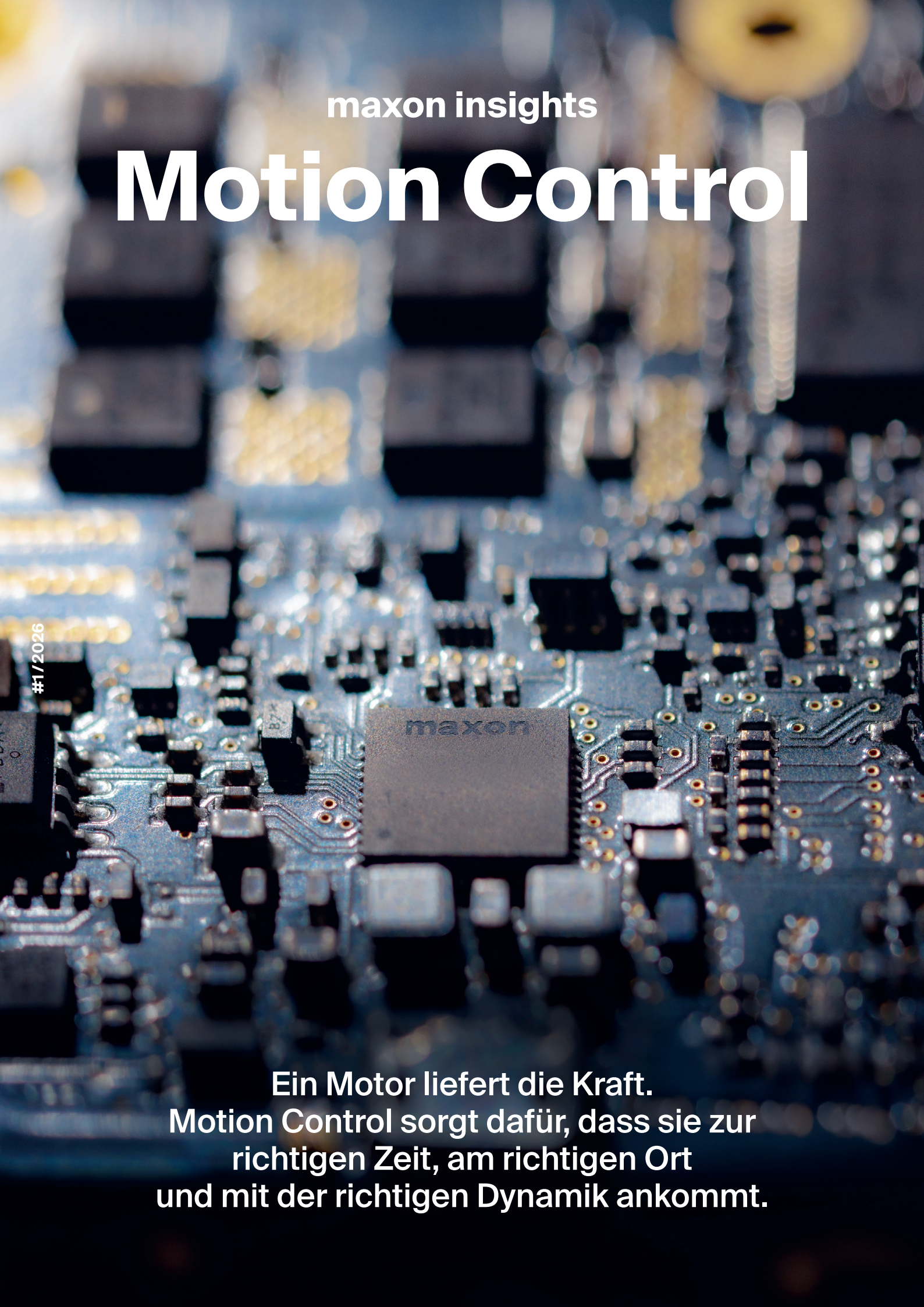




maxon insights

Motion Control

#1/2026

Ein Motor liefert die Kraft.
Motion Control sorgt dafür, dass sie zur
richtigen Zeit, am richtigen Ort
und mit der richtigen Dynamik ankommt.

maxon insights #1

maxon insights ist eine Reihe von Themenheften rund um die Antriebstechnik. Jede Ausgabe widmet sich einem ausgewählten Fachgebiet und gibt Einblick in Technologien und konkrete Anwendungen. Zu Wort kommen Fachleute von maxon ebenso wie externe Expert:innen aus Forschung, Entwicklung und Praxis.

Motion Control als Schlüsselkompetenz



Patrik Gnos, Director
R&D Motion Control
und Leiter Corporate
Center Motion Control

1994 begannen wir als kleines Team mit dem Aufbau des Corporate Center Motion Control. Nachdem wir in den Jahren zuvor bereits erste Erfahrungen mit Steuerungen gesammelt hatten, war der Auftrag klar: unseren Kunden nicht nur einen passenden Antrieb liefern, sondern Bewegung in ihrer Anwendung besser beherrschbar machen. Zu Beginn entwickelten, vertrieben und betreuten wir analoge Servocontroller. Schon bald wurde sichtbar, dass die Zukunft digital sein würde. maxon investierte früh in digitale Servocontroller, Embedded Software und grafische Inbetriebnahme-Tools.

Dieser Schritt brachte uns näher an die Anwendung des Kunden und eröffnete neue Möglichkeiten in Regelungstechnik, Parametrierung, Diagnose und Software. Wir lernten laufend dazu – aus Erfolgen, Fehlern und vielen Gesprächen mit Kunden. Mit dem Erfolg entstand am maxon Hauptsitz in Sachseln über die Jahre ein Kompetenzzentrum, das Elektronikentwicklung, Firmware, Software, Regelungstechnik und Kundensupport eng verbindet. So fließen Fragen aus dem Markt direkt in die Entwicklung ein.

Die strategische Bedeutung von Motion Control nahm dadurch stetig zu. Wo früher oft einzelne Komponenten im Vordergrund standen, entscheidet heute die Qualität des Gesamtsystems. Kunden erwarten zuverlässige Lösungen, die sich einfach integrieren lassen und langfristig verfügbar bleiben. Motion Control verbindet Motor, Getriebe, Sensorik, Elektronik, Software und Applikationswissen zu einer überzeugenden Antriebslösung.

Für maxon liegt die entscheidende Stärke zunehmend darin, einzelne Technologien passend zur Anwendung aufeinander abzustimmen. Motion Control schlägt die Brücke von Produkten zur Anwendung unserer Kunden. Es hilft uns, technologische Entwicklungen früh zu bewerten, Innovationen gezielt einzusetzen und Lösungen zu entwickeln, die auch zukünftige Anforderungen erfüllen.

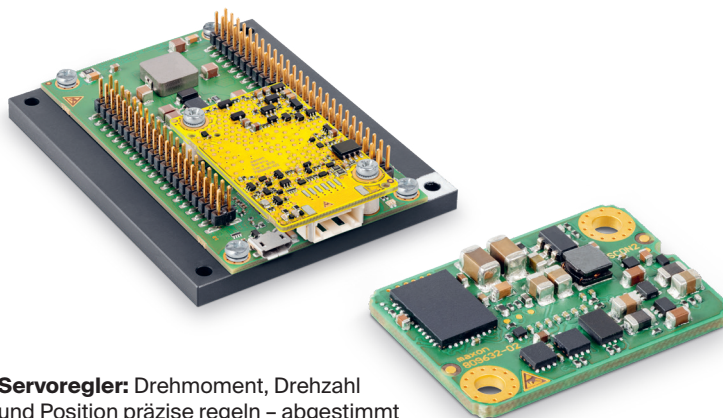
Diese Bedeutung wird weiter wachsen. Die klassische Miniaturisierung von Mikrocontrollern stösst an Grenzen. Gleichzeitig eröffnen Mehrkern-Architekturen, spezialisierte Prozessoren, vernetzte Systeme und künstliche Intelligenz neue Möglichkeiten. Um diese zu nutzen, braucht es tiefes Systemverständnis und die Fähigkeit, Technologie in konkreten Kundennutzen zu übersetzen.

Die Reise geht weiter – unser Anspruch bleibt: Wir wollen Bewegung für unsere Kunden präziser, sicherer und einfacher nutzbar machen. Dieses Heft zeigt, wie das heute in der Praxis gelingt.

6	Interview Stefan Müller «Spezifische Kunden- lösungen sind unsere DNA»
10	Grundlagen Die sechs wichtigsten Fragen zu Motion Control
12	Expertise Erfahrung, die schneller zur Lösung führt
16	Steuerungselektronik Produktübersicht
18	Servoregler
28	Motion Controller
34	Plattformen und Customization Wenn Standardprodukte nicht mehr passen
36	maxon MIND Der Motor als Sensor
38	Aus der Praxis Werkzeugvermessung im Mikrometerbereich
42	Aus der Praxis Bewährtes Gerät, neu gedacht
46	Expertise Wie fährt ein Roboter von A nach B?
48	Functional Safety Sicherheit in Bewegung
50	Aus der Praxis Unterstützung, die sich jedem Schritt anpasst
52	Customer Support Von der Frage zur Lösung
54	Über maxon



CTO Stefan Müller spricht über die Zukunft von Motion Control, die Nähe zum Kunden und darüber, wie aus Erfahrung neue Lösungen entstehen. **Seite 6**



Servoregler: Drehmoment, Drehzahl und Position präzise regeln – abgestimmt auf Antrieb und Anwendung. **Seite 18**



Motion Controller: Wenn mehrere Achsen zusammenspielen, sorgt die übergeordnete Steuerung für koordinierte Bewegungsabläufe. **Seite 28**



Das Ziel ist klar, der Weg dorthin komplex: Damit ein Transportroboter präzise ankommt, müssen Navigation, Steuerung und Antriebe koordiniert arbeiten. **Seite 46**

IMPRESSUM

Herausgeber: maxon Group,
Brünigstrasse 220, 6072 Sachseln,
Schweiz; media@maxongroup.com
Redaktion: maxon newsroom,
Urs-Ueli Schorno (Redaktionsleitung),
Sven Gallinelli, Andrew Bamford
Gestaltung: Bodara AG, Büro für
Gebrauchsgrafik, Zürich
Druck: Druckerei Odermatt AG

© 2026 maxon.
Alle Rechte vorbehalten.



«Spezifische Kundenlösungen sind unsere DNA»

Stefan Müller verantwortet die technologische Ausrichtung von maxon. Im Gespräch erklärt er, warum Systemdenken, Kundennähe und technologische Tiefe untrennbar zusammengehören – und weshalb Motion Control dabei zunehmend zur zentralen Kompetenz wird.

Text **Urs-Ueli Schorno** Fotos **Philipp Schmidli**

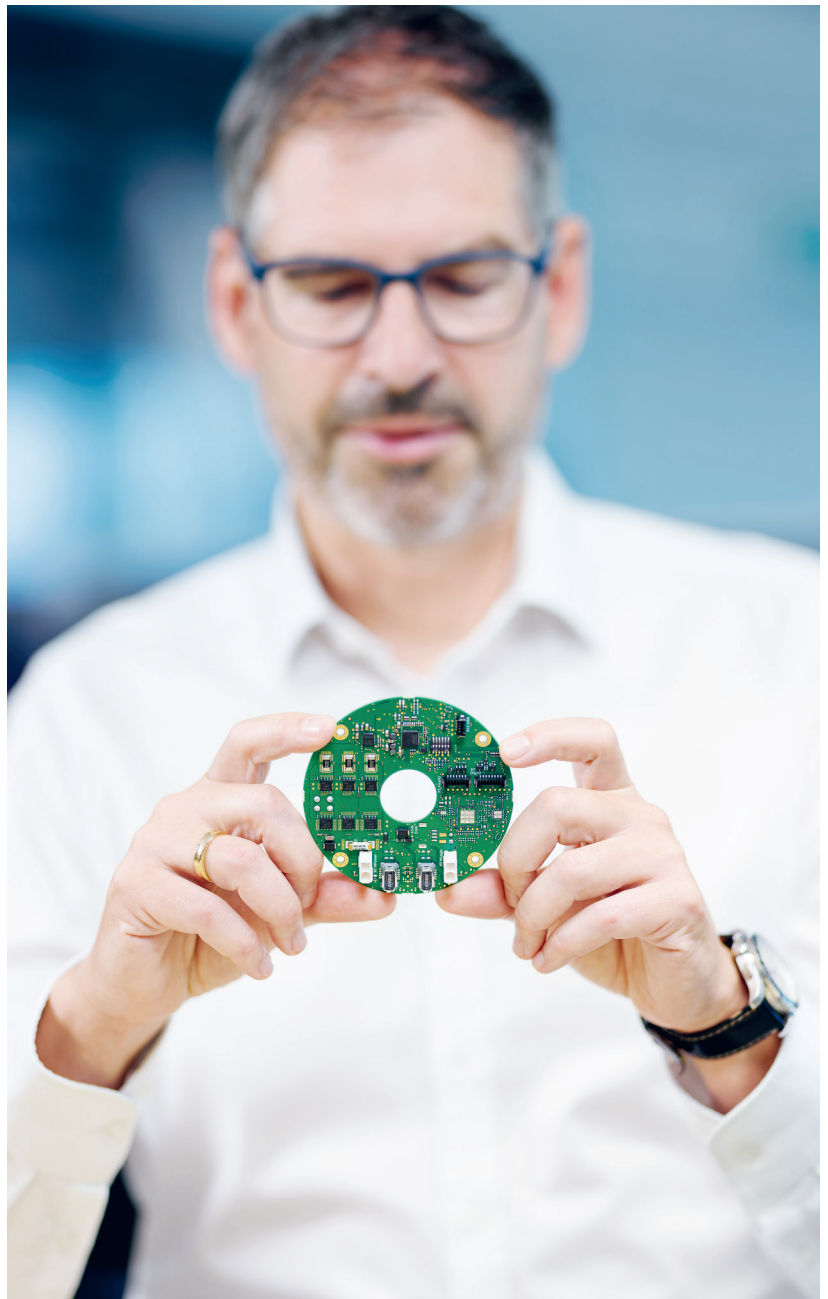


Stefan Müller, wenn du heute jemandem maxon erklärst, der uns noch nicht kennt: Was ist aus deiner Sicht der Kern dessen, was wir tun?

Stefan Müller: Im Kern entwickeln wir Antriebslösungen – mit kompakten, hocheffizienten Motoren und Getrieben, meist in sehr anspruchsvollen Anwendungen. Unsere Lösungen kommen in der Medizintechnik, in der Robotik, in der Automatisierung oder auch in der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz. Am einfachsten lässt sich das über Anwendungen erklären. In der Laborautomation bewegen wir Proben, in der Intralogistik ermöglichen unsere Antriebslösungen in mobilen Robotern das präzise und sichere Ein- und Auslagern. In der Medizintechnik sorgen wir für eine zuverlässige Dosierung von Insulin. Über solche Beispiele verstehen die meisten Menschen am besten, was wir wirklich tun. In all diesen Anwendungen geht es letztlich um Motion Control – also darum, Bewegung exakt an die jeweilige Aufgabe anzupassen und so den Kundenwunsch optimal umzusetzen.

Inwiefern hat sich die Herangehensweise von maxon in den letzten Jahren verändert?

Was sich nicht verändert hat, ist unsere Art zu arbeiten. Wir sind dann am besten, wenn wir sehr eng mit unseren Kunden zusammenarbeiten und gemeinsam Lösungen entwickeln. Das ist seit vielen Jahren Teil der maxon DNA. Verändert haben sich vor allem die Anwendungen – und damit auch unsere Produkte. Sie sind leistungsfähiger und komplexer geworden. Wir liefern heute deutlich mehr hochintegrierte mechatronische Gesamtlösungen, bei denen Motor, Getriebe, Encoder und Elektronik inklusive Software zusammenspielen. Wir entwickeln uns klar in Richtung integrierter Systeme inklusive Steuerungselektronik – also Lösungen, bei denen Mechanik, Elektronik und Software als Einheit gedacht werden. Die Integrationsarbeit



«Anwendungen werden vernetzter und komplexer. Motion Control wird zur Schlüsseltechnologie.»

Stefan Müller, CTO maxon Group

übernehmen wir heute zunehmend selbst. Dadurch kommt maxon auch immer stärker mit der eigentlichen Kundenanwendung in Kontakt – und die Zusammenarbeit mit dem Kunden wird noch wichtiger.

Was reizt dich persönlich an der Technologie- und Entwicklungsarbeit bei maxon?

Ich komme aus der Elektrotechnik und beschäftige mich seit vielen Jahren mit elektrischen Antrieben. Mich begeistert besonders das Zusammenspiel von Motor, Elektronik, Getriebe und Regelung. Nur wenn man diese Disziplinen gemeinsam denkt, entstehen wirklich optimale Lösungen – genau darauf legen wir bei maxon grossen Wert.

Das Portfolio von maxon ist sehr breit. Was ist aus Entwickler-Sicht die eigentliche Stärke dieser Breite?

Die Stärke liegt im grossen technologischen Fundus. Je nach Anwendung können wir sehr gezielt die passende Technologie einsetzen – von unterschiedlichen Motorkonzepten über Getriebe bis zur Elektronik. Diese Breite ermöglicht es uns, frei zu denken und die Lösung zu wählen, die technisch und kommerziell wirklich Sinn macht. Auch können wir so Systemlösungen entwickeln, ohne von Anfang an durch eine bestimmte Technologie eingeschränkt zu sein.

Wo endet für dich eine Komponente – und wo beginnt Motion Control?

Das hängt stark vom Kunden und von der Anwendung ab. Manche Kunden wollen bewusst nur Komponenten, andere suchen integrierte Lösungen. Beides hat seine Berechtigung. Wichtig ist: Systeme funktionieren nur dann gut, wenn die zugrunde liegenden Komponenten erstklassig sind. Motion Control wird genau hier zum zentralen Element, an dieser Schnittstelle – dort, wo aus einzelnen Komponenten ein funktionierendes System wird. Deshalb

investieren wir weiterhin stark in die Entwicklung von Schlüsseltechnologien – und entwickeln Systeme dort, wo sie für den Kunden einen klaren Mehrwert bieten. Das ist kein Entweder-oder, sondern eine bewusste Balance.

Welche Rolle spielen Plattformen und Customizing in diesem Zusammenspiel?

Plattformen sind die Grundlage, um kundenspezifische Lösungen effizient und mit überschaubarem Risiko umzusetzen. Wenn Basistechnologie und Fertigung etabliert sind, können wir schneller reagieren und gezielt anpassen. Nicht jedes Projekt lässt sich vollständig auf bestehenden Plattformen aufsetzen. In solchen Fällen ist es wichtig, Entwicklungsrisiken offen zu kommunizieren – gerade bei hochintegrierten Systemen.

Wie balanciert ihr in der Entwicklung Innovation und Stabilität?

