

**Mechatronische Perspektiven aus Sicht der angewandten Forschung**

# Mechatronik – Technologie-domäne der Zukunft?

**«Mechatronik» steht für das synergetische Zusammenwirken bzw. für das vernetzte Zusammenspiel von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik. Aus diesem Spannungsfeld entstanden in den vergangenen Jahren völlig neue Lösungsansätze und industrielle Entwicklungspotenziale. Auch ist die Mechatronik im Ausbildungsberuf heute fester Bestandteil an Lehranstalten und Hochschulen, d. h. Mechatronik hat sich zur Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts entwickelt.**

**Z**iel der Mechatronik ist die effiziente Integration mechanischer, elektronischer und informationsverarbeitender Komponenten zu einem intelligenten Gesamtsystem. Immer mehr Unternehmen stellen sich darum so auf, dass diese bisher getrennten Disziplinen gemeinsam agieren. Dabei ergeben sich – richtig angewandt – grosse Entwicklungspotenziale – sowohl für bestehende als auch für innovative neue Produkte, die in allen Bereichen des traditionellen Maschinen- und Anlagenbaus, in der Antriebstechnik, in der Montage- und Handhabungstechnik (um nur einige Beispiele zu nennen) eine verbesserte Wertschöpfung versprechen, da sie durch flexible modulare Produktionslösungen schnell konstruiert, montiert und in Betrieb genommen werden können.

## Sind wir damit bereits am Ende der Mechatronik?

Darüber sprach die Redaktion der Technica mit Prof. Dr. Ing. Hans Wernher van de Venn, Leiter des Instituts für mechatronische Systeme (IMS) der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, mit Sitz in Winterthur.

**Wird die Bedeutung der «Mechatronik» in den Betrieben noch unterschätzt? Denn davon zu reden und sich dazu zu bekennen, ist ja nur eine Sache!**

**Prof. Dr. Ing. van de Venn:** Zunächst freue ich mich, dass Sie zu dieser weitreichenden Thematik auch einmal die angewandte Forschung befragen, und ich kann Ih-

nen versichern, dass wir in diesem Fachgebiet, was die industrielle Anwendung betrifft, noch sehr am Anfang stehen. Mechatronik ist zwar schon seit einigen Jahrzehnten ein sehr aktuelles Thema, aber bekanntlich dauert es immer eine Weile, bis sich Veränderungen in der Industrie wirklich durchsetzen. Ich denke jedoch, dass wir jetzt an dem Punkt angelangt sind – und dies bemerken wir hier an der Hochschule für angewandte Wissenschaften ganz besonders – wo gezielt Bedürfnisse seitens der Industrie angefragt werden. Wir sind heute auf dem Stand, dass man nicht nur darüber spricht, sondern auch versteht, was mit dem Begriff Mechatronik gemeint ist. Im modernen



**«Im modernen Maschinenbau sind die Mechatronik und deren Modularität und Interdisziplinarität der Schlüssel für flexible Systeme, wie sie zum Beispiel in der Produktion, aber im Grunde für alle Bereiche der Technik gefordert werden. Wichtig ist es, die etablierten Grenzen zwischen den Disziplinen Mechanik, Elektronik und Software im Betriebsalltag zu überwinden.»**

### Das Interview führten

Martin Gysi Chefredaktor Technica, und  
Manfred Krazer, Redaktionsmitarbeiter

Maschinenbau sind die Mechatronik und deren Modularität und Interdisziplinarität der Schlüssel für flexible Systeme, wie sie zum Beispiel in der Produktion, aber im Grunde für alle Bereiche der Technik gefordert werden. Wichtig ist es, die etablierten Grenzen zwischen den Disziplinen Mechanik, Elektronik und Software im Betriebsalltag zu überwinden. Daraus folgt auch, die oftmals noch bestehende mangelnde Kommunikationsqualität zwischen den Vertretern der drei Disziplinen zu verbessern.

