

50 YEARS
REINVENTING
PRODUCTION

50 Jahre in 50 Geschichten

Von der digitalen
Maschinensteuerung zur
digital integrierten Produktion

50 Jahre in 50 Geschichten

Von der digitalen
Maschinensteuerung zur
digital integrierten Produktion

Inhalt

	Geleitwort	5
	Grußworte	6
	Einleitung	10
Die 1970er Jahre		
	1972: Ein bisschen Vorgeschichte	16
	1976: Auf »Los« geht's los	18
	1977: Numerische Steuerung trifft automatisiertes Zeichnen	20
	1977: Die ersten Projekte	24
	1978: Was gut ist, setzt sich durch	26
Die 1980er Jahre		
	1980: Vom IPA-Berlin zum Fraunhofer IPK	32
	1981: Roboterlabor Ackerstraße	34
	1982: Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) entsteht	38
	1982: Das Fraunhofer IPK am Steuer	42
	1983: CAD-Software made in Berlin	44
	1983: Gründe zum Gründen	46
	1984: Preiswürdig	48
	1986: Ein Zuhause für die Produktionsforschung	50
	1986: Roboter-Fortschritt für die Raumfahrt	58
	1986: Computer Integrated Manufacturing in der Fabrik der Zukunft	62
	Das Produktionstechnische Zentrum in Film und Fernsehen	64
Die 1990er Jahre		
	1990: Jahre des Umbruchs im Kielwasser der Wiedervereinigung	70
	1992: Machine Vision oder Zukunftsvision?	72
	1992: Simulation auf allen Produktionsebenen	74
	1992: Schnittstelle zur Industrie	76
	1994: Informationszentrum Benchmarking	78
	1995: Volle Fahrt voraus!	80
	1996: Weltweit aktiv	82
	1997: Neue Institutsleitung	84
	1998: Das virtuelle Produkt	88
	1999: Teleservice und das Leitprojekt »e-Industrial Services«	90

Die 2000er Jahre	2000: Start in ein neues Jahrtausend	94
	2000: Mit der Charité im OP	96
	2001: Zentrum für Mikrosystemtechnik (ZEMI) Berlin	98
	2001: Virtuell wird Realität	100
	2003: Radsätze und Risskanten	102
	2003: Gemeinsam stark	106
	2008: Cool, cooler, Cobot	110
	2008: Innovationscluster »Sichere Identität« und »MRO in Energie und Verkehr« ...	114
	2009: Die perfekte Verbindung	118
	2009: Veranstaltungsprogramm »Mehr Können«	122
	Politischer Besuch im PTZ	124
 Die 2010er Jahre	 2010: Schicht für Schicht	 130
	2011: Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik	134
	2011: Das hat Qualität!	140
	2012: Maschinen und Werkstücke im Gespräch	142
	2012: Brasilien als strategischer Forschungspartner	146
	2012: Roboter in Atelier und Feld	148
	2013: Automatisch Energie sparen	150
	2014: Leise Lieferung in der City	152
	2015: Verbindungen ins Reich der Mitte	154
	2017: In Berlin stärker	156
 Die 2020er Jahre	 2020: Forschen in Zeiten von Corona	 160
	2021: Von Plastik produzierenden Bakterien bis zu Nanopartikel-Mischern	162
	2022: Von der vernetzten Fabrik zum intelligenten Ökosystem	164
	2024: Die Produktion lernt dazu	168
	2026: Auf zu neuen Ufern!	170
	 Preisträger aus dem Fraunhofer IPK	 172
	Quellen- und Literaturverzeichnis	174
	Impressum	176

**Gegründet in der
geteilten Stadt,
erfolgreich weiter-
geführt in der
Bundeshauptstadt,
erfinden wir am
Fraunhofer IPK seit
einem halben
Jahrhundert die
Produktion immer
wieder neu.**



**Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing.
Eckart Uhlmann,
Institutsleitung 1997–2026**



**Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl,
Institutsleitung (kommissarisch)
seit 2026**

Das älteste Berliner Fraunhofer-Institut feiert 2026 seinen 50. Geburtstag. Gegründet in der geteilten Stadt, erfolgreich weitergeführt in der Bundeshauptstadt, erfinden wir am Fraunhofer IPK seit einem halben Jahrhundert die Produktion immer wieder neu. Dabei treibt uns seit der ersten Stunde der Gedanke, die industrielle Fertigung mit digitalen Werkzeugen und Methoden effizient, ressourcenschonend und mit dem Menschen im Zentrum zu gestalten, und das jeden Tag aufs Neue – getreu unseres Jubiläumsmottos »Reinventing Production«.

Unser Blick hat sich dabei fortwährend erweitert: Während der Schwerpunkt der Arbeiten am Institut zu Anfang auf der Automatisierung industrieller Fertigungsprozesse lag, entwickeln wir heute Lösungen entlang des gesamten industriellen Wertschöpfungskreislaufs. Wir sind national und gemeinsam mit internationalen Partnern tätig und schauen dabei auf die Optimierung von Fertigungstechnologien, -strategien und Durchlaufzeiten mit dem gleichen Engagement wie auf die Auslegung vernetzter, digitaler Werkzeuge und komplexer Fertigungsökosysteme. Sogar an der Gestaltung ganzer Innovationslandschaften wirkt das Fraunhofer IPK mit, wie Sie dieser Publikation entnehmen können.

Dass wir mit unseren Themen einen Bedarf adressieren, der unseren Kunden und Partnern unter den Nägeln brennt, zeigt nicht zuletzt die personelle Entwicklung des Instituts. Gestartet ist das Fraunhofer IPK mit nur drei Personen – um schon in den ersten Jahren auf 30, 60 und 90 Mitarbeitende anzuwachsen. Heute arbeiten hier rund 350 engagierte Köpfe, die jeden Tag die Zukunft der Produktion neu denken. Was das Institut in 50 Jahren erreicht hat, ist das Verdienst all Jener, die heute hier tätig sind und der Vielen, die in der Vergangenheit ihr Wissen und Können, ihre Kreativität und Leidenschaft in die Geschicke dieses Hauses eingebracht haben. Ihnen allen gebührt unser herzlicher Dank für ihren Einsatz.

Mit dieser Publikation laden wir Sie ein, mit uns zurückzublicken: auf 50 Jahre Fraunhofer IPK in 50 Geschichten voller Technikbegeisterung. Feiern Sie mit uns den Weg, den wir schon gegangen sind und die Zukunft, die vor uns liegt!

Eckart Uhlmann

Holger Kohl



**Kai Wegner, Regierender
Bürgermeister von Berlin**

»Heute ist das Institut eine bedeutsame Institution der Wissenschafts- und Forschungsmetropole Berlin und trägt viel zur Anziehungskraft unseres Standorts bei.«

Ich gratuliere herzlich zum 50-jährigen Bestehen des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK.

50 Jahre Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik bedeutet ein halbes Jahrhundert Spitzenforschung, anwendungsorientierte Wissenschaft, Technologietransfer und Entwicklung innovativer Produktionsmittel und -methoden für die Wirtschaft. In diesen 50 Jahren haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPK zahlreiche innovative Produkte und Verfahren entwickelt, entdeckt und erfunden – darunter Maschinen, Roboter und Automaten. Damit haben sie teils bahnbrechende Beiträge zum wissenschaftlichen und technischen Fortschritt geleistet.

Aus einer kleinen Keimzelle, die 1976 gegründet wurde, wuchs innerhalb weniger Jahre ein großes Institut, das viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anzog. Schon zur Zeit der Teilung Berlins und Deutschlands hatte das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik eine Strahlkraft weit über Westberlin hinaus. In den folgenden Jahrzehnten gewann das Institut auch international an Bedeutung. Das zeigt auch die ausgeprägte Internationalität des Teams des Fraunhofer IPK. Heute ist das Institut eine bedeutsame Institution der Wissenschafts- und Forschungsmetropole Berlin und trägt viel zur Anziehungskraft unseres Standorts bei. Für diese Leistungen danke ich allen früheren und heutigen Beschäftigten des Fraunhofer IPK.

Das hochmoderne Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik steht in der Tradition Joseph von Fraunhofers. Wie der Namensgeber der Fraunhofer-Gesellschaft schon Anfang des 19. Jahrhunderts, zeichnet das Fraunhofer IPK sich besonders durch seine anwendungsbezogene Forschung aus. Seine Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen gezielt mit Blick auf den Bedarf der Wirtschaft. Und sie schaffen es, gemeinsam mit Unternehmen ihre Lösungen in der Produktion umzusetzen. Dieser Ansatz wird für die Zukunft unserer Wirtschaft entscheidend sein.

Ich wünsche Ihnen weiterhin alles Gute, Innovationskraft und viel Erfolg.



**Prof. Dr. Fatma Deniz,
Präsidentin der Technischen
Universität Berlin**

»Exzellenz entsteht dort, wo unterschiedliche Expertise zusammenkommt und Menschen gemeinsam Verantwortung übernehmen.«

Die großen Herausforderungen der Produktion erfordern Menschen und Institutionen, die unterschiedliche Kompetenzen zusammenbringen. Die Verbindung zwischen dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und der Technischen Universität Berlin zeigt seit beinahe fünf Jahrzehnten, welche Kraft darin liegt.

1976 begann in Berlin die Geschichte des heutigen Fraunhofer IPK. Kurz darauf legte der Kooperationsvertrag zwischen Fraunhofer und TU Berlin den Grundstein für eine Verbindung, die weit über gemeinsame Projekte hinausgeht. Mit dem Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin erhielt diese Verbindung 1986 einen gemeinsamen Ort. Die gemeinsame Weiterentwicklung der Produktionstechnik stellte der damalige TU-Präsident Manfred Fricke bei der Schlüsselübergabe in den Mittelpunkt – ein Gedanke, der das gemeinsame Handeln bis heute prägt. Zwischen Maschinenhalle, Laboren und Seminarräumen liegen oft nur wenige Schritte. Was wissenschaftlich entwickelt wird, lässt sich unmittelbar erproben. So greifen Forschung, Lehre und Transfer ineinander.

Die Stärke dieses Modells liegt in der Forschung: Exzellenz entsteht dort, wo unterschiedliche Expertise zusammenkommt und Menschen gemeinsam Verantwortung übernehmen. Von automatisierten Fertigungslösungen bis zu Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz hat das Fraunhofer IPK technologische Entwicklungen über Jahrzehnte mitgeprägt. Themen wie Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Wertschöpfung und integrierte Produkt-Service-Systeme wurden früh aufgegriffen und weiterentwickelt. Dafür stehen die Sonderforschungsbereiche 281 und 1026 sowie der Transregio 29. Längst reicht diese Verbindung über das PTZ hinaus. Im Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science arbeiten TU Berlin, Fraunhofer IPK und weitere Partner an Lösungen für die Produktion der Zukunft. Neben der Forschung profitiert auch die Lehre von dieser engen Verbindung. Gemeinsame Professuren verbinden universitäre Forschung mit industrieller Anwendung und eröffnen Studierenden früh Einblicke in anwendungsorientierte Fragestellungen.

Produktion und Industrie verändern sich erneut grundlegend – von der Kreislaufwirtschaft bis zur Künstlichen Intelligenz. Im PTZ werden Forschungsergebnisse schneller zu neuen Produktionsverfahren, Technologien und industriellen Anwendungen. Ich gratuliere dem Fraunhofer IPK herzlich zu seinem 50-jährigen Bestehen. Mein Dank gilt allen Mitarbeitenden, Studierenden, Partnerinnen und Partnern sowie Alumni, die diese Verbindung seit Jahrzehnten mit Leben füllen. Ich freue mich darauf, diesen Weg fortzusetzen. Denn auch die großen Aufgaben der Zukunft können wir nur gemeinsam lösen.



**Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka,
Präsident der Fraunhofer-
Gesellschaft**

»Die Bedeutung des Fraunhofer IPK für die deutsche Wirtschaft liegt in der konsequenten Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Lösungen.«

Vor einem halben Jahrhundert begann 1976 die Erfolgsgeschichte des Fraunhofer IPK in Berlin, einer geteilten Stadt. Die Vision war, Produktion neu zu denken. So wie später Berlin zusammenwuchs, brachte auch das Fraunhofer IPK zwei bis dato getrennte Welten zusammen: die Produktions- und die digitale Welt. Damit war es einer der Pioniere der Industrie 4.0.

Die Bedeutung des Fraunhofer IPK für die deutsche Wirtschaft liegt in der konsequenten Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Lösungen. Das Institut hat über Jahrzehnte hinweg dazu beigetragen, Produktionsprozesse effizienter, flexibler und nachhaltiger zu gestalten – und damit die Wettbewerbsfähigkeit zahlreicher Unternehmen gestärkt. Möglich wurde dies durch den Innovations- und Unternehmergeist der Forschenden sowie durch die mutigen Visionen der beiden prägenden Institutsleitungen Professor Spur und Professor Uhlmann. Bereits in den 80er und 90er Jahren war die Automatisierung der gesamten Produktion das Ziel von Professor Spur. Maschinen wurden zunächst mit Computersteuerungen versehen, die dann miteinander verkettet wurden, um Teilprozesse zu automatisieren. Unter Professor Uhlmann formte sich aus diesem Gedanken ab 1997 die digital integrierte Produktion, die alle Bereiche vom Produktdesign über Auftragsabwicklung und Fertigungslogistik bis zur Herstellung in zusammenhängende Systeme integriert.

Im Bereich Digitale Zwillinge und Simulation werden die Vorteile dieser Digitalisierung besonders deutlich. Viele Firmen nutzen die virtuellen Abbilder heute, um Produkte und Produktionsprozesse über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg wesentlich effizienter zu analysieren und zu optimieren. Ein anderes Beispiel ist die kognitive Robotik: Durch die Verbindung von Sensorik, KI und Robotik ermöglicht das Fraunhofer IPK Automatisierungslösungen auch für komplexe und variable Produktionsumgebungen, die Produktivität erhöhen und neue Einsatzfelder eröffnen. Erfolgreich entwickelten die Forschenden in Berlin – eng verzahnt mit der Industrie – auch 3D-Druck und neue Fertigungsverfahren mit und prägen bis heute durch ihre Ideen die nachhaltige und kreislauffähige Produktion.

Kurz: Dieses Jubiläum steht für ein halbes Jahrhundert angewandter Forschung im Dienst der industriellen Wertschöpfung und für erfolgreichen Technologietransfer. Genau das ist die DNA der Fraunhofer-Gesellschaft. Mein besonderer Dank gilt allen Mitarbeitenden des Fraunhofer IPK sowie den Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Ihr Engagement hat das Institut zu dem gemacht, was es heute ist: ein starker Innovationsmotor für die deutsche Industrie. Ich gratuliere herzlich zum 50. Jubiläum – und freue mich auf die nächsten Impulse für die Produktion von morgen.