Das ist ein klassisches Spannungsfeld. Daher haben wir dedizierte Teams für Vorentwicklung, die sich gezielt mit neuen Technologien beschäftigen und gleichzeitig nah an Kunden, Hochschulen und Partnern arbeiten. Innovation bedeutet für uns nicht, jeder Idee sofort zu folgen, sondern bewusst zu entscheiden, welche Technologien einen echten Mehrwert bieten und reif genug sind, um langfristig in Produkte und Plattformen integriert zu werden.

Viele aktuelle Trends drehen sich um KI, Robotik und Automatisierung. Welche Rolle spielt hier Motion Control?

Diese Themen hängen eng zusammen. KI verändert die Robotik grundlegend. Roboter verlassen geschützte Bereiche und bewegen sich in unstrukturierten Umgebungen. Dabei interagieren sie zunehmend mit Menschen – etwa in der Logistik oder in industriellen Anwendungen. Gerade in solchen Anwendungen wird Motion Control immer wichtiger,

weil Systeme komplexer, vernetzter und kontextabhängiger werden. Das erfordert funktionale Sicherheit, weil Mensch und Maschine näher zusammenrücken. Diese Entwicklung ist kein kurzfristiger Hype, sondern wird uns über viele Jahre begleiten. Neben diesen sichtbaren Trends gibt es auch Themen, die weniger attraktiv scheinen, wie neue regulatorische Anforderungen sowie die Sicherstellung robuster Produktionsprozesse und Lieferketten. Diese sind aber entscheidend dafür, dass innovative Technologien überhaupt zuverlässig eingesetzt werden können.

Wenn heute junge Ingenieur:innen bei maxon anfangen – was würdest du ihnen mitgeben?

Man sollte herausfinden, was einen wirklich interessiert, und darin gut werden – ohne sich zu stark von kurzfristigen Trends leiten zu lassen. Ich habe selbst erlebt, wie sich Hypes verändern. Am Ende zählt, dass man etwas macht, was einem langfristig Freude bereitet.

Was unterscheidet aus deiner Sicht eine gute technische Lösung von einer wirklich überzeugenden?

Eine wirklich überzeugende Lösung funktioniert nicht nur unter Idealbedingungen. Sie ist durchdacht, stabil und lässt sich im Alltag zuverlässig einsetzen. Dort zeigt sich, ob technologische Tiefe und Systemverständnis wirklich vorhanden sind.

Zur Person

Dr. Stefan Müller ist seit 2022 Chief Technology Officer (CTO) der maxon Gruppe. Er ist seit 2017 bei maxon tätig und promovierte im Bereich Elektrotechnik an der Universität Stuttgart.

Die sechs wichtigsten Fragen zu Motion Control

Motion Control sorgt dafür, dass Bewegungen präzise, effizient und zuverlässig ausgeführt werden. Dabei geht es längst nicht mehr nur um den Motor, sondern um das Zusammenspiel von Mechanik, Sensorik, Elektronik und Software. Die folgenden Fragen geben einen kompakten Einstieg in die wichtigsten Grundlagen.

1

Was bedeutet Motion Control?

Motion Control beschreibt die Fähigkeit, Bewegungen gezielt auf eine Anwendung auszulegen. Ein Motor in einem Roboterarm stellt andere Anforderungen als ein Antrieb in einem Laborgerät oder einer Verpackungsmaschine. Entscheidend ist deshalb nicht der Motor allein, sondern wie Motor, Sensorik, Elektronik, Software und Mechanik zusammenspielen.

2

Was unterscheidet Motion Control von klassischer Antriebstechnik?

Ein Antrieb erzeugt Bewegung. Motion Control sorgt dafür, dass diese Bewegung präzise, reproduzierbar und optimal auf die jeweilige Anwendung abgestimmt ist. Dazu gehören neben der eigentlichen Regelung auch Aspekte wie Dynamik, Energieeffizienz, Synchronisation mehrerer Achsen oder das Verhalten unter wechselnden Lasten.

3

Was unterscheidet maxon im Bereich Motion Control von anderen Anbietern?

Viele Anbieter beherrschen einzelne Komponenten. maxon kann Motoren, Getriebe, Sensorik, Elektronik und Software aus einer Hand anbieten und dadurch das Gesamtsystem ganzheitlich optimieren. Ziel ist nicht die maximale Leistung jeder Einzelkomponente, sondern das bestmögliche Zusammenspiel aller Komponenten. So entsteht Mehrwert, der über die Summe der Einzelteile hinausgeht.

4

Warum müssen Motion-Control-Systeme vorhersehbar sein?

Gerade in Robotik, Medizintechnik oder Industrieautomation müssen sich Bewegungssysteme jederzeit nachvollziehbar und reproduzierbar verhalten. Nur so lassen sich Sicherheit, Qualität und Vertrauen gewährleisten. Auch neue Technologien wie datenbasierte Analysen oder künstliche Intelligenz ändern nichts an diesem Grundprinzip: Die Bewegung selbst muss jederzeit beherrschbar bleiben.

5

Welche Rolle spielt Software heute im Motion-Control-System?

Der entscheidende Mehrwert entsteht heute oft in der Software. Moderne Regelalgorithmen, Diagnosefunktionen oder die Synchronisation mehrerer Achsen erweitern die Möglichkeiten eines Antriebssystems erheblich. Gleichzeitig wird eine einfache Inbetriebnahme und Bedienung immer wichtiger. Entwickler sollen sich auf ihre Anwendung konzentrieren können – nicht auf die Grundlagen der Antriebsregelung.

6

Welche Entwicklung wird Motion Control künftig am stärksten prägen?

Bewegungssysteme werden künftig noch stärker vernetzt und mehr Informationen aus ihrer Umgebung berücksichtigen. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Software, Usability und Functional Safety. Die Herausforderung besteht darin, zusätzliche Intelligenz ins System zu bringen, ohne dessen Stabilität und Vorhersehbarkeit zu verlieren.



Ein mobiler Roboter entnimmt mithilfe eines Roboterarms ein Paket aus dem Regal – eine komplexe Bewegungsaufgabe in der Intralogistik.

Erfahrung, die schneller zur Lösung führt

Neue Motion-Control-Lösungen beginnen nicht bei null. Bewährte Plattformen machen über Jahre aufgebautes Know-how direkt nutzbar.

Text **Daniel Hug**

Die Entwicklung eines Servo Drives oder Motion Controllers scheint auf den ersten Blick keine komplizierte Sache zu sein. Viele Microcontroller-Hersteller bieten umfangreiche Software Development Kits (SDKs) und Bibliotheken für die Ansteuerung von bürstenbehafteten und bürstenlosen Gleichstrommotoren. Auch finden sich heute zahlreiche hochintegrierte Bausteine, welche verschiedenste Funktionen im Bereich der Motorregelung übernehmen.

Tatsächlich lassen sich damit durch einen versierten Ingenieur auch ohne vertiefte Erfahrung in Regelungstechnik und Leistungselektronik in relativ kurzer Zeit funktionierende Steuerungslösungen entwickeln. Für einfache Anwendungen kann das durchaus ausreichend sein. Werden die Anforderungen komplexer, stösst dieser Ansatz jedoch rasch an Grenzen.

Die Anforderungen hochdynamischer eisenloser Motoren, kompromisslose Miniaturisierung sowie hohe Effizienzanprüche in Verbindung mit anspruchsvollem thermischem Design verlangen Spezialkenntnisse und Erfahrung. Gleiches gilt für die Taktsynchronisierung verschiedenster Kommunikationsschnittstellen und moderner Sensorsysteme. Wenn zusätzlich hohe Stückzahlen und eine Verfügbarkeit über Jahrzehnte gefordert sind, wird

Bild: Getty Images/imaginima

deutlich, weshalb sich maxon entschieden hat, auch eigene Elektronik zu entwickeln.

Der entscheidende Punkt liegt jedoch an anderer Stelle: Ein Antriebssystem entfaltet sein volles Potenzial erst durch die optimale Abstimmung aller Komponenten – vom Getriebe über den Motor und die Sensorik bis hin zum Regler. Insbesondere bei hochintegrierten Lösungen ist dieser Punkt unerlässlich. Wer das Maximum herausholen will, benötigt einen ganzheitlichen Systemoptimierungsansatz und muss alle Komponenten beherrschen.

Entwicklung beginnt beim Kunden

Am Ursprung einer neuen Plattform steht nicht die Technologie, sondern die Anwendung. Im Zentrum steht die Frage, wie für Kunden ein echter Mehrwert geschaffen werden kann, der ihnen gegenüber ihrer Konkurrenz einen Wettbewerbsvorteil verschafft. Das klingt einfach, wird jedoch durch die enorme Vielfalt der Anwendungen anspruchsvoll. Das Tätigkeitsfeld von maxon reicht von Medizintechnik über Robotik und Industrieautomation bis hin zu Mobilitätsanwendungen. Entsprechend unterschiedlich sind die Anforderungen.

Hinzu kommt die zeitliche Komponente. Der typische Lifecycle einer Servo-Drive- oder Motion-Control-Plattform beträgt sieben bis zehn Jahre. Eine Plattform darf deshalb nicht ausschliesslich für die Anforderungen von heute entwickelt werden. Entscheidend ist vielmehr die Frage, wie sich Kunden, Anwendungen und Märkte in den kommenden Jahren verändern werden.

Die grosse Kunst besteht darin, aus diesen teilweise sehr unterschiedlichen Anforderungen einen grössten gemeinsamen Nenner zu formulieren, der sowohl technisch als auch kommerziell sinnvoll ist. Erst danach beginnt die eigentliche Auseinandersetzung mit den technischen Lösungsmöglichkeiten.

Viele Perspektiven, ein Ziel

Eine Plattform entsteht nicht in einer einzelnen Entwicklungsabteilung. «Wisdom of the Crowd» ist hier nicht Schlagwort, sondern Programm. Wir sind überzeugt, dass ein interdisziplinärer Ansatz zu besseren Lösungen führt.

Im Lead steht das Produktmanagement, welches die Richtung vorgibt und gemeinsam mit den beteiligten Fachbereichen die Weiterentwicklung des Produktes vorantreibt. Die globalen Sales-Spezialisten sorgen für die Nähe zum Kunden und helfen dabei, die tatsächlichen Bedürfnisse und Pain Points der Anwender zu verstehen. Die Business Development Teams kennen die Anwendungen und Märkte, erkennen Synergien und identifizieren Potenziale für neue Produkte. R&D wiederum entwickelt die passenden technischen Lösungen – von Elektronik-Hardware über Embedded- und Application-Software bis hin zu den Regelungsalgorithmen.

Erst wenn diese Perspektiven zusammenkommen, beginnt die eigentliche Entwicklung.

Plattformen bilden die Basis für kundenspezifische Lösungen. Ihr Wert zeigt sich erst dann, wenn daraus konkrete Kundenlösungen entstehen.

Bewährte Basis, individuelle Lösung

Nicht jede Anwendung lässt sich mit einem Standardprodukt optimal abdecken. Gleichzeitig wäre es weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll, jede Lösung von Grund auf neu zu entwickeln. Genau hier liegt die Stärke einer Plattform.

Sie bildet eine bewährte Basis, auf der kundenspezifische Anpassungen effizient umgesetzt werden können. Kunden profitieren dadurch von kürzeren Entwicklungszeiten, kalkulierbaren Risiken und einer Technologie, die bereits in zahlreichen Anwendungen erprobt wurde. Gleichzeitig bleibt genügend Flexibilität, um spezifische Anforderungen umzusetzen und echte Differenzierungsmerkmale zu schaffen.

Innovation ohne Bruch

Die Entwicklung einer Plattform endet nicht mit ihrer Markteinführung. Während ihres gesamten Lebenszyklus wird sie kontinuierlich weiterentwickelt.

Die Motion-Control-Welt lebt von inkrementeller Innovation. Kunden erwarten stabile Produkte und langfristige Verfügbarkeit. Gleichzeitig steigen die Anforderungen laufend – etwa in den Bereichen Miniaturisierung, Konnektivität, Sicherheit oder Softwarefunktionalität.

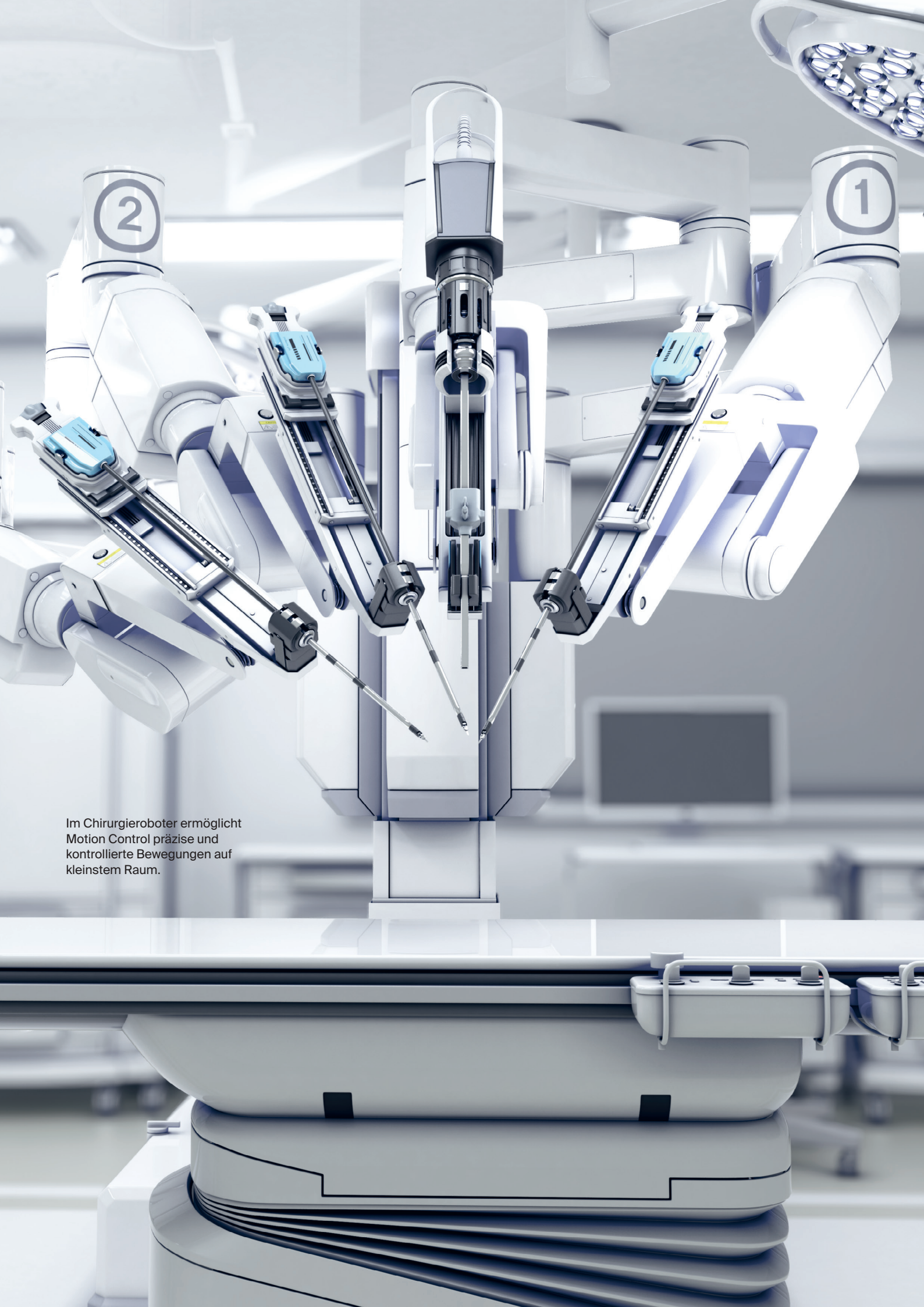
Die Herausforderung liegt in der Verbindung von Innovation und Stabilität. Einerseits müssen neue Funktionen und Technologien ihren Weg in die Plattform finden. Andererseits erwarten Kunden möglichst nahtlose Übergänge zwischen Produktgenerationen und langfristige Investitionssicherheit.

Deshalb setzt maxon auf regelmässige Firmware- und Software-Updates. Sie ermöglichen es, neue Funktionen und Verbesserungen einzuführen, ohne die Stabilität bestehender Anwendungen zu gefährden. So bleibt eine Plattform über viele Jahre hinweg relevant und entwickelt sich gemeinsam mit den Anforderungen ihrer Anwender weiter.



Zur Person

Daniel Hug leitet den Bereich Motion Control Services bei maxon. In dieser Funktion verantwortet er die Weiterentwicklung der Motion-Control-Plattformen wie ESCON2 oder EPOS4.



Im Chirurgieroboter ermöglicht
Motion Control präzise und
kontrollierte Bewegungen auf
kleinstem Raum.

Steuerungselektronik erfüllt unterschiedliche Aufgaben im Antriebssystem. Servoregler übernehmen die Regelung der Antriebe, Motion Controller die übergeordnete Koordination mehrerer Achsen. Welche Lösung zum Einsatz kommt, hängt von Regelungsaufgabe, Systemarchitektur und Integrationsgrad ab. Die Plattformen, Bauformen und Leistungsstufen bilden die Basis für kundenspezifische Anpassungen und Entwicklungen. Auf den folgenden Seiten stellen wir die Plattformen ESCON2, EPOS4 und MACS vor – von typischen Anwendungen bis zu ausgewählten Produkten.

