

# Sensor.Kosmos.

## TMR: Quantenmechanik trifft Sensorik

Ein Sensor muss präzise, robust und schnell arbeiten. Auf welchem Wirkprinzip er beruht, scheint für den Anwender auf den ersten Blick oft weniger relevant. Dabei sollte es dies aber sein. Denn vom Wissen um die individuellen Eigenschaften und Vorteile der verschiedenen Technologien kann der Anwender insbesondere im Hinblick auf Genauigkeit und Effizienz enorm profitieren, wie der nachfolgende Grundlagenbericht verdeutlicht. Während AMR- und GMR-Sensoren schon lange am Markt etabliert sind, werden sie jetzt durch die jüngste TMR-Sensor-Generation ergänzt.

Als einer der wenigen Hersteller beherrscht Sensitec die drei aktuell genutzten magnetoresistiven (MR-) Technologien AMR (anisotrop magnetoresistive), GMR (giant magnetoresistive) und TMR (tunnelmagnetoresistive) und setzt deren Vorteile geschickt in neuen Produkten um. Allen gemeinsam sind die hohen Messgenauigkeiten und der hohe Grad der Integrationsmöglichkeit im Gesamtsystem. Besonders vorteilhaft bei der Auslegung von Sensorsystemen erweisen sich die Justagetoleranzen und die großen Arbeitsabstände. AMR-Sensoren zeichnen sich durch höchste Messgenauigkeit aus, während die GMR-/TMR-Varianten mit höherer Empfindlichkeit und Energieeffizienz aufwarten. AMR- und GMR-Sensoren haben

sich schon seit langem als leistungsfähige Alternative zu Hall-Sensoren auf dem Markt etabliert, nun rückt auch die „jüngste“ Generation in Form der TMR-Sensoren zunehmend in den Vordergrund. Ihre Stärken liegen insbesondere in den hohen Signalamplituden, geringem Drift-Verhalten über Temperatur sowie der Möglichkeit, durch ein hochhohmiges Design nur sehr wenig Energie zu benötigen. Bei Sensitec ist jetzt das komplette TMR-Portfolio für die elektrische Antriebstechnik verfügbar: es umfasst Sensoren für die Weg-, Winkel- und Endlagenerfassung.

### TMR-Technologie verständlich erklärt

MR-Sensoren werden typischerweise so konzipiert, dass ein rotierendes, externes Magnetfeld

in ein sinusförmiges Signal umgewandelt wird, das den Winkel des externen Magnetfeldes abbildet. Zur Drehrichtungserkennung werden weitere Sensorelemente auf einem Chip so angeordnet, dass ebenfalls ein 90 Grad phasenverschobenes Signal entsteht. Dabei ändert sich grundsätzlich der elektrische Widerstand, wenn das Sensorelement einem magnetischen Feld ausgesetzt wird.

Der TMR-Effekt basiert, vergleichbar mit dem GMR-Effekt, auf der Kombination von dünnen Schichten, die in einem Stapel übereinander aufgebracht werden. Bild 1 zeigt stark vereinfacht neben AMR- und GMR- auch den Aufbau eines TMR-Elements. Die wesentliche Schicht ist hierbei die Barrier-Layer. Diese stellt eine sehr dünne Isolationsschicht für den Stromfluss dar. Mit nur we-

nigen Nanometern Dicke gerade so, dass abhängig von der Orientierung der sich im externen Magnetfeld frei drehbaren Free-Layer, einige Elektronen die Schicht passieren und damit für einen magnetfeldabhängigen Stromfluss sorgen. Diesem sogenannten „tunneln“ verdankt der Effekt auch seinen Namen. Der Vorgang ist mithilfe der klassischen Physik nicht erklärbar und ist daher ein rein quantenmechanisches Phänomen.