**Sven Weickert,
Stellvertretender Haupt-
geschäftsführer der Vereinigung
der Unternehmensverbände in
Berlin und Brandenburg e. V. (UVB)**

»Mit seiner
angewandten
Produktionsfor-
schung ist das
Fraunhofer IPK
seit Jahrzehnten
ein zentraler
Impulsgeber für
industrielle Wert-
schöpfung.«

Die Industrie der Hauptstadtregion gratuliert herzlich zum Gründungsjubiläum!

Mit seiner angewandten Produktionsforschung ist das Fraunhofer IPK seit Jahrzehnten ein zentraler Impulsgeber für industrielle Wertschöpfung – in Berlin und Brandenburg, in Deutschland und weit darüber hinaus.

Das Jubiläumsmotto »Reinventing Production« spiegelt zugleich auch den Wandel der regionalen Industrie in den vergangenen fünfzig Jahren wider: von der subventionierten Fertigung in der geteilten Stadt hin zu einer hoch innovativen, global wettbewerbsfähigen Produktionslandschaft.

Das Fraunhofer IPK steht nicht nur für erfolgreiche Unternehmensprojekte, sondern ebenso für große industriepolitische Initiativen in unserer Region: von der Maschinenbau-Initiative der 1990er Jahre über den Aufbau des MRO-Clusters ab 2010 bis hin zum heutigen Transfernnetzwerk Automotive – als anwendungsorientierter Wissenschaftspartner ist das Fraunhofer IPK für die Industriepolitik in Berlin und Brandenburg unentbehrlich.

Die herausragende Performance des Fraunhofer IPK wäre ohne das Engagement und die Leidenschaft seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter undenkbar. Ihnen gilt unser besonderer Dank. Zugleich möchten wir mit Professor Günter Spur und Professor Eckart Uhlmann zwei große Persönlichkeiten würdigen: Sie haben mit strategischem Weitblick, herausragender Expertise und großer Durchsetzungskraft das Fraunhofer IPK maßgeblich geprägt und seine Erfolgsgeschichte erst möglich gemacht.

Die nächste, KI-getriebene Transformation der Industrie ist schon in vollem Gange. Mit dem Fraunhofer IPK an ihrer Seite werden die Industrieunternehmen in Berlin und Brandenburg auch diesen Wandel erfolgreich gestalten.

Einleitung

Westberlin, 1976. Sie denken vielleicht an Schlaghosen, Farbfernsehen und Neonlicht. In der Mauerstadt tut sich aber noch mehr: Am Kurfürstendamm werden in unscheinbaren Räumen die Weichen für die Zukunft der Produktionswissenschaft am Standort Berlin gelegt.

Am 1. September 1976 nahm das »IPA-Berlin«, so der Name des Fraunhofer IPK in seinen ersten Jahren, seine Arbeit auf. Mit nur drei Mitarbeitenden gestartet, entwickelte sich das Institut innerhalb weniger Jahre zu einer wissenschaftlichen Größe von internationaler Bekanntheit. Das Wachstum in den ersten Jahren war so rasant, dass das Institut mehrfach umziehen und Zusatzquartiere anmieten musste, bevor es 1986 gemeinsam mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der Technischen Universität Berlin an seinen heutigen Standort im Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin am Charlottenburger Spreebogen zog.

Seitdem hat das Institut viel gesehen und erlebt: vom Fall der Berliner Mauer und den daraus folgenden Umbrüchen bis zu aktuellen Herausforderungen in den Bereichen Umwelt und Gesellschaft, auf die die Industrie sich einstellen muss. Inhaltlich hat sich die Forschungsarbeit am Institut von einem anfänglichen Fokus auf automatisierte Fertigungslösungen hin zur Unterstützung der kompletten Prozesskette industrieller Unternehmen bei möglichst weitgehender Datendurchgängigkeit entwickelt. Dabei spielten technologische Trends von den frühen Tagen der automatisierten Zeichnungserstellung über Fortschritte in der Fertigungsautomatisierung bis hin zu Industrie 4.0 und Künstlicher Intelligenz eine wichtige Rolle. Das, was wir heute als »digital integrierte Produktion« bezeichnen, ist ein Leitbild, das das Institut von Anfang verfolgt hat: Wie kann die industrielle Produktion mit digitalen, später auch vernetzten Lösungen effizienter, leistungsfähiger und zugleich mit Fokus auf den Menschen im Zentrum gestaltet werden?

Von digitaler Steuerung zum Computer Integrated Manufacturing

Von Beginn an arbeitete das Institut in zwei Forschungsfeldern, die es bis heute im Namen trägt. Im Bereich der Produktentwicklung waren die Automatisierung der Zeichnungserstellung und die Übertragung von Konstruktionszeichnungen auf die Maschine frühe Arbeitsgebiete. Das zweite, noch größere Ressort war die Computersteuerung von Maschinen, Mitte der 1970er Jahre noch eine relativ neue Entwicklung. Das junge Institut investierte massive Anstrengungen in die Steuerungsentwicklung: Software und teilweise auch die dazugehörige Hardware, um Werkzeugmaschinen und bald auch Industrieroboter an den Computer zu bringen, waren das frühe »Brot-und-Butter-Geschäft«. Insbesondere bei Steuerungen für Schleifmaschinen tat sich das Institut hervor – eine der anspruchsvollsten Steuerungsaufgaben im Werkzeugmaschinenbereich.

Schon bald kam als Forschungsziel hinzu, die digitale Steuerung von Maschinen nicht einfach nur möglich, sondern praktikabler zu machen. Die graphisch-dynamische Simulation erleichterte die Überprüfung von Fertigungsprogrammen vor der realen Ausführung. Auch die werkstattorientierte Programmierung, die darauf zielte, das Erstellen von Programmen aus dem Ingenieurbüro auf den Hallenboden zu bringen, förderte das Institut. Daneben wurden erste Lösungen entwickelt, um Fertigungsergebnisse sensorunterstützt, etwa mithilfe von Kameras, auf ihre Qualität zu prüfen.

In den ersten Jahren nach der Gründung hatte sich aus der Steuerungsentwicklung ein Bereich herausgelöst, der mit flexiblen Fertigungssystemen die Ablauforganisation in Produktionsbetrieben effizienter gestalten wollte. Es war im Wesentlichen dieser Bereich, der das Computer Integrated Manufacturing vorantrieb – die ersten Versuche, die Steuerung einzelner Maschinen und Teilprozesse in größere Prozessketten zu integrieren. Diese Aktivitäten profitierten maßgeblich vom Bau des PTZ, das erstmals alle Forschungsbereiche des Fraunhofer IPK an einem Ort zusammenbrachte.

Der Blick auf das große Ganze

Insgesamt wurde der Forschungsansatz in den 1990er Jahren übergreifender. Modellierung gewann an Bedeutung, um komplexe Strukturen und Vorgänge überschaubar zu machen. Themen wie Benchmarking und Qualitätsmanagement hielten Einzug ins Institut. Vor allem aber drang das Internet zunehmend in die Produktionshallen. Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme sowie Maschinensteuerungen konnten nun vernetzt werden, nicht nur unternehmensintern, sondern darüber hinaus. Teleservices wurden möglich, etwa zur Fernwartung.

Mit dem Wechsel in der Institutsleitung von Professor Günter Spur zu Professor Eckart Uhlmann 1997 wurde Integration zur Strategie des Fraunhofer IPK. Die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im zunehmend globalisierten Wirtschaftssystem wurde erklärtes Ziel des Instituts. Dazu formulierte der neue Institutsleiter schon vor seinem Amtsantritt die Vision, von der Produktentstehung über die Produktionslogistik und Fertigung bis zum Vertrieb Kunden und Partnern ein geschlossenes Leistungskonzept anzubieten, das den gesamten Produktlebenszyklus berücksichtigt. Virtualisierung vor allem in der Produktentwicklung wurde als Schlüssel zur Zeit- und Kostenoptimierung begriffen. Um auch die Fertigung umfassend unterstützen zu können, wurde ein Bereich Produktherstellung ins Leben gerufen, der fortan Fertigungstechnologien, Werkzeugmaschinen und Werkzeuge entwickelte und optimierte. Konzepte wie ein durchgehendes Datenmanagement und Digitale Zwillinge von Unternehmen, Prozessen und Produkten wurden bereits angedacht. Und so überrascht es nicht, dass das Institut ab den späten 2000ern Vorreiter bei Industrie 4.0 wurde – der Flexibilisierung von Produktion durch vollständige Vernetzung und zunehmende Selbstorganisation.

Produktionstechnisches Know-how jenseits der Produktionstechnik

Zur gleichen Zeit begann das Institut verstärkt, sein Wissen in Bereiche jenseits der Produktionstechnik einzubrin-

gen. Sicherheitstechnische Fragestellungen hatten sich schon früh aus den Arbeiten der Abteilung Mustererkennung ergeben, etwa zur Kennzeichenerkennung und Unterschriftenverifikation. In den 2000er Jahren begannen die Mustererkennungsexperten, sich auch im kulturellen Bereich zu engagieren, vor allem bei der digitalen Rekonstruktion zerstörter Archivalien. Daneben war die Verkehrstechnik ein weiteres Handlungsfeld, für das explizit ein eigener Bereich gegründet wurde. Die Medizintechnik folgte wenige Jahre später.

Und auch das produktionstechnische Kompetenzspektrum des Hauses wurde zusehends erweitert. Etwa zur gleichen Zeit wie der Bereich Medizintechnik entstand eine Abteilung, die sich mit Technologien und Verfahren für die Hoch- und Ultrapräzisionsfertigung befasst. Zum Ende der 2000er folgte eine Arbeitsgruppe für Füge- und Beschichtungstechnik, während gleichzeitig die Planungen für einen Erweiterungsbau begannen, der ab 2011 optimale Rahmenbedingungen für Forschungsarbeiten zur Mikroproduktion bieten würde. Aus der Kombination von medizin- und mikroproduktionstechnischem Know-how ergaben sich später Forschungsaktivitäten in Themengebieten der Pharmaindustrie.

Durch Vernetzung exzellent

Während all dieser Entwicklungen veränderte sich auch das Forschungsumfeld des Fraunhofer IPK. In den 1990ern hatte die Fraunhofer-Gesellschaft erste Anstrengungen unternommen, die Kompetenzen ihrer Institute in übergeordneten Strukturen zu bündeln, um ihre Schlagkraft zu erhöhen. Daraus folgten zunächst die Fraunhofer-Allianzen und Institutsverbünde, an denen das Fraunhofer IPK von Anfang an beteiligt war. Das Institut ist heute Mitglied im Fraunhofer-Verbund Produktion sowie in diversen Fraunhofer-Allianzen. Um die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen sowie der Industrie zu intensivieren, folgten in den 2000er Jahren zunächst die Fraunhofer-Innovationscluster. Auf den daraus gewonnenen Erfahrungen bauten die Fraunhofer-Leistungszentren auf, die auf eine langfristige regionale Vernetzung ausgerichtet sind.

Auch international ist das Fraunhofer IPK schon lange sehr aktiv. In den 1990er Jahren hatte es eine Außenstelle in Indonesien eingerichtet, in den 2010ern mit China kooperiert. Seit den 2000ern unterhält es eine besonders intensive Verbindung mit Partnern in Brasilien. Bei diesen und weiteren Auslandsaktivitäten hat das Institut über die Jahre weitreichende Kompetenzen im Aufbau von Innovationslandschaften – von Technologieparks bis zu nationalen Forschungssystemen – erworben, für die es heute international bekannt ist.

Aktuell arbeiten im Fraunhofer IPK rund 350 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, studentische und technische Mitarbeitende sowie Verwaltungskräfte aus 31 Nationen. Von unserer Forschungsarbeit profitieren kleine und mittelständische Betriebe ebenso wie große Unternehmen. Gestern wie heute machen wir ihre Produktion fit für die Zukunft – erfindungsreich, humanzentriert, ressourcenschonend und resilient.

Ein paar Worte zu dieser Veröffentlichung

Dieses Buch macht nicht den Versuch, die Geschichte des Fraunhofer IPK vollumfassend zu erzählen. Wir beschränken uns auf eine Auswahl: Aus all den Themen und Vorgängen, die das Institut in 50 Jahren erlebt hat, greifen wir 50 Geschichten heraus. Wir berichten, wie alles begann, welche Projekte aus der Institutshistorie herausstechen und welche Ereignisse und technologischen Innovationen die Entwicklung des Hauses maßgeblich geprägt haben. Zahllose Konferenzen, Industriearbeitskreise und -workshops, Messebegegnungen, Ereignisse wie Kunstausstellungen, Besucherinnen und Gastwissenschaftler, selbst wegweisende Veröffentlichungen und tausende spannender Forschungsaktivitäten und Entwicklungsprojekte müssen dabei unerwähnt bleiben – unvergessen sind sie für die Beteiligten trotzdem. Besonders bedauern wir, dass von den tausenden wissenschaftlichen, studentischen, technischen und Verwaltungsmitarbeitenden, selbst von den Führungskräften, die über 50 Jahre am Institut tätig waren, nur ein vergleichsweise kleiner Teil namentlich erwähnt werden kann.

Die Geschichte des Fraunhofer IPK lässt sich nicht erzählen, ohne einen Namen immer wieder zu erwähnen, der eingangs bereits gefallen ist: Mit dem IWF der TU Berlin ist das Institut aufs engste verbunden. Die beiden Institute teilen sich nicht nur ein Gebäude. Korrespondieren-

de Fachgebiete im Fraunhofer IPK und im IWF werden teilweise von den gleichen Personen geleitet – Forschungsgruppen arbeiten dadurch institutsübergreifend zusammen. Eine saubere Trennung der Forschungsaktivitäten von IWF und Fraunhofer IPK ist daher nicht immer möglich – und auch nicht im Interesse der beiden Institutionen.

Ein Dank der Autor*innen

Der Blick zurück wird immer begleitet von ein bisschen Sentimentalität – und dem Beitrag zahlreicher Menschen, die zu unterschiedlichen Zeiten und in verschiedenen Fachgebieten für das Institut tätig waren und bis heute sind. Das Verfassersteam möchte allen ehemaligen und aktuellen Mitarbeitenden danken, die sich die Zeit genommen haben, in Gesprächen Erinnerungen zu teilen, Entwicklungen in ihren jeweiligen Fachgebieten niederzuschreiben, Textentwürfe zu prüfen und Feedback zu geben. Ohne Ihren und euren Input wäre dieses Buch nicht möglich gewesen. Zugleich möchten wir all jenen, mit denen wir aus Zeitgründen nicht in den persönlichen Austausch treten konnten, mitgeben: Wir bedauern außerordentlich, dass Ihre und eure Perspektive in diesem Band fehlt! Sie wäre für die Gesamtschau genauso wichtig gewesen.