Unsere Produkte

Servoregler

Ab Seite 18

ESCON2

Easy Speed Controller

Ab Seite 20

EPOS4

Easy to use Positioning System

Ab Seite 24

Motion Controller

Ab Seite 28

MACS

Multi-Axis Controller System

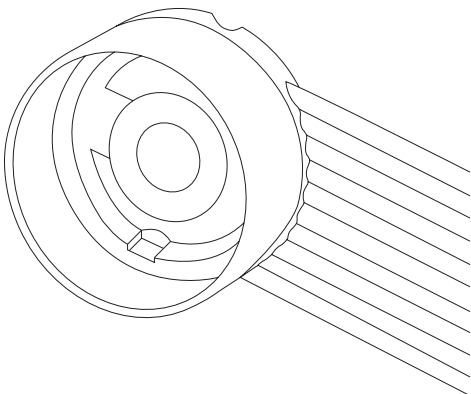
Ab Seite 30

Servoregler

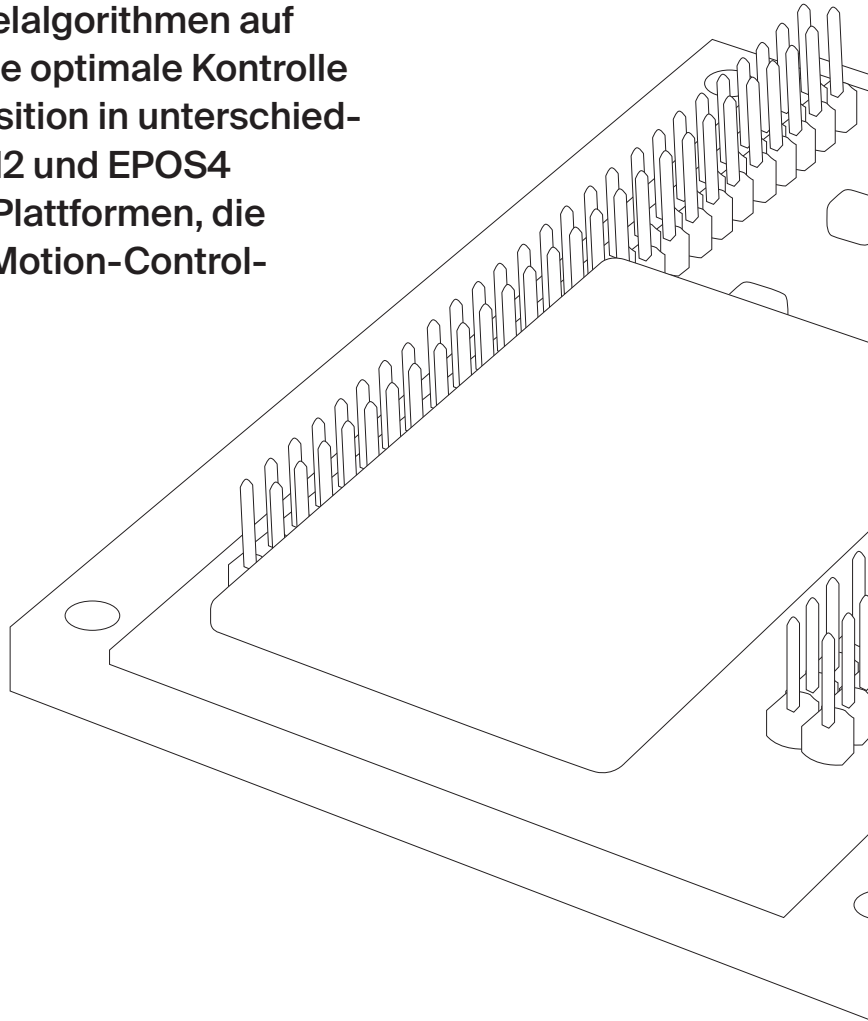
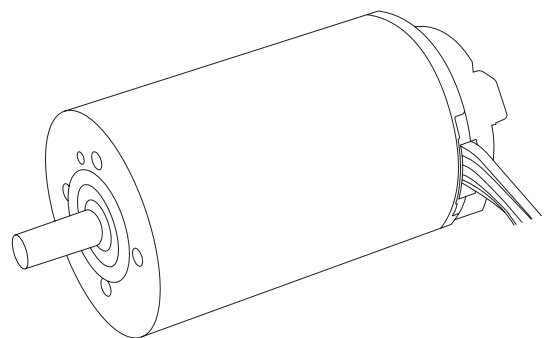
Servoregler sind das zentrale Bindeglied zwischen Antrieb und Applikationssteuerung in modernen Bewegungssystemen. Sie vereinen Leistungselektronik, vielfältige Schnittstellen und intelligente Regelalgorithmen auf engstem Raum und ermöglichen die optimale Kontrolle von Drehmoment, Drehzahl und Position in unterschiedlichsten Anwendungen. Mit ESCON2 und EPOS4 bietet maxon zwei leistungsfähige Plattformen, die das gesamte Spektrum moderner Motion-Control-Anwendungen abdecken.

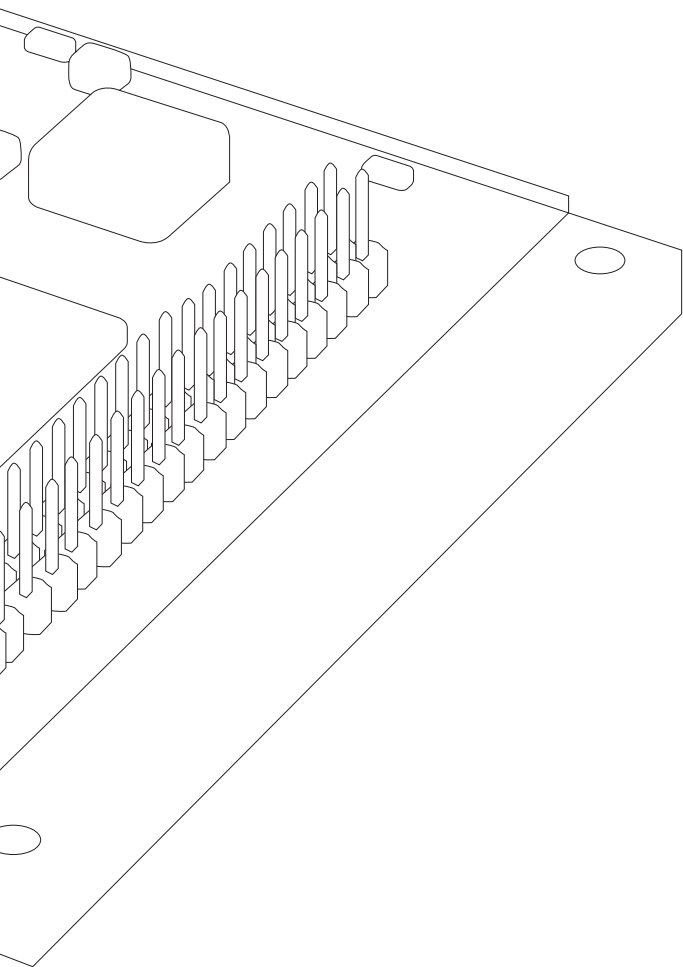
■ Servoregler und Motion Studio Engineering Software

+ Sensorik

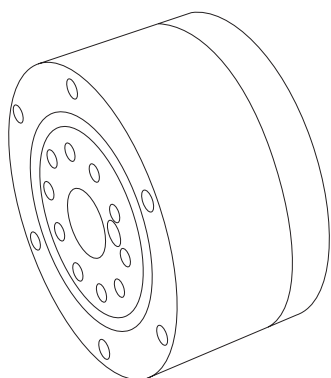


+ Motor





+ Getriebe

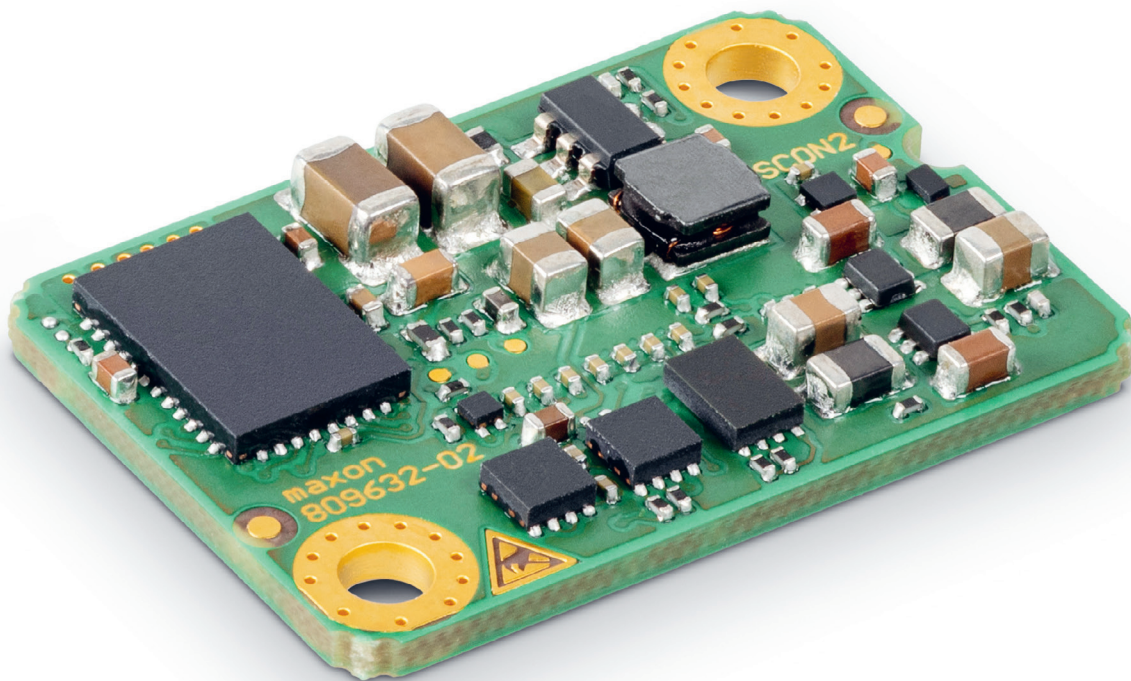


**Antriebssysteme,
zum Beispiel für:**

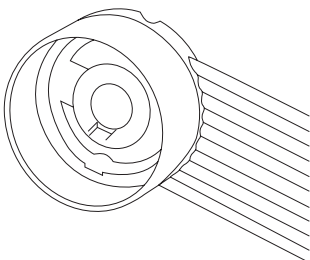
Industrierobotik
Humanoide Robotik
Mobile Robotik
Medizintechnik
Halbleiterfertigung
Power Tools

Die ESCON2 Servoregler der Value Line sind auf ein breites Anwendungsspektrum und eine flexible Systemintegration ausgelegt. Feldorientierte Regelung (FOC) ist bereits auf Basis der Motor-Hallsensoren möglich; die Ansteuerung erfolgt über CANopen sowie digitale und analoge I/Os. Damit ermöglichen ESCON2 einen einfachen Einstieg in moderne Motion Control – neu auch für Positionieraufgaben.

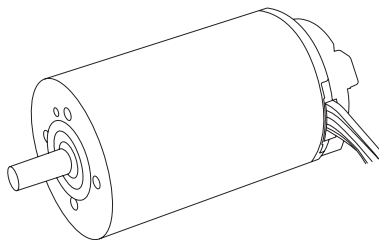
ESCON2



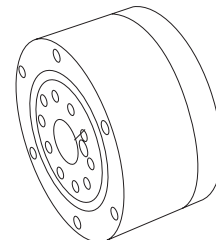
+ Sensorik



+ Motor



+ Getriebe



Antriebssysteme, zum Beispiel für:

Packaging



In kompakten Handtools der Verpackungsindustrie zählt jede Minute Batterielaufzeit. Die hohe Flexibilität der ESCON2 Plattform ermöglicht die optimale Integration von Applikationslogik und Motorregelung auf engstem Raum. Feldorientierte Regelung (FOC) sorgt für die nötige Effizienz.

Mobile Robotik



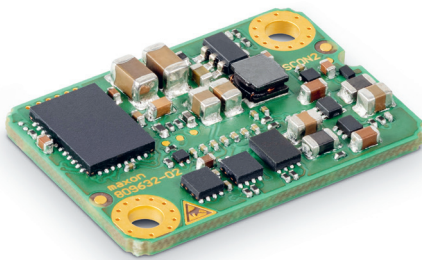
In mobilen Robotern werden Fahr- und Lenkachsen einzeln oder im Verbund angesteuert. ESCON2 kann dabei zum Beispiel die Regelung einzelner Antriebe übernehmen und über CANopen platzsparend und einfach in die übergeordnete Steuerung eingebunden werden.

Drohnen



Bei Drohnen sind Gewicht und verfügbarer Bauraum zentrale Größen. Dank hoher Leistungsdichte und Drehzahlregelung bis 120 000 Umdrehungen pro Minute eignen sich kleine ESCON2-Module besonders für solche Anwendungen.

Drei Beispiele. Viele Möglichkeiten.

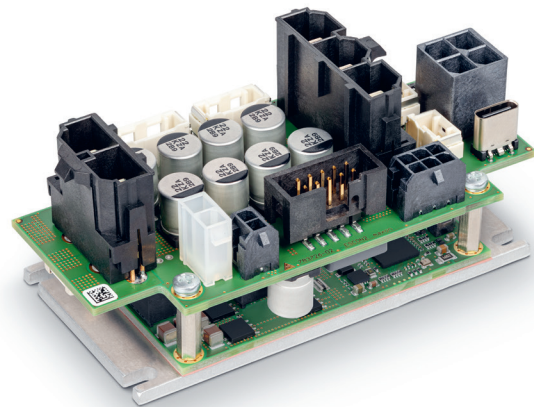


ESCON2 Nano 24/2

Das OEM-Modul lässt sich direkt in kunden-spezifische Elektronik integrieren und benötigt dabei nur wenig Bauraum.

Technische Highlights

- 24 V / 2 A
- OEM-Modul
- Für platzkritische Integration

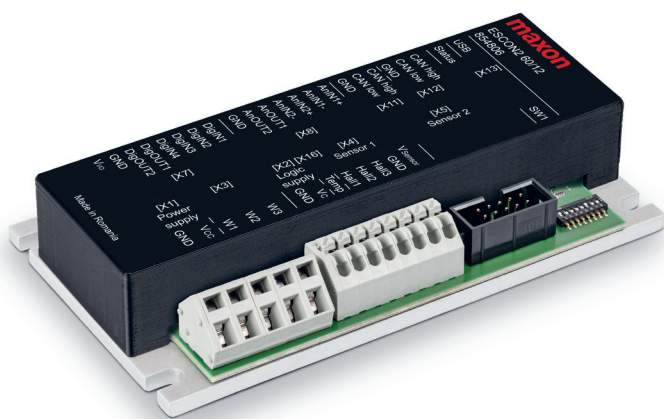


ESCON2 Compact 60/30

Der anschlussfertige Servoregler ist für 60 V und 30 A ausgelegt und deckt damit Antriebsaufgaben mit höherem Leistungsbedarf ab.

Technische Highlights

- 60 V / 30 A
- Anschlussfertige Ausführung
- Für Antriebe mit höherem Strombedarf



ESCON2 60/12

Der Servoregler im Gehäuse ist für 60 V und 12 A ausgelegt und für die Integration in industrielle Maschinen und Anlagen vorgesehen.

Technische Highlights

- 60 V / 12 A
- Ausführung im Gehäuse
- Anschlussfertige Integration

Neu: Positionieren mit ESCON2

ESCON2 wird um Positionierfunktionen erweitert. Damit lassen sich neben Strom-/Drehmoment- und Drehzahlregelung künftig auch Positionieraufgaben mit ESCON2 realisieren.

Für Informationen zu Verfügbarkeit und unterstützten Varianten kontaktieren Sie uns.

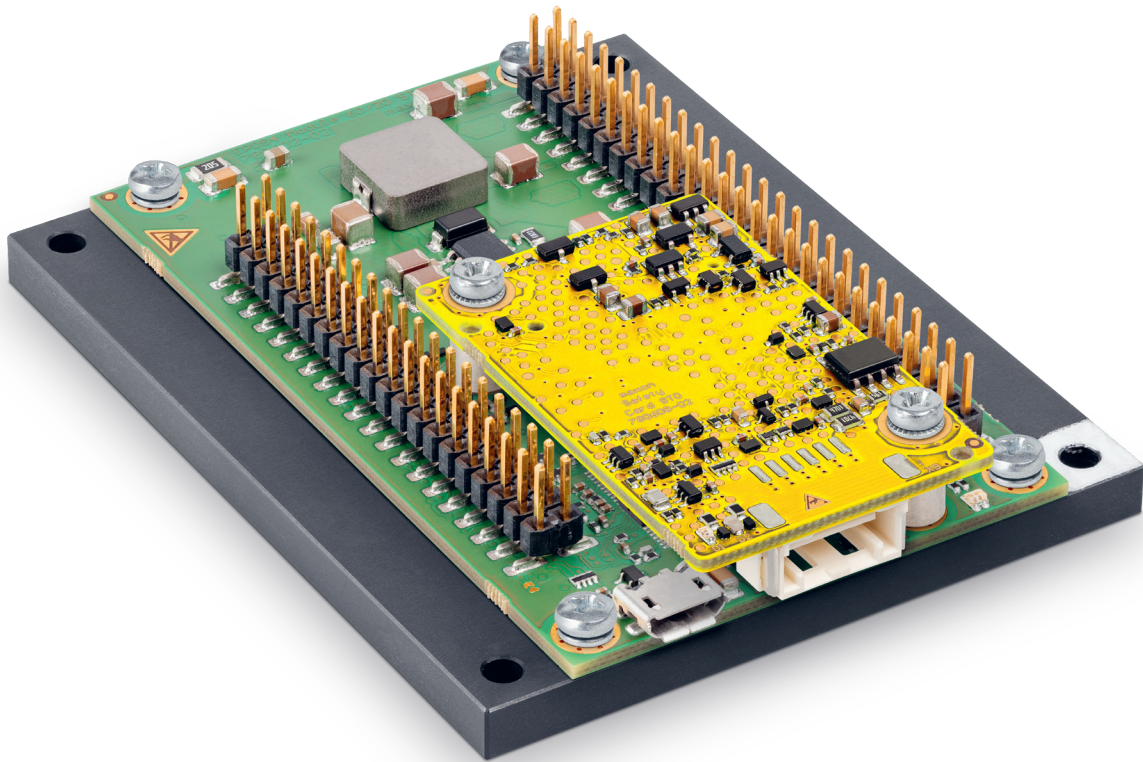
Das vollständige ESCON2 Portfolio: Alle Produkte, Varianten und technischen Daten finden Sie online.



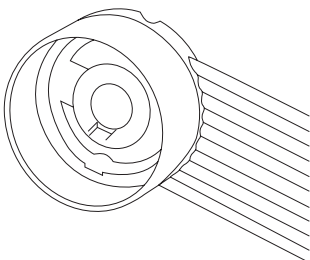
Alle ESCON2 Produkte entdecken.

EPOS4 Servoregler der Performance Line sind für anspruchsvolle Positionier- und Bewegungsaufgaben ausgelegt. Verschiedene Regelungs-, Feedback- und Kommunikationsmöglichkeiten ermöglichen die Einbindung in unterschiedliche Antriebs- und Automatisierungsarchitekturen – egal ob Dual-Loop oder Functional Safety.

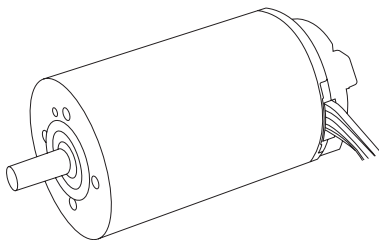
EPOS4



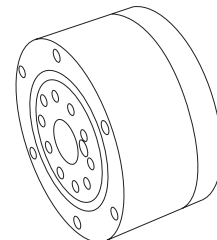
+ Sensorik



+ Motor



+ Getriebe



Antriebssysteme, zum Beispiel für:

Industrierobotik



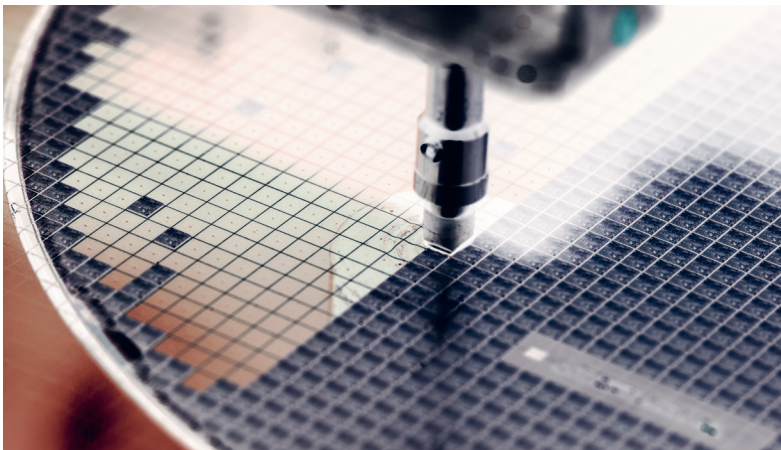
Roboterachsen führen laufend wechselnde Bewegungsprofile aus. EPOS4 übernimmt die dynamische Regelung der einzelnen Antriebe und setzt die Sollwerte der Roboter- oder Maschinensteuerung mit EtherCAT oder CANopen um.