Steht ein äußeres Magnetfeld parallel zur Ausrichtung der Magnetisierung der fixierten Pinned-Layer des Schichtstapels, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass Elektronen durch die Isolations-schicht hindurch tunneln größer als bei antiparalleler Ausrichtung des externen Magnetfeldes zur Pinned-Layer. Damit variiert der

Titelstory | Fortsetzung

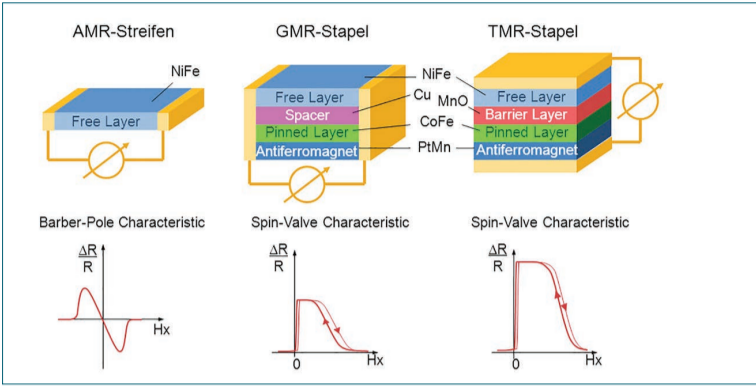


Bild 1: Vergleich der drei gängigen XMR-Technologien

elektrische Widerstand des Stapels ( $\Delta R/R$ ) in Abhängigkeit vom externen Magnetfeld. Der Widerstand eines TMR-Sensors ergibt sich durch die Fläche der Tunnelverbindung sowie der Schichtdicke bzw. dem Flächenwiderstand der Barriere. Der typische Flächenwiderstand einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Barrier-Layer liegt bei  $10 \text{ M}\Omega/\mu\text{m}^2$ . Gestaltet man eine Tunnelbarriere von  $100 \mu\text{m}^2$  Fläche, so ergibt sich ein Widerstand von  $100 \text{ k}\Omega$  aus einem einzigen Tunnелеlement. So lassen sich mit kleineren Tunnелеlementen höhere Widerstände realisieren und es können mit sehr geringem Platzbedarf wesentlich hochohmigere Sensoren erstellt werden als es mit AMR- oder GMR-Elementen möglich ist. Bei gleicher Fläche kann dadurch mit der TMR-Technologie der Leistungsverbrauch eines Sensors um einen Faktor 100 bis 1000 reduziert werden. Ebenfalls anders als beim AMR- und GMR-Effekt, wo der Stromfluss parallel zu den MR-Schichten erfolgt, fließt beim TMR-Effekt der Strom senkrecht durch den Schichtstapel hindurch.

Von der Technologie zum Sensor

Ein einzelnes TMR-Element stellt natürlich noch keinen vollständigen Sensor für die Positionsmessung dar. Übliche Ausgangssignale eines Sensors wären z.B. differenzielle Sinus- und Kosinussignale für eine Richtungserkennung aufgrund ihres Phasenbezugs. Diese werden typischerweise durch die Anordnung einzelner Sensorelemente in zwei vollständige Wheatston'sche Messbrücken realisiert. Diese Messschaltung sollte möglichst frei von Offsetspannungen sein und auch möglichst keinen Temperatureinfluss über den Arbeitstemperaturbereich haben. Die Amplitude sollte hoch, das Rauschen gering und der Phasenbezug ideal bei 90 Grad liegen.

Hier beginnt die Entwicklungsarbeit der Sensordesigner und Prozessingenieure. Ein Großteil der Parameter steht in Abhängigkeit zueinander und auch der Schichtaufbau hat einen deutlichen Einfluss auf die Parameter. Die vielen Abhängigkeiten stellen eine große Herausforderung dar,

