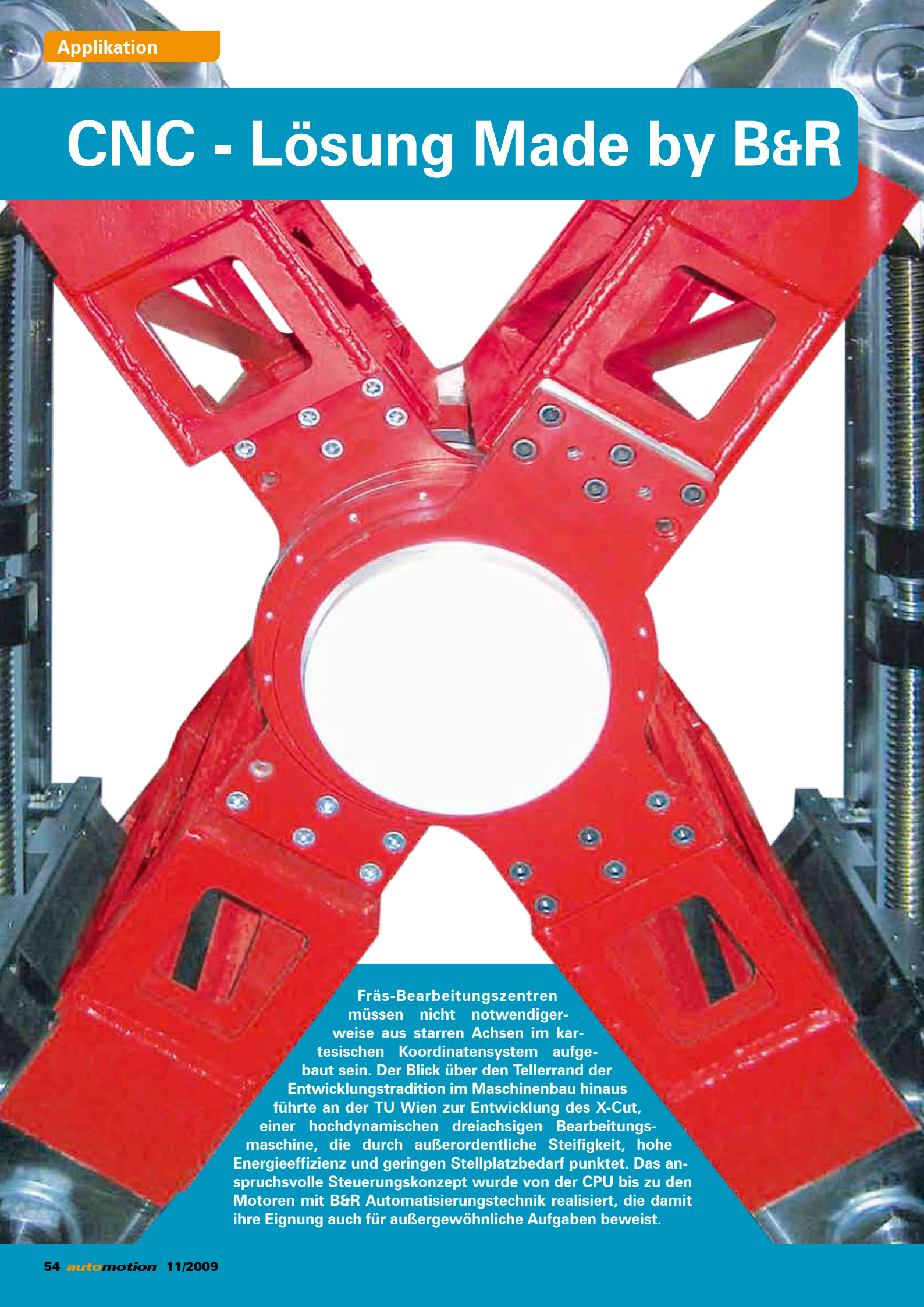


# CNC - Lösung Made by B&R



Fräs-Bearbeitungszentren müssen nicht notwendigerweise aus starren Achsen im kartesischen Koordinatensystem aufgebaut sein. Der Blick über den Tellerrand der Entwicklungstradition im Maschinenbau hinaus führte an der TU Wien zur Entwicklung des X-Cut, einer hochdynamischen dreiachsigen Bearbeitungsmaschine, die durch außerordentliche Steifigkeit, hohe Energieeffizienz und geringen Stellplatzbedarf punktet. Das anspruchsvolle Steuerungskonzept wurde von der CPU bis zu den Motoren mit B&R Automatisierungstechnik realisiert, die damit ihre Eignung auch für außergewöhnliche Aufgaben beweist.