Humanoide Robotik



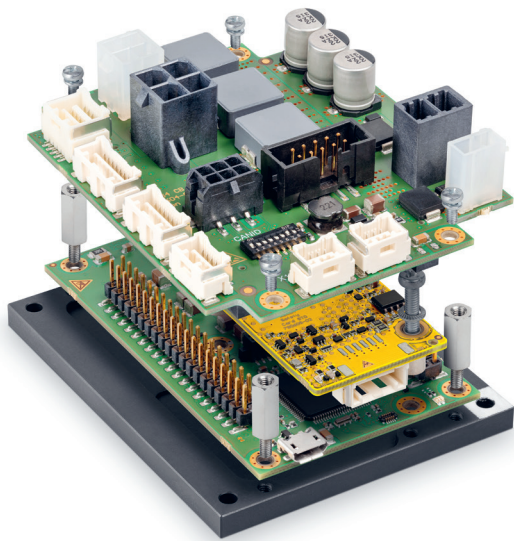
Humanoide Roboter vereinen zahlreiche Gelenkachsen. Eine übergeordnete Bewegungssteuerung koordiniert ihre Trajektorien, während EPOS4 motor- und sensornah die Regelung der einzelnen Antriebe übernimmt – unabhängig von der gewählten Regelstruktur und davon, ob Functional Safety erforderlich ist.

Halbleiterfertigung



In der Halbleiterfertigung müssen Positionierachsen Bewegungen präzise und wiederholgenau ausführen. EPOS4 unterstützt dafür eine breite Auswahl an Sensorschnittstellen und verschiedene Regelalgorithmen.

Drei Beispiele. Viele Möglichkeiten.

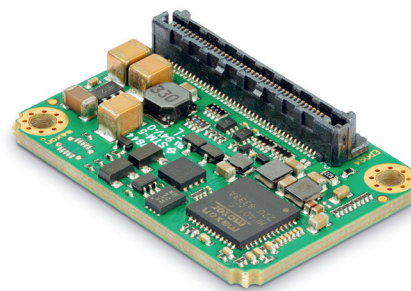


EPOS4 Compact 60/20 CAN STO

Der anschlussfertige Servoregler verfügt über eine integrierte Safe-Torque-Off-Funktion (STO) und eignet sich damit für Maschinen und Automatisierungslösungen mit entsprechenden funktionalen Sicherheitsanforderungen.

Technische Highlights

- 60 V / 20 A
- Integrierte STO-Funktion
- CANopen-Schnittstelle

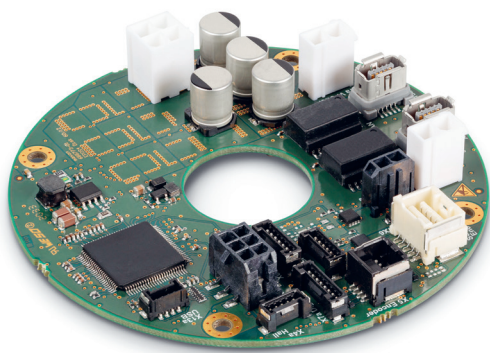


EPOS4 Micro 24/1.5 CAN

Die kleine Bauform ermöglicht die Integration der EPOS4 Regelung bei begrenztem Bauraum.

Technische Highlights

- 24 V / 1.5 A
- OEM-Modul
- CANopen-Schnittstelle



EPOS4 Disk 60/12 EtherCAT SSC

Die scheibenförmige Ausführung ermöglicht die Integration der Steuerungselektronik nahe am Motor.

Technische Highlights

- 60 V / 12 A
- EtherCAT-Schnittstelle
- Antriebsnahe Integration

Das vollständige EPOS4
Portfolio: Alle Produkte,
Varianten und technischen
Daten finden Sie online.

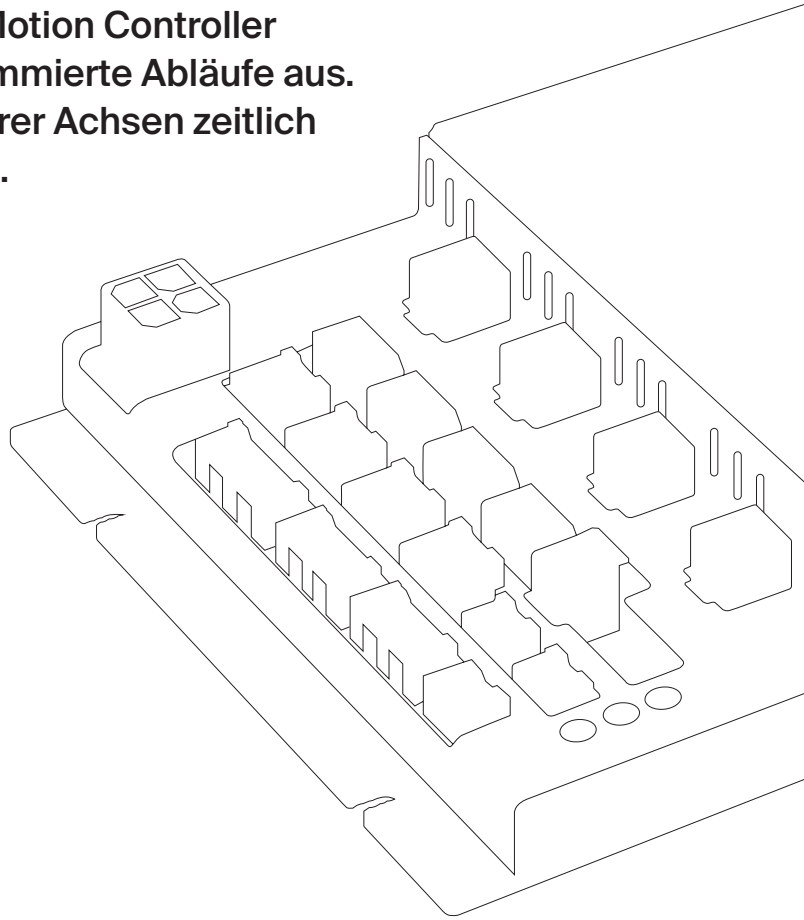


Alle EPOS4 Produkte
entdecken.

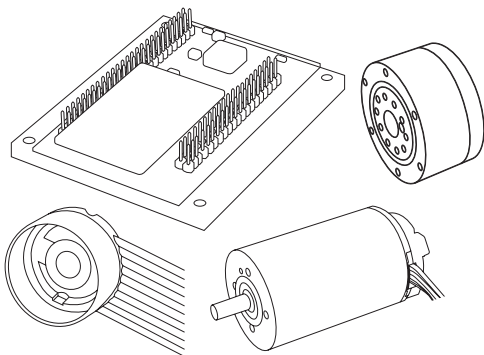
Motion Controller

Motion Controller koordinieren mehrere Antriebsachsen auf übergeordneter Ebene. Während Servoregler die einzelnen Antriebe regeln, synchronisieren Motion Controller deren Bewegungen und führen programmierte Abläufe aus. So lassen sich die Bewegungen mehrerer Achsen zeitlich und funktional aufeinander abstimmen.

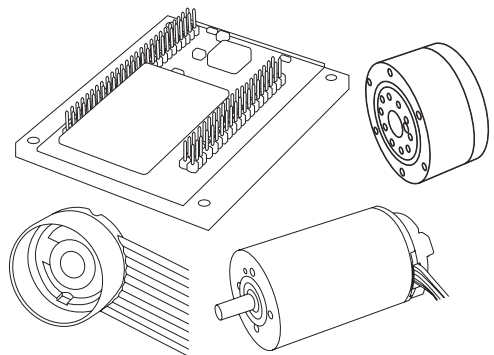
■ Motion Controller und Motion Studio Engineering Software



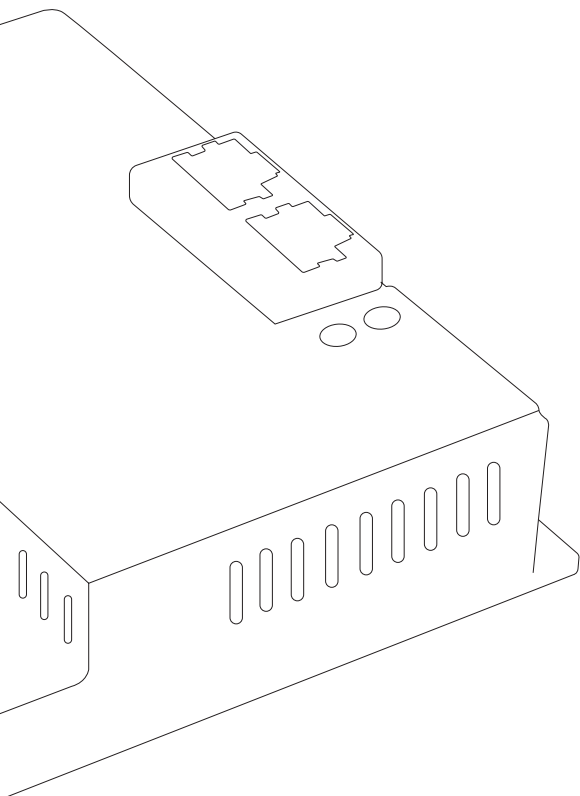
+ Achse 1*



+ Achse 2



* Achse = Antriebssystem aus Servoregler + Sensorik + Motor + Getriebe



**Koordinierte Bewegungen,
zum Beispiel für:**

Portalsysteme

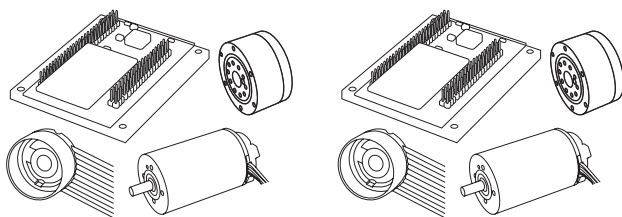
Pick-and-Place

Werkzeugmaschinen

**Druck- und Ver-
arbeitungsmaschinen**

Robotik

+ weitere Achsen

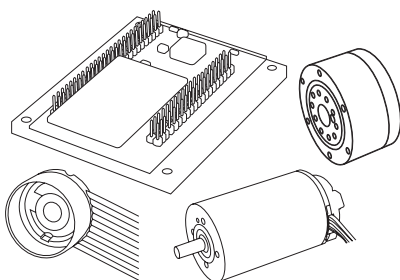


MACS Motion Controller der Performance Line sind frei programmierbar und koordinieren mehrere Achsen bis hin zu Kinematikgruppen. Je nach Ausführung reicht die Plattform von kompakten Sechssachs-Lösungen bis zum MasterMACS mit maximal 32 Achsen.

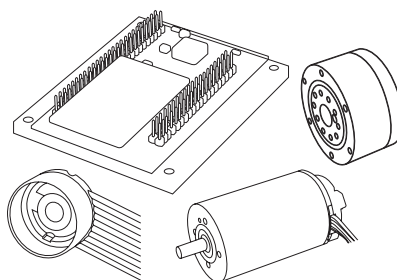
MACS



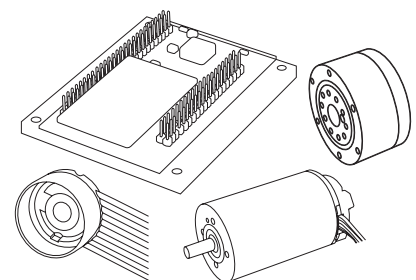
+ Achse 1*



+ Achse 2



+ weitere Achsen



* Achse = Antriebssystem aus Servoregler + Sensorik + Motor + Getriebe

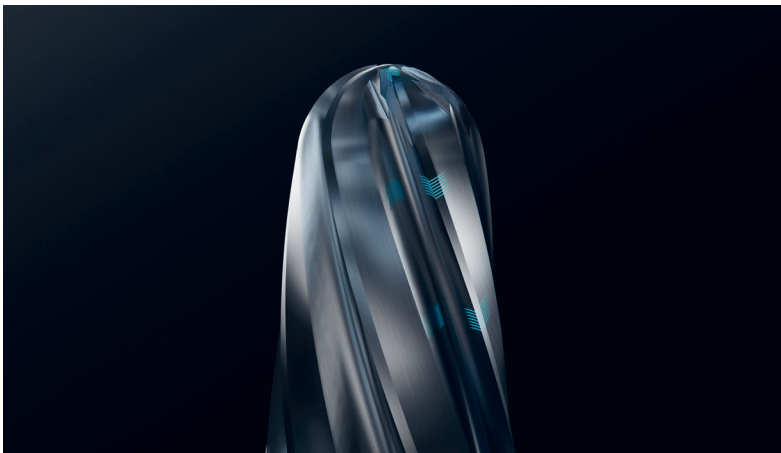
Antriebssysteme, zum Beispiel für:

Pick-and-Place



Pick-and-Place-Systeme erfordern abgestimmte Bewegungen mehrerer Achsen. MACS fasst diese zu einer Kinematikgruppe zusammen und steuert die dafür notwendigen Bewegungsabläufe.

Messtechnik



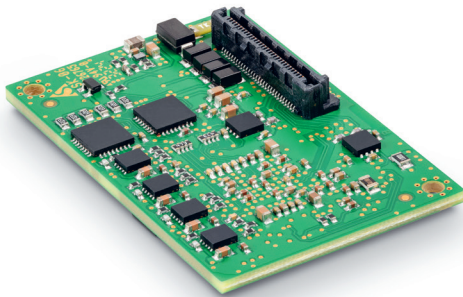
Messsysteme können mehrere bewegte Achsen erfordern, deren Positionen innerhalb eines Messablaufs aufeinander abgestimmt werden müssen. MACS synchronisiert diese Achsen innerhalb des Messablaufs.

Door Automation



Bei automatischen Türsystemen können mehrere Antriebe innerhalb eines gemeinsamen Bewegungsablaufs zusammenarbeiten. MACS steuert das Zusammenspiel dieser Achsen.

Drei Beispiele. Viele Möglichkeiten.

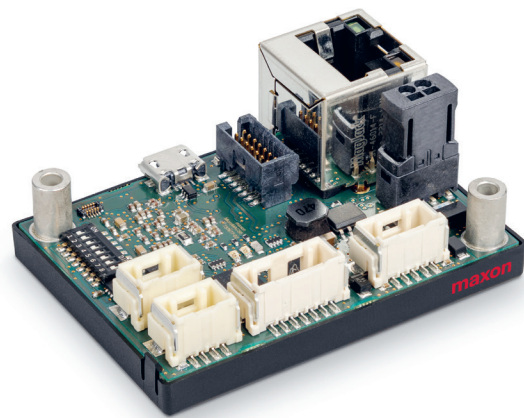


MicroMACS6 Module

Das programmierbare Modul lässt sich direkt in kundenspezifische Motherboards integrieren. In Kombination mit ESCON2- oder EPOS4-Modulen lassen sich kompakte Mehrachslösungen aufbauen.

Technische Highlights

- Steuerung von bis zu 6 Achsen
- Frei programmierbares OEM-Modul
- Kombinierbar mit ESCON2- und EPOS4-Modulen



MicroMACS6

Der frei programmierbare Motion Controller steuert bis zu sechs externe Leistungsstufen über Ethernet und zwei unabhängige CANopen-Schnittstellen. Vier PWM-Ausgänge stehen zusätzlich für die Ansteuerung von Servoreglern zur Verfügung.

Technische Highlights

- Bis zu 6 Achsen
- Ethernet und 2x CANopen
- 4x PWM-Ausgänge



MiniMACS6 AMP-4/50/4-IF1

Der Motion Controller verfügt über vier integrierte Endstufen mit jeweils 211W Dauer- und 370W Spitzenleistung. Die Strommessung ist auf die Regelung kleinerer Motoren ausgelegt.

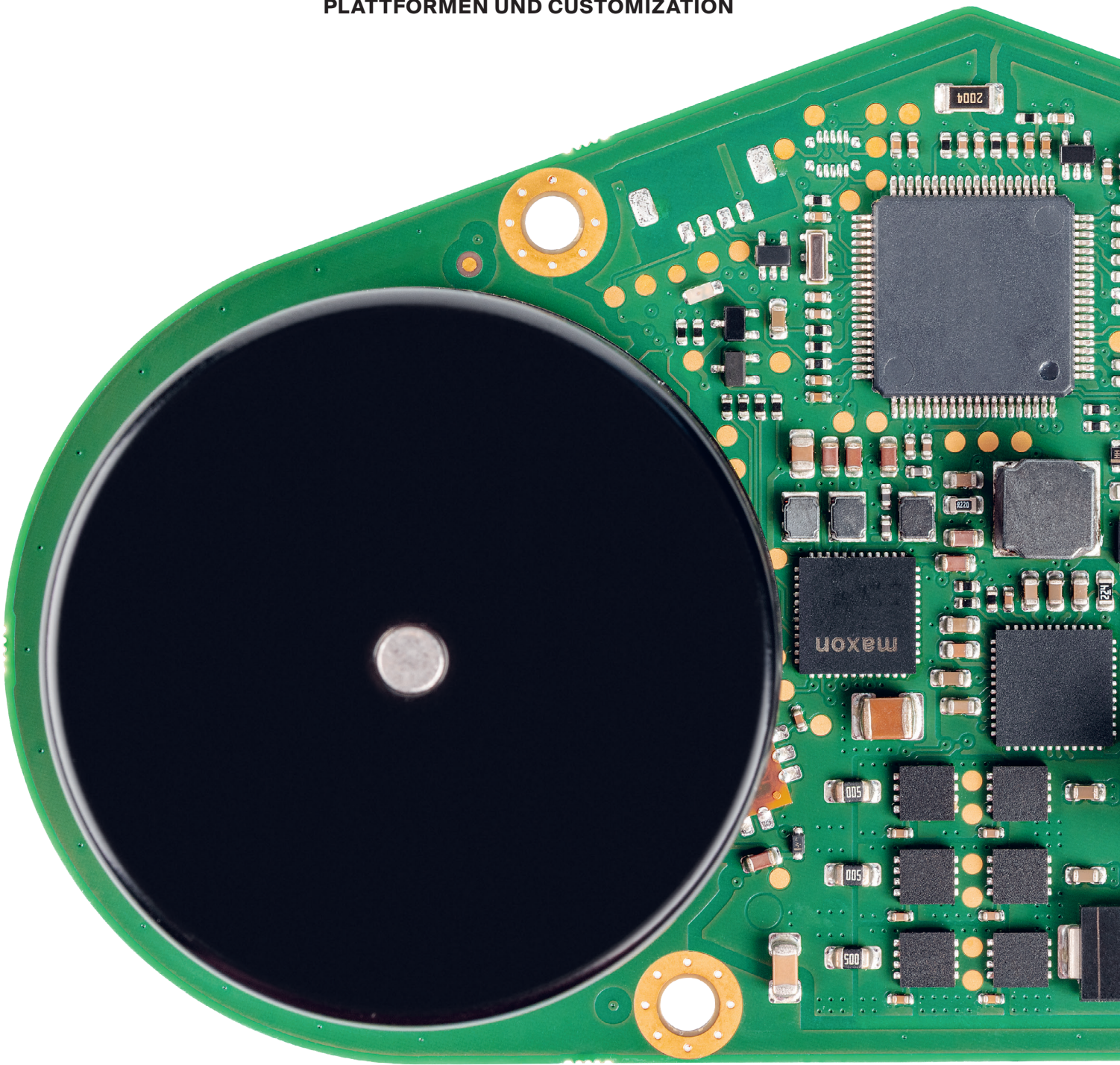
Technische Highlights

- 4 integrierte Endstufen
- 211W Dauer- / 370W Spitzenleistung je Endstufe
- Strommessung für kleinere Motoren optimiert

Das vollständige MACS Portfolio: Alle Produkte, Varianten und technischen Daten finden Sie online.