**Welche Veränderungen in den Organisationsformen der Unternehmen sind Ihrer Meinung nach erforderlich, um die mechatronische Technologiedomäne wirkungsvoll anzuwenden?**

**Van de Venn:** Die Mitarbeiter müssen zunächst lernen, über den «Tellerrand» hinauszublicken und in ganzheitlichen Systemen zu denken. Nicht nur die Mechatronikkomponenten müssen perfekt zusammenarbeiten, sondern vorher erst einmal die Entwicklungsingenieure. Das ist vor allem auch ein organisatorisches Problem.

Beim Start eines neuen Projektes sollte bereits begonnen werden, mechatronisch zu denken und zu handeln, d. h. die frühzeitige Verschmelzung der drei Bereiche einzuleiten und die Projektleitung zum Beispiel der mechatronischen Entwicklungsabteilung zu übergeben.

Eine systematische Neustrukturierung der Engineering-Prozesse und eine mechatronische Produktentwicklung mit dem Ziel der Bauteilmodularisierung und -standardisierung stehen klar im Vordergrund. Hierzu müssen mechatronische Komponenten und Abläufe definiert werden, die jeweils spezifische Informationen aus Mechanik, Elektronik und Steuerungstechnik enthalten. Diese Ansätze und die zugrunde liegenden Datenstrukturen ebnen den Weg für ein disziplinübergreifendes Engineering, das deutlich kürzere Entwurfs- und Entwicklungszeiten benötigt. «Concurrent Engineering» ersetzt dabei das konventionelle Vorgehen nach der altherge-

brachten Methode: «Erst die Maschinenkonstruktion, dann die Elektrokonstruktion und zum Schluss die Entwicklung der Software». Diese sequenzielle Methode kann sich heute kein international aufgestelltes Unternehmen mehr leisten.

**Das Institut für mechatronische Systeme ist eine der führenden Institutionen für angewandte Forschung und Entwicklung in der Mechatronik. In enger Kooperation mit Industrieunternehmen verbinden die Mitarbeiter wissenschaftliche Erkenntnisse, Know-how und modernste Laborausstattung und schaffen damit innovative Projekte für die Produktion von morgen.**

**Welche neuen Anwendungsgebiete erschliessen Sie mit ihrer Forschungsarbeit?**

**Van de Venn:** Es kommen aus nahezu allen Bereichen der Industrie Anfragen, mechatronische Gedanken, Strategien und Systeme zu entwickeln, um bestehende Produkte zu verbessern oder neue effektiver zu gestalten, möglicherweise auch ausgelöst durch die allgemeine Wirtschaftskrise. Wirklich neu ist sicherlich, dass man mit Mechatronik nun auch Grenzen überschreitet, die lange als unüberwindbar galten. Die Medizintechnik z. B. bedient sich heute mechatronischer Systeme, sowohl zur Diagnose als auch zur Planung von operativen Eingriffen. Ausserdem zur Therapie, Rehabilitation und Nachsorge. Die landwirtschaftliche Produktion profitiert von der Mechatronik, wenn durch Systeme wie die autonome Pflanzenerkennung- und -behandlung die Arbeit für den Menschen körperlich weniger anstrengend, effizienter und umweltfreundlicher wird. Maschinen und Geräte werden durch elektronisch gesteuerte, aktive Komponenten allgemein leistungsfähiger und verlustärmer.

Die Produktion von Verbrauchsgütern lässt sich durch intelligente, mechatronische Systeme sehr schnell dem tatsächlichen Bedarf anpassen und so flexibel gestalten, dass – trotz hohen Stückzahlen – Produkte mit individuellen Merkma-

len produziert werden können. Selbst Bereiche, die man zunächst überhaupt nicht mit der Mechatronik in Verbindung bringt, wie die Verbrechensbekämpfung, profitieren von mechatronischen Systemen. Zum Beispiel in der Forensik, wo Tatortspuren aufgenommen, gesichert, ausgewertet und verglichen werden, bringt die Mechatronik immense Fortschritte. Wir arbeiten gerade an einer Entwicklung, die wahrscheinlich die Forensik bezüglich der Trefferquote und Zuverlässigkeit, aber auch der Handhabung durch Polizeibeamte auf eine ganz neue Basis stellen wird. Scherzhaft bezeichnete bereits einer meiner Mitarbeiter unsere Gruppe, welche sich mit der Verbesserung forensischer Methoden beschäftigt, als «CSI Winterthur».