Wissenschaftler sind Menschen, die aus den gewohnten Bahnen hinaus denken und sich Fragen stellen. Fragen wie „Warum sollten Werkzeugmaschinen immer gleich aufgebaut sein, nur weil sich das seit Jahrzehnten bewährt hat?“ Diese Frage stellte sich das Team rund um Univ.Prof. Friedrich Bleicher vom Labor für Fertigungstechnik am Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik der Technischen Universität Wien. „Das Labor arbeitet auf wissenschaftlicher Basis an konkreten Problemlösungen für die Industrie“, sagt Falko Puschitz, Projektleiter für Mechatronik am Labor. „Das geht von Fertigungstechnologien über Produktionsautomatisierung bis zur Berechnung, Konstruktion und sogar Realisierung von Werkzeugmaschinen.“ Kunden finden sich in allen Sparten der Industrie, überall dort, wo konventionelle Entwicklungsmethoden nicht ausreichen, weil neuartige Probleme einen wissenschaftlichen Ansatz erfordern. Ein Beispiel ist eine Vorrichtung, die bei meterlangen Bohrungen in hochfestem Material seitliches Verlaufen des Bohrers detektieren lässt und eine Kurskorrektur ermöglicht.

### Neue Wege im Maschinenbau

Die Antwort auf die Frage nach neuen Wegen im Werkzeugmaschinenbau heißt X-Cut und ist eine Maschine, deren Hauptspindel sich innerhalb des zur Verfügung stehenden Raumes in zwei Achsen völlig frei bewegen und positionieren lässt. Eine dritte und eventuell vierte Achse können durch Längsbewegung des Werkzeugträgers auf der Spindel bzw. durch Verfahren des Werkstückträgers hinzukommen.



Zukunftsweisende Ergonomie: Bereits vor dessen kommerzieller Verfügbarkeit integrierte das TU Institut das B&R CNC Panel samt Handbediengerät.



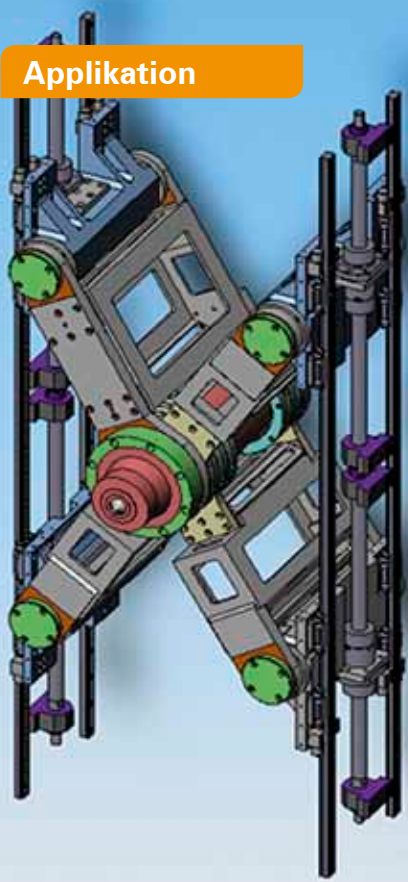
Das namensgebende X kommt von der hochgradigen Parallelkinematik mit dem Parallelitätsgrad 2 zur Positionierung der Spindel. Diese befindet sich an der Spitze eines Dreiecks, gebildet aus zwei Schwingen, deren andere Enden auf einer gemeinsamen Bahn parallel und gegenläufig bewegt werden und so die Spindel in x- und y-Richtung verschieben. Wenn ein solches Dreieck bei extremen Winkeln (sehr flach oder sehr spitz) in eine gestreckte Lage kommt, wo die beiden Schwingen beinahe auf einer Linie zu liegen kommen - Wissenschaft-

ler nennen das eine Singularität - verliert es in einer Richtung seine Steifigkeit, als Gegenmaßnahme wird ein zweites Schwingenpaar eingesetzt, das Dreieck zum X gemacht (siehe Abbildung). Die Schwachstelle des einen Schwingenpaares ist in den singulären Stellen die Stärke des anderen Schwingenpaares.

Dieser Aufbau hat gegenüber klassischen Ansätzen vier Vorteile: Zum Einen ist die Bautiefe der Maschine auf Grund der senkrechten Laufbahnen für die Schwingen in einem Portal sehr gering und verbraucht dadurch sehr wenig wertvolle Standfläche. Zum Anderen ist die Steifigkeit in z-Richtung konstruktiv bedingt enorm und liegt weit über dem Gewohnten. Zum Dritten kann auch die Steifigkeit in x- und y-Richtung durch >>>



Geringer Platz- und Verkabelungsaufwand im Schaltschrank: Sämtliche interne Kommunikation zwischen der CPU, den intelligenten Antriebsmodulen ACOPOS-multi (links) und den platzsparenden I/O Modulen der X20 Serie (rechts) erfolgt über POWERLINK.