Alle MACS Produkte entdecken.

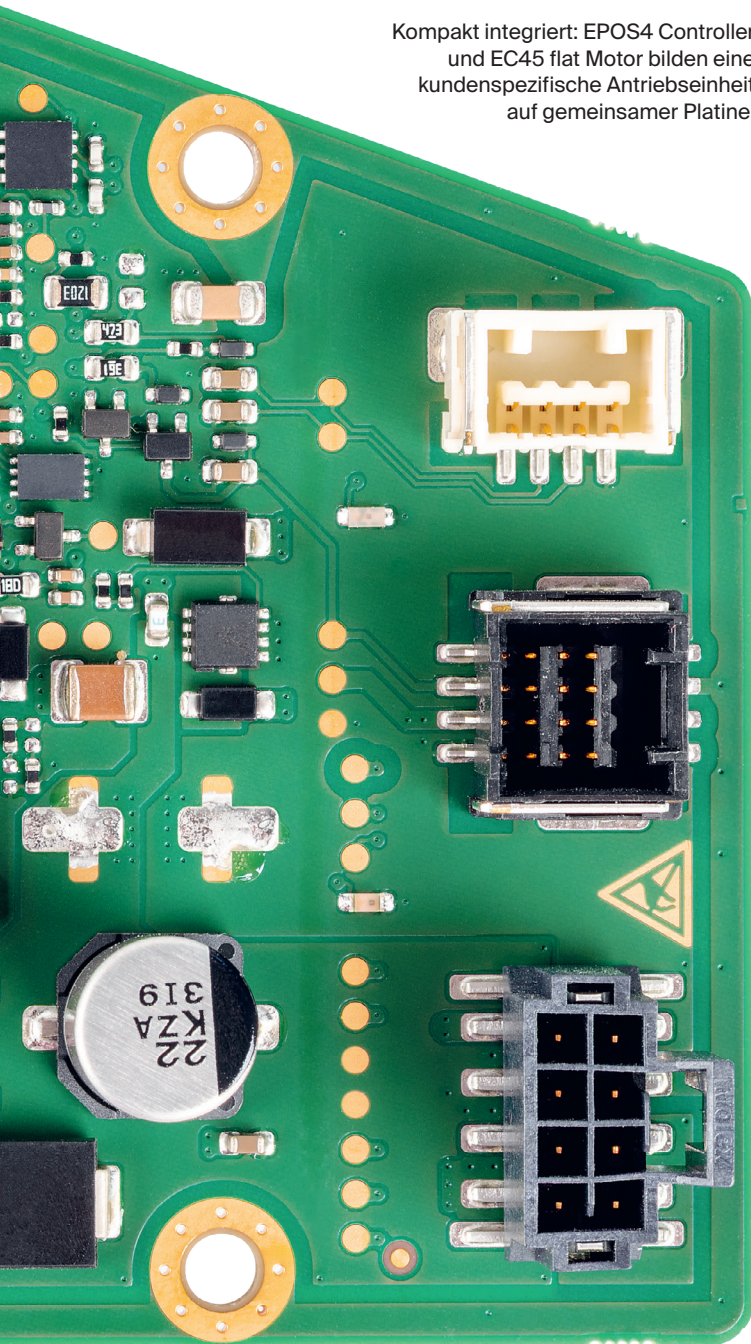


Wenn Standardprodukte nicht mehr passen

Nicht immer reicht ein Katalogprodukt. Anforderungen verändern sich, neue Ideen entstehen und Produkte entwickeln sich weiter. Dann zeigt sich, wie flexibel sich bestehende Plattformen zu einer kundenspezifischen Lösung weiterentwickeln lassen.

Aufgezeichnet von **Urs-Ueli Schorno**

Kompakt integriert: EPOS4 Controller und EC45 flat Motor bilden eine kundenspezifische Antriebseinheit auf gemeinsamer Platine.



Ein ganz normaler Tag bei maxon – und ein Beispiel dafür, wie kundenspezifische Lösungen entstehen: Ein Kunde wählt für das Projekt eine neue Motion-Control-Architektur. Damit ändern sich die Anforderungen an die Antriebslösung. «Die Intelligenz des Antriebs lag ursprünglich zentral an einem Ort», erklärt Roman Berger, Business Development Manager bei maxon. «Später wollte der Kunde die Bewegungssteuerung direkt in die einzelnen Einheiten verlagern.» Die neue Architektur versprach Vorteile bei Service und Wartung. Zugleich stiegen die Anforderungen an die Integration der Antriebselektronik.

Die übergeordnete Einheit übernimmt damit primär die Kommunikation über CAN. Die eigentliche Motion Control findet lokal auf jeder einzelnen Achse statt.

Mit dem neuen Ansatz änderten sich auch die Anforderungen an die technische Umsetzung. Komponenten, Schnittstellen und Bauformen mussten neu aufeinander abgestimmt werden. Für die Kombination aus kompakter Bauform, integrierter Motion Control und CAN-basierter Kommunikation existierte jedoch keine passende Kataloglösung.

Zwei Plattformen werden zu einer Lösung

Eine komplette Neuentwicklung war dazu nicht nötig. Stattdessen konnten bewährte Plattformen aus dem maxon Portfolio gezielt kombiniert werden. Das sparte Entwicklungszeit und baute auf bereits validierten Prozessen auf.

Die Basis für die kundenspezifische Umsetzung bildeten ein EC45 flat Motor und eine EPOS4 Positioniersteuerung. Beide Produkte existieren bereits als eigenständige Produkte im maxon Portfolio. Die kundenspezifische Anpassung bestand in ihrer Integration auf einer gemeinsamen Hardwareplattform.

Dafür wurde die EPOS4 direkt auf die Elektronikplattform des Motors integriert. Gleichzeitig wurde der Formfaktor an die verfügbare Einbausituation angepasst – oder, wie Roman Berger es formuliert: Die Lösung wurde «ins Volumen rein-designed».

Das Ziel war nicht maximale Miniaturisierung um ihrer selbst willen. Entscheidend war vielmehr, Elektronik, Motor und Systemarchitektur sauber zusammenzubringen.

«Eine Platine ist günstiger als zwei», sagt Roman Berger. Gleichzeitig reduziert die Integration zusätzlichen Aufwand bei Verkabelung und Schnittstellen.

Je nach Anwendung kann ein dezentraler Ansatz Vorteile bei Integration, Modularität oder Verkabelung bieten. Andere Anwendungen setzen weiterhin bewusst auf zentrale Steuerungsarchitekturen. Entscheidend war in diesem Projekt deshalb nicht die Frage nach dem «richtigen» Ansatz, sondern die Fähigkeit, eine anspruchsvolle kundenspezifische Lösung schnell und technisch sauber umzusetzen.

Mehr als ein Einzelprojekt

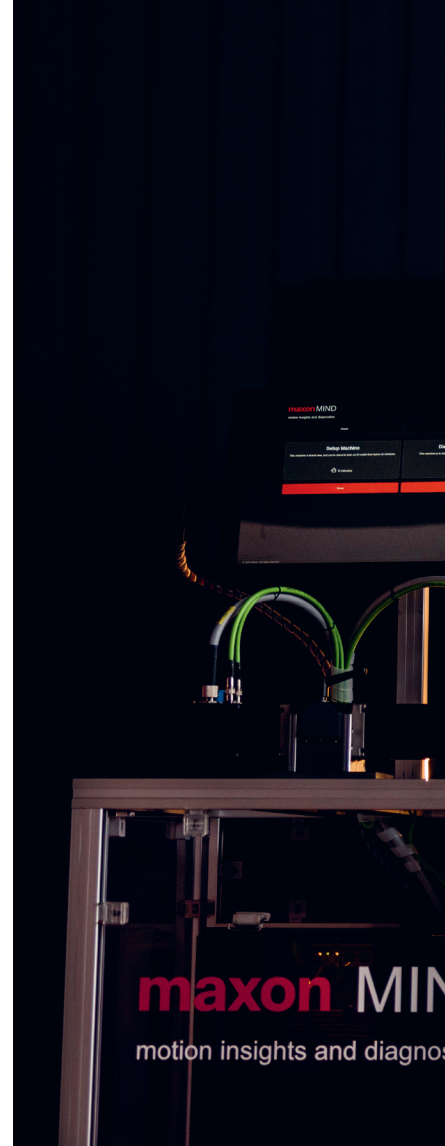
Entstanden ist eine vielseitig einsetzbare Einheit, etwa für kompakte Fördermodule, Weichenantriebe oder kleine autonome Logistikfahrzeuge. Die entwickelte Lösung wird inzwischen bereits für weitere Anwendungen geprüft.

Natürlich benötigt auch dort jede Anwendung neue Anpassungen – beispielsweise andere Bauformen, Motorgrößen oder Schnittstellen. Genau darin liegt die Stärke des Plattformansatzes: Bestehende Technologien lassen sich schnell an neue Anforderungen adaptieren und bilden die Grundlage für weitere kundenspezifische Entwicklungen.

Der Motor als Sensor

Den Motor als Quelle für die Zustandsüberwachung einer Maschine nutzen: Das will maxon MIND (Motion Insights and Diagnostics). Die Basis bilden maschinelles Lernen, physikalisches Fachwissen und eine offene Architektur.

Text **Claude Jaquemet** Foto **Jeremias Wieland**



In der industriellen Antriebstechnik ist der Motor längst mehr als ein Aktuator. Er liefert wertvolle Informationen über den Zustand des Gesamtsystems – vorausgesetzt, man weiss die Daten richtig zu interpretieren. Genau hier setzt maxon MIND (Motion Insights and Diagnostics) an. Das System nutzt Motorsignale, um Rückschlüsse auf den Zustand des Antriebssystems und seiner Umgebung zu ziehen. So wird der Motor zum Sensor in der Maschine.

maxon MIND analysiert Daten, die während des Maschinenbetriebs aus dem Controller ausgelesen werden, und erkennt Muster, die auf Verschleiss oder Fehlfunktionen hinweisen. Dabei geht es nicht nur um den Motor selbst, sondern um das gesamte Antriebssystem und die damit verbundenen Mechanik. So lassen sich Abweichungen frühzeitig erkennen.

Die Lösung eignet sich besonders für Anwendungen, in denen drohende Ausfälle rechtzeitig erkannt werden müssen – etwa um die Sicherheit des Personals zu erhöhen oder Stillstandzeiten zu minimieren. Zudem identifiziert sie Pro-

bleme, die bei herkömmlichen Tests verborgen bleiben.

In Produktionslinien mit mehreren aufeinanderfolgenden Maschinen erkennt maxon MIND kleinste Abweichungen, bevor sie nachgelagerte Prozesse beeinflussen. Auch im Service schafft das System Mehrwert, wenn der tatsächliche Zustand der Anlage für die Wartungsplanung entscheidend ist.

Erklärbare, optimierte KI

Technologisch basiert maxon MIND auf erklärbarer künstlicher Intelligenz. Dadurch sind Diagnosen und Prognosen nachvollziehbar – eine zentrale Voraussetzung für sicherheitskritische und stark regulierte Anwendungen. Das von maxon entwickelte Machine-Learning-Modell benötigt nur geringe Datenmengen und kann auf einfacher Hardware ausgeführt werden. Das ermöglicht eine minimalinvasive Integration und reduziert den Aufwand für das Modelltraining. Da keine Recheninfrastruktur mit Grafikprozessoren (GPUs) erforderlich ist, ergeben sich zudem Kostenvorteile.

Auch bestehende Anwendungen lassen sich nachrüsten.

Die Datenverarbeitung folgt einem klaren Ablauf: Während des Maschinenbetriebs werden Rohdaten erfasst, vorverarbeitet und dem Machine-Learning-Modell zugeführt. Dieses analysiert Abweichungen von einem fehlerfreien Betriebszustand. Das Ergebnis steht dem Kunden via Programmierschnittstelle (API) zur Verfügung. Glassbox statt Blackbox: Jeder Verarbeitungsschritt bleibt nachvollziehbar.

Hohe Prognosequalität

Ein wesentliches Merkmal von maxon MIND ist die Einbindung domänenspezifischen Fachwissens. Die physikalischen Zusammenhänge eines mechatronischen Systems fließen direkt in die Modellierung ein. Dadurch wird mit geringem Datenbedarf eine hohe Prognosequalität erreicht.

Das System lernt aus der realen Anwendung: Bei der Inbetriebnahme wird ein Initialzustand erfasst, der den Motor im Kontext seiner Umgebung beschreibt.



Zum Autor

Claude Jaquemet ist Business Development Manager Digital Business bei der maxon Group. Er beschäftigt sich mit digitalen Lösungen, die aus Antriebsdaten konkrete Erkenntnisse über den Zustand von Maschinen und Anlagen gewinnen.

Während des Betriebs werden regelmässig neue Daten eingespeist und mit dem Modell verglichen – je nach Anwendung stündlich, täglich oder nach Bedarf.

Die Datenqualität ist dabei zentral. Für valide Ergebnisse müssen die erfassten Signale den Betriebszustand der Maschine hinreichend abbilden. Deshalb arbeitet maxon eng mit den Kunden zusammen, um geeignete Messzyklen festzulegen. Dazu können standardisierte Bewegungsabläufe gehören, die typische Belastungssituationen abbilden. So entsteht ein robustes, auf die Anwendung zugeschnittenes Modell.

Eine offene Plattform

Standardmässig erfolgt die Datenverarbeitung in der Cloud. Kunden können ihre Daten einsehen und herunterladen. Personenbezogene Informationen sind nicht erforderlich; sämtliche Daten können vom Kunden anonymisiert werden, mit Ausnahme der Artikel- und Seriennummer des Antriebs.

Die Plattform ist offen konzipiert und lässt sich über eine API in bestehende

Systemumgebungen integrieren. Motoren, Elektronikkomponenten und Controller bleiben unverändert. Voraussetzung ist lediglich die Installation eines Softwarepakets auf dem Master-Controller, das die Daten beispielsweise über das standardisierte Kommunikationsprotokoll MQTT übermittelt. Ist die Maschine bereits mit dem Internet verbunden und kann der Controller Daten erfassen, lässt sich das System innerhalb weniger Tage in Betrieb nehmen.

maxon MIND positioniert sich als spezialisierte Lösung für anspruchsvolle Anwendungen. Im Zentrum steht die eingehende Analyse der physikalischen Eigenschaften des Antriebssystems. Die Verbindung von technischem Fokus, industrieller Robustheit und offener Architektur liefert nicht nur Daten, sondern konkrete Erkenntnisse.

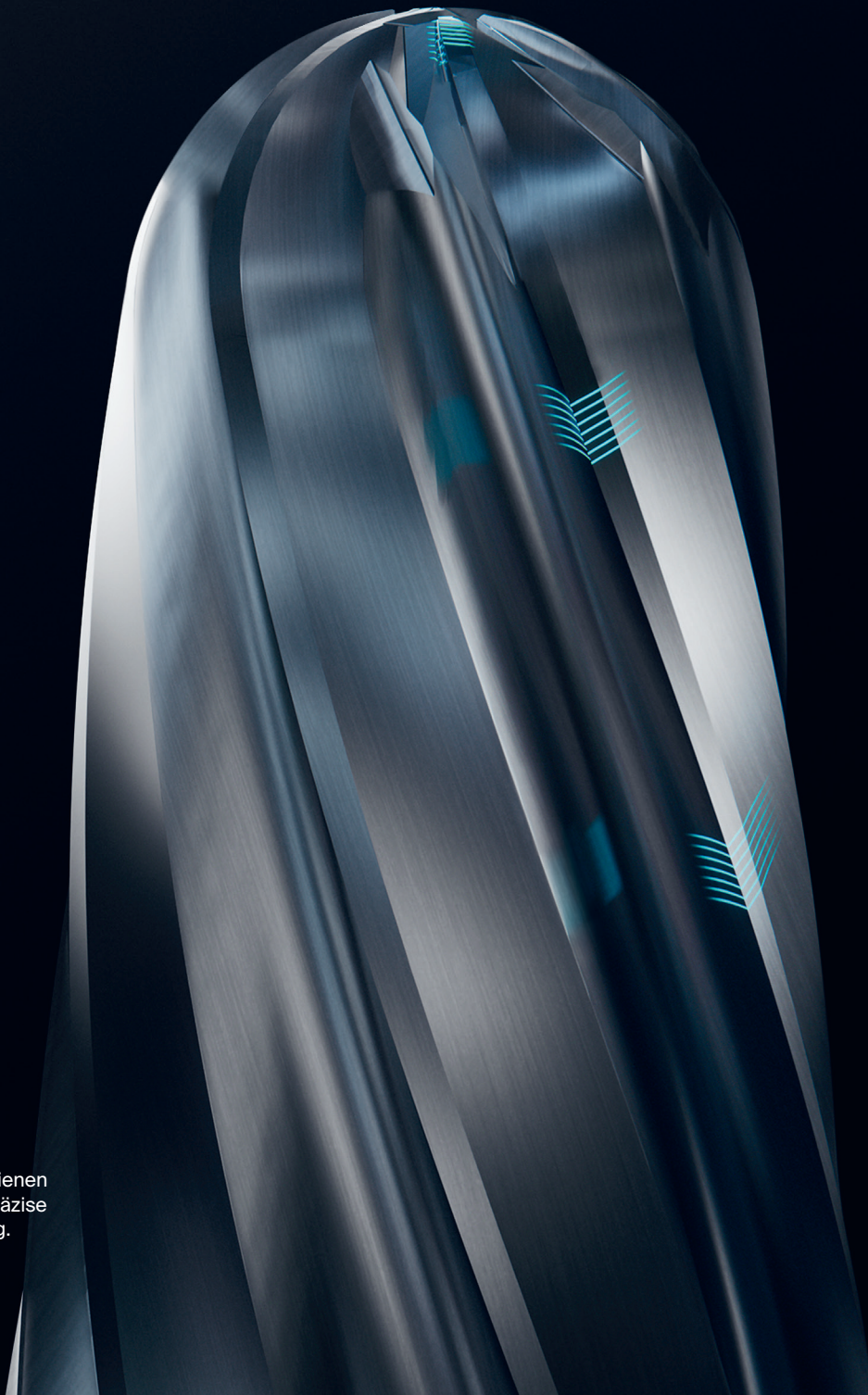
Damit wird der Motor nicht nur zum Antrieb, sondern zum zentralen Element der Zustandsüberwachung – und zum Schlüssel für mehr Effizienz, Sicherheit und Verfügbarkeit in vernetzten Produktionsumgebungen in der Industrie.