Auch den Fotografinnen und Fotografen, die über 50 Jahre die Geschehnisse des Fraunhofer IPK dokumentiert haben, gebührt unser Dank. Allen voran sei hier Bernd Bresien erwähnt, der rund 30 Jahre lang das Geschehen im Institut begleitet und dem Haus ein herausragend geordnetes Analogarchiv hinterlassen hat. Viele Bilder aus den frühen Institutsjahren, die im Bildverzeichnis nur mit dem Copyright-Vermerk »Fraunhofer IPK« gelistet werden konnten, sind mit hoher Wahrscheinlichkeit ihm anzurechnen.

Sabine Voglrieder, Thorsten Klooster und Yetvart Ficiyan sei herzlich gedankt für ihre Vorarbeiten zur Instituts Geschichte, auf denen dieser Band maßgeblich aufbauen konnte. Ein ebenso herzlicher Dank geht an Claudia Schülzky vom Universitätsarchiv der Technischen Universität Berlin für die Unterstützung bei der Arbeit am Nachlass Spur sowie an Gerda Strohmeier für das Textkorrektur.

1 / **Die Belegschaft von IWF der TU Berlin und Fraunhofer IPK 1998 ...**
2 / **... und das Team des Fraunhofer IPK 2026**



1



2

Die 1970er Jahre

Gründung und Weg in die Eigenständigkeit

Im Sommer 1976 wird in Charlottenburg die erste Fraunhofer-Dependence in Berlin gegründet. Das heutige Fraunhofer IPK startet unter dem Titel »IPA Berlin« als Außenstelle des Fraunhofer IPA. Schon drei Jahre später wird das Institut eigenständig.



▶ 21



ISO A3200

▶ 22



ISO A3200

1972: Ein bisschen Vorgeschichte



1



2

- 1 / Versuchsfeld im IWF der TU Berlin in den 1970er Jahren
2 / Berlin in den 1970er Jahren: zwischen Mauer ...
3 / ... und Fortschrittsdenken



3

Alles begann im IWF der TU Berlin

Hätten Sie es gewusst? Die Wiege der deutschen akademischen Forschung zu Werkzeugmaschinenbau und Fabrikorganisation stand in Berlin. Die deutsche Hauptstadt hatte sich im Lauf des 19. Jahrhunderts zu einer der größten Industriestädte Europas gemausert. 1904 wurde an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin ein Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen, Fabrikanlagen und Fabrikbetriebe gegründet. Das aus diesem Lehrstuhl hervorgegangene Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der Technischen Universität Berlin ist eines der ältesten produktionswissenschaftlichen Institute in Deutschland.

Was das mit der Geschichte des Fraunhofer IPK zu tun hat? Ganz einfach: Unser Institut ist quasi eine »Tochter-einrichtung« dieses traditionsreichen Instituts. Das IWF stand seit 1965 unter der Leitung von Professor Günter Spur. Professor Spur war einerseits ein Pionier der digitalen Steuerung von Werkzeugmaschinen und der Automatisierung industrieller Prozesse. Andererseits war er ein hervorragend vernetzter Kenner der politischen und wirtschaftlichen Landschaft Berlins. Aus dieser Position heraus begann er bald nach seinem Amtsantritt im IWF, für die Einrichtung eines industrienahen Forschungsinstituts für Produktionstechnik in Westberlin zu werben.

Berlin als Innovationsbeschleuniger der deutschen Industrie

Professor Spur attestierte Westberlin großes Potenzial, sich als Standort für die Entwicklung innovativer Lösungen für die industrielle Produktion zu profilieren. Die Idee war so simpel wie einleuchtend: Durch seine »Insellage«, vollständig umgeben vom Staatsgebiet der DDR, war Westberlin von nahegelegenen Rohstoffquellen ebenso abgeschnitten wie von leicht erreichbaren Absatzmärkten. Die städtische Produktionslandschaft sollte sich daher auf Produkte konzentrieren, die sich mit geringem Energieverbrauch und wenigen, leicht zu transportierenden Rohstoffen herstellen ließen – Produkte, die »wissenschaftsnah entwickelt werden müssen und hohe Innovationsgeschwindigkeiten aufweisen«, so Professor Spur 1975. Zur Herstellung solcher Produkte würde Westberlin davon profitieren, wenn mit staatlicher Förderung Modellfabriken eingerichtet würden, in denen modernste Produktionstechnologien erprobt und weiterentwickelt werden könnten – unterstützt von einer industrienahen Forschungslandschaft.

Die Idee erhielt dadurch zusätzliches Gewicht, dass das Forschungsvolumen des IWF in den 1970er Jahren einen beträchtlichen Umfang erreicht hatte. Vor diesem Hintergrund konnte Professor Spur schon bald die städtischen Entscheidungsträger für die Einrichtung einer »Berliner Versuchsanstalt für Produktionstechnik« begeistern. Am 18. Januar 1972 fand ein erstes konkretes Gespräch mit dem Senator für Wirtschaft des Landes Berlin, Dr. Karl König, statt. Kurz darauf wurde eine erste Projektstudie vorgelegt. Doch es sollten noch drei Jahre vergehen, ehe das angedachte Institut seine Arbeit aufnehmen konnte.

1976: Auf »Los« geht's los

Forschungsauftrag: Industrieförderung

Was Professor Günter Spur mit dem Institut für Produktionstechnik vorschwebte, war eine Forschungseinrichtung zum unmittelbaren Nutzen der Industrie. Technologietransfer und angewandte Forschung waren Schlagworte, die die Diskussion um die Gründung begleiteten. Das angedachte Institut sollte wirtschaftsnah forschen, Unternehmen – insbesondere aus Berlin – direkt unterstützen sowie Entwicklungen aus der universitären Grundlagenforschung für die Industrie nutzbar machen. Konkret sollte es vor allem kleinen und mittelständischen Unternehmen die Möglichkeit bieten, sozusagen durch die »Anmietung von Ingenieur-Kapazitäten auf Zeit«, wie Professor Spur es kurz nach der Gründung in einem Interview formulierte, Fertigungsprobleme zu lösen und Innovationsideen umzusetzen.

Bei dieser Zielsetzung verwundert es nicht, dass das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) die Fraunhofer-Gesellschaft als Trägerin des geplanten Instituts vorschlug. Diese Idee barg jedoch Mitte der 1970er Jahre einigen Zündstoff. Das Verhältnis zwischen den Ost- und Westmächten war in den 1960er Jahren mit Mauerbau und Kubakrise auf einen historischen Tiefpunkt gelangt. Die darauffolgende Entspannungspolitik mündete für Berlin im 1972 in Kraft

getretenen Viermächteabkommen. Dieses brachte zwar Erleichterungen für die Bevölkerung Westberlins mit sich, aber auch das implizite Verbot, Bundeseinrichtungen im Westteil der Stadt anzusiedeln. Auf Verstöße gegen das Verbot reagierte die Sowjetunion zu dieser Zeit empfindlich, wie das Beispiel des Umweltbundesamts (UBA) zeigt. Als die Bundesrepublik im Juli 1974 als erstes europäisches Land eine wissenschaftliche Umweltbehörde gründete und sie in Westberlin ansiedelte, gab es nicht nur diplomatischen Protest. Einem UBA-Abteilungsleiter wurde sogar am Grenzübergang die Weiterfahrt an seinen Arbeitsort verwehrt.



1



2

1 und 2 / Festveranstaltung der TU Berlin zur Gründung des IPA-Berlin am 1. September 1976
3 / Der erste Standort des IPA-Berlin an der Knesebeckstraße

Fraunhofer in Berlin? Geht doch!

Bei der Fraunhofer-Gesellschaft kam noch ein weiterer Faktor hinzu. Professor Hans-Jürgen Warnecke, langjähriger Leiter des Stuttgarter Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und späterer Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, formulierte 2009 im Rückblick auf die Gründungsphase: »Die Fraunhofer-Gesellschaft [galt] zu Anfang auch als Forschungsinstitution für Verteidigungs- und Rüstungsforschung.« Es wurde befürchtet, dass die UdSSR die Gründung eines Fraunhofer-Instituts in Berlin als Provokation begreifen würde.

Also behalf man sich mit einem Kniff: Als die neue Forschungseinrichtung am 1. September 1976 ihre Arbeit aufnahm, firmierte sie offiziell als Außenstelle des Fraunhofer IPA. Mit der Leitung wurde Professor Spur betraut. Mit nur zwei wissenschaftlichen Kräften und einer Verwaltungskraft startete das IPA-Berlin seine Tätigkeit in einem Bürohaus an der Ecke Knesebeckstraße und Kurfürstendamm. Der Platz dort sollte innerhalb von nur zwei Jahren für das florierende Institut zu klein werden.



1977: Numerische Steuerung trifft automatisiertes Zeichnen

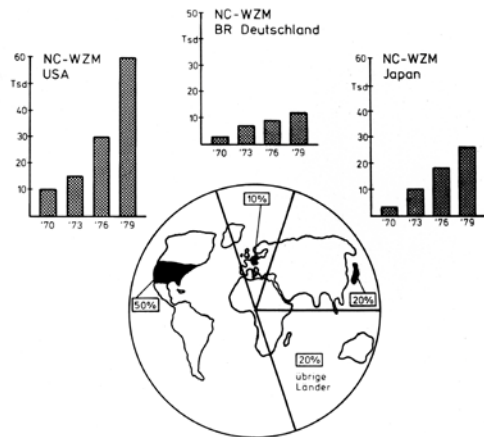
IPA-Berlin automatisiert die Berliner Industrie

In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts war die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie noch Weltmarktführer. Hohe Präzision und Qualität hatten die Branche vor dem ersten Weltkrieg zum größten Exporteur gemacht. Nach dem zweiten Weltkrieg übernahmen die USA jedoch diese Position – eine Entwicklung, die noch verstärkt wurde, als die um 1950 am MIT entwickelte numerische Steuerung (NC) in die ersten Maschinen integriert wurde. Manuelle oder mechanisch automatisierte Maschinen wurden durch Bearbeitungszentren mit Werkzeugwechslern und NC-Steuerung ersetzt und dann durch die von Mikroprozessoren ermöglichte Computerized Numerical Control (CNC) weiter automatisiert. Neben den USA entwickelte sich

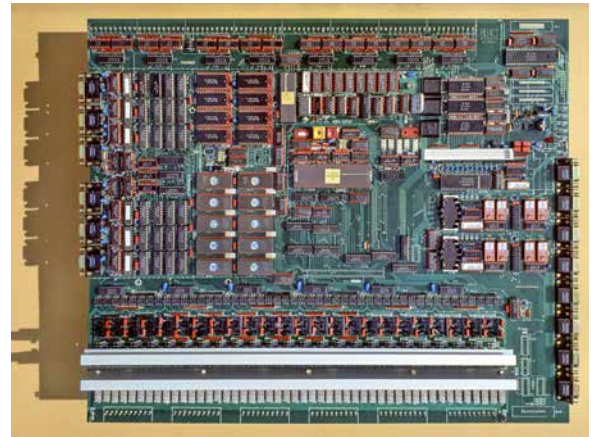
auch die japanische Industrie in den 1960ern mit großen Schritten zu einer ernsthaften Konkurrenz, getrieben durch einen schnellen Wechsel auf moderne NC-/CNC-Technik und den Einsatz von Industrierobotern.

Die deutsche Industrie lief Gefahr, den Anschluss zu verlieren. Wie also wettbewerbsfähig bleiben? Die Fabrik von morgen sollte automatisiert arbeiten, flexibel fertigen und digital gesteuert sein, so Professor Spurs Vision. Das IPA-Berlin bot Lösungen an, die schnell auf das Interesse der Berliner Elektro- und Maschinenbauindustrie stießen: In den ersten Monaten nach der Gründung wurden vier Entwicklungsaufträge angenommen, zwei Jahre später waren bereits 34 Projekte in Bearbeitung.

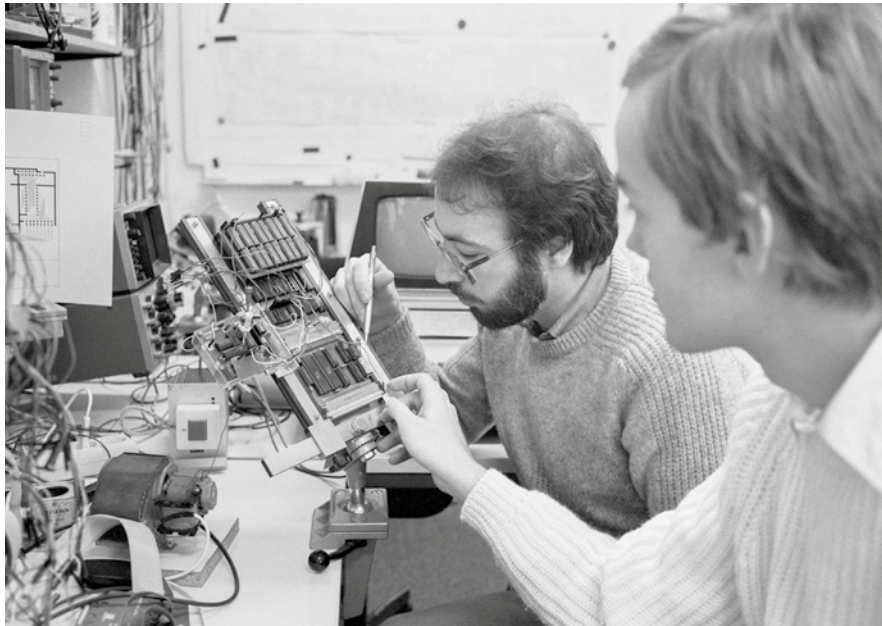




2



3



4

- 1 / Im elektrotechnischen Labor des IPA-Berlin wurden Maschinensteuerungen entwickelt. (Foto aus dem zweiten Standort des Instituts in der Kleiststraße)
- 2 / Sowohl die USA als auch Japan waren der Bundesrepublik in den 1970er Jahren beim Einsatz neuer NC-Werkzeugmaschinen voraus – das IPA-Berlin unterstützte bei der Aufholjagd.
- 3 / Vom IPA-Berlin entwickelte Steuerungen wie diese 6-Achs-CNC-Steuerung fanden schnell den Weg in Werkzeugmaschinen und Industrieroboter verschiedener Hersteller.
- 4 / Steuerungsentwicklung im Institut in den frühen 1980er Jahren

Die ersten Forschungsschwerpunkte

Zentral für viele dieser Projekte war die Frage, wie man die sich rasant entwickelnden Technologien in die gesamte Prozesskette integrieren konnte, von der Zeichnung und Erstellung der Fertigungsdaten bis zur Bearbeitung durch Werkzeugmaschine oder Roboter. Analog dazu startete das Institut mit zwei Schwerpunkten: Eine Abteilung befasste sich mit Fragen der Digitalisierung und Automatisierung von Maschinen, insbesondere von Werkzeugmaschinen, sowie bald auch mit Industrierobotern. Eine zweite widmete sich der Computerunter-

stützung von Produktentwicklungs- und Konstruktionsprozessen. Die Zweiteilung trägt das Institut im Namen, seit es 1980 zum Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK wurde.

