit. Die Firma vereint bis heute deutsche und japanische Ingenieurskunst und steht dabei sowohl für Tradition als auch für Innovationskraft. Dafür ist das Unternehmen

weltweit bekannt, vor allem bei Kunststoffverarbeitern mit Fokus auf Automobilindustrie, Medizintechnik, Elektronik, Konsumgüter und Verpackungsindustrie – den Fokusbranchen von Sumitomo (SHI) Demag. Eine zentrale Rolle spielen dabei die vollelektrischen Spritzgießmaschinen der IntElect-Serie, die durch ihre einzigartigen, speziell für den Spritzguss entwickelten Motoren und eine direkte Antriebstechnologie eine Effizienzsteigerung von bis zu 80% im Vergleich zu hydraulischen Maschinen ermöglichen. Nach der Firmenpräsentation von Herrn Meyer folgte ein spannender Werksrundgang, in welchem die Besucher das komplette Werk zu sehen bekamen und alle Produktionsschritte kennenlernen konnten. Danach präsentierte Dominic Böhm, Leiter der Anwendungstechnik, die Technik hinter den IntElect Maschinen, die die Firma zum weltweiten Marktführer für vollelektrische Spritzgießlösungen gemacht hat. Die Besucher erfuhren auch von Sumitomo (SHI) Demags Engagement für nachhaltige Kunststoffverarbeitung im Spritzguss. Neben der Energieeffizienz der Maschinen entwickelt das Unternehmen innovative digitale Tools wie activeMeltControl, ein KI-basiertes Steuerungstool, das Qualitätsschwankungen von Kunststoff-

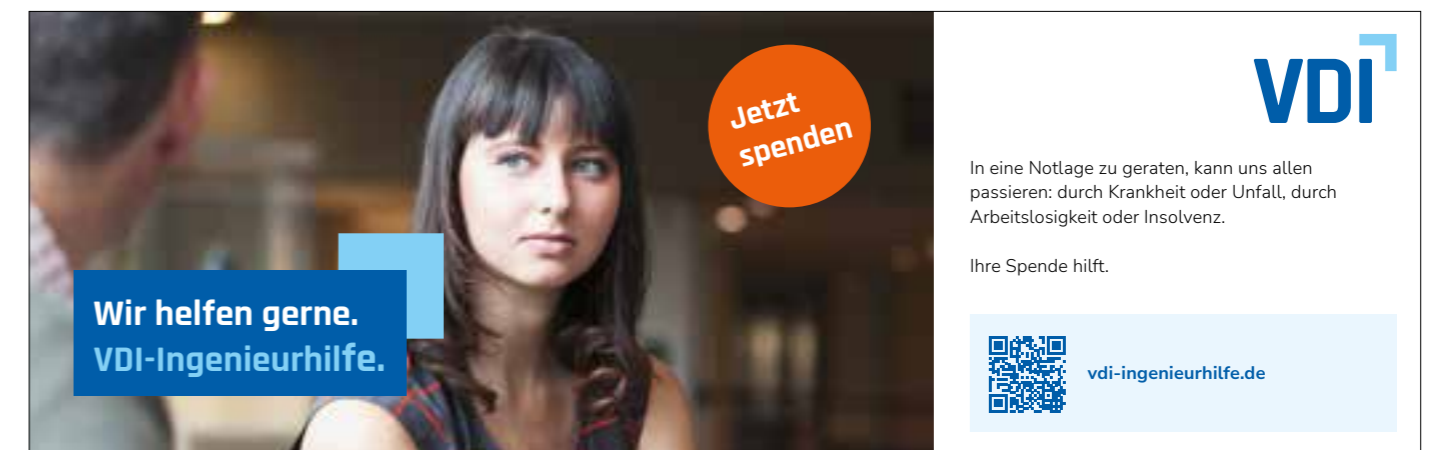


VDI Besuchergruppe bei Sumitomo

granulat im laufenden Betrieb ausgleicht und somit die Verarbeitung von recyceltem Kunststoffgranulat erleichtert. Eine Live-Demonstration einer IntElect-Maschine mit Entnahmeroboter in der Halle der Anwendungstechnik rundete den Besuch ab.

Der VDI-Ausflug zu Sumitomo Demag bot eine einzigartige Gelegenheit, hinter die Kulissen eines Technologieführers zu blicken und die Zukunft des Spritzgießens zu erleben. Sollte Ihr Interesse geweckt sein, können Sie mehr über die Firma auf www.sumitomo-shi-demag.eu oder auf dem LinkedIn-Kanal des Unternehmens erfahren.