AUS DER PRAXIS

Werkzeugvermessung im Mikrometerbereich

Ob ein Werkzeug präzise fertigt, entscheidet sich oft schon bei der Vermessung.
Dafür müssen Achsen, Optik und Bildverarbeitung perfekt
zusammenspielen – Motion Control schafft die Grundlage dafür.

Text **Annalisa Isler**



Lasermarkierungen dienen
als Referenz für die präzise
Werkzeugvermessung.

Präzision beginnt dort, wo das menschliche Auge an seine Grenzen stösst: Der Messkopf positioniert sich mit deutlich unter 1 µm-Genauigkeit, erfasst Werkzeuggeometrien zuverlässig und übergibt exakte Korrekturwerte an die CNC-Maschine. So entsteht reproduzierbare Fertigungsqualität auf Mikrometer-Niveau.

Seit 80 Jahren steht die Firma E. ZOLLER GmbH & Co. KG für messbare Präzision. Heute steuert das Unternehmen aus dem deutschen Pleidelsheim ein globales Netzwerk mit eigenen Niederlassungen und Vertretungen an 85 Standorten in 62 Ländern. ZOLLER vermisst Werkzeuge für die CNC-Fertigung im µm-Bereich. Wie dieses Zusammenspiel gelingt, zeigt die langjährige Zusammenarbeit von ZOLLER und maxon.

«Bei uns entscheidet Präzision im Mikrometerbereich», sagt Manuel Walter, verantwortlich für den Einkauf bei ZOLLER. Genau dieser Anspruch prägt die gesamte Messarchitektur – vom mechanischen Aufbau bis zur Bewegungsteuerung. Das Unternehmen begann als Werkstattbetrieb und ist heute eine feste Grösse in der Welt der Werkzeugvermessung. Branchen wie Automobil, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik sowie Maschinenbau setzen auf Messmaschinen der Firma.

Was dabei oft unsichtbar bleibt: Damit aus einzelnen Bildinformationen verwertbare Daten werden, müssen Optik, Bildverarbeitung und Bewegung perfekt zusammenspielen. Genau an dieser Stelle beginnt die eigentliche technische Herausforderung.

In solchen Systemen übernimmt Motion Control weit mehr als die reine Ansteuerung eines Motors. Sie sorgt dafür, dass Bewegungen im richtigen Moment, mit der richtigen Dynamik und an der exakt richtigen Position stattfinden. Erst das abgestimmte Zusammenspiel aus Regelung, Synchronisation und Anwendungslogik macht aus Bewegung ein präzises Messergebnis.

Präzise Positionierung der Achsen

In den Systemen kommen Mehrachssteuerungen der MACS-Plattform von maxon zum Einsatz. Sie übernehmen die koordinierte Regelung mehrerer Achsen, erfassen Positionsdaten in Echtzeit und bilden die Grundlage für die Synchronisation von Bewegung und Bildaufnahme. Über die Jahre hinweg wurden die Controller gemeinsam mit ZOLLER kontinuierlich weiterentwickelt und gezielt auf die spezifischen Anforderungen der Messapplikation abgestimmt.

Die Mess- und Prüfgeräte von ZOLLER arbeiten in einem hochpräzisen Zusammenspiel aus Optik, Bildverarbeitung und feinfühligter Bewegungsteuerung. Herzstück dieses Messvorgangs sind leistungsfähige Mehrachs-Motion-Controller, die als «Taktgeber» der gesamten Messarchitektur fungieren. Sie steuern Achsen, synchronisieren Bildaufnahmen und stellen sicher, dass Werkzeugkonturen

mit höchster Wiederholgenauigkeit im Mikrometerbereich erfasst werden.

Für Georges Pappas, Abteilungsleiter Elektrokonstruktion bei ZOLLER, ist genau dieses Zusammenspiel entscheidend: «Unsere Systeme müssen sich schnell verfahren lassen, gleichzeitig aber hochpräzise positionieren und Positionen absolut stabil halten.»

Die Messgeräte bewegen Werkzeug, Kamera und Optiksistem entlang mehrerer Achsen, die mikrometergenau positioniert und kontinuierlich überwacht werden. Die Herausforderung: Für die X/Y/Z-Positionierung eines Messkopfs ist eine Genauigkeit von besser als 1 µm gefordert. Die maxon-Mehr-

«Wir sind da auf das Mü genau angewiesen»

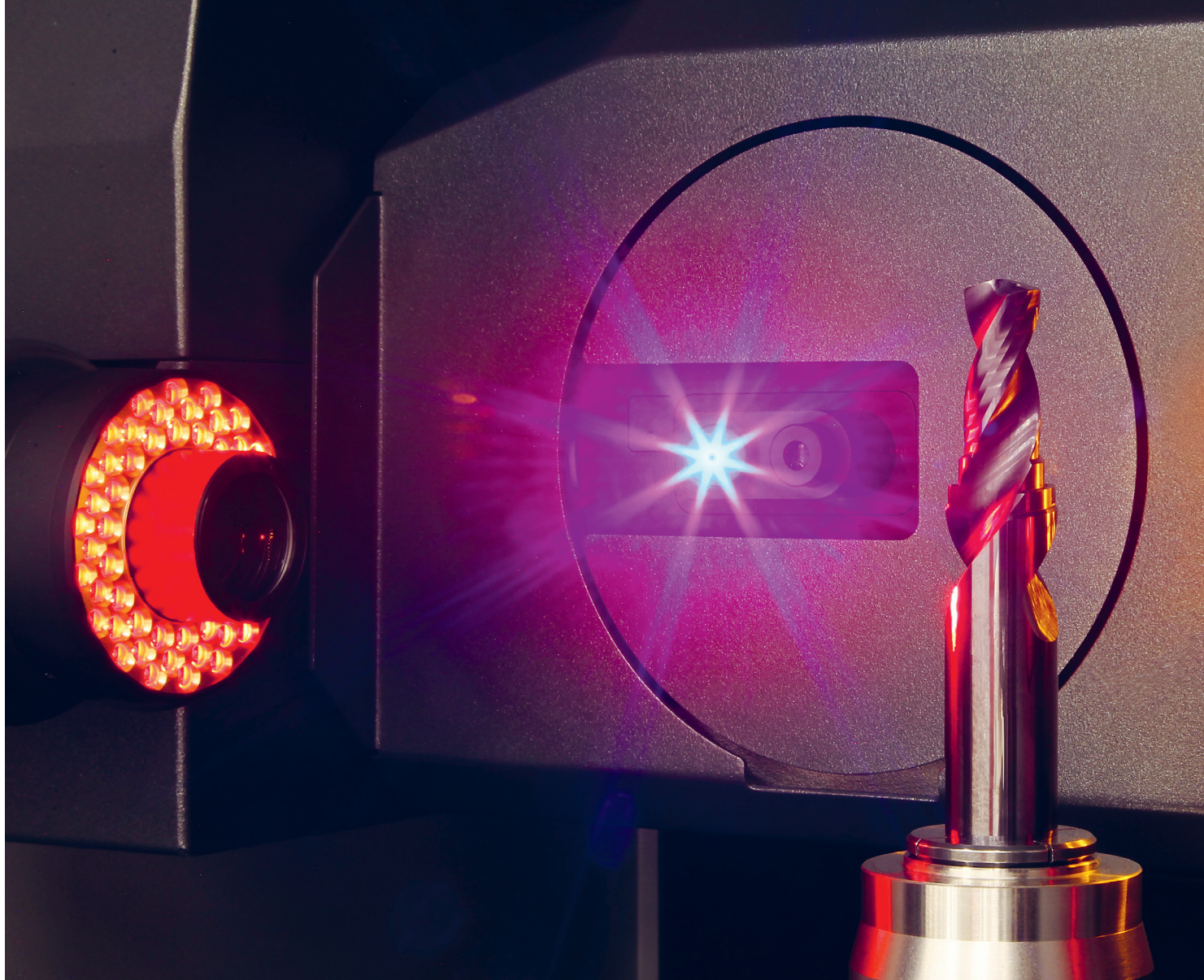
Manuel Walter, Leiter Einkauf bei E. ZOLLER GmbH & Co. KG.

achssteuerung übernimmt hierbei ein exaktes Positionieren und Anfahren definierter Messpunkte, koordiniert dynamisches Abbremsen und Beschleunigen bei wechselnden Messverfahren und stabilisiert zuletzt Haltepositionen während der Bildaufnahmen. Diese Funktionskombination ist entscheidend, weil minimale Schwingungen oder Positionsfehler das Messergebnis verfälschen würden.

Georges Pappas bringt die Anforderung auf den Punkt: «Während der Bildaufnahme muss die Position absolut stabil sein. Selbst kleinste Bewegungen oder Regelabweichungen würden das Messergebnis verfälschen.» Gerade in der Haltephase entscheidet diese Stabilität darüber, ob Messungen hochgenau und reproduzierbar bleiben.

Synchronisation von Bildaufnahme und Bewegung

Ein weiteres technisches Kernelement ist das interruptgesteuerte Positions-Latching. Jede der ungefähr 30 Kamerabilder pro Sekunde löst ein Interrupt beim Controller aus. Gleichzeitig wird der exakte Positionswert der Achsen «gelatched», also eingefroren und mit dem jeweiligen Bild verknüpft. Erst die Fusion aus Pixelinformationen und präziser mechanischer Position ergibt ein verwertbares Mass. Somit fungiert der Motion Controller als



Präzision im Detail: ZOLLER entwickelt Mess- und Prüfsysteme für anspruchsvolle Fertigungsprozesse.

Bindeglied zwischen Bildverarbeitung und Mechanik – ohne diese Synchronisation wären Messungen im Mikrometerbereich nicht möglich.

Wie dieses Prinzip in der Praxis funktioniert, beschreibt Georges Pappas so: «Bei jedem Bild, das die Kamera macht, wird ein Triggersignal an den Motion-Controller gesendet.» Da die Kamera kontinuierlich arbeitet, müssen die zugehörigen Positionswerte in Echtzeit erfasst und zwischengespeichert werden, damit Bild und Bewegung im nächsten Schritt wieder korrekt zusammengesetzt werden können.

Auch für Fabian Vogel, Geschäftsführer Kompetenzzentrum Mehrachssteuerungen bei maxon, liegt hier der Kern der Anwendung: «Für uns ist es entscheidend, die Anwendung im Detail zu verstehen – also wie der Kunde die Messgeräte einsetzt und welche Anforderungen sich daraus im realen Betrieb ergeben. Nur so können wir das Regelverhalten sowie die Synchronisation exakt auf diese spezifische Applikation auslegen.»

Insbesondere das präzise Erfassen und temporäre Speichern der aktuellen Achsposition im exakt

richtigen Moment entscheidet über zuverlässige Messergebnisse.

Regelverhalten und Dynamik für unterschiedliche Messverfahren

Das Technologieunternehmen ZOLLER setzt verschiedene Messmethoden ein, wie etwa Konturaufnahme, Schneiden- und Rundlaufmessung sowie Höhen- und Winkelbestimmung. Die Mehrachssteuerungen müssen dabei zwischen schnellen Bewegungen und hochstabilen Stoppssequenzen wechseln. Diese Kombination aus Dynamik und Stabilität stellt extreme Anforderungen an das Regeltuning, Antriebsperformance und Echtzeitverhalten.

Gerade diese Bandbreite zwischen schnellem Verfahren und absolut ruhiger Halteposition macht die Anwendung anspruchsvoll. Es geht nicht nur darum, eine Achse in Bewegung zu setzen, sondern darum, sie in jedem Messverfahren genauso reagieren zu lassen, wie es die jeweilige Aufgabe verlangt.

Dank integrierter Kinematik lassen sich komplexe 3D-Messprogramme präzise abfahren. Die



Positionswerte der einzelnen Achsen werden über Latching-Eingänge exakt mit der Bildgebung synchronisiert. maxons MACS-Steuerungen können Trigger-Signale generieren oder auf diese reagieren, um bei jeder Bewegung Bilddaten zu erfassen. So entstehen hochaufgelöste dreidimensionale Bilder während Scans oder Prüfprozessen.

Um maximale Performance zu erreichen, werden die erfassten Positionswerte zunächst zwischengespeichert. Die Messsoftware liest diese Werte dann kontinuierlich aus und ordnet sie den entsprechenden Kamerabildern zu. Durch diese Entkopplung von Erfassung und Verarbeitung bleibt das System auch bei hohen Geschwindigkeiten stabil und präzise.

Die Kombination aus dualer Geberauswertung, Echtzeitregelung und synchronisierter Bilddatenerfassung macht die MACS-Steuerung zur idealen Lösung für hochpräzise Mess- und Prüfapplikationen. Wer maximale Genauigkeit und Performance selbst bei komplexen Bewegungsabläufen verlangt, setzt auf eine Lösung, die sich nahtlos in anspruchsvolle Systeme integriert.

Gemeinsam zum präzisen Ergebnis

Der hohe Anspruch an Qualität zeigt sich nicht nur in der Technik, sondern auch in der Zusammenarbeit. «Qualität ist für uns nicht verhandelbar», betont Manuel Walter, Leiter Einkauf bei E. ZOLLER GmbH & Co. KG.

Was die Anwendung technisch möglich macht, ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit über viele Jahre hinweg. Seit rund 15 Jahren arbeiten ZOLLER und maxon in der Entwicklung eng zusammen – und haben dabei nicht nur Komponenten integriert, sondern ein gemeinsames Verständnis für die Applikation aufgebaut.

«Ich habe noch nie erlebt, dass man bei maxon keinen Entwickler erreicht oder ein Problem ungelöst bleibt», sagt Georges Pappas, Abteilungsleiter Elektronik bei ZOLLER. Gerade bei komplexen Anforderungen ist es zentral, Themen gemeinsam zu analysieren und effizient umzusetzen.

Auch auf Seiten von maxon steht das Verständnis der Anwendung im Zentrum: «Für uns ist es entscheidend zu verstehen, wie der Kunde die Anwendung konkret nutzt – nur so können wir das Verhalten des Systems wirklich passend umsetzen», erklärt Fabian Vogel, Geschäftsführer Kompetenzzentrum Mehrachssteuerungen bei maxon.

Ebenso wichtig sei die Verlässlichkeit im Projektalltag: «Die besten Lieferanten sind die, die zuverlässig und verbindlich arbeiten und Prozesse spürbar vereinfachen», so Georges Pappas.

So entsteht über die Jahre nicht nur eine technische Lösung, sondern ein gemeinsames Systemverständnis – die Grundlage für stabile, präzise und weiterentwickelbare Anwendungen.



Im fachlichen Austausch: Die ZOLLER-Experten Georges Pappas (links), Abteilungsleiter Elektrokonstruktion, und Manuel Walter, Leiter Einkauf.

Bewährtes Werkzeug, neu gedacht

Mit dem BXT4 entwickelt Signode seine Handumreifungsgeräte konsequent weiter. Ein neues mechanisches Konzept und das Zusammenspiel von Mechanik und Motion Control machen diese Generation ergonomischer, leistungsfähiger und einfacher in der Bedienung.

Text **Urs-Ueli Schorno** Fotos **Sven Gallinelli**

Als Projektleiter begleitete Andreas Keller den BXT4 von Anfang an. Heute leitet er die Entwicklung bei Signode Switzerland.





Kompaktes Gesamtsystem: das BXT4 Handumreifungsgerät von Signode.

Signode

Signode zählt zu den weltweit führenden Anbietern von Verpackungs- und Transportsicherungslösungen. Am Schweizer Standort in Dietikon entwickelt und montiert das Unternehmen Handumreifungsgeräte für industrielle Anwendungen. Zudem unterhält es eine mechanische Fertigung in Merenschwand.

Standort: Dietikon und Merenschwand (Schweiz)

Mitarbeitende: rund 200, davon 16 Mitarbeitende in Forschung & Entwicklung

Schwerpunkt: Entwicklung und Produktion von Akku-Handumreifungsgeräten für Kunststoff- und Stahlbandumreifungen

Handumreifungsgeräte spannen und verschweissen Kunststoffbänder, um Packstücke für Transport und Lagerung zu sichern. Sie gehören zu den Werkzeugen, die in Industrie und Logistik täglich tausendfach im Einsatz stehen – und trotzdem kaum Beachtung finden. Band einlegen, den Auslöser betätigen, wenige Sekunden später sitzt die Umreifung. Genau so soll es sein.

Zu den weltweit führenden Herstellern solcher Geräte gehört Signode. An den Schweizer Standorten in Dietikon und Merenschwand entwickelt und produziert das Unternehmen seit Jahrzehnten Handumreifungsgeräte für industrielle Anwendungen. Rund 200 Mitarbeitende arbeiten hier, 16 davon in Forschung und Entwicklung. Auch die Zusammenarbeit mit maxon hat Tradition: Bereits seit den ersten Gerätegenerationen kommen Antriebslösungen von maxon zum Einsatz. Mit dem BXT4 reicht die Partnerschaft heute bis zur Motion-Control-Technologie.

Dabei stand nicht die Neuerfindung eines erfolgreichen Produkts im Vordergrund. Vielmehr ging es darum, ein über Jahre bewährtes Handgerät konsequent weiterzuentwickeln.

«Unser Ziel war es, das Gerät ergonomischer zu machen und die Bedienung weiter zu vereinfachen – ohne Abstriche bei Leistung und Robustheit», sagt Andreas Keller, Entwicklungsleiter bei Signode Switzerland. Er leitete als Projektleiter die Entwicklung des BXT4.

Ein neues Konzept

Eine der wichtigsten Neuerungen betrifft das mechanische Konzept. Bei früheren Gerätegenerationen bildeten der Antrieb und das Getriebe zusammen mit dem auf das Umreifungsband wirkenden Spannrad eine fixe Einheit. Beim BXT4 entschied sich Signode für einen neuen Ansatz: Für das Einlegen des Bandes bewegt sich ein Teil des Getriebes und das Spannrad. Dadurch vergrößert sich die Öffnung, das Band lässt sich einfacher einlegen und gleichzeitig verändern sich die Belastungen innerhalb der Mechanik.

Die Auswirkungen gehen jedoch über die Ergonomie hinaus. Durch das neue Konzept verändern sich die Kräfte innerhalb der Mechanik. Dadurch konnten einzelne Bauteile leichter ausgeführt und neue Materialien eingesetzt werden. Gleichzeitig gelang es, das Mehrgewicht der neuen, leistungsfähigeren Akku-Generation an anderer Stelle wieder einzusparen.