Manchmal sind es aber auch ganz «abgedrehte» Ideen, mit denen wir uns, fast immer im Auftrag von Industriepartnern, beschäftigen. Glauben Sie, dass ein Sessellift für Skifahrer ein mechatronisches System sein kann? Eigentlich kaum, aber wenn ich sage, dass dieser Sessellift aus Hightech-Materialien gebaut wird, ergonomisch geformt ist, so dass er auch von Snowboardern ohne blaue Flecken genutzt werden kann, eine Sitzheizung aufweist, Sensoren besitzt, Skifahrer am Zielort (sehr sanft) abstossen kann, ein Informationssystem für Benutzer enthält, aktive Displays für Werbebotschaften in den Sitzflächen integriert hat und er zu guter Letzt auch noch im Sommer für Mountainbiker genutzt werden kann, dann könnte das doch schon sein.

Besonders aktiv in der Nutzung der Vorteile der Mechatronik sind zurzeit die Luft- und insbesondere die Raumfahrt. In enger Zusammenarbeit zwischen einem Schweizer Raumfahrtunternehmen und unserem Institut entwickeln wir derzeit ein mechatronisches System zur optischen Kommunikation im Weltraum. Damit wird es gelingen, viel höhere Datenraten als mit den heutigen funkbasierten Systemen zu erreichen. Man kann sich das ungefähr so vorstellen wie der Unterschied zwischen Internet mit einem



«Die Mitarbeiter müssen zunächst lernen, über den Tellerrand hinauszublicken und in ganzheitlichen Systemen zu denken. Nicht nur die Mechatronikkomponenten müssen perfekt zusammenarbeiten, sondern vorher erst einmal die Entwicklungsingenieure. Das ist vor allem auch ein organisatorisches Problem.»

analogen 56-k-Modem und einem schnellen DSL-Zugang. Die Informationen werden aber im Weltraum natürlich nicht per Kabel übertragen, sondern per Laserstrahl und dabei müssen sie einen relativ kleinen Punkt auf der Erde (10 m Spiegelteleskop) mit dem ausgesendeten Strahl aus 400 Millionen Kilometern treffen. Dies entspricht der weitesten Distanz zwischen Mars und Erde. Das ist etwa so, als müsste man eine Stubenfliege aus einem Kilometer Entfernung mit einem Laserpointer ins Auge treffen – im Flug natürlich. Dies erfordert eine hochpräzise und gleichzeitig hochdynamische, geregelte und weltraumtaugliche Ausrichteinheit. Und genau da setzt die Mechatronik ein. Übrigens könnte man daraus, sozusagen als «kommerzielles Abfallprodukt», eine laserbasierte, automatische Fliegenklatsche für daheim entwickeln oder, um beim Thema zu bleiben, ein mechatronisches Moskitonetz.

### **Können Sie uns weitere Beispiele Ihrer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten nennen?**

**Van de Venn:** Weitere Entwicklungsschwerpunkte liegen im Bereich der Roboter und der roboterbasierten Systeme für die Produktion und Automation. Daraus resultieren neue innovative Greif- und Werkzeugsysteme für die nächste Generation von Robotern, ausgerüstet mit entsprechender, lokaler Messtechnik. Weiterhin spielen kooperierende Roboter für die Produktion in Zukunft eine grosse Rolle. Noch kaum ein Anwender traut sich wirklich, solche Lösungen einzusetzen. Die Vorteile sind aber immens. Wenn z. B. ein Roboter ein Werkstück hält und ein anderer gleichzeitig eine Fügeoperation ausführen kann, so ist der Weg frei für die vorrichtunglose Montage. Auch für die Mensch-Roboter-Kooperation ergibt das interessante neue Möglichkeiten. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen ist es wichtig, Roboter flexibel einsetzen zu können, wie beispielsweise eine Bohrmaschine, die man schnell einsetzt und dann wieder weglagt. Heute ist das aus mehreren Gründen noch sehr problematisch. Einerseits sind es Sicherheitsgründe, denn Mensch und Roboter in einem Arbeitsraum ist eine Horrorgeschichte jedes Sicherheitsbeauftragten im Unternehmen. Andererseits fehlen absolute Messsysteme für die Führung des Roboters, unabhängig vom jeweiligen Standort. Hier haben wir in einem kürzlich abgeschlossenen EU-Projekt gemeinsam mit internationalen Partnern wichtige Fortschritte erzielen können.