Hans-Peter Schobig




Jetzt spenden

Wir helfen gerne. VDI-Ingenieurhilfe.

In eine Notlage zu geraten, kann uns allen passieren: durch Krankheit oder Unfall, durch Arbeitslosigkeit oder Insolvenz.

Ihre Spende hilft.



vdi-ingenieurhilfe.de

Zukunftspiloten Bayern Nordost

We want you!

Technikbegeisterte Ingenieurinnen und Ingenieure für unsere VDI-Zukunftspiloten gesucht

Du kannst dir vorstellen jungen Menschen Technik näher zu bringen und die Freude an Technik zu entfachen? Dann bist du bei unseren VDI-ZUKUNFTSPILOTEN genau richtig.

Wer neugierig nach dem Neuen und Besseren strebt, etwas verändern will und sich mutig neuen Aufgaben stellt, startet immer mit einer zentralen Frage: **Kann man das nicht besser machen? Die Welt und allen voran der Nachwuchs stellt Fragen.** – Wir suchen mit unserem Nachwuchs spielerisch, im Team oder in Einzelprojekten Antworten und arbeiten dabei kreativ an Lösungen. Die Basis hierfür ist, dass Kinder und Jugendliche in unseren Räumlichkeiten die Grundfertigkeiten im manuellen Bearbeiten von Materialien wie Holz, Glas, Metall oder Kunststoff erlernen oder auch die Grundlagen der Elektrotechnik und des Programmierens, z. B. von Robotern, mit Spaß einsetzen können.

Als bayernweit erster Club wurde der VDI-ZUKUNFTSPILOTEN Club in Nürnberg im Sommer 2014 von fünf ehrenamtlichen Clubmanagern gegründet. Der BV BNO hat zusammen mit dem Willstätter-Gymnasium Nürnberg (und somit mit der Stadt Nürnberg) das VDI-Schülerforschungszentrum Richard Willstätter (VDI-SFZ RW) am Laufer Schlagturm erfolgreich eingerichtet und über viele Jahre erprobt. Im Club können sich Jugendliche aus der Metropolregion Nürnberg ausprobieren und neue technische Lösungen für die Zukunft entwickeln. Die VDI-ZUKUNFTSPILOTEN Nürnberg sind aktuell insbesondere an den erfrischenden Veranstaltungen des AACII (Beirat des Luft- und Raumfahrtkongresses Nürnberg) beteiligt, welche die Nachwuchsförderung durch den Austausch zwischen gemeinnützigen Institutionen, den Bildungsinstituten und der Wirtschaft fokussieren möchten.



Bildquelle: ©shutterstock.com

Die Zielgruppe der VDI-ZUKUNFTSPILOTEN sind Jugendliche zwischen 13 und 18 Jahren aller Schulformen, die etwas Neues ausprobieren wollen und die in ihrer Freizeit eine Möglichkeit suchen, ihre Ideen umzusetzen sowie experimentieren möchten. Gemeinsam und mit Unterstützung durch ehrenamtliche Clubmanager denken die Jugendlichen die Welt von heute weiter. Technik bietet Lösungen für viele Probleme unserer Gesellschaft: man muss sie nur finden – und statt immer nur zu reden, sollen die Jugendlichen bei uns im VDI-Schülerforschungszentrum am Willstätter Gymnasium Neues lieber pragmatisch ausprobieren. Dies soll die Sinnsuche, die Persönlichkeitsentwicklung und die Erprobung von Stärken sowie Talenten fördern. Dafür bietet der Club eine perfekte Plattform und wird durch den Bezirksverein finanziell positiv unterstützt. Auch Stiftungen fragen regelmäßig an, um die Jugendarbeit zu fördern. Auch der Austausch über Bundesländergrenzen hinweg wird durch Angela Iden aus der Hauptgeschäftsstelle in Form von regelmäßigen Online-Treffen gefördert. Diese Treffen bieten die perfekte Plat-

form, um sich Ideen und best-practice Tipps zu holen.

Mit der Betreuung der Ingenieurinnen und Ingenieure von Morgen können wir einen entscheidenden Beitrag zur Technikbildung und MINT-Nachwuchsförderung leisten. **Aufgrund beruflicher und örtlicher Veränderungen unserer bisherigen Clubleiter suchen Florian Müller und Michael Gundermann Unterstützung, um das Angebot für den Nachwuchs wieder zu stärken.** Die Highlights in den letzten Jahren waren die Ausstellung von Projekten auf der internationalen Erfindermesse iENA, die Teilnahme an der langen Nacht der Wissenschaften, die Schülerforschungswoche, die Clubleitertreffen und die regelmäßigen Treffen im VDI-SFZ RW zur gemeinsamen Projektarbeit.