Die Abteilung Fertigungsanlagen, aus der bald die Abteilung Produktionsanlagen hervorging, widmete sich intensiv der Entwicklung von Maschinensteuerungen und der Automatisierung von Werkzeugmaschinen mithilfe von CNC und Mikroprozessoren. Auf diesem Gebiet ergab sich früh eine enge Zusammenarbeit mit der

Siemens AG, das 1973 seine erste CNC-Steuerung vorgestellt hatte. Geleitet wurden die Arbeiten zunächst von Dr. Wolfgang Adam, der zudem in den ersten Jahren als geschäftsführender Oberingenieur und später als Professor für Steuerungstechnik für Produktionsanlagen und Mitglied des Leitungsteams im Fraunhofer IPK viele Jahre lang die Geschicke des Instituts maßgeblich mitbestimmte. Die Leitung des Forschungsgebiets teilte er bald mit Professor Gerard Duelen.

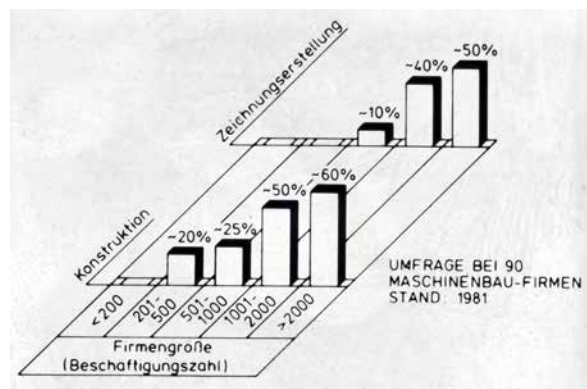
Neben Steuerungen für Anwendungen wie das Brennschneiden oder Doppelschlittendreien entwickelten die Forschenden digitale Steuerungen für Schleifmaschinen. Schleifsteuerungen sind besonders anspruchsvoll, denn sie müssen extrem präzise und anpassungsfähig arbeiten, um Vibrationen auszugleichen, den Verschleiß der Schleifscheibe sowie Abrichtprozesse zu berücksichtigen und trotzdem komplexe Geometrien mit hohen Oberflächenqualitäten und geringen Maßtoleranzen zu fertigen. Eine ganze Reihe innovativer Steuerungen resultierte aus den Aktivitäten in diesem Bereich. Für verschiedene Schleifmaschinenhersteller arbeitete die Abteilung insbesondere an der Verkürzung des Einrichteaufwands, neuen Fertigungsfunktionen und Genauigkeitssteigerungen beim Rund- und Zahnradschleifen. Gemeinsam mit Siemens entstand die kompakte und kostengünstige Sinumerik Primo SG, die erstmals viele verschiedene Schleifanwendungen beherrschte. Dank dieser Entwicklung brachte das Unternehmen KEHREN 1980 die ersten CNC-Schleifmaschinen auf den Markt. Auch an weiteren Siemens-Steuerungen für das Schleifen, wie der Sinumerik 3G und 880G, sowie an der offenen Universalsteuerung 810/820G, die Maschinenherstellern erstmals die Entwicklung eigener Benutzeroberflächen ermöglichte, wirkte das Institut mit.

Im Gebiet Konstruktionstechnik, das von Dr. Frank-Lothar Krause geleitet wurde, lag der Schwerpunkt auf der Entwicklung erster CAD-Arbeitsplätze und passender Software zur Zeichnungserstellung sowie 2D- und 3D-Konstruktion. Für die Forschenden war dabei das Ziel, Konstrukteuren mühselige und sich häufig wiederholende Arbeitsschritte abzunehmen, damit sie sich auf die kreative Ingenieursarbeit konzentrieren konnten. Besonders über die neuen Möglichkeiten automatisierter Zeichnungserstellung herrschte in einigen Betrieben jedoch noch Unwissenheit, so berichtet der Tätigkeitsbericht des IPA-Berlin von 1977. Das Institut führte daher zahlreiche Seminare zur Einführung von CAD

durch, unter anderem bei VW, dem Schreibwarenhersteller Rotring (damals führend im Schreibbedarf für das technische Zeichnen per Hand), der Kraftwerk Union Mülheim, Rowenta und dem Aufzughersteller Flohr-Otis.



5



6



7



8

5 / Dr. Wolfgang Adam leitete die Entwicklungsarbeiten im Bereich der Anlagensteuerungen, bald gemeinsam mit Prof. Gerard Duellen.

6 / Das große Potenzial moderner EDV-Technik wurde Ende der 1970er Jahre besonders von kleinen und mittleren Unternehmen noch nicht ausgenutzt. CAD-Systeme für Konstruktion und Zeichnungserstellung wurden nur von wenigen Betrieben verwendet.

7 / Statt CAD-Technik und Zeichnungserstellung am Computer zu nutzen, wurde vielfach noch per Hand gezeichnet. In großen Zeichensälen arbeiteten technische Zeichner und Zeichnerinnen, zum Beispiel mit »Laufwagen-Zeichenmaschinen«. Am Laufwagen wurden Lineale, Schablonen und Winkelmesser befestigt, sodass präzise gezeichnet werden konnte.

8 / Systeme wie die am IWF der TU Berlin und am IPA-Berlin entwickelten COMPAC und COMVAR ermöglichten die automatisierte Erstellung von technischen Zeichnungen mit Plottern.

1977: Die ersten Projekte

Automatisierte Werkzeugmaschinen ...

Automatisierung und Digitalisierung der Produktion von der Zeichnung bis zum Produkt – das waren die Ziele des jungen Instituts. Unternehmen sollten dabei unterstützt werden, das damals noch ungenutzte Potenzial innovativer Technologien wie der NC- beziehungsweise CNC-Technik in die Praxis zu bringen. Besonders die Entwicklung von Steuerungen mithilfe von Mikroprozessoren war dabei zentral für verschiedenste Arten von Maschinen, von Werkzeugmaschinen und Industrierobotern bis hin zu Montageanlagen und anderen Automaten.

Bereits im allerersten Projekt 1976 zeigten sich diese Ziele: Die am IPA-Berlin entwickelte Steuerung zur Automatisierung einer Keilwellenschleifmaschine der DIAG (Deutsche Industrieanlagen Gesellschaft mbH) war ein voller Erfolg zu einer Zeit, als NC-/CNC-Maschinen nur etwa zehn Prozent des deutschen Markts ausmachten. Die automatisierten Maschinen vom Typ SKR 8 A wurden bereits 1977 in Serie gefertigt und auf der zweiten Ausgabe der Messe EMO in Hannover ausgestellt.



1

»Das Konzept basiert auf einem Kleinrechner als zentralem Steuerelement zur Realisierung der logischen Verknüpfungen sowie zur Steuerung und Überwachung der automatischen Arbeitsabläufe. Neben der vollständigen Betriebssoftware für den Rechner waren auch Interface-Schaltungen zur Ansteuerung der Schrittmotorantriebe für Schleif- und Abrichtschlitten zu entwickeln.« (IPA-Berlin Tätigkeitsbericht 1977)

Weitere Ausstellungsstücke auf der EMO waren eine Segment-Nutenstanzmaschine der Firma Schuler und eine mehrspindlige Drehmaschine des Unternehmens Hasse & Wrede. Die frei programmierbaren Steuerungen aus Berlin erhöhten Bedienkomfort und Genauigkeit der Maschinen und reduzierten gleichzeitig Kosten für früher benötigte Vorrichtungen und Nebenzeiten.

1 / Für diese Keilwellenschleifmaschine entwickelte das IPA-Berlin in seinem ersten Forschungsprojekt eine programmierbare Steuerung. (Foto von der zweiten EMO in Hannover 1977)

2 / Die im Institut entwickelte 3-Achsen-CNC-Steuerung für eine Nutenstanzmaschine ermöglichte die flexible Fertigung von Elektromotorenblechen mit beliebigem Segmentwinkel, Nutenanzahl und mit Statordurchmesser von bis zu zehn Metern. Motoren und Generatoren dieser Größe werden beispielsweise für den Antrieb großer Windtunnel, für Schiffsantriebe oder Kraftwerksgeneratoren eingesetzt.

3 / Mit der frei programmierbaren Steuerung des IPA-Berlin ließen sich zwei Werkstücke in zwei Spindeln simultan bearbeiten. Die Anpasssteuerung vermittelt zwischen einer vorhandenen NC-Steuerung und der neu entwickelten Drehmaschine des Unternehmens Hasse & Wrede.

4 / Zwei Revolverköpfe mit je zwölf verschiedenen Werkzeugen werden so gesteuert, dass gleichzeitig zwei Werkstücke bearbeitet werden können. Die beiden Spindeln werden für den Werkstückwechsel in eine Beladeposition gefahren.

5 / Einfachere Fertigung mit weniger Bauteilen, zusätzliche Betriebssicherheit und Rechenleistung für jeden Ticketkauf: Mit Hard- und Software aus dem IPA-Berlin sollten auch die Fahrkartenautomaten der Berliner U-Bahn modernisiert werden.



2



3



4

... und smarte Ticketautomaten

Nicht nur die Werkzeugmaschinenindustrie war am technologischen Fortschritt interessiert: Auch sogenannte Dienstleistungsautomaten sollten von flexiblen Mikroprozessoren profitieren. Ein am IPA-Berlin entwickelter Fahrkartenautomat für die Berliner U-Bahn sparte Kosten und Ressourcen in der Fertigung – und »auch die Münzverarbeitung und Belegkartenerstellung geschieht mikroprozessorgesteuert, wodurch eine hohe Flexibilität sowie umfangreiche Datenverarbeitung und Berechnungen möglich werden.« (Tätigkeitsbericht 1977) Schon damals zeigte sich damit die Tendenz, produktionstechnische Lösungen in Anwendungsgebiete abseits der Fertigung zu übertragen – eine Mission, die das Fraunhofer IPK bis heute lebt.



5

1978: Was gut ist, setzt sich durch

Rasches Wachstum in den ersten Jahren

Über 35 Forschungsprojekte, ein steiler Anstieg des Etats von 0,5 auf über 4 Millionen DM und des Personals von drei Personen auf 36 zwischen September 1976 und Ende 1978 – das Konzept des IPA-Berlin ging von Anfang an auf. Das hatte räumliche Konsequenzen: Die Institutsflächen am Kurfürstendamm 202 wurden schon zwei Jahre nach der Gründung zu klein. Das IPA-Berlin verfügte hier zuletzt über 450 Quadratmeter Fläche, verteilt auf neun Arbeitsräume, ein Elektrolabor und einen Rechneraum.

Vor allem die Rechenanlagen sowie weitere Laboraktivitäten machten den ersten Umzug erforderlich. Anfang 1979 bezog das Institut sein zweites Domizil in der Kleiststraße 23–26: zwei Etagen mit zunächst 1267 Quadratmetern, die bis Ende 1979 auf rund 1600 Quadratmeter erweitert wurden. Darin wurde auch die Gruppe CAD des IWF der TU Berlin einquartiert.

Inhaltlich begann das Institut schon bald, sich auszu-differenzieren. Schon zum Ende der 1970er Jahre wurde das Tätigkeitsfeld Fabriklayout und Materialflussplanung aus dem größeren Themenkomplex »Fertigungsanlagen« herausgelöst. Damit trennte sich die Forschung zur Steuerung einzelner Maschinen organisatorisch von den Entwicklungsarbeiten zur Steuerung von Gesamtabläufen in Fabriken. In den folgenden Jahren würde dieser Bereich unter Dr. Günther Seliger entscheidende Beiträge zur Entwicklung flexibler Fertigungssysteme leisten, die die Werkstattsteuerung – die Koordination der Abläufe auf dem Shopfloor – maßgeblich verbesserte.



1



2



3

Kooperation mit dem IWF der TU Berlin

Abgesehen von der CAD-Arbeitsgruppe blieb das IPA-Berlin zunächst räumlich vom IWF getrennt. Zudem hatte es eigene Tätigkeitsbereiche, die sich zum Teil von denen des IWF unterschieden. So hatte das IPA-Berlin zum Beispiel in den ersten 20 Jahren seines Bestehens keine Arbeitsgruppe, die sich mit der Optimierung von Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnologien auf der physikalischen Ebene befasste.

Dennoch waren beide Institute von Anfang an eng verbunden und arbeiteten in vielen Bereichen zusammen. So organisierten sie etwa seit Gründung des IPA-Berlin das Produktionstechnische Kolloquium (PTK) gemeinsam. Die 1975 ins Leben gerufene Veranstaltung etablierte sich schnell als branchenübergreifendes Forum

für Trends und Lösungen im Bereich der Produktion. In den 1970er und 80er Jahren zog sie einen so großen Teilnehmerkreis an, dass sie regelmäßig im Internationalen Congress Centrum (ICC) am Berliner Messegelände durchgeführt wurde.

Schon 1976 war ein Kooperationsvertrag zwischen den beiden Instituten in Vorbereitung. Er wurde bereits 1977 unterzeichnet, wird bis heute gelebt und führte dazu, dass die beiden Institute ab den 1980er Jahren auch als »Doppelinstitut« bekannt wurden. Seine wesentlichen Vereinbarungen umfassen die Abstimmung der Forschungsaktivitäten, die gemeinsame Nutzung von Forschungseinrichtungen sowie enge Verbindungen in Forschung und Lehre.



4



5



6



7

- 1 / Platz für das Wachstum: An der Kleiststraße 23–26 hatte das IPA-Berlin ein paar Jahre lang die Möglichkeit, sich auszudehnen.
- 2 / Blick in den Steuerungsraum für CNC-Entwicklung in der Kleiststraße
- 3 / Die Planung ganzer Fabrikanlagen wurde schon bald ein eigenes Themenfeld im IPA-Berlin.
- 4–7 / Vor allem das Rechenzentrum benötigte Platz, der in der Kleiststraße zunächst ausreichend zur Verfügung stand.



8

8 / Mitarbeiter der Abteilung Steuerungstechnik vor dem Institutsgebäude, ca. 1982. Rechts stehend sieht man August Potthast und Linus Heilig, die in den 1980er Jahren Protagonisten unserer Geschichten werden. Unten mit der großen Platine: Dara Fatehi-Varkani, der 2002 mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Sonderpreis ausgezeichnet werden wird. Stehend, zweiter von links: Eckhard Hohwieler, der bis in die 2020er Jahre das Thema Industrie 4.0 im Institut maßgeblich mitgestalten wird.