Überhaupt werden unserer Meinung nach Assistenzsysteme, also Roboter, die den Menschen in bestimmten Situationen optimal unterstützen, in Zukunft sehr wichtig sein. Auch dies kommt aus einer Erfahrung, die wir in den Jahren der Entwicklung mechatronischer Systeme gemacht haben: Es gibt halt bestimmte Dinge, die der Mensch einfach besser kann. Und man kann nun sehr viel Geld und Energie hineinstecken, um auch solche Dinge zu automatisieren (was nicht immer

am Ende auch gelingt) oder man kann dies bewusst auch lassen. Menschliche Wahrnehmung, Wissen und Gehirnleistung, kombiniert mit Kraft, Ausdauer und Genauigkeit von Robotern, solche Konzepte können z. B. die Produktivität in KMUs stark erhöhen. Ein zunehmendes Feld nimmt heute bei uns auch die Entwicklung medizinischer Systeme und Instrumente ein.

### **Wo ergeben sich in diesem Fachbereich mechatronische Ansätze?**

**Van de Venn:** Die Medizintechnik ist ganz sicher ein Zukunftsmarkt mit beträchtlichen Steigerungsraten, dies gilt insbesondere für Europa. Man muss dies vor allem vor folgendem Hintergrund sehen: Zum einen spielt der massive demografische Wandel, bedingt durch den Geburtenrückgang und die deutlich verlängerte Lebenserwartung, eine wichtige Rolle. Zum anderen verändern sich die Krankheitsbilder bedingt durch die veränderten Lebens- und Umweltbedingungen der Menschen. Herzerkrankungen sind z. B. durch Stress, falsche Ernährung und Bewegungsmangel viel häufiger geworden als noch vor einigen Jahrzehnten. Und schliesslich ist es in der heutigen Medizin kaum noch möglich, ohne technische Hilfsmittel auszukommen. Es ist sogar so, dass neue technische Möglichkeiten überhaupt erst bestimmte, Erfolgsversprechende Behandlungsweisen ermöglichen, denken wir an die Computertomographie oder die gezielte Krebsbehandlung durch die Photonentherapie. Nun, was hat dies mit Mechatronik zu tun? Die Mechatronik ist auch hier der Schlüssel zur Entwicklung neuer Systeme und Hilfsmittel, die es ermöglichen, auf die heutigen Herausforderungen der Medizin und des Gesundheitswesens zu antworten.

Beispiel alternde Bevölkerung. Wir haben begonnen intelligente Systeme zu entwickeln, die es älteren Menschen erlauben, länger in ihrer gewohnten Umgebung zurechtzukommen, ohne sich in die Abhängigkeit eines Alters- oder Pflegeheimes begeben zu müssen (der Be-

darf an Platz und Pflegepersonal steigt, dies wird bereits in absehbarer Zeit zu Problemen führen). Dazu gehören relativ einfache Dinge wie elektronische, mikrocontrollerüberwachte und -gesteuerte Haushaltsgeräte aber auch Systeme zur Überwachung und Online-Übermittlung von Vitalparametern bis hin zu bewegungsunterstützenden Systemen, sog. Exoskelettsysteme, die man anziehen kann wie eine Jacke oder Hose. Intelligente Aktoren und Sensoren, vereinigt im mechatronischen System Exosklett, werden es in Zukunft ermöglichen, dass auch ältere oder behinderte Menschen Arbeiten verrichten, Lasten heben und sich bewegen können wie nicht behinderte Dreissigjährige.