Revolutionär: Die von hochdynamischen B&R Motoren angetriebene überbestimmte Parallelkinematik.

unabhängiges Verfahren und quasi „Verkeilen“ der beiden Dreiecke bewusst gesteuert und auf extreme Werte gesteigert werden. Zudem sind im Vergleich zu Maschinen mit kartesischer Achsanordnung, aufgrund der kinematischen Übersetzungen Beschleunigungswerte bis knapp an 2g möglich, nicht zuletzt auch wegen der geringen bewegten Masse, die auch die Energieeffizienz erhöht.

Auch die Frage, warum etwas Vergleichbares nicht längst erfunden wurde, ist für Falko Puschitz leicht zu beantworten: „Das Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik beschäftigt sich bereits seit Jahren mit der Erstellung von neuen Werkzeugmaschinenkonzepten, als spezielle Kinematiken wurden insbesondere Parallelkinematiken untersucht und entwickelt. Mit dem Quickstep und dem Quickstep Neon sind bereits zwei tripodische Strukturen auf der EMO gemeinsam mit Krause & Mauser Werkzeugmaschinen präsentiert worden. Die hochgradig parallele Struktur X-Cut stellt, basierend auf dem umfangreichen Know-how des Instituts eine konsequente Weiterentwicklung der bekannten Strukturen dar.“

### Maschinensteuerung als mathematische Aufgabe

Die Steuerung der Parallelkinematik des X-Cut ist daher eine Aufgabe, die über die sequentielle Programmierung einzelner Bewegungsschritte weit hinausgeht. „Besser als lineare Achsenbewegungen zu programmieren, ist, das mathematische Modell der kinematischen Transformation zu verwenden und dieses auch für alle erforderlichen Bahnkorrekturen zu verwenden“, sagt Falko Puschitz. „Unter anderem deshalb fiel für die Automatisierungstechnik unsere Wahl auf B&R, denn in der B&R Entwicklungsumgebung Automation Studio kann der Entwickler diese Transformationen selbstständig programmieren.“ Das klingt banal, ist es aber nicht: Bei den meisten namhaften Herstellern von

Steuerungshardware ist es erforderlich, diese Funktionen in der Firmware zu programmieren. Diese Implementation der Algorithmen in die Steuerungshardware erfolgt im Allgemeinen von den Steuerungsherstellern selbst. „Das wäre für uns nicht akzeptabel“, sagt Puschitz, „denn auf diese Weise würde sich nicht nur jeder Projektschritt verzögern, auch unser wertvolles Know-how würde zum Steuerungshersteller wandern.“

Da die Einzelanfertigung der komplexen Komponenten der Maschine teuer ist, die öffentlichen Mittel jedoch eng begrenzt, bedient man sich im Labor für Produktionstechnik der TU Wien vor dem Aufbau der Prototypen der Simulation. Das gilt für den maschinenbaulichen Teil, wo zur Überprüfung der Konstruktion die Kräfteverteilung unter allen möglichen Belastungsszenarien mittels Finite Elemente Analyse untersucht wird. Das gilt aber auch für die Steuerungs- und Regelungslogik, die mittels MATLAB/Simulink getestet wird, ehe sie als Programm auf die Maschine darf. Seit kurzem gibt es mit dem B&R Automation Studio Client for Simulink die Möglichkeit, den Programmcode direkt aus dem Simulationsmodell zu generieren und in die Steuerung zu übernehmen. „Das spart wertvolle Zeit und erhöht die Sicherheit“, weiß Falko Puschitz. „Bei Änderungen kann bereits wenige Minuten nach Vorliegen einer erfolgreichen Simulation das daraus abgeleitete Programm auf der Maschine sein. Ohne die Möglichkeit, bei Nachprogrammierung des Simulationsergebnisses neue Fehler einzubauen.“

### B&R Automatisierungstechnik als Herz und Hirn der Maschine

„Ein weiterer Beweggrund für unsere Entscheidung, mit B&R zu arbeiten, ist die vollständig durchgängige Automatisierungslösung“, berichtet Falko Puschitz. „Von der CPU bis zu den Motoren ist alles aus einer Hand und aufeinander abgestimmt. Wir müssen uns nicht um die interne Kommunikation zwischen



Für die Maschine erhielt die TU Wien den zweiten Preis beim POWERLINK Wettbewerb. Von links nach rechts Stefan Schönegger (Product Manager POWERLINK, B&R), Wolfgang Seiss MSc. (R&D POWERLINK, B&R), DI Falko Puschitz (IFT), DI (FH) Thomas Mikats (wissenschaftl. Mitarbeiter, IFT), Univ. Prof. DI Dr.techn. Friedrich Bleicher (IFT).