Wer uns unterstützen möchte, kann sich gerne bei Renate Loch in der Geschäftsstelle oder direkt per Mail über: koordination-ye.bv-bno@vdi.de melden. Wir freuen uns auf deine Ideen, deine Unterstützung und gemeinsame Projekte!

Michael Gundermann

Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI München

01. Mai 2024 / Mittwoch

19:00 Treff

Stammtisch der BG Rosenheim

Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim
Ort: Rosenheim
Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzinger Bräustüberl
Info: Info bei Philipp Lederer: bg-rosenheim@vdi.de,
Telefon 08034-7075955

07. Mai 2024 / Dienstag

17:00 Online-Veranstaltung

Bestimmungsgemäßer Betrieb von Trinkwasseranlagen

Veranstalter: VDI AK TGA / IDV
Referent: Friedrich Stöckl, Geberit GmbH, Langenfeld
Info: Anmeldung zum Web-Meeting
ausschließlich über Anmelde-link
Anmeldung: Org.+ Information: Toni-schu@t-online.de

17:30 Online-Veranstaltung

Die Hauptuntersuchung der Zukunft

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik,
Verkehrstelematik
Referent: Dr.-Ing. h.c. Jürgen Bönninger, FSD GmbH
Info: Als Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink
wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.
Anmeldung: Online-Anmeldung

19:00 Online-Veranstaltung

Aufkommende neue Technologien aus der Quantenwelt

Veranstalter: VDI AK Unternehmer und Führungskräfte
Referent: Johann Kirchstetter, Dipl. Phys. (univ), Betriebswirt
Info: Dieser online-Themenabend wird via Zoom stattfinden.
Das Login wird Ihnen am Vortag an die angegebene
Mail-Adresse gesendet.
Anmeldung: Online-Anmeldung

13. Mai 2024 / Montag

19:00 Treff

Tech-Talk der Young Engineers München

Veranstalter: AK Young Engineers München
Ort: München
Adresse: 80686 München
Anmeldung: Online-Anmeldung

14. Mai 2024 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung

Technische Innovationen in der Herzchirurgie

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik,
Verkehrstelematik
Referent: Hr. Ralf Roßbroich, AdjuCor GmbH
Info: Als Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink
wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.
Anmeldung: Online-Anmeldung

19:00 Treff

VDI/VDE Treff

Veranstalter: VDI BG Landshut
Ort: Landshut
Adresse: Altstadt 107, 84028 Landshut, Gasthaus „Zum Krenkl“

16. Mai 2024 / Donnerstag

17:30 Online-Veranstaltung

Zur Entstehung des Deutschen Technikmuseums Berlin

Veranstalter: VDI AK/BV Berlin-Brandenburg Technikgeschichte und
BV München Technikgeschichte
Referent: Professor Otto Lührs

04. Juni 2024 / Dienstag

17:00 Online-Veranstaltung

Wärmepumpenheizsystem mit drei Wärmequellen

Veranstalter: VDI AK TGA / IDV
Referentin: Annemarie Lauffer M.Sc., Prof. Dr. Christian Schweigler,
ENERGIE, HS München
Info: Anmeldung zum Web-Meeting
ausschließlich über Anmelde-link

17:30 Online-Veranstaltung

Luftfahrtvortrag – Thema wird noch bekannt gegeben

Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik,
Verkehrstelematik
Referent: Thomas Wilhelm, Airbus
Info: Als Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink
wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.
Anmeldung: Online-Anmeldung

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste
finden Sie unter www.technik-in-bayern.de

05. Juni 2024 / Mittwoch

19:00 Treff
Stammtisch der BG Rosenheim
 Veranstalter: VDI BG Rosenheim, VDE Rosenheim
 Ort: Rosenheim
 Adresse: Samerstr. 17, 83022 Rosenheim, Flötzing Bräustüberl
 Info: Info bei Philipp Lederer: bg-rosenheim@vdi.de, Telefon 08034-7075955, Änderungen werden über unseren Newsletter der BG Rosenheim bekanntgegeben.