Beispiel Behandlung von Herzerkrankungen. Das IMS entwickelt zusammen mit Chirurgen des Universitätshospitals in Zürich schon seit einigen Jahren ein System zur Automatisierung von Bypass-Operationen (siehe Artikel in Technica 02/09, «Die Kerbe, die Leben rettet»). Bypässe müssen gelegt werden bei drohenden Herzinfarkten aufgrund von verengten oder gänzlich undurchlässigen Herzkranzgefässen. Ein Leiden, welches durch die heutige Lebensweise so häufig vorkommt, dass die Chirurgen im Mehrschichtbetrieb fast wie am Fließband Bypässe legen. Hier sorgt die Mechatronik dafür, dass die Belastung für Chirurg und Patient minimal wird und das Ergebnis qualitativ nicht von der Arbeit eines «begnadeten» Chirurgen zu unterscheiden ist.

Beispiel neue Behandlungs- und Untersuchungsmethoden. Gemeinsam mit Industriepartnern wurde und wird beispielsweise am IMS der Grundstein für ein individuelles, genau auf die jeweilige Person, das persönliche Bewegungsprofil, die Belastung und weitere individuelle Parameter angepasstes Knieimplantat entwickelt. Bei der Entwicklung der sog. Endoprothesen wird bisher lediglich der Knochen «nachgebaut», ohne die sehr komplexe und individuell stark unterschiedliche Umgebung des Kniegelenkes mit einzubeziehen. Um diese zu erfassen,

wurde ein Messverfahren, basierend auf einem Industrieroboter und einem 6-Achsen-Kraftsensor, entwickelt und getestet, welches in der Lage ist, die verschiedenen Bewegungsmuster zu erzeugen und daraus schlussendlich die optimale Prothese zu berechnen. Nebeneffekt dieser Entwicklung ist, dass das Verständnis für die Abläufe im Kniegelenk wesentlich erweitert werden konnten.

### **Auch die Automatisierung von Produktionsabläufen steht im Visier der Mechatronik, welchen Beitrag leistet hierbei Ihr Institut?**

**Van de Venn:** Die Produktion steht ja schon lange im Visier der Automatisierungstechnik und damit der Mechatronik. Nur wurde bisher, leider, muss man aus heutiger Sicht sagen, eine möglichst hohe Automatisierung bei weitestgehender Senkung der Lohnkosten dem mechatronischen Aspekt untergeordnet. Das hat uns dazu geführt, den Menschen in diesen Abläufen fast gänzlich ausser Acht zu lassen, er war eh ein störender Faktor insbesondere in Bezug auf die Kosten. Heute zeigt sich, dass diese Sichtweise viel zu kurz angelegt ist, um alleine damit international konkurrenzfähig zu sein. Viel mehr geht es darum, die Konkurrenzfähigkeit europäischer Unternehmen (und da zählt die Schweiz auch dazu) dadurch zu steigern, dass echte Mehrwerte geschaffen werden. Hohe Leistungsfähigkeit, kundenspezifische Anpassung, Flexibilität in den Prozessen, neue Business-Modelle, der Mensch als wichtigstes Kapital im Unternehmen und die Aufwertung des Servicebereichs sind solche Mehrwerte, auf die wir heute setzen müssen. Das Ganze geht aber nur, wenn wir nicht wie bisher auf dumpe Automation setzen, sondern auf intelligente Produktionssysteme, d. h. wir müssen auf allen Ebenen des Produktionsprozesses Wissen und Intelligenz implementieren, ausgehend von intelligenten Maschinen bis hinunter auf einzelne Funktionselemente im Mikro- oder gar Nanomassstab. Auch

das Engineering neuer Produkte muss wissensbasiert erfolgen, dies wird unser wesentliches Kapital im globalen Wettbewerb sein.