9

9–12 / In seiner frühen Phase wurde das PTK regelmäßig von über 1000 Teilnehmenden besucht. Impressionen aus den PTK der Jahre 1979 bis 1985



10



11



12

Die 1980er Jahre

Das Produktionstechnische Zentrum Berlin

Zwei Ereignisse prägen die 1980er Jahre im Fraunhofer IPK:
Am 1. Januar 1980 wird das Institut eigenständig. Und von
1982 bis 1986 entsteht das Gebäude, in dem das Institut bis
heute seinen Sitz hat: das Produktionstechnische Zentrum (PTZ)
am Charlottenburger Spreebogen.



1980: Vom IPA-Berlin zum Fraunhofer IPK

Berlin wird Fraunhofer-Land

Spulen wir noch einmal zurück und erinnern uns: 1976 nahm man an, dass die UdSSR Fraunhofer in Berlin nicht akzeptieren würde und gründete das von Professor Günter Spur geplante Institut für Produktionstechnik als Außenstelle des Stuttgarter Fraunhofer IPA. Dieses Konstrukt hatte jedoch von Anfang an nur formalen Charakter. Tatsächlich betrachtete sich das IPA-Berlin immer als eigenständig handelnde Einheit, wie sich zwischen den Zeilen aus dem ersten Jahresbericht des jungen Instituts herauslesen lässt. Hier heißt es, zur inhaltlichen Abstimmung des Stuttgarter sowie des Berliner Institutsteils sei eine gemeinsame Institutsleitung gebildet worden, bestehend aus Professor Hans-Jürgen Warnecke für Stuttgart und Professor Günter Spur für

Berlin. Beide hätten jedoch »aus Gründen der Praktikabilität auf eine Verantwortlichkeit für den jeweils anderen Institutsbereich verzichtet«.

Drei Jahre lang war Fraunhofer auf diese Art in Westberlin aktiv, ohne dass es Widerspruch vonseiten der Sowjetunion oder der DDR gab. Mutmaßlich machten sich daher vor allem Vertreter der USA für die Eigenständigkeit des Instituts stark. Als prominenter Unterstützer in diesem Zusammenhang wird der US-Diplomat John C. Kornblum betrachtet. Der spätere US-Botschafter in Deutschland blieb dem Institut auch in seiner weiteren Laufbahn verbunden und hielt unter anderem eine Grußbotschaft beim Produktionstechnischen Kolloquium (PTK) 1998.



Und so wurde schließlich de jure umgesetzt, was de facto schon gegeben war: Im Laufe des Jahres 1979 erklärte Westberlin seine Bereitschaft, sich an der Bundes-Länder-Finanzierung der Fraunhofer-Gesellschaft zu beteiligen. So konnte das IPA-Berlin zum 1. Januar 1980 eigenständig werden. Seitdem trägt es den Namen Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK.

Fraunhofer in Berlin – schmeckt trotzdem nicht jedem

Widerspruch gegen die Fraunhofer-Präsenz in Berlin wurde Anfang der 1980er Jahre trotzdem laut – allerdings von anderer Seite. Zweimal wurde das Fraunhofer IPK zum Ziel von Protestaktionen aus dem studentischen

Umfeld. Bei einer Institutsbesetzung 1982 kritisierten Studierende der Soziologie die Forschungsarbeiten des Instituts zur Automatisierung der Industrie, weil sie dadurch Arbeitsplätze gefährdet sahen. Ein Jahr später drangen Demonstrierende in die Institutsräume ein und beschädigten Computer und Speichermedien. Dieses Ereignis stand im Zusammenhang mit Protesten gegen den Nachrüstungsbeschluss des Bundestags: Da Fraunhofer mit Verteidigungsforschung assoziiert wurde, propagierten die Beteiligten, die Elektronik-Forschung des Fraunhofer IPK diene neben zivilen auch Rüstungszwecken – was nicht den Tatsachen entsprach. Der transparente Dialog mit der Öffentlichkeit über die eigenen Forschungsinhalte gewann ab diesem Zeitpunkt zunehmend an Bedeutung.

1 / U.S. Diplomat John C. Kornblum beim PTK 1998, links im Bild Prof. Günter Spur.

2–4 / Bei der Institutsbesetzung 1983 wurden Computer und Speichermedien zerstört und Parolen hinterlassen.



2



3



4

1981: Roboterlabor Ackerstraße

Mehr Platz für große Geräte

Platz blieb ein Thema für das stetig wachsende Fraunhofer IPK. Die Räume an der Kleiststraße ermöglichten zwar elektronische Laborarbeiten und den Betrieb von Großrechnern, erlaubten aber keine schweren Geräte. Erprobungsarbeiten an Werkzeugmaschinen fanden im Versuchsfeld des IWF der TU Berlin in der Fasanenstraße statt. Dort jedoch stießen die beiden Institute zunehmend an räumliche Grenzen – auf Fotos aus den 1980er Jahren ist zu sehen, dass das Versuchsfeld zuletzt vollgestellt war bis auf den letzten Zentimeter. Vor allem Roboterversuchsstände trugen zur Raumnot bei.

So kam es gelegen, dass die TU Berlin 1980 Hallen und Büroflächen in einem stillgelegten Fabrikgebäude der AEG in der Ackerstraße anmieten konnte. Das Gebäude ist ein Erweiterungsbau des traditionsreichen AEG-Werksgeländes Brunnenstraße, in dem heute das Fraunhofer IZM seinen Sitz hat. Die Renovierung dauerte ein Jahr, und 1981 wurde dort ein Roboterlabor in Betrieb genommen. Hier bekam auch die Gruppe Schleiftechnik des IWF ihren Sitz. Platz gab es damit nun zwar ausreichend – doch das Raumproblem verlagerte sich auf eine

andere Ebene: Fraunhofer IPK und IWF waren nun an drei Standorten tätig. Die Zusammenarbeit innerhalb der beiden Institute sowie zwischen ihnen wurde durch lange Wege behindert. Es war daher eine große Erleichterung, als im Dezember 1982 der erste Spatenstich für das PTZ gesetzt werden konnte, das Gebäude, das künftig die beiden Institute an einem großzügigen Standort integrieren sollte.

Rund um den Roboter

Vorerst jedoch konzentrierte sich die Forschung zu Industrierobotern in der Nähe des Nordbahnhofs. Der Industrieroboter ist eine vergleichsweise junge Arbeitsmaschine. Im Jahr 1954 meldete George Devols ein Patent für seinen »Unimate« an, den ersten programmierbaren Manipulator. Mit Beginn der 1960er Jahre hielten erste kommerzielle Geräte zunehmend Einzug in die Industriehallen. So auch in Deutschland: 1970 sollten mehrere Exemplare des Unimate in die Fertigung bei Daimler eingeführt werden. Der deutsche Vertriebspartner KUKA stieß dabei jedoch an Grenzen, die die Entwicklung des ersten deutschen Industrieroboters motivierten: Der »Famulus« war zugleich der erste Roboter mit



1 / Der Eingang zum Gebäudekomplex in der Ackerstraße 76 in den 1980er Jahren 2–3 / In der Ackerstraße waren Roboter aller großen Hersteller versammelt, etwa von KUKA, Reis Robotics und Manutec.



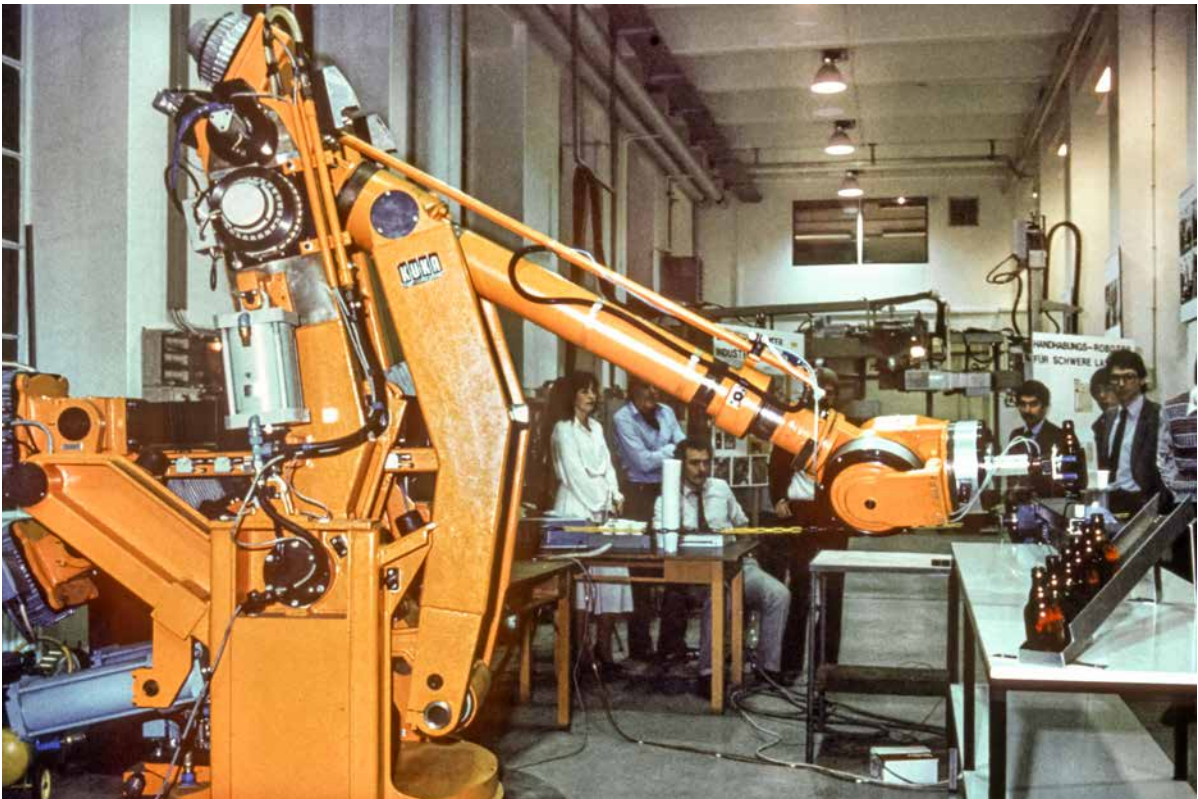
2



3



4



5

sechs elektromechanisch angetriebenen Achsen. Und: Er war der allererste Industrieroboter, von dem ein Exemplar in Berlin stand – am IWF der TU Berlin. Ein Beitrag in der Wochenschau im April 1974 bezeichnete das Gerät als »Chance, unsere Arbeitswelt nicht nur zu automatisieren, sondern sie auch menschlicher zu machen.« 1974 erschien in Schweden der erste voll computergesteuerte Roboter.

An dieser Stelle sprang das Fraunhofer IPK auf den Entwicklungszug auf. Im Bereich der Steuerungstechnik konnte das Institut unter Professor Günter Spur erheblich zur Roboterentwicklung beitragen. Allerdings diktierten die räumlichen Möglichkeiten in den ersten Jahren

eine Konzentration auf Steuerungen und passende Platinen sowie die Simulation von Bewegungsabläufen. Mit der Eröffnung des Labors wurde deutlich mehr möglich. Bahn- und Punktsteuerungen konnten jetzt nicht nur entwickelt, sondern direkt vor Ort getestet werden. Zudem konnten Anwendungsfälle aus den verschiedensten Bereichen, wie Montage, Schweißen, Bürsten oder Entgraten, erprobt werden. Auch erste Arbeiten zu kooperativen Robotern wurden möglich. Zu diesem Zweck war das Roboterlabor mit Geräten aller großen Hersteller ausgestattet, zum Beispiel von KUKA, Reis, Unimation sowie der aus Siemens hervorgegangenen Firma Manutec.



6

4 / Kuriose Highlights im Bereich Robotik am Fraunhofer IPK waren zwei Roboter, die Pralinen verpacken ...
5 / ... und Bier einschenken konnten.
6 / Das Roboter-Versuchsfeld in der Ackerstraße erlaubte auch Aktivitäten jenseits von Forschung und Entwicklung: Prof. Günter Spur bei Dreharbeiten für einen Filmbeitrag

1982: Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) entsteht

Bauplanung am Charlottenburger Spreebogen

Wohl dem, der ein neues Quartier benötigt, wenn ein enger Partner gerade großzügige Flächenerweiterungen plant. In der zweiten Hälfte der 1970er Jahre kämpfte nicht nur das spätere Fraunhofer IPK mit Platzproblemen. Auch die TU Berlin kam zu dieser Zeit an räumliche Grenzen. Die Zahl der Studierenden war zwischen 1969 und 1979 enorm gewachsen. Das vorhandene Personal konnte sie kaum adäquat betreuen – mehr Personal konnte auf den vorhandenen Flächen aber nicht beschäftigt werden. Außerdem agierte die Universität mit zahlreichen gemieteten Flächen, die auch noch über die gesamte Westberliner Innenstadt verstreut waren.

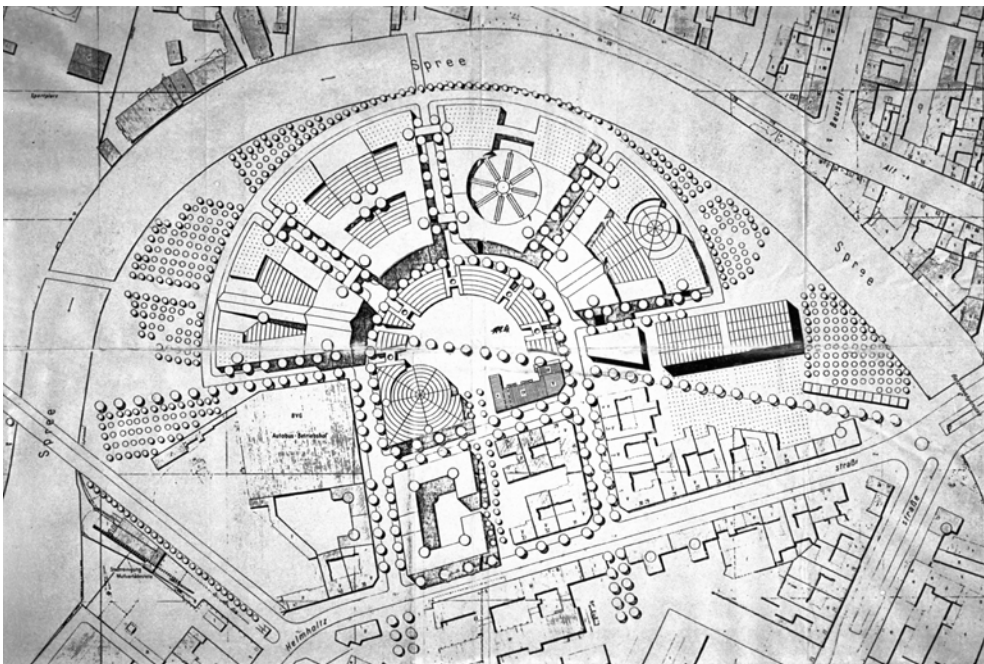
Für den Ausbau der TU Berlin wurden unterschiedliche Areale diskutiert, unter anderem das sogenannte Spreebogengelände nördlich der Helmholtzstraße. Im Rahmen einer strukturellen Gesamtplanung der TU-Erweiterung wurde eine umfassende Neuordnung der dortigen Grundstücke vorgeschlagen. Die favorisierte Idee sah vor, um einen zentralen Platz – ein Universitätsforum – mehrere Institute sternförmig anzuordnen. Angedacht waren Neubauten für die Fertigungs- und Verfahrenstechnik, den Maschinenbau, die Lebensmitteltechnologie, das Verkehrswesen sowie eine Mensa. Eine schöne Idee, die letztlich nicht umgesetzt wurde, weil die Grundstücksverhältnisse im Spreebogen zu kompliziert waren.