bieten zugleich aber auch Potenzial für mehr Flexibilität und neue Möglichkeiten bei der Sensorumsetzung. Der Einfluss auf die Performance durch das Sensordesign zeigt sich gut an dem Beispiel der Oberwellenfilterung. Diese wurde direkt auf dem Sensorchip im Design der Sensorelemente integriert. Das Diagramm in Bild 2 zeigt die Winkelgenauigkeit eines Sensors ohne (Standard) sowie mit Oberwellenfilterung. Der Winkelfehler des Sensors mit integrierter Oberwellenfilterung ist deutlich geringer. Die Signalform der Ausgangssignale zeigt ebenfalls den deutlichen Einfluss von geraden Oberwellenanteilen bzw. eine sehr sinusnahe Form bei verwendetem Design mit Oberwellenfilter. Betrachtet man das Sensordesign des TMR FreePitch-Sensors mit integrierter Oberwellenfilterung, erkennt man auf der Oberfläche des Chips, auf dem sich die in Dünnschichttechnik aufgetragenen Sensorstrukturen befinden, gekrümmte Brückenelemente (Bild 3). Da sich ein Brückenelement aus vielen TMR-Elementen zusammensetzt, kann durch diese geometrische Anordnung der einzelnen Elemente innerhalb der Sensorschaltung eine

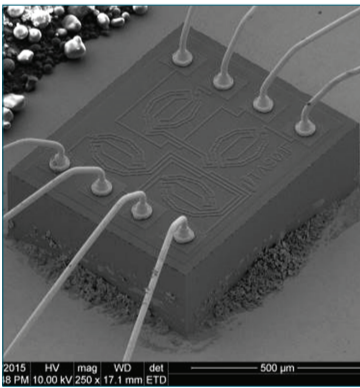


Bild 3: REM Aufnahme des PerfectWave Designs

Dämpfung der Oberwellenanteile erreicht werden. Diese Design-technologie wird bei Sensitec als PerfectWave Design bezeichnet. Hierdurch wird nicht nur der absolute Fehlerbeitrag durch die Oberwellen drastisch reduziert, sondern die Abhängigkeit des Winkelfehlers durch unterschiedliche Magnetfeldstärken des zu messenden Magneten faktisch eliminiert. Zudem gewinnt man für die Anwendungsentwicklung zusätzliche Freiheitsgrade in der Magnetsystemauslegung. Das genannte Beispiel vermittelt einen Eindruck über die vielfälti-

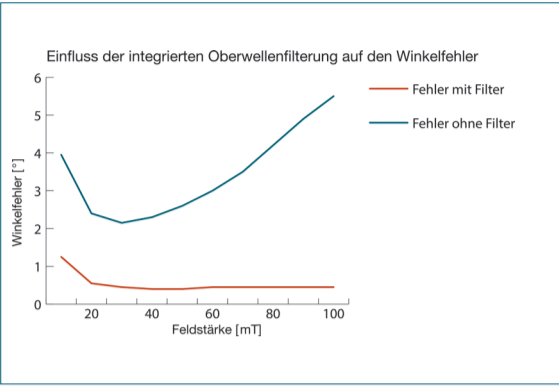


Bild 2: Einfluss der Oberwellenfilterung

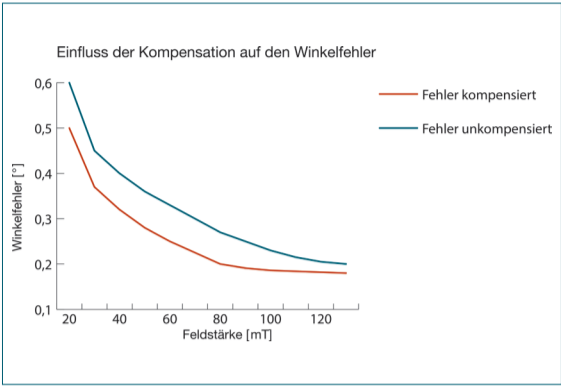


Bild 4: Winkelfehler TA903 kompensiert vs. unkompensiert

gen Möglichkeiten, aber auch die Komplexität, den Schichtaufbau und das Schaltungsdesign für eine spezielle Funktion, angepasste Eigenschaften oder eine komplett individuelle Chip-Lösung einzusetzen. Hieraus ergeben sich dementsprechende Optionen zur Schaffung eines breiten Sensorportfolios für unterschiedlichste Anwendungsbereiche und Anforderungen.