Nun, nach dieser kurzen Einführung werden Sie die Antwort auf Ihre eingangs gestellte Frage ahnen, welchen Beitrag leisten wir, welchen Beitrag leistet die Mechatronik. Eben auch in der letzten Zeit ist klar geworden, dass die Mechatronik hier einen, wenn nicht den entscheidenden Beitrag leisten kann. Wir sind zum Beispiel mit weiteren Hochschulpartnern und vor allem Industrieunternehmen in der EU-weiten Technologieplattform ManuFuture tätig. ManuFuture-EU setzt sich fort in den nationalen Plattformen wovon ManuFuture-CH eine ist (siehe: [www.manufuture.org](http://www.manufuture.org) und [www.manufuture.ch](http://www.manufuture.ch)). Unser Anliegen ist es, genau die oben geschilderte Strategie «Integrated Knowledge and Mechatronics» in der Produktionstechnik umzusetzen. Dazu sind wir auf nationaler Ebene tätig, beispielsweise im KTI F&E Konsortium ManuFuture und im Verein ManuFuture-CH mit Schwerpunktprogrammen, aber auch gezielt in nationalen Förderprojekten mit Industrieunternehmen zu ganz spezifischen Problemstellungen wie beispielsweise Assistenzrobotik, kooperierende Roboter, vorrichtunglose Montage, um nur einige zu nennen. Daneben machen wir auf der nationalen Ebene nicht halt. Das Thema ist ein europäisches Thema und demzufolge initiieren wir ebenso Projekte im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU mit internationalen Partnern, vorzugsweise im Bereich NMP (Nanosciences, nanotechnologies, materials & new production technologies).

Durch unsere Aktivitäten in diesem Bereich sind wir auch zu einem gefragten Know-how-Provider für die Industrie geworden. Wir haben vor Kurzem eine sehr interessante Anfrage aus der Flugzeugindustrie erhalten, wo ganz konkreter Bedarf besteht, die Produktion und insbesondere die Automatisierung der Produktionstechnik unter mechatronischen Aspekten zu untersuchen. Das ist anwendungsorientierte For-

schung, wie wir sie uns vorstellen und offensichtlich auch unsere Industriepartner.

**Die Findung und Entwicklung neuer Produkte oder die Verbesserung vorhandener Projekte ist die eine Seite, sollte im Fokus nicht auch die Optimierung des Kosten-Nutzungs-Verhältnisses solcher Produkte stehen?**

**Van de Venn:** Wie eingangs erwähnt stehen wir bezüglich vieler Dinge industriell erst am Anfang, aber schon jetzt zeigen sich die Vorteile, dass mechatronische Produkte gegenüber bisherigen konventionellen Lösungen eine unerwartete, ja geradezu verblüffende Leistungsbilanz aufweisen – und dies teilweise sogar zu einem geringeren Preis! Ein Beispiel aus der Antriebstechnik. Insbesondere für Leistungen unter 1 kW greift der Entwickler schnell mal zum Elektromotor mit Getriebe, was auch sonst? Eine Steckdose hat jeder, die Komponenten (Motor und Getriebe) sind ausgereift und zuverlässig, und zur Not berechnet der Applikationsingenieur des Antriebsherstellers schnell mal die passende Kombination. Natürlich hat diese dann auch ein optimales Kosten-Nutzen-Verhältnis, jeder Applikationsingenieur kann einem das sauber darlegen, aber denkt jemand im Drange der Geschäfte mal daran, dass es auch ganz anders geht? Wir haben eben genau aus dieser Überlegung heraus ein neues Antriebssystem entwickelt und dabei mechatronisch gedacht. Zehnmal höhere Kraft zum gleichen Preis oder gleiche Leistung zu einem Drittel der Kosten, unmöglich? Nein, Mechatronik! Eine Kombination aus Elektrik, Hydraulik, Sensorik und Embedded Control. Alles bewährte Komponenten, schlau kombiniert, ergeben zusammen ein Antriebssystem, welches konventionellen Elektromotor-Getriebe Kombinationen nicht nur technisch überlegen ist, sondern welches auch ein deutlich besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis hat. Übrigens betrifft dies nicht nur den reinen Antrieb als solchen, sondern auch den Service und die Wartung der Einheit, dies ist das, was

den Anwender interessiert und einen echten Mehrwert darstellt.