08. Juni 2024 / Samstag

09:45 Event
VDI Tag 2024 Ammersee
 Veranstalter: VDI BV München
 Ort: Ammersee
 Adresse: Landsbergerstr. 57, 82266 Stegen, Alte Brauerei
 Info: Die Anmeldegebühr kann aus organisatorischen Gründen nicht erstattet werden.
 Gebühr: 25,00 Euro (Kinder bis 8 Jahre kostenlos)
 Anmeldung: Online-Anmeldung

10. Juni 2024 / Montag

19:00 Treff
Tech-Talk der Young Engineers München
 Veranstalter: AK Young Engineers München
 Ort: München
 Adresse: 80686 München
 Anmeldung: Online-Anmeldung

11. Juni 2024 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung
Herstellungsprozesse in der Industrie 4.0
 Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik
 Referent: Hr. Tim Scharck, Makerverse GmbH
 Info: Als Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.
 Anmeldung: Online-Anmeldung

18. Juni 2024 / Dienstag

17:30 Online-Veranstaltung
Drohnenvortrag
 Veranstalter: VDI-AK Fahrzeugtechnik, Verkehrstechnik, Verkehrstelematik
 Referent: Arek Zurek, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V. (HZDR)
 Info: Als Zoom-Videokonferenz. Der Teilnahmelink wird mit der Anmeldebestätigung verschickt.
 Anmeldung: Online-Anmeldung

27. Juni 2024 / Donnerstag

14:00 Besichtigung
Führung durch das Geophysikalische Observatorium Fürstenfeldbruck
 Veranstalter: VDI AK/BV München, Ober- und Niederbayern
 Ort: Fürstenfeldbruck
 Adresse: Ludwigshöhe 8, 82256 Fürstenfeldbruck, Geophysikalisches Observatorium
 Referent: Prof. Dr. Heinrich Soffel, LMU
 Anmeldung: Online-Anmeldung

16. Mai 2024 / Donnerstag

18:00 Online-Veranstaltung
Erfolgsfaktor Stakeholdermanagement: Die Kunst der Beziehungsarchitektur im Projektmanagement
 Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung
 Referent: Dipl.-Ing. (FH) Günter Schmid, VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung
 Info: Nach erfolgter Anmeldung werden Ihnen der ZOOM-Link und die Einwahldaten zugesendet.
 Anmeldung: Online-Anmeldung

21. Mai 2024 / Dienstag

17:00 Besichtigung
ZOLLHOF – Tech Incubator
 Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Zollhof 7, 90443 Nürnberg, ZOLLHOF
 Referentin: Carina Wanninger, Head of Innovation Projects, ZOLLHOF, Nürnberg
 Info: Bitte melden Sie sich an mit Angabe ihres Namens und der E-Mail-Adresse.
 Anmeldung: Online-Anmeldung

22. Mai 2024 / Mittwoch

11:00 Treff
Treff für technische Gespräche
 Veranstalter: VDI-BG Erlangen
 Ort: Erlangen
 Adresse: 91058 Erlangen, Erlanger Bergkirchweih, Entlas Keller
 Info: Dr. Hans Buerhop, Telefon (0 91 31) 4 49 54

11. Juni 2024 / Dienstag

19:00 Treff
Monatliche Zusammenkunft mit Erfahrungsaustausch
 Veranstalter: VDI BG Coburg
 Ort: Coburg
 Adresse: Kleine Johannisgasse 8, 96450 Coburg

12. Juni 2024 / Mittwoch

17:30 Treff
Treffpunkt Technikgeschichte
 Veranstalter: VDI Netzwerk Technikgeschichte
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Wollentorstr. 3, 90489 Nürnberg, Vietnam-Restaurant KIM CHUNG
 Info: Dipl.-Ing. Klaus Jantsch, Teleffon (09 11) 59 13 44

13. Juni 2024 / Donnerstag

17:00 Treff
Treff für technische Gespräche
 Veranstalter: VDI-BG Erlangen
 Ort: Erlangen-Häusling
 Adresse: Haundorfer Str. 24, 91058 Erlangen-Häusling, Gasthaus Schreyer
 Info: Dr. Hans Buerhop, Telefon (0 91 31) 4 49 54

13. Juni 2024 / Donnerstag

17:30 Workshop
VDI Netzwerk Systems Engineering – Treffen in Erlangen
 Veranstalter: VDI NW Systems Engineering
 Ort: Erlangen
 Adresse: Am Weichselgarten 7, 91058 Erlangen, In den Räumen der MEDtech Ingenieur GmbH