1 / So war es gedacht: im Zentrum ein Forum, umgeben von Institutsgebäuden.

In dieser Planungsphase waren sogar noch Brücken zwischen den Gebäuden vorgesehen.

2 / Raum für Gestaltung: Das Gelände am Spreebogen vor Baubeginn. Einen Spielplatz gab es in der Nähe des PTZ schon damals.

3 / Auf der Baustelle, 1983

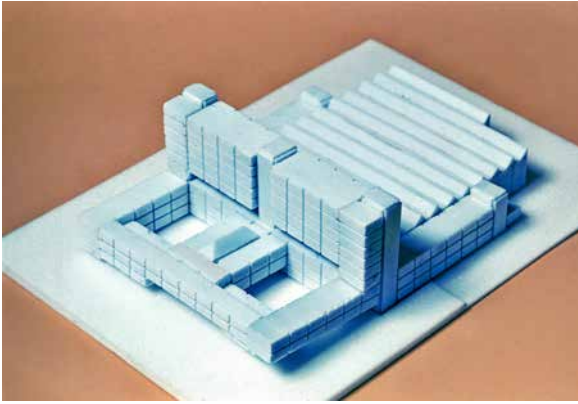




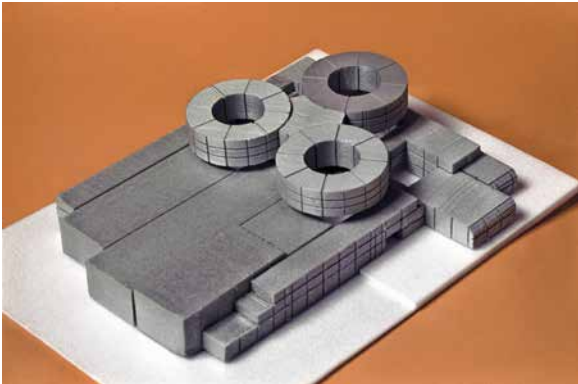
2



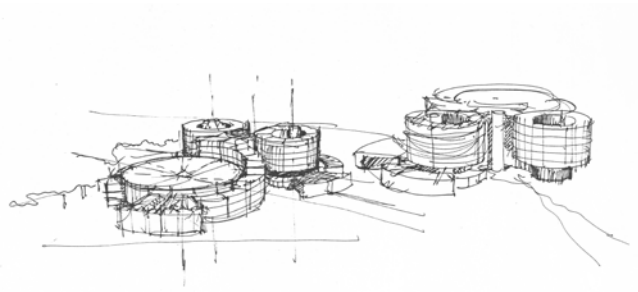
3



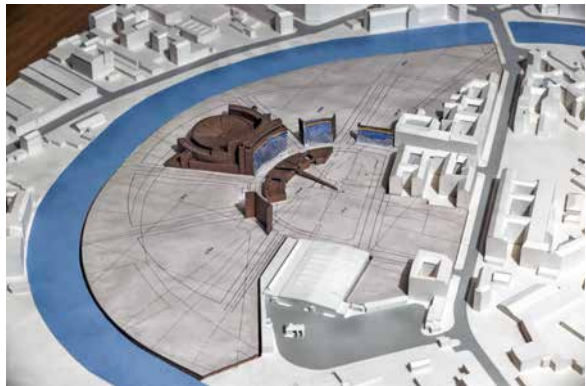
4



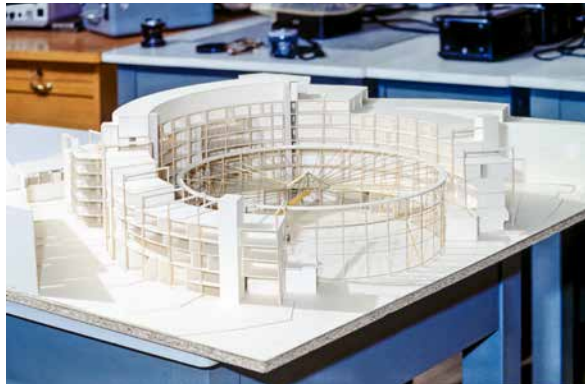
5



6



7



8

4 / Bevor die Entscheidung für die runde Form des PTZ fiel, wurden auch andere Varianten diskutiert. Die wesentlichen Alternativen wurden betitelt mit »Kreuz« ...

5 / ... und »Forschungstürme«.

6 / Frühe Phase des runden Konzepts

7 / Baumassenstudie für das Spreebogen-gelände. Der Gebäudeentwurf war schon weit fortgeschritten, und noch plante man mit dem Universitätsforum.

8 / Physisches Modell des PTZ aus der Planungsphase, 1982

Produktion im Kreis

Schon der Baubeginn des ersten Instituts, das an diesem Standort konkret geplant wurde, verzögerte sich durch diese Probleme massiv. Mehrere Industriebetriebe, darunter eine Gießerei und eine Kohlenhalde, mussten umgesiedelt werden, ehe der Neubau für die Fertigungstechnik entstehen konnte. Dieser sollte das IWF der TU Berlin und das Fraunhofer IPK räumlich zusammenführen.

Dass es am Ende das einzige Gebäude bleiben würde, das sich auf den geplanten Forumsplatz hin orientiert, war zum Zeitpunkt der Bauplanung nicht absehbar. Und so wurde das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) von den Architekten Professor Gerd Fesel und Professor Peter Bayerer nach einem innovativen Gebäudekonzept auf zwei Fokuspunkte ausgerichtet: Das Hauptgebäude besteht aus einer kreisrunden Maschinenhalle als Mittel-

punkt der wissenschaftlichen Arbeit, die von einem mehrstöckigen Bürotrakt umgeben ist. Die Anordnung sollte eine visuelle Verbindung zwischen Orten theoretischer und praktischer Arbeit schaffen. Damit war das PTZ nicht nur für den Universitätsbau vorbildstiftend, sondern auch für die industrielle Architektur, bei der Administration und Fertigung häufig räumlich getrennt wurden. Dem Hauptkomplex wurden ein der Krümmung der Pascalstraße angepasster zweiter Büroflügel und ein niedrigerer Seminartrakt vorgelagert, der auf das Zentrum des Spreebogengeländes fokussiert. Was von den Forumsplänen übrig blieb, bildet heute die Grünfläche des PTZ.

Der erste Spatenstich für das Gebäude war ursprünglich für 1979/1980 geplant, am 10. Dezember 1982 konnte er endlich ausgeführt werden. Knapp ein Jahr später, am 26. Oktober 1983, wurde der Grundstein gelegt.



9

9 / Das PTZ im Bau, 1984. Im Vordergrund ist der große Hörsaal im Seminartrakt noch ohne Dach.
10 / Prof. Günter Spur mit der Grundsteinkapsel am 26. Oktober 1983



10

1982: Das Fraunhofer IPK am Steuer

Erfolg bahnt sich an

Mit immer neuen Anwendungsszenarien für Industrieroboter vor allem in der Automobilindustrie, von Sensorführung über Fertigungsaufgaben bis zur Montage, erhöhten sich auch die Anforderungen an ihre Steuerungen. Zunächst führten die Roboter einfache Bewegungen von einer zur anderen Koordinate aus. Für Punktschweißaufgaben beispielsweise waren solche Punktsteuerungen ausreichend. Komplexe Bewegungen jedoch, die zum Beispiel zum Entgraten, Lackieren, Beschichten oder Schweißen von ganzen Nähten notwendig sind, wurden erst mit sogenannten Bahnsteuerungen möglich. Umso leistungsfähiger mussten Steuerungssoft- und -hardware sein.

Das Fraunhofer IPK profitierte von der schon in den ersten Jahren gesammelten Expertise und wurde von verschiedenen Steuerungs- und Roboterherstellern mit Entwicklungsprojekten beauftragt: in der Konzeption komplett neuer Software, zur Erweiterung vorhandener Lösungen oder für die Optimierung von Verfahren für das Teach-in, also das Training der Roboter. Kooperationen gab es unter anderem mit Reis Robotics, damals ein führender Hersteller für Schweißroboter. Seit 1979 arbeitete das Institut außerdem mit Siemens und dem Unternehmen KUKA zusammen, das 1973 seinen 6-Achs-Roboter Famulus auf den Markt gebracht hatte. Das Fraunhofer IPK entwickelte für Siemens die gesamte Systemsoftware für deren erste Robotersteuerung. Mit einer Punktsteuerung ausgestattet und an KUKA-Roboter angeschlossen, kam die Steuerung beim Punktschweißen der Mercedes S-Klasse zu ihrem ersten Einsatz. 1982 konnte nicht nur die Integration der europaweit ersten Bahnsteuerung für Industrieroboter in die nun »Robot Control« getaufte Steuerung gefeiert werden, sondern auch die Auslieferung des 500. Exemplars. Die Nachfolgemodelle des Famulus und die Steuerungen aus Berlin brachten die Entwicklung von KUKA zu einem der größten Roboterhersteller weltweit maßgeblich voran.

Virtuelle Roboter, reale Produktion

Neben der Hardwareentwicklung und Steuerungsprogrammierung gewann auch die Simulation von Industrieroboterprogrammen im Lauf der 1980er Jahre immer größere Bedeutung. Anstelle des manuellen Online-Teach-ins, das heißt der Programmierung am realen Roboter, konnten Programme nun zunächst virtuell und ohne Ausfall der laufenden Produktion getestet werden. Damit war der Grundstein für die Offline-Programmierung gelegt, heute eine unverzichtbare Technologie in der Industrie.

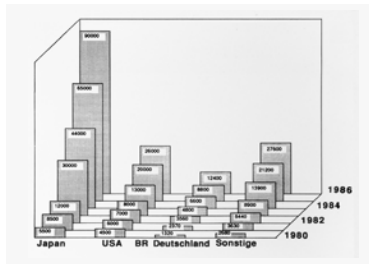
Das war auch für komplexe 12-Achs- beziehungsweise 6+6-Achssysteme relevant, bei denen zum Beispiel ein Roboter ein auf einen Drehtisch gespanntes Teil bearbeitet. In den späten 1980ern testeten Teams am Fraunhofer IPK sogar kooperierende Roboter: Ein Roboter bewegte das Werkzeug, der andere das Werkstück.



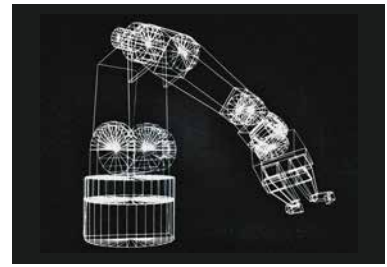
1



2



3



4

1 / 6-Achs-Roboter von KUKA zum Schweißen von Motorradrahmen (vorne) und bei Versuchen am Fließband (hinten)

2 / Der IR 6/25 »Libo«, einer der ersten Roboter der Firma KUKA, hier eingesetzt zum Lichtbogenschweißen mit der zugehörigen CNC-Steuerung

3 / Anzahl installierter Industrieroboter: Anfang der 1980er wurden in Deutschland deutlich weniger Industrieroboter genutzt als in den USA – und vor allem Japan zog rasend schnell davon.

4 / Mit am Fraunhofer IPK entwickelter Software konnten Programme zunächst am virtuellen Roboter getestet werden.

5 / Früher Säulenroboter der Firma Reis Robotics mit vierachsrigem Scara-Arm, der Bewegungen in einer horizontalen Ebene ausführen kann



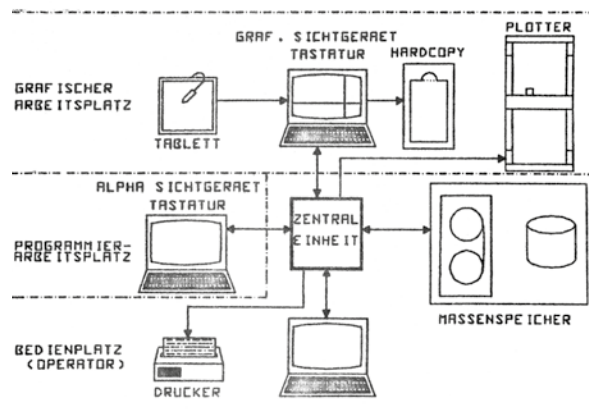
5

1983: CAD-Software made in Berlin

Ganzheitliche Lösungen im und vor dem Rechner

In der Konstruktionstechnik, einem der zwei Bereiche, die das Fraunhofer IPK im Institutsnamen trägt, war das Haus ein maßgeblicher Schrittmacher. Es konnte dabei auf wesentliche Vorarbeiten im IWF der TU Berlin aufsetzen: Schon vor Gründung des Fraunhofer IPK lag einer der Forschungsschwerpunkte des IWF im Bereich Softwareentwicklung. Dort wurde unter anderem EXAPT entwickelt, eine Programmiersprache für NC-Bearbeitung. Daraus ergab sich ein logischer Fokus für das Fraunhofer IPK: Teilweise am IWF entwickelte Systeme wie COMPAC (für 3D-Darstellungen), COMVAR (für 2D-Zeichnungserstellung mit Anbindung an Berechnungsprogramme und Fertigungsplanung), CAPSY (für Arbeitsplanung verschiedener Fertigungsverfahren), CADSYM (ein interaktives CAD-System zur Symbolverarbeitung), CASUS (für die Erstellung von 3D-Modellen aus Handzeichnungen) oder Baustein GEOMETRIE (zur Umwandlung von Spracheingaben in 3D- und 2D-Darstellungen) wurden unter der Leitung von Professor Frank-Lothar Krause durch die Forschenden für den Transfer in die Industrie erweitert.

Die ersten Forschungsprojekte des Instituts in diesem Bereich mündeten im vom Berliner Senat geförderten CAD-Arbeitsplatz »Modell Berlin«, der ab 1980 der Öffentlichkeit und interessierten Unternehmen präsentiert wurde. Im Modell Berlin wurden die verschiedenen Softwaresysteme integriert. An einem grafischen, einem Programmier- und einem Bedienarbeitsplatz, verbunden mit einer zentralen Recheneinheit, konnten Ingenieure und Ingenieurinnen CAD-Modelle erstellen und daraus



2



1

Zeichnungen ableiten, aber auch umgekehrt aus Handzeichnungen dreidimensionale Darstellungen am Rechner generieren.