So liefert zum Beispiel der FreePitch-Sensor TA903 im Vergleich zu einem typischen AMR FreePitch-Sensor eine 360 Grad absolute Signalinformation. Auf diese Weise wird mit nur einem Sensorchip ein Singleturn-Absolutgeber mit einem Dipolmagneten am Wellenende realisiert, wo hingegen bei einer AMR-Lösung weitere Sensoren notwendig sind. Die Ausgangssignale des Sensors sind differenzielle Sinus- und Kosinussignale mit Amplituden von  $100 \text{ mV/V}$ , und es ergibt sich bereits ohne weitere Kompensationen eine gute Messgenauigkeit des Winkels. Werden die Sensorsignale in Bezug auf Offset, Amplituden-Synchronität und Phasenversatz noch weiter korrigiert, lässt sich der Fehler eines solchen Messsystems auf unter 0,2 Grad reduzieren (Bild 4).

Eine weitere beispielhafte Anwendung resultiert aus Messanforderungen aus dem Bereich der Zustandsüberwachung der Industrie 4.0-Aktivitäten. Endlagen in Zylindern sollen nicht mehr nur als binäre Schaltinformation der Steuerung zugeführt werden, sondern zusätzlich auch Informationen liefern, aus denen sich beispielsweise Verschleiß ableiten lässt. Der TF952 als Sensor zur Messung von Magnetfeldern eignet sich hierzu besonders gut,

da er über eine lineare Kennlinie (Bild 5) im Messbereich von  $\pm 20 \text{ mT}$  verfügt – und damit passend ist zu den üblichen Magneten, die in Pneumatikzylindern Verwendung finden. Bringt man den Sensor in die T-Nut eines Pneumatikzylinders ein, liefert er im Bereich des Magneten aufgrund der ratiometrisch ausgeführten Kennlinie eine direkt nutzbare Positionsinformation.

Mit dem im Zylinder integrierten Magnet in Kombination mit dem außen angebrachten Sensor lässt sich ebenfalls durch eine Komparatorschaltung ein binärer Schaltimpuls erzeugen, aber auch Rückschlüsse über den Zustand des Zylinders bzw. des Gesamtsystems ziehen. Auf dem Sensor wurden zwei Messbrücken zueinander verdreht aufgebracht, so dass neben der x-Komponente auch eine y-Komponente des Feldes erfasst wird. Damit bietet der Sensor neben der einfachen Endlagenmessung Potenzial für weitere Einsatzmöglichkeiten.

Deutlich komplexere Sensoren sind aufgrund der kompakten TMR-Technologie ebenfalls möglich. So wurde innerhalb des BMBF-geförderten Forschungsprojekts KaLiPso (Kabellose Linearführungssysteme mit integrierter Positionsmessung) in Zusammenarbeit mit NTN-SNR, dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen an der Universität Hannover und Sensitec gezeigt, wie ein kabelloses Absolut-Längenmesssystem auf TMR-Basis in einer Linearführung zukünftig aussehen und funktionieren könnte.

Bild 6 zeigt das in der Linearführung integrierte Längenmesssystem. Dieses wird für den Betrieb mittels eines berührungslosen

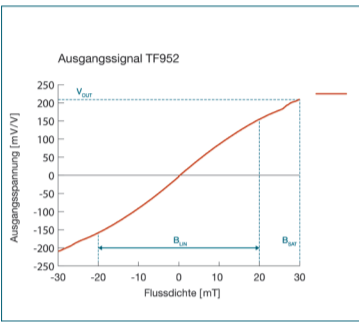


Bild 5: Kennlinie des TF952

induktiven Verfahrens mit Energie versorgt. Die Primärspule ist in die Führungsschiene integriert und die Sekundärspule befindet sich im Schlitten.