18:00 Vortrag

Kreativität durch Mitarbeiterführung fördern
 Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Technische Hochschule Nürnberg, KA.102
 Referent: Dipl.-Ing. (FH) Beate Kaspar, Zengarden Akademie, Fürth
 Anmeldung: Online-Anmeldung

18:00 Exkursion

FIB-Netzwerk: Werkführung DB-Instandhaltung (women only)
 Veranstalter: FIB Nürnberg
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Ingolstädter Str. 259, 90461 Nürnberg
 Anmeldung: Online-Anmeldung

20. Juni 2024 / Donnerstag

16:30 Besichtigung
Besichtigung bei DIEHL Metering in Ansbach
 Veranstalter: VDI BG Ansbach
 Ort: Ansbach
 Adresse: Industriestraße 13, 91522 Ansbach, 91522 Ansbach / Eyb, Gebäude „Aquarium“.
 Referenten: Herr Wagner und Herr Hechtel
 Anmeldung: Online-Anmeldung

29. Juni 2024 / Samstag

09:00 Workshop
Senkst du nur Kosten oder entwickelst du dein Geschäftsmodell aktiv weiter?
 Veranstalter: VDI-Netzwerk Produkt- und Prozessgestaltung
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Technische Hochschule Nürnberg, KA.440a
 Referenten: Karl Wendrich, Christian Heinbockel, Dr. Norbert Herbig
 Info: Es wird keine Gebühr erhoben.
 Anmeldung: Online-Anmeldung

Nicht verpassen!

Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI BV Bayern Nordost

08. Mai 2024 / Mittwoch

17:30 Treff
Treffpunkt Technikgeschichte
 Veranstalter: VDI Netzwerk Technikgeschichte
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Wollentorstr. 3, 90489 Nürnberg, Vietnam-Restaurant KIM CHUNG
 Info: Dipl.-Ing. Klaus Jantsch, Telefon (09 11) 59 13 44

13. Mai 2024 / Montag

18:00 Seminar
FIB-Treffen: Effiziente Kommunikation und Konfliktlösung (Women Only)
 Veranstalter: FIB Nürnberg
 Ort: Nürnberg
 Adresse: Keßlerplatz, 90473 Nürnberg, TH Nürnberg
 Anmeldung: Online-Anmeldung

14. Mai 2024 / Dienstag

17:00 Mitglieder-/Jahreshauptversammlung
Jahresmitgliederversammlung BG Erlangen
 Veranstalter: VDI BNO BG Erlangen
 Ort: Erlangen
 Adresse: Dorfstraße 14, 91056 Erlangen, Gasthaus Zur Einkehr, Nebenzimmer
 Info: Bericht der Bezirksgruppenleitung, Ehrung von 25-jährigen Mitgliedern
 Anmeldung: Online-Anmeldung

19:00 Mitglieder-/Jahreshauptversammlung

Hauptversammlung der BG Coburg
 Veranstalter: VDI BG Coburg
 Ort: Coburg
 Adresse: Kleine Johannisgasse 8, 96450 Coburg

VDI PREIS 2024

Auszeichnung für die klügsten Köpfe



Ausschreibung
des Vereins Deutscher Ingenieure
Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V.
Mai 2024

- Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V. lobt den VDI Preis 2024 für außerordentliche Ingenieurleistungen aus allen technisch-wissenschaftlichen Bereichen aus. Mit dem Preis sollen herausragende Abschlussarbeiten in allen Ingenieurstudiengängen oder vorbildhafte bzw. zukunftssträchtige Projekte ausgezeichnet werden, die nicht nur einen hohen Innovationsgrad haben, sondern auch einen unmittelbaren Nutzen für die Wirtschaft und Gesellschaft erkennen lassen.
- Für den VDI Preis können sich bewerben**
Bewerben können sich alle Ingenieure und Ingenieurinnen, die ihren Abschluss an einer südbayerischen oder österreichischen Hochschule bzw. in einem Unternehmen mit Standort Südbayern/ Österreich absolviert haben und in Südbayern oder Österreich (außer Vorarlberg) wohnen.
- Bewertet werden folgende Kategorien**
 - Bachelorthesis
 - Masterthesis
 - Diplomarbeit
 - Dissertation
 - Ingenieur-Start-Up
 - Erfolgreiche Jungingenieurin oder Jungingenieur aus Wirtschaft und Industrie
- Die Kriterien für die Preisvergabe sind**
 - Technische Neuheit
 - Praktische Anwendbarkeit (Funktionsnachweis)
 - Marktpotential
 - Übertragbarkeit
 - Wirtschaftlichkeit
 - Wertschöpfung (Qualität, Quantität)
- Die vollständigen Bewerbungsunterlagen beinhalten**
 - einen einseitigen Lebenslauf
 - eine Seite mit Begründung des Vorschlags und Würdigung der Arbeit oder des Projekts durch den wissenschaftlichen Betreuer bzw. den Vorgesetzten auf offiziellem Papier mit Stempel und Unterschrift: max. 1.000 Zeichen inkl. Leerzeichen.
 - eine kurz gefasste Projektbeschreibung mit präzisen Erläuterungen entsprechend den in Nr. 4 aufgeführten Bewertungskriterien in Deutsch oder Englisch mit max. 3.000 Zeichen inkl. Leerzeichen ohne Graphik. Die Arbeit bzw. das Projekt muss zwischen 2023-2024 abgeschlossen sein.
- Einsendeschluss**
Ihre Bewerbung richten Sie bitte an bv@vdi-sued.de. Einsendeschluss ist der **31. August 2024**. Danach ist keine weitere Bearbeitung der bereits eingereichten Bewerbungsunterlagen mehr möglich. Bitte haben Sie Verständnis, dass wir nur vollständige Bewerbungsunterlagen berücksichtigen können.
- Die eingereichten Bewerbungen werden einer Jury zur Entscheidung vorgelegt. Die Jury besteht aus unabhängigen Fachleuten aus dem Bereich der Wissenschaft und Wirtschaft.
- Die Preisträgerinnen und Preisträger präsentieren ihre Arbeiten bei einem Festakt vor geladenen Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Medien. Der VDI Preis wird redaktionell begleitet.
- Die Preisträger erwartet ein attraktiver Sachpreis, eine Urkunde und eine einjährige freie Mitgliedschaft im VDI.
- Die Preisverleihung findet voraussichtlich im November 2024 statt. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Andreas Wüllner (Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing.)
Vorsitzender

Zukunftsmuseum Nürnberg

Futur II

Mobilität 2050 in der Metropolregion Nürnberg –
Wie wir es geschafft haben werden



Willkommen im Jahr 2050! Die Metropolregion Nürnberg ist geprägt von einer neuen Mobilität – Energiewende, Digitalisierung, Automatisierung, die Umstellung auf Elektromobilität und andere alternative Antriebe sind gemeistert. Für Gesellschaft und Autozulieferer in der Region war dieser Weg mit einigen Herausforderungen verbunden. Wie die Transformation gelungen ist? Eine interaktive Ausstellung des Deutschen Museums Nürnberg und des Projekts transform_EMN der Metropolregion Nürnberg zeigt, wie der erfolgreiche Wandel der Mobilität und der Automobilwirtschaft

klappen könnte, und wie die Folgen das Leben und die Region verändern würden.

Zu sehen ist die Wanderausstellung „Futur II – Mobilität 2050 in der Metropolregion Nürnberg – Wie wir es geschafft haben werden“ bis Sonntag, 23. Juni 2024, im Deutschen Museum Nürnberg, ehe sie ab Ende Juni durch die Metropolregion tourt.

Informationen

Sonderausstellung bis 23.06.2024
Zukunftsmuseum Nürnberg
Augustinerhof 4
90403 Nürnberg
www.deutsches-museum.de/nuernberg

Impressum

Herausgeber:
Verein Deutscher Ingenieure (VDI),
Bezirksverein München, Obb. u. Ndb. e.V. (BV München)
Anschrift der Redaktion:
„Technik in Bayern“, Westendstraße 199 (TÜV)
80686 München

Chefredakteur: Dipl.-Ing. Friedrich Münzel (verantw.)
Chefin vom Dienst: Silvia Stettmayer
Tel. (0 89) 57 91 24 56, Fax (0 89) 57 91 21 61
E-Mail: tib@vdi-sued.de

Redaktion:
Hermann Auer Ing. (grad.); Dr. Dina Barbian; Dipl.-Ing.
Wolfgang Berger; Dipl.-Ing. Knut Bergmann; Dr. Frank
Dittmann; Christina Kaufmann M.A.; Bernhard Kramer
M.Sc.; Dipl.-Ing. Jochen Lösch; Verena Rupprich, M.Sc.;
Dipl.-Ing. Walter Tengler

Verlag:
MuP Verlag GmbH
Tengstraße 27, 80798 München
Tel. (0 89) 1 39 28 42-0, Fax (0 89) 1 39 28 42-28
Geschäftsführer: Christoph Mattes