Advanced Production Systems

Ein weiteres Großprojekt bestimmte über ein Jahrzehnt die Arbeit der Abteilung Konstruktionstechnik am Institut: Ab 1981 arbeiteten Forschende aus Berlin und Aachen zusammen mit norwegischen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen des SINTEF-Forschungsinstituts in Trondheim sowie dem Sentralinstitutt for Industriell Forskning in Oslo an der CAD/CAM-Software der Zukunft. Unter dem Namen »Advanced Production Systems (APS)« entstanden Systemarchitekturen, Software für die Zeichnungserstellung und 3D-Modellierung und für Arbeitsplanung und NC-Programmierung.

Dabei wurde mit verschiedenen Industriepartnern und Softwareherstellern wie der EXAPT Systemtechnik, Norsk Data und mbp, dem ersten Softwarehaus Europas, zusammengearbeitet. Der Hersteller Norsk Data übertrug den im Projekt entstandenen »APS Geometric Modeller,« der unter anderem auf COMPAC basierte, in das CAD-System »Technovision«. Die CAD-Abteilung der Norsk Data Dietz GmbH wurde 1992 von Intergraph übernommen – dem Software-Unternehmen, das 1995 mit SolidEdge eine auch heute noch verbreitete CAD-Software auf den Markt brachte. Es ist nicht auszuschließen, dass Überreste von APS ihren Weg auch in aktuelle CAD-Systeme gefunden haben.



3

1 / Die erste Version des CAD-Arbeitsplatzes »Modell Berlin« bestand aus dem Tektronix-Plotter 4663, Perkin-Elmer-Rechner 3220 sowie einem Programmier- und einem 19-Zoll-Grafikterminal (Tektronix 4014).

2 / 1982 wurde der Arbeitsplatz um weitere Geräte zur grafischen Eingabe und zum Plotten von Zeichnungen ergänzt.

3 / Im Projekt APS wurde die CAD-Software so weiterentwickelt, dass aus handgezeichneten Ansichten auch farbige 3D-Modelle generiert wurden.

4 / Abteilung Konstruktionstechnik mit Prof. Frank-Lothar Krause (m.l.) und Douglas T. Ross (m.r.) während des Symposiums »Advanced Geometric Modelling for Engineering Applications« im November 1989. Den Fall der Berliner Mauer am 9. November erlebten die über 200 Gäste live mit.

5 / Besonderer Gast beim Symposium: Douglas T. Ross (r.), der 35 Jahre zuvor das erste Programm für computergestützte Handzeichnungen entwickelt und den Begriff des CAD geprägt hatte.



4



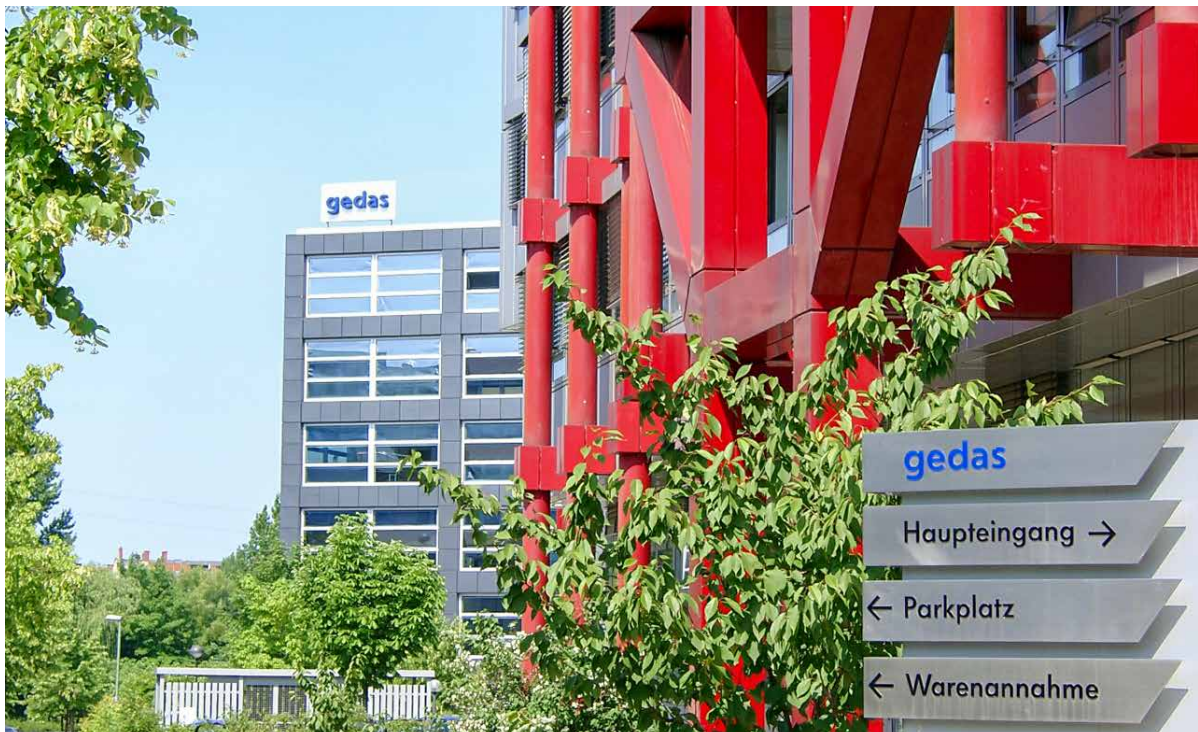
5

1983: Gründe zum Gründen

Technopolis Charlottenburg?

Wäre es nach Institutsleiter Professor Günter Spur gegangen, hätte das Doppelinstitut aus Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin in den 1980er Jahren als Keimzelle eines produktionstechnischen »deutschen Silicon Valley« fungiert. Die Bedeutung technischer Innovation für die Berliner Wirtschaft hatte nicht nur Professor Spur erkannt – sie war bereits in den 1970er Jahren der Motivator für die Gründung des Fraunhofer IPK gewesen. Ab 1982 förderte auch der Berliner Senat zunehmend die enge Verzahnung von Forschung und Wirtschaft. Und so gründeten Mitarbeitende mit Unterstützung der beiden Institute zahlreiche Unternehmen.

Die wahrscheinlich umfassendste Entwicklung nahm die VW-gedas (Gesellschaft für technische Datenverarbeitungssysteme). Bereits 1979/80 hatten Mitarbeitende des Fraunhofer IPK mit Seminaren zur Entwicklung von Steuerungen für Industrieroboter und zur Einführung von CAD-Software eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit VW begonnen. Daraus folgte 1983 die Gründung der VW-gedas als interner IT-Dienstleister für Volkswagen. Sie wurde später mit über 5000 Mitarbeitenden und 600 Millionen Euro Umsatz zu einem der führenden Entwicklungs- und Beratungsunternehmen in der Automobilindustrie. Über viele Jahre blieb der wachsende Konzern dabei seiner Charlottenburger Heimat treu – der Hauptsitz der VW-gedas-Gruppe wurde in direkter Nachbarschaft zum Produktionstechnischen Zentrum errichtet. Das Gebäude wird heute durch die T-Systems International GmbH genutzt, die VW-gedas 2006 übernahm.



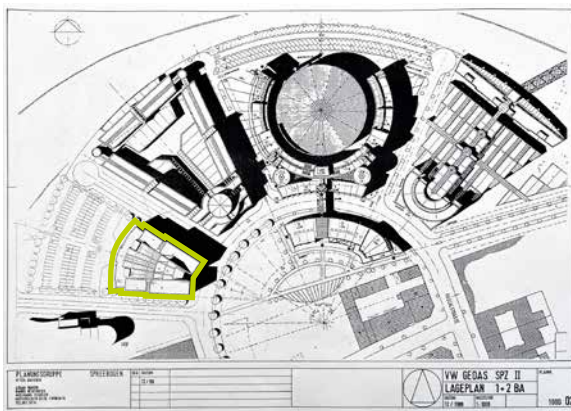
»Innovationen aus Berlin für den Automobilbau«

So betitelte die Berliner Morgenpost am 16. Juni 1983 einen Beitrag zur Gründung der Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH, kurz inpro. Auf dem 3. Berliner Wirtschaftsgipfel 1982 hatten Daimler-Benz, BMW, VW und Siemens ihr Interesse an der Gründung einer gemeinsamen Gesellschaft für Forschung und Entwicklung im Automotive-Bereich erklärt. Inspiriert von Erfolgsgeschichten aus den USA oder Japan hatte Professor Spur diese Idee gemeinsam mit den beteiligten Unternehmen weiter vorangetrieben. Professor Spur wurde dann auch zum Gründungsgeschäftsführer ernannt.

Auch inpro siedelte sich nur wenige Meter entfernt vom PTZ an – und hält weiterhin die Nähe zur Forschung: Heute befindet sich der Sitz der Gesellschaft am Berliner Steinplatz, in unmittelbarer Nähe der Technischen Universität.

Weitere Gründungen im Umfeld des PTZ

Neben der inpro und dem Industriedienstleister VW-gedas entstanden im Umfeld von Fraunhofer IPK und IWF bis heute circa 60 weitere Unternehmen, viele davon sind auch heute noch aktiv. Von der Steuerungstechnik über die industrielle Datenverarbeitung bis hin zur Unternehmensberatung brachten Mitarbeitende der Institute ihr Know-how damit in die verschiedensten Branchen. Insgesamt war das Fraunhofer IPK somit an der Schaffung von über 6000 Arbeitsplätzen beteiligt.



2

- 1 / Sitz der VW-gedas in der Pascalstraße
- 2 / Der Lageplan von 1988 zeigt den Hauptsitz der VW-gedas (grün) in direkter Nachbarschaft zum Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin.
- 3 / VW-gedas nutzte zeitweise sowohl das Gebäude im Bildmittelpunkt mit den roten Aufbauten als auch den Querriegel am Spreeufer – und expandierte in den 1990er Jahren nicht nur in Berlin, sondern weltweit mit Standorten zum Beispiel in den USA, China und Japan.
- 4 / Erster Sitz der inpro in der Hallerstraße 1 in direkter Nähe zum PTZ (hinten rechts)



3



4

1984: Preiswürdig

Die Entwicklungsarbeiten, die in den 1980er Jahren im Fraunhofer IPK geleistet wurden, waren ausgezeichnet – im wörtlichen Sinne: Zweimal wurden Mitarbeitende des Instituts in dieser Zeit mit renommierten Wissenschaftspreisen geehrt.

Joseph-von-Fraunhofer-Preis 1984: Gut simuliert ist halb gefertigt

Einer von ihnen war August Potthast, Mitte der 1980er Jahre Leiter der Abteilung NC-Technik. In seinen Verantwortungsbereich fielen sowohl die Entwicklung numerischer Steuerungen als auch die Simulation von Arbeitsabläufen und die Werkstattprogrammierung – die Erstellung von CNC-Programmen direkt an der Maschine. All diese Bereiche sind heute bei der Arbeit mit Werkzeugmaschinen Selbstverständlichkeiten – in den 1980er Jahren stand ihr breiter Einsatz noch relativ am Anfang.

Eine Entwicklung aus Potthasts Bereich war das »grafisch-dynamische Simulationssystem« zur Überprüfung von NC-Programmen. NC-Programme steuern Fertigungsabläufe in Maschinen. Ehe sie auf ein Werkstück angewendet werden, wird im Trockenlauf geprüft, ob sie verfahren wie geplant. Heute erfolgt die Prüfung im CAM-System am Computer. Doch bevor Systeme wie das von Potthast entwickelt wurden, wurden NC-Programme analog geprüft: Bei einem Plotterlauf wurde der Verfahrweg der Werkzeugspitze auf Papier gezeichnet. Potthasts Entwicklung machte es möglich, den Verfahrweg nicht an eine Maschine, sondern an einen Bildschirm auszugeben. Die Darstellung war zweidimensional und für heutige Begriffe rudimentär, aber das Verfahren nach damaligen Maßstäben so fortschrittlich, dass Potthast dafür 1984 mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet wurde. Die Fraunhofer-Gesellschaft verleiht den Traditionspreis seit 1978 und bis heute jährlich an Mitarbeitende, die herausragende wissenschaftliche Leistungen zur Lösung anwendungsnaher Probleme erbracht haben.

Innovationspreis Berlin 1986: Aus Punkt mach Bahn

Eine andere prämierte Technologie wurde nicht nur für, sondern in direkter Zusammenarbeit mit der Berliner Industrie entwickelt: Der Online-Curve-Interpolator (OCI) machte es möglich, aus der Angabe weniger Einzelpunkte automatisiert NC-Programme für weiche Bahnbewegungen abzuleiten. So musste nicht mehr die komplette Bahnbewegung programmiert werden, was sowohl den Programmieraufwand als auch die dabei entstehende Datenmenge massiv reduzierte.

Für diese Lösung erhielten Linus Heilig vom Fraunhofer IPK sowie Gottfried Schulte-Tigges und Wolfgang Besovki von der Schleicher Electronic GmbH & Co. KG 1986 den Innovationspreis Berlin, der als Innovationspreis Berlin Brandenburg ebenfalls bis heute vergeben wird. Die Zusammenarbeit zwischen Schleicher und dem Fraunhofer IPK ist beispielhaft für die industrienahen Arbeit des Instituts in den 1980er Jahren. Das Unternehmen hatte ebenso wie das Institut den Wandel von der mechanischen hin zur elektronischen und digitalen Automatisierung aktiv gestaltet, ein intensiver Austausch war die Folge. Insbesondere auf dem Gebiet der speicherprogrammierbaren Steuerungen wurden die Entwicklungsarbeiten bei Schleicher von Forschenden des Fraunhofer IPK unterstützt.

Und mehr noch: Eine CNC-Steuerung aus dem Fraunhofer IPK wurde durch eine Lizenzvereinbarung mit Schleicher in die industrielle Anwendung überführt. Zugleich wechselten die damit befassten Köpfe aus dem Institut in das Industrieunternehmen, um ihre Entwicklung dort in der industriellen Anwendung zu begleiten. »So entstand aus einem lauffähigen Demonstrationsprototypen eine stabile, industriell gefertigte Steuerung«, heißt es in einer Publikation zum 75-jährigen Firmenjubiläum von Schleicher aus dem Jahr 2012. Die Kooperation entsprach damit allen Idealen, die den Fraunhofer-Auftrag auszeichnen.