Innerhalb des Projektes wurde ein TMR Sensor-Array entwickelt, welches eine magnetische Absolut-Codierung ausliest, die in einem Mikrocontroller zusammen mit der Information eines TMR FixPitch-Sensors, der lediglich eine abwechselnd mit Nord- und Südpolen magnetisierte Spur ausliest, eine hochauflösende und hochgenaue Positionsinformation ergibt.

Im Zuge der TMR-Entwicklung ist somit ein Portfolio an Sensoren für unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten entstanden. Dieses wird sukzessive ausgebaut und die Sensoren werden als Produkte in die Serienfertigung überführt.

Wer sich für den Einsatz von TMR-Sensoren in aktuellen Projekten interessiert, kann auf Anfrage bei Sensitec TMR-Muster und Evaluation-Kits erhalten.

René Buß

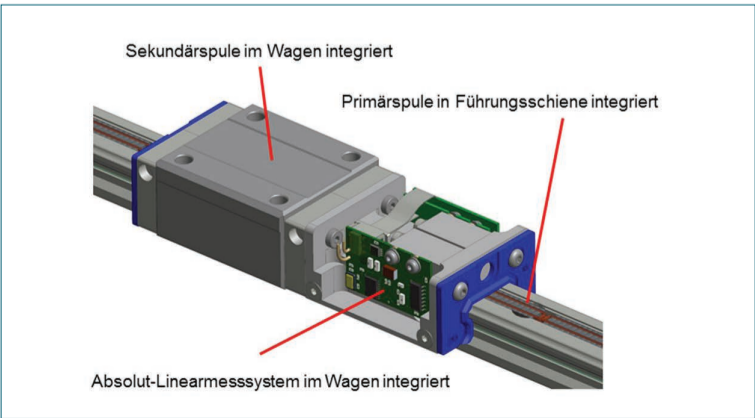


Bild 6: Integriertes Absolut-Linearmesssystem auf TMR-Basis (Bildquelle: NTN-SNR Bearings GmbH)

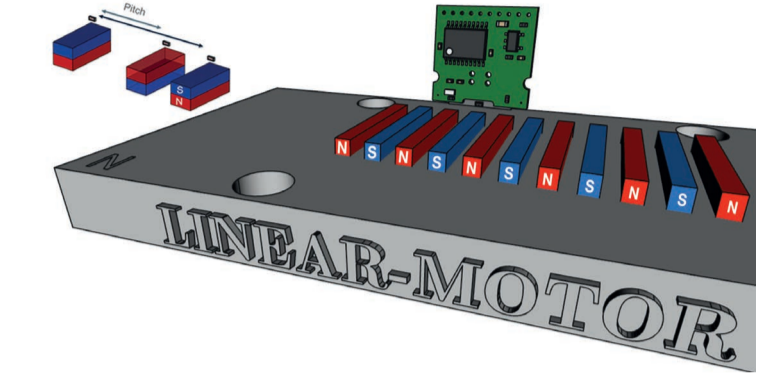
# „Easy-Encoder“-System für Linearmotoren

## Einfache Integration – direkte Messung am Statormagnet

Aufgrund immer höherer Anforderungen an Dynamik, Genauigkeit und Gleichlauf werden auch in der linearen Antriebstechnik neue Lösungsansätze erforderlich. Das hier vorgestellte „Easy-Encoder“-System verschafft dem Anwender spürbare Zeit- und Kosteneinsparungen.

Mit dem „Easy-Encoder“-System bietet Sensitec jetzt ein cleveres Inkremental-Encoder-Konzept für Linear- und Tubular-Motoren, das sich für den Konstrukteur als besonders zeit- und kostensparend in der Endmontage erweist.