Warum gab es das dann nicht schon vorher? Eben das ist der Grund, warum ich sage: wir stehen noch am Anfang. Mechatronik konsequent zu Ende gedacht wird noch viele Möglichkeiten eröffnen, die wir heute nicht sehen, weil wir noch zu sehr einer «sequenziellen» Denkweise verfallen sind.

**Spielt dabei die Wiederbenutzbarkeit mechatronischer Bausteine eine Rolle?**

**Van de Venn:** Auf jeden Fall. Die variantenreiche Kombinationsmöglichkeit wiederverwendbarer Software-, Elektronik- und Mechanik-Module ist ein wichtiges Thema und integraler Bestandteil im Rahmen der mechatronischen Entwicklungsstrategie und der dafür eingesetzten Tools. Dabei nutzen wir ein breites Spektrum von Methoden und Werkzeugen zur Modellierung und Simulation. Daraus resultiert ein nicht unerheblicher wirtschaftlicher Wettbewerbsvorteil: kürzere Entwicklungszeiten und höhere Effizienz bei der Realisierung. Das oben vorgestellte Beispiel des Antriebssystems zeigt es: Keine der eingesetzten Einzelbausteine für sich genommen ist wirklich neu, aber die geschickte Kombination unter mechatronischen Gesichtspunkten gibt ein neues, innovatives Produkt.

**Ergeben sich auch aus der «Bionik» (das Lernen von der Natur) neue Lösungsansätze, bei der die Mechatronik Einfluss nimmt – oder spezifischer formuliert – ergeben sich in der Kombination dieser Fachbereiche neue Ansätze für nachhaltige mechatronische Produktentwicklungen?**

**Van de Venn:** In der Automation z. B. werden Flexibilität, Leichtigkeit in Bezug auf die zu bewegenden Massen und Energieeffizienz immer wichtiger. Die Natur zeigt in den vielfältigsten Beispielen, wie man mit einem Minimum an Energieverbrauch ein Maximum an Leistung erzielen kann. Dazu hat sie auch lange Zeit gehabt. Die Evolution, also das Hervorbringen immer

neuer Varianten, zunächst einmal ohne eine bestimmte Optimierungsvorgabe hat unzählige verschiedene Varianten hervorgebracht, wie man sich z. B. fortbewegen kann. Die Selektion hat dann dazu geführt, dass diejenigen sich durchsetzen, welche für ein Individuum vorteilhaft sind. So hat sich im Laufe der Jahrtausenden zu allen nur denkbaren Fragestellungen eine unermessliche Vielzahl von funktionierenden(!) Lösungen ergeben, die sich als Vorbild für die Anwendung in technischen Systemen geradezu anbieten. Ich denke, der Mensch hat sich schon immer sehr dafür interessiert, was um ihn herum passiert, und versucht sich an der Natur zu orientieren. Aber natürliche Systeme sind nicht einfach zu kopieren, auch heute noch nicht. Versuchen Sie mal eine Fliege nachzubauen und die für ein solch «einfaches» Insekt gewaltige Leistung zu vollbringen auf einem bewegten Gegenstand eine saubere Punktlandung hinzubekommen. Um so etwas kopieren zu können, müssen die (technischen) Voraussetzungen erst mal da sein. Das ist in einigen Bereichen heute bereits der Fall, in anderen Bereichen sind wir aber auch noch ein (ganzes) Stück weit davon entfernt. Wohlgermerkt, ich rede nicht von der Grundlagenforschung, sondern der industriennahen Anwendung.

**Was bedeutet dies für die mechatronische Produktentwicklung von morgen?**

**Van de Venn:** An diesem Beispiel wird Folgendes klar: Bionische Systeme sind nicht alleine nur mechanische, elektrische oder informationsverarbeitende Systeme, sondern in der Regel eine Kombination aus allen dreien. Und dies ist der Bezug zur Mechatronik. Wir können von der Natur lernen und wir sollten auch von ihr lernen, das Umsetzen aber in neue Produkte ist eine typische Aufgabe der Mechatronik. Die Anwendungsmöglichkeiten sind nahezu unbegrenzt und betreffen alle Bereiche der Technik. Die Bionik liefert uns die Konstruktionsvorschriften, die Mechatronik ist in der Lage sie umzusetzen in technische

Produkte. Ich glaube, dies ist die Kombination, die es uns heute und viel mehr noch in Zukunft erlauben wird, neue, nachhaltige und ökologisch sinnvolle technische Systeme zu entwickeln.