Anzeigenleitung: Christoph Mattes
Tel. (0 89) 1 39 28 42-20, Fax (0 89) 1 39 28 42-28
E-Mail: christoph.mattes@mup-verlag.de

Anzeigenverkauf: Regine Urban-Falkowski
Tel. (0 89) 1 39 28 42-31, Fax (0 89) 1 39 28 42-28
E-Mail: regine.urban@mup-verlag.de
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 27 von 01.01.2024

Vertriebsleitung: Philip Esser
Tel. (0 89) 1 39 28 42-33, Fax (0 89) 1 39 28 42-28
E-Mail: philip.esser@mup-verlag.de

Layout und Grafik: Ruprecht Waßmann

Internet-Service: SpaceNet AG

27. Jahrgang 2024
Technik in Bayern erscheint zweimonatlich und ist das gemeinsame Mitgliedermagazin des VDI BV München und des VDI BV Bayern Nordost e.V.. Der Bezugspreis ist bei VDI-Mitgliedern der Bezirksvereine in Bayern sowie dem IDV in der Mitgliedschaft enthalten.

Jahresabonnement 36,- Euro / 72,- SFr; Einzelheft 8,- Euro / 16,- SFr. Jahresabonnement für Studenten gegen Einsendung einer entsprechenden Bestätigung 27,- Euro/ 54,- SFr. Der Euro-Preis beinhaltet die Versandkosten für Deutschland und Österreich, der SFr-Preis die Versandkosten für die Schweiz. Bei Versand in das übrige Ausland werden die Porto-Mehrkosten berechnet. Die Abodauer beträgt ein Jahr. Das Abo verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn es nicht zwei Monate vor Ablauf schriftlich gekündigt wird.

Urheber- und Verlagsrecht

Die Redaktion behält sich vor, Manuskripte und Leserbriefe zu redigieren. Sie übernimmt keine Haftung für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen. Die systematische Ordnung der Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit der Annahme eines Beitrags zur Veröffentlichung erwirbt der VDI vom Autor umfassende Nutzungsrechte in inhaltlich unbeschränkter und ausschließlicher Form, insbesondere Rechte zur weiteren Vervielfältigung mit Hilfe mechanischer, digitaler und anderer Verfahren.