Wie üblich für Sensoren von Sensitec nutzt auch das neue „Easy-Encoder“-System das magnetoresistive Wirkprinzip. Beim sogenannten „MultiFixPitch“-Konzept wird der Inkrementalgeber zum berührungslosen Messen direkt am Statormagnet verwendet. Bereits vorhandene Statormagnete werden dabei als Maßstab genutzt, wodurch auf eine zusätzliche Skala verzichtet werden kann. Dies vereinfacht die Integration in das Antriebssystem und spart zudem Kosten. Dem Konstrukteur bietet das System eine hohe Einbautoleranz, was wiederum eine Zeitersparnis bei der Endmontage bedeutet. Der Geber wird am Schlitten des Linearmotors oberhalb der



**Bild 1:** Clevere Lösung: beim „Easy-Encoder“-System werden bereits vorhandene Statormagnete als Maßstab genutzt, wodurch auf eine zusätzliche Skala verzichtet werden kann.



**Bild 2:** Handling-Systeme mit mittleren Genauigkeitsanforderungen können mit dem neuen „Easy-Encoder“-System punkten.

Statormagnete installiert, was sich in der Praxis als besonders gut zugänglicher Einbaupunkt bewährt hat.

Verwendet werden sogenannte FreePitch\*-Sensoren von Sensitec der Baureihe AA746 (SMD) oder AA747 (COB), die mit der entsprechenden Verschaltung eine an die Teilung der Statormagnete angepasste FixPitch-Konfiguration ergeben. Die Winkelsensoren sind die ideale Wahl, wenn eine besonders kostengünstige Lösung für die Messaufgabe gewünscht ist.

Der neue „MultiFixPitch“-Inkrementalgeber dürfte besonders interessant sein für Anwendungen in Handling-Systemen, bei denen mittlere Anforderungen an die Genauigkeit gestellt werden.

Jens Sonntag

\*FreePitch-Sensoren sind dahingehend optimiert, dass sie unabhängig von der Pollänge der Maßverkörperung eingesetzt werden können.

### Stromsensorik | Entwicklungsstudie

## Sensitec entwickelt neues Stromsensor-System

### Erste Informationen zum CMS EVolution

Die exakte Erfassung des fließenden Stroms ist heute nicht mehr wegzudenken. Durch die rasanten Entwicklungen auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik, wie E-Mobilität und automatisiertes Fahren, hat das Anwendungsspektrum präziser Stromsensoren deutlich zugenommen. Auf der bevorstehenden Fachmesse SPS Messe in Nürnberg stellt Sensitec eine neue Entwicklungsstudie mit Namen CMS EVolution vor. Dabei handelt es sich um ein neues Stromsensor-System, das sich zurzeit noch in der Entwicklungsphase befindet. Erste Muster werden zu diesem Zweck von ausgewählten Pilotkunden getestet. Produktoptimierungen fließen in die weitere Entwicklung mit ein.

#### Was kann der neue CMS EVolution?

Das hochgenaue Stromsensor-System basiert auf dem bereits bewährten CFS1000 Stromsensor für sehr präzise und robuste Messung. Das skalierbare System ist für Ströme zwischen 200 und 2000 Ampere vorgesehen. Aktuell sind die ersten Muster im Rahmen der Entwicklungsstudie auf 500 Ampere ausgelegt. Der CMS EVolution wird als Plug & Play-Produkt angeboten (Bild 2).



**Bild 1:** Lebendes Exponat – Dipl.-Ing. Uwe Stock, Leiter des Vertriebsbüros Nordwestdeutschland und Benelux mit einem Prototyp des CMS EVolution.

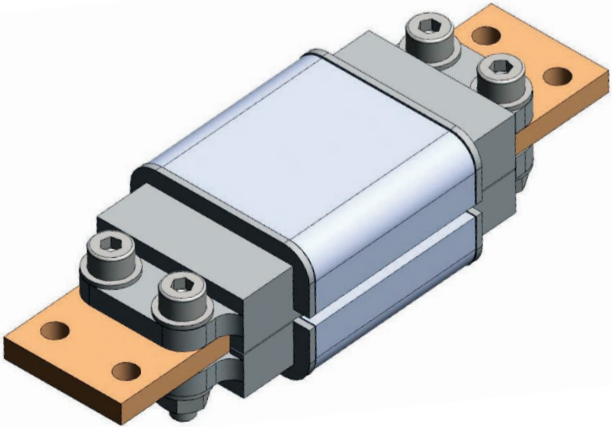
Anwender sollen davon profitieren, dass das Stromsensor-System nach der Installation ohne weitere Einstellungen direkt in Betrieb genommen werden kann.