**Energieeffizienz wird zum bestimmenden Thema der Industrie und bedeutet, mit möglichst geringer CO<sub>2</sub>-Emission ein möglichst hohes Sozialprodukt zu erzeugen – so die gängige Definition.**

**Welchen Beitrag leistet hierbei Ihrer Meinung nach die «Mechatronik»**

**Van de Venn:** Energieeffizienz ist ein Thema, welches in der Mechatronik schon immer eine grosse Rolle gespielt hat. Die Verbesserung von Wirkungsgraden ist ja eine der Hauptaufgaben von Ingenieuren und sie ist damit auch eine wesentliche Triebfeder für neue Lösungen. Dabei ist die möglichst geringe CO<sub>2</sub>-Emission zunächst nicht einmal im Vordergrund gestanden, sondern viel mehr Aspekte wie kleiner, leichter, mobiler und hoher Leistungsdichte. Insbesondere die mobilen Systeme, welche ja möglichst über eine autarke Energieversorgung verfügen, stellen uns Mechatroniker vor grosse Herausforderungen. Viele konzentrieren dies heute auf die Antriebstechnik, was durchaus ein wichtiger Bereich ist, allerdings genügt es bei Weitem nicht nur die Motoren für die Steigerung oder Optimierung der Energieeffizienz einer Maschine oder einer ganzen Anlage zu betrachten. Die Mechatronik leistet hier den Beitrag, den Fokus mehr auf das Gesamtsystem zu legen und damit auch die vielen anderen match-entscheidenden Faktoren zu berücksichtigen oder sogar zu ganz neuen Ansätzen zu kommen. Wie mein Beispiel vorher vom neuen Antriebssystem zeigt, wir benötigen übergreifende Lösungen, deren Effizienzsteigerungspotenzial vor allem im optimalen Zusammenspiel von Mechanik, Elektronik und Informatik liegen. Wir sprechen auch hier bewusst nicht von einem neuen Antrieb, sondern von einem Antriebssystem um zu betonen das es keine Einzel-

komponente ist.

Energieeffizienz bedeutet weiterhin ja nicht die Senkung des Energieverbrauchs ohne Rücksicht auf die Anwendung sondern, dass die einem System zugeführte Energie betriebspunktabhängig und wirksam in nutzbare Leistung umgesetzt wird.

Der grosse Vorteil, der aus der mechatronischen Gesamtsystembetrachtung kommt, ist der, dass wir Energie bedarfsgerecht bereitstellen und einsetzen können und dies bei allen Systemkomponenten, sei es bei der Mechanik, bei der Elektrik oder beim Controller.

Die Möglichkeiten der Modellbildung und Simulation, die wir heute in der Mechatronik nutzen, erlauben es, alle Komponenten eines Systems schon von der Konzeptphase an richtig auszulegen und Fehldimensionierungen zu vermeiden. In späteren Phasen sorgen weitere Tools dafür, dass Bewegungen optimiert, Taktzeiten verkürzt und optimale Beschleunigungsprofile gefahren werden. Noch später sorgen Fernwartung und Ferndiagnose-Tools dafür, dass die optimalen Betriebspunkte möglichst nicht verlassen werden. Die Anwendung der mechatronischen Denk- und Entwicklungsweise erzeugt so Produkte, welche die heutigen Forderung nach Energieeffizienz nicht nur erfüllen können, sondern sogar in der Lage sind, ökologisch und ökonomisch in Dimensionen vorzudringen, die bisher als unmöglich galten.

## Infos

Prof. Dr. Ing. Hans Wernher  
van de Venn  
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
IMS Institut für Mechatronische Systeme  
8401 Winterthur  
058 934 77 89  
wernher.vandevonn@zhaw.ch  
www.ims.zhaw.ch