Das Ergebnis ist ein Gerät, das trotz höherer Leistung angenehm in der Hand liegt und den Anwender im täglichen Einsatz spürbar entlastet.

Wo Motion Control ins Spiel kommt

Mit dem neuen mechanischen Konzept änderten sich gleichzeitig die Anforderungen an Antrieb und Steuerung. Für maxon begann damit eine neue Entwicklungsphase des Projekts.

Im Innern des BXT4 übernimmt ein einzelner Antrieb mehrere Aufgaben. Er positioniert kinematische Elemente präzise, erbringt hohes Drehmoment zum Spannen und liefert konstante Drehzahl zum Verschweissen der Bänder. Für Kim Zimmermann, Key Account Manager bei maxon, macht genau das den besonderen Reiz aus.

«Für uns ist das BXT4 ein spannendes Projekt, weil wir den kompletten Antriebsstrang beisteuern können – vom Motor über die Steuerung bis zur Applikationssteuerung. Dadurch lassen sich die einzelnen Komponenten optimal aufeinander abstimmen.»

Während Signode das mechanische Gesamtkonzept und die Integration verantwortet, bringt maxon das komplette Motion- und Applikations-Know-how mit perfekt aufeinander abgestimmten Komponenten ein.

Zusätzliche Möglichkeiten dank neuer Plattform

Ein Beispiel dafür ist die Steuerung. Während der Entwicklung entschied sich Signode, früh auf die neue ESCON2-Plattform von maxon zu setzen – noch bevor diese offiziell verfügbar war.

«Der Einsatz der neuen Plattform war durchaus mit einem gewissen Risiko verbunden. Wir haben uns trotzdem dafür entschieden – auch weil wir aus Erfahrung wussten, wie effektiv wir mit maxon zusammenarbeiten können.»

Die neue Motion-Control-Plattform eröffnete zusätzliche Möglichkeiten bei der Auslegung des Gesamtsystems. Unter anderem ermöglicht die Umstellung auf ESCON2 eine präzise feldorientierte Regelung allein auf Basis der Motor-Hallsensoren. Das Gerät kann dadurch auf einen separaten Encoder

verzichten, ohne Einbussen bei Dynamik, Drehmomentregelung oder Prozessstabilität. Gleichzeitig vereinfacht sich der Aufbau, da auch die Displayansteuerung in die Steuerungselektronik integriert ist. Dadurch entfallen weitere Komponenten, was Bauraum und Komplexität reduziert und das Gerät trotz erweiterten Funktionsumfangs kompakt, robust und kostenoptimiert hält.

Solche Entscheidungen entstehen nicht isoliert. Sie sind das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen den Entwicklungsteams beider Unternehmen.

«Die Zusammenarbeit funktioniert sehr unkompliziert», sagt Andreas Keller. «Wir sind geografisch nahe, sprechen dieselbe Sprache und können technische Fragen direkt miteinander besprechen. Das macht vieles einfacher.»

Für maxon ist das Projekt auch deshalb interessant, weil mehrere Kompetenzen zusammenkommen. Neben dem Motor stammt auch die Motion-Control-Plattform aus dem Unternehmen. Spezialisten aus verschiedenen Bereichen begleiteten die Entwicklung über viele Jahre. Heute koordiniert Kim Zimmermann die Zusammenarbeit zwischen Signode und den beteiligten maxon-Standorten und Kompetenzzentren.

Die nächste Evolutionsstufe

Die Partnerschaft zwischen Signode und maxon reicht über mehrere Gerätegenerationen zurück. Bereits früh kamen maxon-Motoren in den Handumreifungsgeräten zum Einsatz. Ein wichtiger Entwicklungsschritt war später die Umstellung auf bürstenlose Antriebe. Mit dem BXT4 folgt nun die nächste Evolutionsstufe – geprägt vom engen Zusammenspiel von Mechanik und Motion Control.

Für den Anwender bleibt all diese Technik weitgehend unsichtbar. Er legt das Band ein, betätigt den Auslöser und das Gerät erledigt den Rest zuverlässig und präzise.

Gemeinsam entwickelt

Signode

- Mechanisches Gesamtkonzept
- Ergonomie und Bedienkonzept
- Werkzeug- und Produktentwicklung
- Integration aller Komponenten

maxon

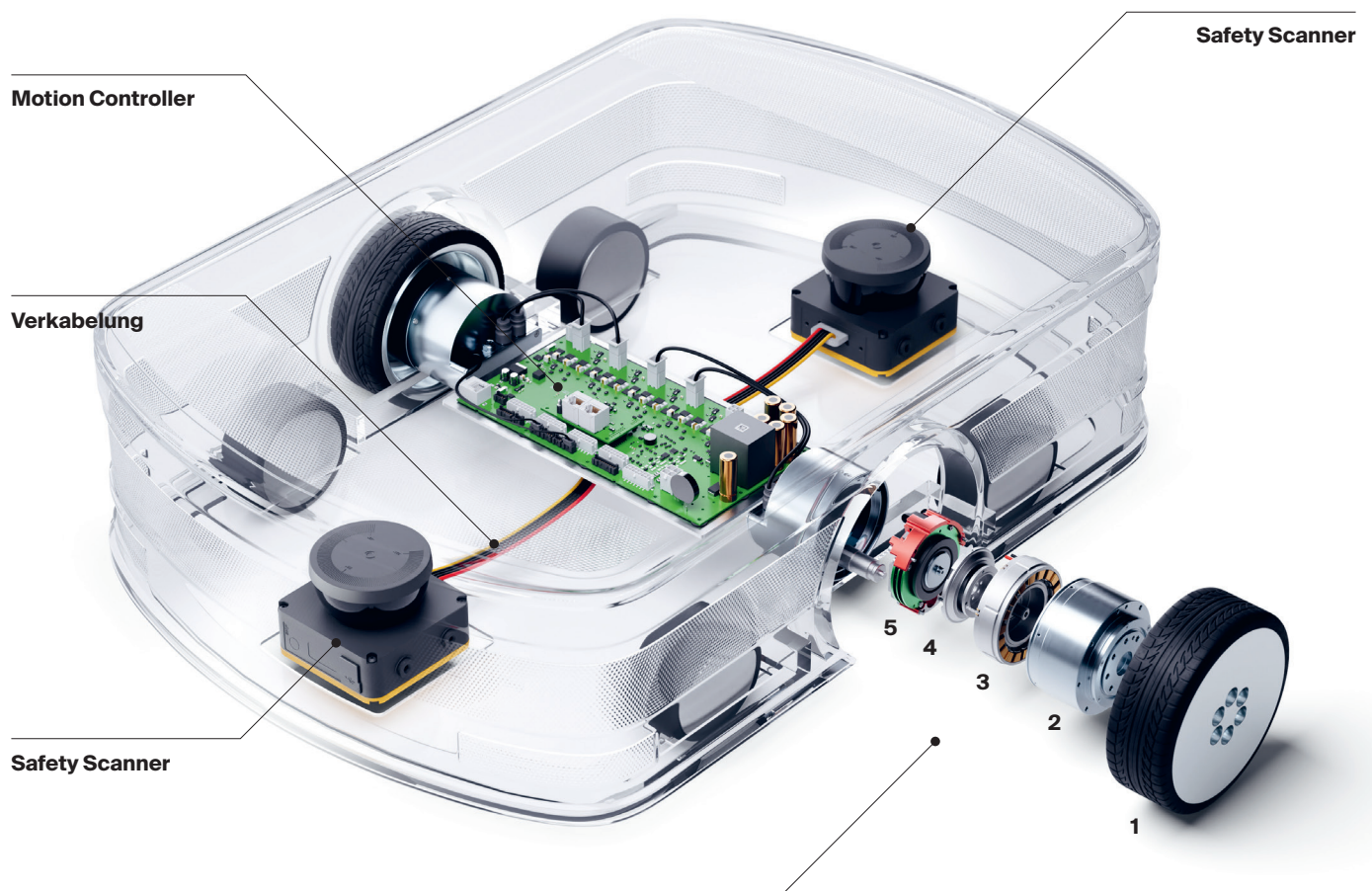
- EC-i Motor
- ESCON2 Servoregler
- Firmware und Antriebsregelung
- Motion-Control-Know-how
- Packaging Technology Studio als Servicetool

Das Ergebnis: Ein Gesamtsystem, bei dem Mechanik, Antrieb, Elektronik und Applikation von Beginn an aufeinander abgestimmt wurden.

Was passiert, wenn ein Transportroboter von A nach B fährt?

Kein autonomes Transportfahrzeug gleicht dem anderen. Was nach aussen wie eine einfache Fahrt aussieht, ist in Wahrheit ein komplexes Zusammenspiel aus Software, Elektronik und Mechanik. Ein Blick hinter die Kulissen.

Text **Fabian Vogel**



maxon Wheel Drive

- 1 Rad
- 2 Getriebe oder Direktantrieb
- 3 Motor
- 4 Servoregler (Safety)
- 5 Bremse

Ein autonomes Transportfahrzeug setzt sich in Bewegung. Es fährt los, beschleunigt, weicht einem Hindernis aus und erreicht einige Sekunden später sein Ziel. Für den Beobachter ist das unspektakulär. Das Fahrzeug fährt einfach. Doch ist genau das selten so einfach, wie es aussieht. Und deshalb sieht auch kaum eine dieser Bewegungen gleich aus.

Bevor sich das Fahrzeug überhaupt bewegt, ist seine Fahrt bereits beschrieben. Ein modernes Logistikzentrum erzeugt Transportaufträge, priorisiert Warenströme und berechnet Wege. Für die Navigation kommen oft Software-Frameworks wie das Robot Operating System 2 (ROS2) zum Einsatz. Dort wird nicht nur festgelegt, wohin das Fahrzeug fahren soll, sondern auch wie. Aus der Planung entsteht eine Bewegungsvorgabe mit Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung. Diese geplante Bewegung wird als Trajektorie bezeichnet. Sie ist präzise, vollständig berechnet – und sie funktioniert zumindest auf dem Bildschirm.

Damit aus einer Trajektorie Bewegung wird

Damit sich ein Fahrzeug tatsächlich bewegt, muss diese Beschreibung übersetzt werden. Motion Control beginnt dort, wo ein Sollwert – etwa für Position, Geschwindigkeit oder Strom – in eine geregelte und dynamisch stabile Bewegung umgesetzt wird. Der Motion Controller nimmt die Sollwerte aus der Navigation entgegen und überführt sie in konkrete Steuergrößen für den Antrieb. Dabei wird aus einer geometrischen Beschreibung eine zeitabhängige Führungsgrösse, die zur Dynamik des gesamten Systems passen muss. Häufig geschieht diese Übergabe über standardisierte Schnittstellen wie CANopen. Aus einer Bahn im Raum werden so Zielwerte für Drehzahl, Position oder Drehmoment.

Im Antrieb selbst beginnt ein Prozess, der während der gesamten Fahrt läuft. Der Controller arbeitet kontinuierlich und vergleicht fortlaufend die vorgegebenen Sollwerte mit den gemessenen Istwerten. Encoder erfassen die aktuelle Bewegung des Motors, Sensoren liefern zusätzliche Informationen. Aus der Abweichung berechnet der Regler, wie stark der Motor im nächsten Moment eingreifen muss. Dabei reagiert er nicht nur auf die aktuelle Abweichung, sondern berücksichtigt auch, wie sich das System im nächsten Moment verhalten wird. Dieser Prozess läuft permanent, viele tausend Mal pro Sekunde. Die Bewegung entsteht dabei nicht auf einmal, sondern wird fortlaufend angepasst.

Vom Sollwert zum Drehmoment

Am Ende dieser Regelkette steht ein elektrischer Wert. Der Controller gibt einen Sollstrom vor, die Leistungselektronik setzt diesen in den Motorphasen um. Im bürstenlosen Gleichstrommotor entsteht dadurch ein rotierendes Magnetfeld, das mit dem Rotor wechselwirkt. Daraus ergibt sich ein Drehmoment an der Motorwelle, das über ein Getriebe auf das Rad übertragen wird.

In der Berechnung folgt das Fahrzeug exakt der Trajektorie. In der Realität sieht das anders aus. Ein Rad verliert kurzzeitig Haftung, die Last verändert sich, der Untergrund ist nicht konstant. Die gemessene Bewegung passt dann nicht mehr vollständig zur geplanten. Die Trajektorie – also das, was ursprünglich vorgesehen war – gerät aus dem Takt. Entscheidend ist dabei nicht die Abweichung selbst, sondern wie schnell und stabil das System darauf reagiert. Der Con-

troller erkennt diese Abweichung und korrigiert sie in Echtzeit. Die Bewegung bleibt stabil, obwohl die Bedingungen es nicht sind.

Wo es komplex wird

Die einzelnen Schritte sind für sich genommen nachvollziehbar. In der Praxis greifen sie ineinander. Navigation, Trajektorie, Regelung und physikalische Umsetzung laufen gleichzeitig ab und beeinflussen sich gegenseitig. Was im System passiert, ist kein linearer Ablauf, sondern ein Zusammenspiel.

Aus einer Bahn im Raum werden Zielwerte für Drehzahl, Position oder Drehmoment.

Spätestens hier zeigt sich, warum sich solche Systeme nicht einfach übertragen lassen. Ein Automated Guided Vehicle (AGV) in einem Logistikzentrum verhält sich anders als ein mobiler Roboter in der Produktion. Unterschiede ergeben sich aus Gewicht, Dynamik, Umgebung und Anforderungen an die Präzision. Damit verändern sich auch die Anforderungen an den Antrieb. Die Bewegung, die am Anfang berechnet wurde, muss zu genau dieser Anwendung passen. Das betrifft nicht nur einzelne Parameter, sondern die Auslegung des gesamten Systems – von der Regelung bis zur Mechanik. Dafür muss das mechatronische Verhalten des Systems im Detail verstanden werden. Erst dieses Verständnis ermöglicht es, den DriveTrain und die Regelung gezielt auf die jeweilige Anwendung auszulegen.

Am Ende fährt das Fahrzeug seine Strecke. Von aussen bleibt der Ablauf einfach. Im Inneren wurde diese Bewegung geplant, übersetzt, umgesetzt und laufend korrigiert.



Zum Autor

Fabian Vogel ist Geschäftsführer der maxon zub machine control AG. Gemeinsam mit seinem Team entwickelt er Motion-Control-Lösungen für komplexe mechatronische Antriebssysteme und begleitet Kunden bei

der Realisierung anspruchsvoller Automatisierungs- und Robotikanwendungen.

Für Sicherheit, die sich mitbewegt

Moderne Motion-Control-Systeme übernehmen immer anspruchsvollere Bewegungsaufgaben. Mit jeder zusätzlichen Achse steigen die Anforderungen an Dynamik und Präzision sowie an die funktionale Sicherheit.

Ob fahrerlose Transportsysteme, Cobots oder humanoide Roboter – überall dort, wo Maschinen mit Menschen oder anderen Maschinen zusammenarbeiten, muss sichergestellt sein, dass Bewegungen auch im Fehlerfall beherrschbar bleiben.

Die Anforderungen unterscheiden sich jedoch je nach Anwendung. Für viele industrielle Systeme reichen grundlegende Sicherheitsfunktionen wie Safe Torque Off (STO) oder Safe Brake Control (SBC) aus. Sie sorgen dafür, dass ein Antrieb im Fehlerfall sicher abgeschaltet oder eine Bremse kontrolliert angesteuert wird.

Mit zunehmender Autonomie und Dynamik steigen jedoch auch die Anforderungen an die Motion Control. Moderne Robotersysteme müssen Bewegungen nicht nur sicher stoppen, sondern teilweise auch während des Betriebs sicher überwachen. Dafür kommen sogenannte Safe-Motion-Funktionen zum Einsatz, etwa Safe Limited Speed (SLS) oder Safe Operating Stop (SOS). Die sichere Kommunikation erfolgt dabei häufig über Fail Safe over EtherCAT (FSoE).

«Von humanoiden über vierbeinige Roboter bis hin zu mobilen Manipulatoren kündigen diese Systeme bedeutende gesellschaftliche und industrielle Fortschritte an», sagt maxon Robotikexperte Mario Maurer. Gleichzeitig wachsen Sensorik, Rechenleistung und Antrieb immer stärker zusammen – und damit entwickeln sich auch die Anforderungen an die funktionale Sicherheit kontinuierlich weiter.

Die beiden Beispiele rechts zeigen, wie maxon Kunden entlang dieses Spektrums unterstützt – von Basic Functional Safety bis zu modernen Safe-Motion-Lösungen.

IDX 70 M Safe

Basic Functional Safety



Kompakte integrierte Antriebseinheit für mobile Robotik, Intralogistik und industrielle Automatisierung.

Safety

- Safe Torque Off (STO)
- Safe Brake Control (SBC)

Technische Highlights

- Bis 9.4 Nm Spitzenmoment
- Bis 960 W Leistung
- Schutzart IP65

High Efficiency Joint HEJ 90

Advanced Functional Safety



Integrierter Gelenkantrieb für moderne Robotik und hochdynamische Mehrachssysteme.

Safety

- Safe Motion
- FSoE (Fail Safe over EtherCAT)
- Roadmap für zukünftige Safety-Funktionen

Technische Highlights

- 140 Nm Spitzenmoment
- 75 Nm Dauermoment
- 2 kg Gewicht

Glossar

Basic Functional Safety

deckt grundlegende Sicherheitsfunktionen wie STO und SBC ab.

STO

Safe Torque Off

Schaltet das Drehmoment des Antriebs sicher ab.

SBC

Safe Brake Control

Steuert die Haltebremse sicher an.

Advanced Functional Safety

erweitert diese um sichere Bewegungsfunktionen (Safe Motion) und bildet die Grundlage für Robotik der nächsten Generation.

SLS

Safe Limited Speed

Überwacht eine definierte Höchstgeschwindigkeit.

SDI

Safe Direction

Überwacht die zulässige Bewegungsrichtung.

SSM

Safe Speed Monitor

Überwacht die tatsächliche Geschwindigkeit kontinuierlich.

SOS

Safe Operating Stop

Hält die Achse sicher in Position, ohne den Regler abzuschalten.

FSoE

Fail Safe over EtherCAT

Sichere Safety-Kommunikation über das EtherCAT-Netzwerk.

Unterstützung, die sich jedem Schritt anpasst

Das Rehabilitations-Exoskelett BEAR-H erkennt, wie aktiv Patient:innen beim Gangtraining mitarbeiten, und passt seine Unterstützung an. Möglich machen dies elastische Gelenkantriebe, eine Kombination verschiedener Sensoren und Motion-Control-Technologie.

Text **Fiona Zhang**

Für Menschen, die sich nach einem Schlaganfall, Rückenmarksverletzungen oder nach orthopädischen Eingriffen erholen, kann es ein langer Weg sein, das Gehen neu zu erlernen. Ein regelmässiges, wiederholbares Gangtraining spielt dabei eine wichtige Rolle. Die konventionelle Therapie ist jedoch stark von der Erfahrung und der körperlichen Leistung der Therapeuten abhängig. Robotische Rehabilitationssysteme können diese Arbeit ergänzen, indem sie Bewegungsabläufe reproduzierbar unterstützen und die Hilfe individuell dosieren.