#### Wide-Bandgap ready

In leistungselektronischen Anwendungen kommen zunehmend Halbleiter mit großer Bandlücke – die sogenannten Wide-Bandgap-Halbleiter – wie Siliziumcarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN) zum Einsatz. Diese neuen Halbleiter ermöglichen – im direkten Vergleich zu

konventionellen Halbleitern auf Siliziumbasis (Si) – reduzierte Schaltverluste und höhere Betriebstemperaturen, wodurch sie zur Steigerung der Leistungsdichte beitragen. Um die hohe Effizienz der WBG-Halbleiter bestmöglich nutzen zu können, ist es erforderlich, Ströme präzise, schnell und verlustarm zu messen.

Hier kommt der neue CMS EVolution ins Spiel. Mit seiner hohen Bandbreite können auch sehr schnelle Schaltvorgänge exakt gemessen werden, wodurch sich die Vorteile WBG-basierter



**Bild 2:** Die Plug & Play-Ausführung des neuen CMS EVolution erleichtert die Installation und Inbetriebnahme des Stromsensor-Systems.

Lösungen optimal nutzen lassen. Der CMS EVolution verfügt über eine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärkreis und über eine hohe Bandbreite von 500 kHz (-3 dB). Bei der Entwicklung wurde auch das Thema Sicherheit entsprechend berücksichtigt. Die schnelle Reaktionszeit von deutlich < 1 µs kombiniert mit der integrierten Überstromerkennung gewährleisten einen optimalen Schutz für elektrische Maschinen, da eine schnelle Reaktion auf unerwünschte Ereignisse ermöglicht wird. Der CMS EVolution dürfte sich als besonders interessant erweisen für Anwendungen im Hochstrombereich (I ≥ 200 A), wie zum Beispiel Frequenz-Wechselrichter für:

- elektrische Maschinen und Antriebe
- Werkzeugmaschinen
- Windkraftanlagen

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Weitere Informationen über den aktuellen Entwicklungsstand erhalten Sie auf Anfrage oder beim Besuch der SPS vom 26. bis 28. November in Nürnberg.

Dr. Thomas Holtj

Die **SPS** - Smart Production Solutions - vormals SPS IPC Drives - ist die internationale Fachmesse im Bereich der industriellen Automation und das jährliche Highlight der Automatisierungsbranche. Sicherlich haben Sie den Besuch bereits geplant. **Unser Tipp:** die beiden ersten Messetage sind bei den Besuchern die beliebtesten. Legen Sie Ihren Messebesuch doch gezielt auf den dritten Tag – damit Ihr Rundgang in angenehmer Atmosphäre mit der gewünschten Effizienz verläuft. Wir freuen uns auf Ihr Kommen und den Austausch mit Ihnen!

### sps

smart production solutions

30. Internationale Fachmesse der industriellen Automation

Nürnberg, 26. – 28.11.2019

Halle 4A | Stand 452

Nachruf | Joachim Achenbach

## Joachim Achenbach verstorben

Sensitec trauert um seinen geschätzten Wegbegleiter.



Bild 1: Joachim Achenbach verstarb am 26. August 2019.

Am 26. August 2019 verstarb **Joachim Achenbach** im Alter von 73 Jahren. In unseren Reihen hinterlässt er eine schmerzliche Lücke. Die Nachricht von seinem Tod kam für alle völlig unerwartet. Unsere Anteilnahme gilt seiner Frau und seinen Angehörigen.

Viele unserer Leser kannten ihn persönlich. Über 20 Jahre lang hat er als Mitglied der Geschäftsleitung und Vertriebsleiter die Geschicke bei Sensitec mit geleitet. Mit vorbildlichem Engagement, ausgeprägtem Verantwortungsgefühl, menschlicher Wärme und ausgestattet mit der notwendigen Portion Humor hat er sich innerhalb und außerhalb unseres Unternehmens bleibendes Ansehen erworben und Wertschätzung erhalten.