Druck: Mayr/Miesbach GmbH
Am Windfeld 15, 83714 Miesbach

Technik in Bayern ISSN1610-6563

Nächster Redaktionsschluss: 13. 5. 2024



Cartoon: Cornelis Jette

VORSCHAU

Ausgabe 04/2024 erscheint am 1. Juli 2024 mit dem Schwerpunktthema

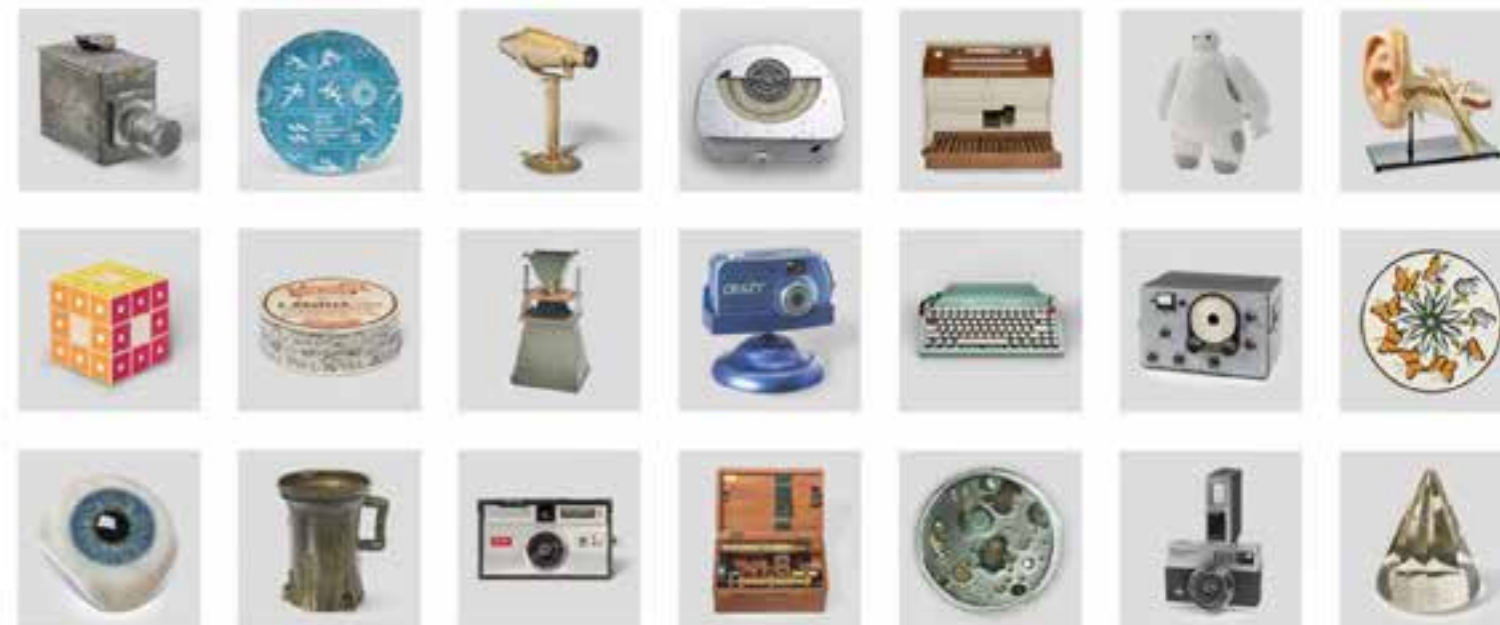
Energetische Gebäudesanierung

Einer der wichtigsten Hebel zur Einhaltung der CO₂-Ziele ist die energetische Sanierung des Gebäudebestands. Welche Möglichkeiten es hier gibt und inwiefern auch jeder Einzelne etwas tun kann, behandeln wir in unserer nächsten Ausgabe.

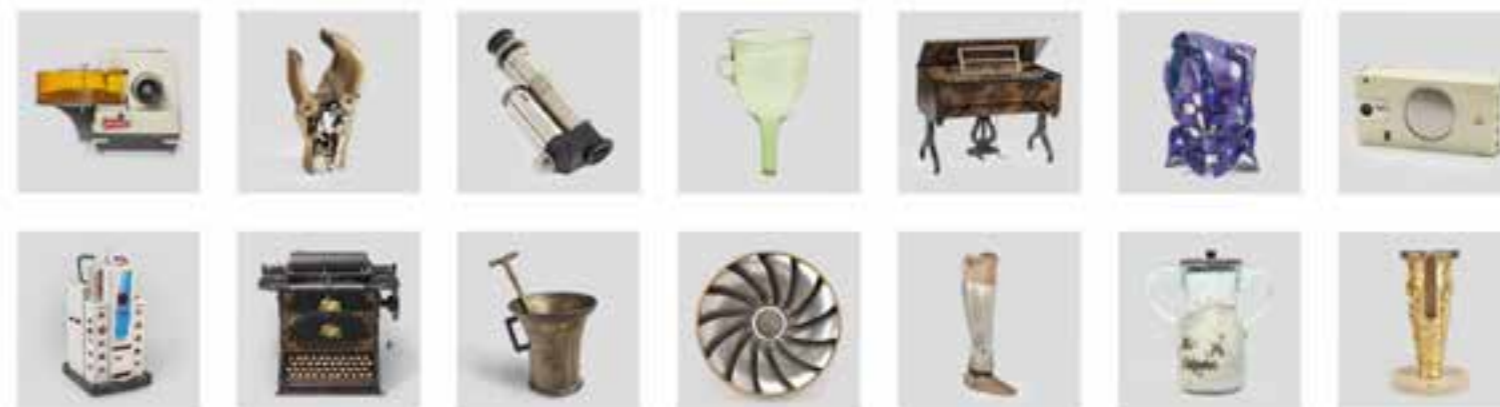
Anzeigenschluss: 3. Juni 2024

Schwerpunktthema der Ausgabe 05/2024
Fusionsreaktoren

Anzeigenschluss: 1. August 2024



ALLES



FÜHRUNGSKRÄFTEAUSBILDUNG FÜR INGENIEURE BERUFSBEGLEITEND STUDIEREN



MBA General Management

- Weiterbildung in Management mit internationaler Ausrichtung
- Interdisziplinäres Studium Generale



Master Digital Business Engineering

- Für Ingenieure & Informatiker
- Weiterbildung in Engineering, Digitalisierung, IT & Management



Bachelor Technologiemanagement

- Für Techniker: Bis zu 4 Semester anrechenbar
- Weiterbildung in Technik, Wirtschaft und Management



Hochschulzertifikate

- Lean Management & Kaizen Practitioner
- Six Sigma Yellow Belt / Green Belt
- Descriptive Data Analytics