Das chinesische Unternehmen Mile-Bot Robotics mit Sitz in Shenzhen entwickelt robotische Systeme für die Rehabilitation. Zum Portfolio gehören verschiedene Exoskelette und Gangassistenzsysteme für Erwachsene und Kinder. Mit der BEAR-H-Serie konzentriert sich MileBot auf das Training von Menschen mit eingeschränkter Bewegungsfähigkeit der unteren Extremitäten.

Kraft kontrolliert übertragen

Im Zentrum des Systems stehen selbst entwickelte Series Elastic Actuators, kurz SEA mit maxon Technologie. Anders als starre Antriebe besitzen sie ein elastisches Element zwischen Motor und Gelenk. Dadurch können sie Kräfte abfedern, anstatt diese unmittelbar auf den Körper zu übertragen.

Das ist insbesondere bei Schlaganfallpatienten relevant, bei denen die Muskelspannung plötzlich ansteigen oder eine Spastik auftreten kann. In solchen Situationen verformt sich die elastische Struktur reversibel und reduziert die auf das Gelenk wirkende Kraft. In-

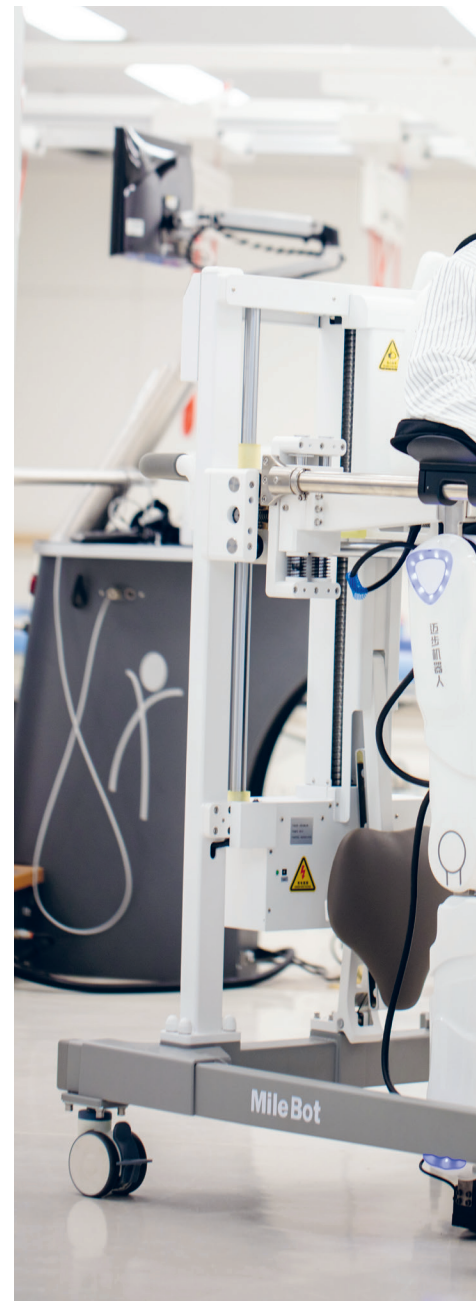
tegrierte Drehmomentsensoren messen zugleich, wie stark sich die Patientin oder der Patient aktiv an der Bewegung beteiligt. Das System ergänzt nur die noch benötigte Kraft: Je aktiver die Bewegung, desto geringer die Unterstützung durch das Exoskelett.

Bewegungsabsicht erkennen

Um die Bewegungsabsicht zu erfassen, kombiniert das BEAR-H verschiedene Sensordaten. Drucksensoren unter den Füßen erkennen die einzelnen Phasen des Gangzyklus. Encoder und Inertialsensoren erfassen Position und Bewegung der Beine. Zusammen mit den Drehmomentmessungen in den Gelenkantrieben ermöglichen diese Signale dem Steuerungssystem, einen eingeleiteten Schritt zu erkennen und das unterstützende Drehmoment in Echtzeit anzupassen. Für Schlaganfallpatienten mit halbseitiger Lähmung steht zudem ein spezieller Trainingsmodus zur Verfügung, bei dem die Eigenaktivität den nächsten Schritt auslöst.

Im Antriebssystem kommen maxon Motoren der Baureihen DCX 35 L und RE 40 zum Einsatz. Für die Regelung der Motoren sorgen EPOS4 Module 50/15 von maxon. Über die präzise Stromregelung lässt sich das Motordrehmoment dynamisch steuern. So kann das System schnell und kontrolliert auf die Bewegungen der Patientinnen und Patienten reagieren.

Mit elastischen Gelenkantrieben, integrierter Sensorik und adaptiver Bewegungssteuerung unterstützt BEAR-H intensives Gangtraining und fördert die aktive Mitarbeit der Patient:innen.



In der Rehabilitation unterstützen Exoskelette wie BEAR-H den Muskelaufbau.



Bild: ZVG / MilleBot Robotics



Bild: ZVG / Pegatron Corporation

Pegatrons Quadruped SIMBA II läuft mit High Efficiency Joints von maxon.

Eine Plattform für intelligente Robotik

Moderne Roboter stellen immer höhere Anforderungen an die Bewegungssteuerung. Mit ihrer Partnerschaft wollen Pegatron und maxon Technologien für künftige Plattformen entwickeln.

Text Flora Lin

Die taiwanesische Pegatron Corporation und maxon haben eine strategische Partnerschaft im Bereich Robotik bekannt gegeben. Gemeinsam wollen die Unternehmen Technologien für robotische Gelenkantriebe, Motormodule und integrierte Robotersysteme entwickeln. Im Fokus stehen Bewegungssteuerung, Sensorintegration und Edge-AI-Anwendungen für autonome Systeme. Die Zusammenarbeit umfasst Technologien, die sich flexibel an unterschiedliche Anwendungen und Einsatzumgebungen anpassen lassen.

Ein erstes Ergebnis wurde auf der Computex in Taipeh, Taiwan, vorgestellt: Die vierbeinige Robotikplattform SIMBA II setzt auf den High Efficiency Joint 90 (HEJ 90) von maxon.

Dass Pegatron dabei auf ein integriertes Gelenkmodul setzt, ist Ausdruck eines breiteren Trends. Moderne Roboter verfügen über immer mehr Freiheitsgrade. Mit jeder zusätzlichen Achse steigen die Anforderungen an Regelung, Verkabelung und Systemintegration. Gleichzeitig

wachsen Sensorik, Rechenleistung und Antrieb immer stärker zusammen.

Gemeinsam weiterkommen

Robotikplattformen wie SIMBA II vereinen Sensorik, künstliche Intelligenz, Software und präzise Antriebstechnik zu einem Gesamtsystem. Während die übergeordnete Bewegungsplanung und Autonomie in der Robotiksoftware umgesetzt werden, sorgen integrierte Gelenkantriebe für die präzise und dynamische Bewegung der einzelnen Achsen.

Mit dem High Efficiency Joint 90 liefert maxon dafür einen zentralen Baustein der Robotikplattform. Pegatron bringt seine Kompetenz in Systementwicklung, Edge AI und industrieller Fertigung ein.

SIMBA II stellt den Anfang dieser Partnerschaft dar, die nun weitergehen soll. Künftig soll die Zusammenarbeit den Einsatz intelligenter mobiler Robotersysteme in industriellen, kommerziellen und spezialisierten Anwendungen weiter vorantreiben.

Von der Frage zur Lösung

Wie der maxon Motion Control Support die Kunden von der ersten Analyse bis zur Lösung begleitet.

Text **Urs-Ueli Schorno**

Eine schnelle Antwort ist wichtig. Doch bei Motion-Control-Anwendungen ist zunächst oft etwas anderes entscheidend: eine präzise gestellte Frage und das korrekte Systemverständnis. Erst wenn der Systemaufbau und die Anforderungen verstanden sind, lassen sich Optimierungen vornehmen, Fehlerursachen eingrenzen und passende Lösungen finden. Genau darin liegt die Aufgabe des Motion-Control-Supports.

Rund 3000 bis 4000 technische Anfragen bearbeitet das Team jedes Jahr. Manche lassen sich innerhalb weniger Minuten beantworten, andere beschäftigen die Mitarbeitenden über mehrere Tage. Entsprechend unterschiedlich sind auch die Aufgaben – von der Inbetriebnahme über Konfigurationsberatung bis hin zur Analyse komplexer Systeme und des Zusammenspiels ihrer Komponenten.

Jürgen Wagenbach leitet den Motion Control Support am Hauptsitz von maxon. Gemeinsam mit seinem Team unterstützt er Kunden weltweit bei Fragen rund um Antriebslösungen mit maxon Motoren, ESCON- und EPOS-Steuerungen sowie deren Integration in übergeordnete Systeme. Eine schnelle erste Rückmeldung an den Kunden ist ihm besonders wichtig. «Das muss noch nicht die Lösung sein», sagt er. «Aber der Kunde soll wissen, dass wir uns darum kümmern.»

Wenn aus einer Frage eine Lösung wird

Wer den Motion-Control-Support kontaktiert, erhält häufig zunächst einige Rückfragen. Welche Komponenten sind verbaut? Was funktioniert nicht wie erwartet? Was wurde bereits getestet?

Für Kunden mag das zunächst ungewohnt wirken. Tatsächlich helfen diese Informationen, das Antriebssystem in seiner Komplexität korrekt zu verstehen und die relevanten Punkte schneller einzugrenzen. Viele dieser Fragen würden im Verlauf einer Beratung ohnehin auftauchen. Je vollständiger das Bild am Anfang ist, desto präziser lässt sich unterstützen.

Gleichzeitig wird bei der Problemlösung bewusst ein Schritt weitergedacht und «über den Tellerrand hinausgeschaut», wie Wagenbach sagt. Hin-

weise auf zusätzliche Aspekte und mögliche Folgethemen erweitern den Blick auf die Anwendung und können weitere Optimierungsmöglichkeiten sichtbar machen. Der Kunde profitiert dabei von den Erfahrungen der maxon Spezialisten und kann typische Stolpersteine vermeiden.

Die Ursache liegt oft woanders

«Die Steuerung meldet einen Fehler. Das heisst aber noch lange nicht, dass die Ursache auch in der Steuerung liegt», erklärt Jürgen Wagenbach.

Gerade Motion-Control-Anwendungen bestehen aus dem Zusammenspiel von Controller, Motor, Sensorik, Elektronik, Software, Mechanik und meistens auch aus Komponenten von Drittanbietern. Eine Fehlermeldung kann deshalb viele Ursachen haben – von einer beschädigten Leitung oder einem defekten Sensor bis hin zu einer fehlerhaften Parametrierung oder einem gestörten Datenaustausch zwischen Motorsteuerung und übergeordneter Steuerung, etwa einer SPS. Es ist deshalb wichtig, den gesamten Systemaufbau zu verstehen, um mögliche Ursachen eingrenzen zu können.

Ein Team – viele Kompetenzen

Jede Anfrage wird über ein Ticketsystem erfasst und strukturiert bearbeitet. Ziel ist eine erste Rückmeldung innerhalb von 24 Stunden. Oft gibt es eine erste Reaktion – welche bereits die Antwort oder auch ergänzende Fragen beinhalten kann – innert 2 Stunden. Lässt sich eine Fragestellung nicht unmittelbar beantworten, werden die passenden Fachbereiche einbezogen – beispielsweise Entwicklung, Application Engineering oder das Academy-Schulungsteam von maxon.

Die maxon Academy vermittelt dabei nicht nur Wissen in Schulungen, sondern stellt auch Unterlagen zum Selbststudium, Video-Tutorials und praxisnahes Know-how zur Verfügung. Für den Kunden bleibt der Ablauf dennoch möglichst einfach. «Wir schicken den Kunden nicht von A nach B», sagt Jürgen Wagenbach. Stattdessen koordiniert der Support die Bearbeitung und bündelt die relevanten Informationen für den konkreten Anwen-

«Die Steuerung meldet einen Fehler. Das heisst aber noch lange nicht, dass die Ursache auch in der Steuerung liegt.»

Jürgen Wagenbach,
Leiter Technischer Support des CCMC



dungsfall. Technische Grundlagen und notwendige Massnahmen werden dabei, wie Jürgen Wagenbach sagt, «in der Sprache des Kunden» vermittelt – mit dem Ziel, die vorgeschlagene Lösung verständlich und erfolgreich umsetzbar zu machen.

Aus Fragen wird Wissen

Einige grundlegende Fragestellungen tauchen in ähnlicher Form immer wieder auf. Wo sinnvoll, fliessen die Erkenntnisse daraus in Updates technischer Dokumente ein oder werden als FAQs im Support Center verfügbar gemacht. Sie helfen Kunden, ähnliche Aufgaben künftig schneller zu lösen, und unterstützen gleichzeitig die tägliche Arbeit des Supports. So trägt jede Supportanfrage nicht nur zur Antwort auf eine technische Frage bei, sondern hilft auch dabei, Wissen für künftige Kunden und Anwendungen verfügbar zu machen.

Motion Control Support auf einen Blick

- Rund **3000–4000** technische Anfragen pro Jahr
- Ziel: **erste Rückmeldung innerhalb von 24 Stunden**
- Unterstützung bei Inbetriebnahme, Parametrierung, Systemauslegung und Fehlersuche
- Strukturierte Bearbeitung über ein Ticketsystem
- Zusammenarbeit mit Entwicklung, Produktmanagement, Application Engineering und weiteren Fachbereichen
- Fokus auf technische Beratung und Hilfe zur Selbsthilfe

Kontakt: support@maxongroup.com
oder support.maxongroup.com



Ein Blick auf den maxon Hauptsitz in der Schweiz: Idyllisch am Rande des Ortes Saxels gelegen, links der Sarnersee.

Wir sind maxon

1961 beginnt die Geschichte von maxon in der Schweiz mit acht Mitarbeitenden.

Schon bald investiert das Unternehmen in erste eigene Betriebsräume und eine kleine Produktionshalle. Heute arbeiten 3200 Personen für das Unternehmen.

Jeder Weg hat seinen Anfang, und derjenige von maxon beginnt mit einer behördlichen Anordnung. Das deutsche Unternehmen Braun unterhielt in der Schweiz eine Vertriebsgesellschaft. In den 1950er Jahren traten die Schweizer Behörden an die Firma Braun heran und stellten dem Unternehmen ein Ultimatum: Wenn es seine Produkte über die Schweiz vertreiben will, dann muss es hier auch einen Produktionsbetrieb unterhalten. Und dieser solle am besten in einer strukturschwachen Schweizer Region aufgezogen werden.

Die Familie Braun tat wie ihr geheissen, die Wahl fiel auf den Kanton Obwalden im Herzen der Schweiz. Im Jahre 1961 wurde die Interelectric AG

mit acht Mitarbeitenden gegründet (und später in maxon umbenannt) und nahm schon bald ihre Produktionstätigkeit auf. Gefertigt wurden damals Scherfolien für die Braun-Rasierapparate.

Doch dann stand die Zukunft der jungen Firma plötzlich auf dem Spiel: Braun wurde 1967 an die amerikanische Gillette Company verkauft. Die Scherfolien wollte Gillette selber produzieren, gewährte der maxon aber eine Übergangsfrist.

Die eisenlose Wicklung

Eine neue Idee musste her, und für maxon war die Zeit der Pioniere gekommen: Das damalige Führungsteam sah in der Fertigung von kleinen, prä-



zisen Elektromotoren eine Zukunft. Innert kürzester Zeit wurde nach einer Forschungsphase ein ganzes Gleichstrommotoren-Sortiment aufgebaut. Mit einer besonderen, patentierten Innovation: der eisenlosen Wicklung. Die Motoren erzielten so einen hohen Wirkungsgrad und deren Langlebigkeit setzte neue Standards.

Bei dieser ersten Motorenserie blieb es bekanntlich nicht: Innovation hatte stets oberste Priorität bei maxon. So wurde aus dem kleinen Pionierbetrieb ein weltumspannendes Unternehmen. Heute zählt maxon 3200 Mitarbeitende weltweit, betreibt zehn Produktions- und Montagewerke und über 40 Vertriebsstandorte.

Das Unternehmen ist weiterhin im Besitz der Familie Braun. Fünf Millionen Antriebseinheiten verlassen die Produktionsstätten jedes Jahr. Das Anwendungsfeld unserer Motoren ist riesig: Von Insulinpumpen über Logistikroboter bis zum NASA-Rover für den Planeten Mars leisten sie zuverlässig ihren Dienst.

Am Anfang stand Druck von den Behörden – am Ende steht ein innovatives Unternehmen, das gewachsen und gediehen ist. Und das dem Pioniergeist von 1961 nie abgeschworen hat; dieses Erbe ist nach wie vor tief im Unternehmen verwurzelt.

Was wir tun

Antriebssysteme aus einer Hand

maxon entwickelt kompakte, präzise und zuverlässige Antriebssysteme. Motor, Getriebe, Sensorik, Steuerungselektronik und Software werden dabei als Gesamtsystem betrachtet und optimal aufeinander abgestimmt – von der einzelnen Komponente bis zur vollständig integrierten Antriebslösung.

Massgeschneiderte Lösungen

Wo Standardprodukte nicht ausreichen, passen wir bestehende Komponenten an oder entwickeln kundenspezifische Lösungen. Unsere modulare Produktpalette bildet dafür eine vielseitige Grundlage – auch für anspruchsvolle Anwendungen in Medizintechnik, Robotik, Industrie sowie Luft- und Raumfahrt.

Motoren

Das Portfolio umfasst bürstenbehaftete und bürstenlose DC-Motoren, Servomotoren sowie Frameless-Motoren zur direkten Integration. Sie verbinden hohe Leistungsdichte mit Dynamik, Laufruhe und langer Lebensdauer und lassen sich flexibel an unterschiedliche Anwendungen und Einbausituationen anpassen.

Getriebe

Planeten-, Winkel- und Wellgetriebe ergänzen die Motoren zu kompakten Antriebseinheiten. Sie ermöglichen hohe Drehmomente, präzise Bewegungen und flexible Übersetzungen auf kleinem Raum.

Sensoren und Steuerungselektronik

Encoder und Hallensoren liefern die Rückmeldungen für eine präzise Regelung von Position, Drehzahl und Drehmoment. Die passende Steuerungselektronik verbindet Antrieb und Software zu einem intelligenten, leistungsfähigen und sicheren System.

Ob in chirurgischen Robotern, auf dem Mars oder 10 000 Meter unter Wasser: Unsere Antriebe und Steuerungen sorgen zuverlässig für präzise Bewegung.

Sie wollen etwas in Bewegung bringen – und wissen noch nicht, wie?

maxon kann Motion Control. Unser Team freut sich darauf, gemeinsam mit Ihnen die passende Lösung für Ihre Anwendung zu finden.

Nehmen Sie Kontakt mit uns auf:
contact.maxongroup.com

maxon