Er war ein sprühender Ideengeber, stets voller Optimismus und Tatendrang. Er verstand es, zu verbinden und Brücken zu bauen und hatte trotzdem auch den Mut, mal andere Wege zu gehen.

Gerne erinnern wir uns an die geselligen Momente mit ihm, wenn er spontan zum Grillen von „Original Thüringer Bratwurst“ auf dem Betriebsgelände einlud, wenn er spontan während eines Arbeitstermins mit der Mundharmonika „Freude schöner Götterfunken“ anstimmte, Waffeln für die Kollegen backte oder eine unterhaltsame Anekdote zum Besten gab.

Vor acht Jahren hätte er mit 65 Jahren eigentlich seinen verdienten Ruhestand antreten können. Aber für Joachim Achenbach war das keine Option. Aktiv und engagiert wie eh und je, war er weiterhin in beratender Funktion bei Sensitec tätig bzw. unterstützte diverse Netzwerke und Fachverbandsgrößen mit seiner Kompetenz und Erfahrung.

Allerdings nutzte er die neu erworbene Freizeit für regelmäßige Wanderungen in den schönsten Regionen Deutschlands und der angrenzenden Nachbarländer. Zuletzt war er auf Sommertour unterwegs in der Schweiz. Er ließ uns daran teilhaben in Form eines kurzen, aber sehr authentischen Reiseberichts, der jedoch sein letzter dieser Art werden sollte. Denn er verstarb leider noch im gleichen Monat.

Endgültig verabschieden wollten wir ihn nie, jetzt bleibt uns leider keine andere Wahl.

Es war uns eine Ehre, mit ihm zusammenzuarbeiten.

Er bleibt unvergessen.

Dr. Rolf Slatter



Bild 2: Joachim Achenbach während seiner letzten Wanderung im August 2019 in der Schweiz.

„Geschafft – nach 9 Tagen und 190 Kilometern recht bergigem Profil (ca. 7.000 Aufstiegs- und 5.200 Abstiegsmeter) von Konstanz zum Gotthard-Pass, bin ich inzwischen wieder zu Hause angekommen, ohne Blasen an den Füßen und ohne Gelenkschmerzen.“

Bis auf einen durchgängigen Regentag hatten wir meist sonniges Wetter und genossen eine herrliche Landschaft. Wir haben viele nette Menschen kennengelernt und einiges über die Besonderheiten der Schweiz erfahren. So haben wir zum Beispiel einmal in einem Luftschutzbunker übernachtet, wie er in jeder Gemeinde vorhanden ist.

Aber die Preise sind gesalzen! Da es keine Subventionen gibt, kostet zum Beispiel eine Bratwurst im Restaurant meist 18 SFr. Eine Reinigungsfrau bekommt 25 SFr die Stunde. Ein Gemeindearbeiter in einer 700 Seelen-Gemeinde hat ca. 100.000 SFr Einkommen. Ein Bauer mit 20 Milchkühen, 20 Rindern und 20 Kleintieren wie Ziegen oder Schweine ist ein Großbauer. Und es gibt, für uns ganz ungewohnt, Fliegen und viele andere Insekten. Das sind ganz andere Verhältnisse als bei uns“.

Euer Joachim Achenbach,  
per E-Mail am 10. August 2019



Bild 3: Rolf Slatter und Joachim Achenbach gingen lange Zeit gemeinsame Wege bei Sensitec.



Bild 4: Gratulation durch die Belegschaft zum 70. Geburtstag im April 2016.

Herausgeber



**Sensitec GmbH**  
Georg-Ohm-Str. 11  
35633 Lahnau · Germany

Tel. +49 6441 9788-0  
Fax +49 6441 9788-17

www.sensitec.com  
sensitec@sensitec.com

Redaktion: Ellen Slatter