Übersichtliche, hoch integrierte Antriebstechnik: B&R ACOPOSmulti.

den Komponenten kümmern und haben nur einen Ansprechpartner.“

Die benötigte Verarbeitungsleistung stellt ein APC 620 zur Verfügung. Der anpassungsfähige und durch die Lüfter- und festplattenlose Bauweise sehr robuste Industrie PC ist über das schnelle POWERLINK mit den Schnittstellenmodulen der X20 Serie verbunden. (Anmerkung: Die zusätzlichen Messlineale werden direkt an den Reglern an einer zweiten Steuerkarte angeschlossen.) Die X20 Module werden für die Schaltbefehle der Maschine benötigt (Motoren einschalten, zukünftig für den Werkzeugwechsel bzw. Motorspindel einschalten, etc). Noch sind keine Schutzeinrichtungen an der Maschine, aber auch diese können mit den Safe I/O Komponenten

*„Von der CPU bis zu den Motoren ist alles aus einer Hand und aufeinander abgestimmt. Wir müssen uns nicht um die interne Kommunikation zwischen den Komponenten kümmern und haben nur einen Ansprechpartner.“*

**Falko Puschitz**

Projektleiter für Mechatronik  
Labor für Fertigungstechnik

von B&R in die Reihe der X20 Module eingefügt und mit dem SafeDESIGNER in der selben Entwicklungsumgebung programmiert werden.

„Die interne Vernetzung über POWERLINK bewährt sich in mehrfacher Hinsicht“, berichtet Puschitz. „Nicht nur ist der Verkabelungsaufwand minimal und der Platzbedarf im Schaltschrank gering, die hohe Dynamik und Präzision der Parallelkinematik machen einen hohen Datendurchsatz erforderlich, nicht zuletzt weil auch Rückmeldungen und Diagnosedaten über dieselbe Leitung laufen.“

Ebenso über POWERLINK mit der CPU verbunden sind die Antriebskomponenten der Serie ACOPOSmulti. Kompakt und leistungsstark, stellen die Servoverstärker ein Maximum an Leistung bei einem Minimum an Volumen zur Verfügung. Sie sind darüber hinaus mit Eigenintelligenz ausgestattet, die ohne externe Beschaltung umfangreiche Diagnosemöglichkeiten ebenso bietet wie Sicherheitsfunktionen.

Die Durchgängigkeit der Automatisierungslösung reicht bis zu den Motoren. Die eingesetzten fünf B&R Drehstrom Synchronmotoren der Type 8LS mit 31,6 Nm Nominalmoment und 36,4 Nm Stillstandsmoment sind permanenterrregte, elektronisch kommutierte Synchronmo-

toren für Applikationen mit hohen Anforderungen an Dynamik und Positioniergenauigkeit bei gleichzeitig geringem Bauvolumen und Gewicht.

### Zukunftsmusik bei Bedienung

Erfolgte die Visualisierung und Bedienung der Maschine während der Entwicklungszeit über ein B&R Automation Panel 900, so wurde der TU im Sommer 2009 von B&R ein vor allem für Fräsbearbeitungszentren entwickeltes CNC Panel samt Handbediengerät aus der Vorserie zur Verfügung gestellt. Ausgestattet mit spezifischen Bedienfunktionen für die CNC Bearbeitung sind die Bedienelemente speziell auf die offene Bedienoberfläche "CNC Sample" abgestimmt, jedoch ebenso für die Programmierung einer eigenen Visualisierung durch den Kunden geeignet.

Ausgestattet mit zahlreichen Funktionsschaltern und -tasten, die einer Bedienung im rauen Umfeld auch mit Handschuhen entgegenkommen, wird diese ergonomische Bedieneinheitenkombination erst im Herbst 2009 für den allgemeinen Markt verfügbar, kann sich jedoch bis dahin bereits im realitätsnahen Einsatz am X-Cut bewähren. ■

### Technische Universität Wien:



Die Technische Universität Wien - kurz: TU Wien - zählt zu den erfolgreichsten Technischen Universitäten in Europa und ist mit über 20.000 Studierenden und rund 2.000 WissenschaftlerInnen Österreichs größte naturwissenschaftlich-technische Forschungs- und Bildungseinrichtung. Das Institut für Fertigungstechnik (IFT) der Technischen Universität Wien deckt ein breites Feld der Produktionstechnik und des Werkzeugmaschinenwesens ab. In der Entwicklung von Prozessen sowie der hierfür erforderlichen Maschinenteknik gilt das Institut als einer der bedeutendsten Standorte fertigungstechnischer Forschung.

[www.ift.at](http://www.ift.at)