1

1 / August Potthast 1986
 2 / Einfach, aber zweckmäßig in der Darstellung: August Potthasts graphisch-dynamisches Simulationssystem, Stand 1984
 3 / Ausgezeichnete Entwickler: Wolfgang Besovki, Linus Heilig und Gottfried Schultigges (v. l. n. r.) bei der Preisverleihung 1986



2



3

1986: Ein Zuhause für die Produktionsforschung

Stetig wächst das PTZ

So kompliziert die Planung und Bauvorbereitung gewesen waren, so reibungslos verlief die Errichtung des Produktionstechnischen Zentrums. Einen maßgeblichen Beitrag dazu leisteten Dr. Erwin Feiten, der aufseiten des Fraunhofer IPK die Bauplanung übernahm, sowie sein Gegenüber auf der IWF-Seite, Joachim Eggert. Der gesamte Gebäudekomplex mit Büroflügeln, Versuchshalle und Seminartrakt entstand in rund drei Jahren Bauzeit zwischen Dezember 1982 und April 1986. Am 18. Oktober 1984 wurde über dem Gebäude der Richtkranz aufgezogen. Professor Gerd Fesel, einer der beiden Architekten, konnte diesen Moment nicht mehr miterleben: Mitte September war er im Alter von 60 Jahren verstorben.

Was die Architekten und Bauträger letztlich an die beiden Forschungsinstitute übergaben, lässt sich in beeindruckenden Zahlen umreißen: Das Ensemble bietet auf 25 400 Quadratmetern Platz für ein zentrales Versuchsfeld, zahlreiche Speziallabore und Werkstätten, Hörsäle und Seminarräume für die ingenieurwissenschaftliche Aus- und Weiterbildung sowie eine Cafeteria und umfangreiche Büroflächen. Das Versuchsfeld misst 64 Meter im Durchmesser und rund 3200 Quadratmeter Fläche – damit ist es wahrscheinlich die größte freitragende Forschungshalle weltweit. Zwei Rundlaufkräne mit Traglasten von 7 und 20 Tonnen können jeden Punkt der Halle aus zwei Richtungen anfahren – so können Maschinen an beliebige Positionen in der Halle gestellt werden, ohne dass andere Maschinen aus dem Weg geräumt werden müssen.



1

1 / Der Richtkranz im künftigen Versuchsfeld am 18. Oktober 1984

2 / Zuschauer beobachten das Anheben der Richtkrone, in der Mitte Prof. Günter Spur.

3 / Einer der beiden Architekten des PTZ, Prof. Peter Bayerer, bei seiner Rede anlässlich des Richtfests

4 / Dr. Erwin Feiten (l.) bei der Bauplanung, 1986

5 / Blick in die Maschinenhalle, bevor das Dach fertig wurde



2



3



4



Schlüsselübergabe: Der Betrieb geht los

Das Einweihungsjahr 1986 wird von zwei Eckdaten eingeraht: der Schlüsselübergabe und der Einweihung. Mit der Schlüsselübergabe am 30. April 1986 wurde das PTZ in Betrieb genommen. Zu diesem Zeitpunkt bot es innen noch sehr viel freien Raum. Für die Zeremonie konnte ein Auditorium für rund 800 Gäste direkt in der Halle aufgebaut werden. Auf die Schlüsselübergabe folgten Monate hektischer Betriebsamkeit im Inneren des Gebäudes: Büros und Labore wurden eingerichtet, die damals noch raumgreifenden Rechner installiert und das Versuchsfeld – das Herz des Hauses – mit Maschinen bestückt.

6 / Im Juni 1985 wartet der Kran für das Versuchsfeld vor dem TU-Hauptgebäude auf den Transport zum PTZ.

7 / Der spätere Institutsleiter Eckart Uhlmann im Schwerlastfundament, 1986

8 / Da war die Halle noch sehr leer: feierliche Schlüsselübergabe am 30. April 1986

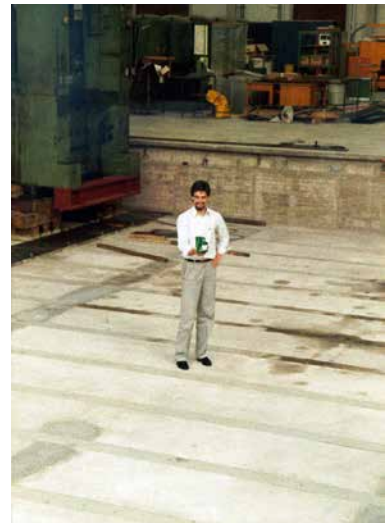
9 / Einer der goldenen Institutsschlüssel, die bei dem Festakt an den Institutsleiter übergeben wurden.

10 / Die Aufstellungsplanung der Maschinen im Versuchsfeld nimmt Formen an, Juni 1986.

11 / Das Versuchsfeld nach der Fertigstellung, 1986



6



7



8



9



10



11

Die feierliche Einweihung

Etwa zehn Jahre nach der Gründung des Fraunhofer IPK war es dann so weit: Am 25. November 1986 wurde das Gebäude eröffnet. Bundespräsident Dr. Richard von Weizsäcker hielt die Hauptrede. Als regierender Bürgermeister von Berlin hatte er in seiner Amtszeit von 1981 bis 1984 die Planung des PTZ begleitet. Auch der 1986 amtierende Regierende, Eberhard Diepgen, hielt eine Ansprache, in der er die Notwendigkeit einer Ost-West-Zusammenarbeit speziell im Wissenschaftsbereich unterstrich und dafür warb, Berlin dafür als Plattform zu nutzen.

12 / Einweihungsfeier am 25. November

1986: volles Haus im Versuchsfeld

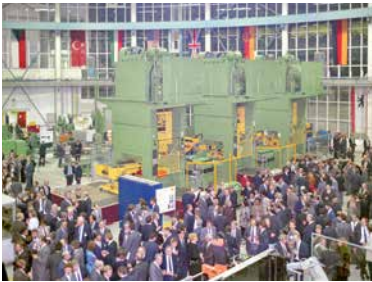
13 / Illustre Gäste: Eberhard Diepgen, Dr. Richard von Weizsäcker, Prof. Spur und Mary Spur (v.l. n. r.)

14 / Bundespräsident Dr. Richard von Weizsäcker bei seiner Rede zur Gebäudeeinweihung

15 / Auch Berlins Regierender Bürgermeister Eberhard Diepgen sprach bei der Gebäudeeinweihung.

16 / Der Bundespräsident im Gespräch mit dem Architekten Prof. Bayerer ...

17 / ... und beim Eintrag in das Gästebuch des Instituts



12



13



14



15



16



17

Das Gebäude wird prämiert

Der Stolz der ersten Nutzenden auf das neu errichtete Gebäude muss immens gewesen sein. Er spiegelt sich in zahlreichen zeitgenössischen Publikationen, die minutiös und in detailverliebter Fachsprache die Gebäudeplanung, architektonische und funktionale Aspekte, die Bauchronik sowie die Forschungstätigkeiten hinter der weißen Fassade beleuchten.

Auch in der Architekturwelt wurde das Gebäude interessiert wahrgenommen. Das Gebäudekonzept erhielt 1987 den Deutschen Architekturpreis. In der Begründung heißt es: »In einer Welt zunehmender Automatisierung (...) haben sich die Architekten der für die Zukunft zentralen Aufgabe gestellt, dem Arbeitsplatz des Menschen eine eigene Identität zu geben, die Anonymität und Isolierung des Einzelnen in der industriellen Arbeitswelt zu überwinden.« Prämiert wurde damit die beispielhafte Verbindung von Orten theoretischer und praktischer Arbeit, die das Gebäudekonzept maßgeblich bestimmt.

Die pulverbeschichtete Fassade wurde im gleichen Jahr mit dem europäischen Stahlbaupreis ausgezeichnet. Und das zu Recht, wie sich im Laufe der Jahre zeigen sollte: Liebevoll gepflegt und regelmäßig gereinigt, strahlt das Gebäude auch 40 Jahre nach seiner Einweihung noch immer leuchtend weiß.

Über die reine Gebäudegestaltung hinaus griff ein Preis, den das PTZ zwei Jahre später, 1989, erhielt: Die Goldplakette des 8. Bundeswettbewerbs für Industrie, Handel und Handwerk im Städtebau wurde verliehen für die Einordnung des Gebäudes in Stadt und Landschaft, für die städtebauliche Gestaltung seiner Umwelt, für die Architektur und die bauliche Gestaltung der Arbeitswelt, die damit einher ging.



18



19

18 / Deutscher Architekturpreis
19 / Europäischer Stahlbaupreis
20 / Goldplakette des 8. Bundeswettbewerbs für Industrie, Handel und Handwerk im Städtebau



20





1986: Roboter-Fortschritt für die Raumfahrt

Experimente im Orbit

Wir spulen vor zum 26. April 1993. Die zweite deutsche Spacelab-Mission D-2 startet mit Dr. Ulrich Walter und Hans Schlegel Richtung Weltall. Insgesamt soll die Crew in den folgenden Tagen fast 90 Experimente durchführen. Mit an Bord: ein mit Software des Fraunhofer IPK gesteuerter Roboterarm.

Bereits zu Beginn der 1980er Jahre hatte sich die ESA mit der Trägerrakete Ariane und dem Labor Spacelab in der Weltraumforschung etabliert, und auch die Roboter-technik stieß in immer neue Umgebungen vor. Mit dem Roboter-Technologie-Experiment ROTEX sollte nun die erste große Beteiligung Deutschlands in diesem Bereich folgen, maßgeblich unterstützt durch die Forschung am Fraunhofer IPK. Die Mission war ein großer Erfolg: Erstmals wurde ein Roboter im All von der Erde aus ferngesteuert. »Damit nahm eine Reihe von erfolgreichen Experimenten ihren Anfang, bei der Mensch und Roboter zu einem Team wurden«, erklärte 2018 Professor Hansjörg Dittus, damals Vorstand für Raumfahrtforschung und -technologie beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Die Arbeitszelle mit dem Roboterarm steht heute im Deutschen Museum in München.

Forschende aus dem Fraunhofer IPK entwickelten das bodenseitige Überwachungs-, Programmier- und Simulationssystem sowie die bordseitige Robotersteuerung für den automatischen Betrieb des 6-Achs-Roboters.

An Bord des Space Shuttle Columbia sollte dieser Experimente wie das Einfangen eines freischwebenden Balls durchführen. Die extreme Entfernung und Zeitverzögerung von circa sechs Sekunden zwischen dem Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen und dem Spacelab überwand man mit einer Steuerungstechnologie, die auch außerhalb dieses Projekts Anwendungen fand und heute Standard ist: die Offline-Programmierung. Hierbei werden Roboterprogramme auf einem separaten Rechner vorbereitet, simuliert und anschließend in die reale Robotersteuerung geladen. Die von Mitarbeitenden des Fraunhofer IPK in der Bodenstation vorbereiteten Anweisungen wurden also zunächst auf der Erde simuliert und dann an den Roboterarm im Orbit übertragen. Nicht nur in der Raumfahrtrobotik war diese Vorgehensweise unerlässlich, sie fand sehr bald auch Eingang in die industrielle Produktion auf der Erde. In der Automobilfertigung zum Beispiel verbrauchte die konventionelle Online-Programmierung wertvolle Kapazitäten, denn für jede Änderung musste die laufende Produktion unterbrochen werden. Je besser und realitätsnäher die Programmierung und Simulation jedoch auf dem Rechner funktionierten, desto weniger Unterbrechungen in Schweiß- oder Montagestraßen waren nötig – und Industrieroboter standen sehr viel flexibler für neue Aufgaben zur Verfügung.

1 / Das Labor für orbitale Automatisierung (LORA) war ab 1989 die ideale Testumgebung für Forschung und Entwicklung in der Raumfahrt.

2 / Ein freischwebendes Objekt zu fangen (wie hier im Versuchsaufbau mit einem goldenen Würfel simuliert), war eines der anspruchsvollsten Experimente der Spacelab-Mission. Hier musste alles stimmen, denn die Position des umherfliegenden Würfels konnte nicht vorhergesagt werden. Stattdessen sollte der Roboter mithilfe zweier Kameras einen geeigneten Bewegungsablauf berechnen. Im zweiten Anlauf klappte das perfekt.

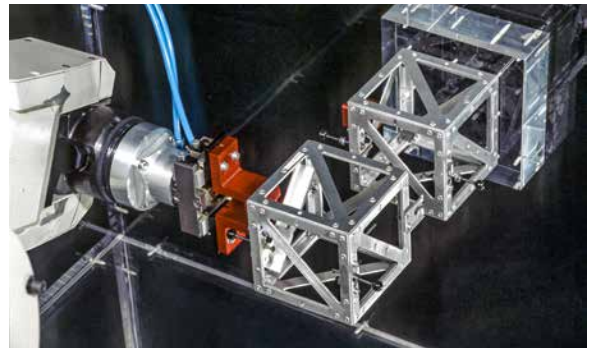
3–4 / Eine weitere Aufgabe für den Roboter: Er sollte Gitterstrukturen zusammensetzen, um zu demonstrieren, wie zukünftige Weltraumstationen und -fabriken vollautomatisiert zusammengesetzt werden könnten. Getestet wurde das im hier gezeigten Versuchsaufbau auf der Erde.



1



2



3

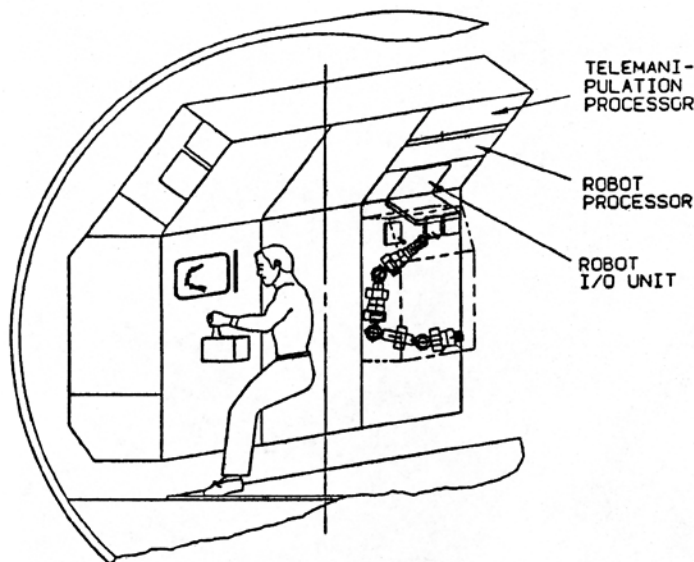


4

Entwicklungsumgebung auf der Erde

Die Beteiligung an ROTEX war nur das erste von zahlreichen Projekten im Bereich der Raumfahrt, an dem die Forschenden des Fraunhofer IPK in den 1980er und 1990er Jahren arbeiteten. Eigens für dieses Forschungsgebiet wurde 1989 das Labor für orbitale Automatisierung (LORA) im Versuchsfeld des PTZ installiert. Hier wurden etwa ein Jahrzehnt lang Experimente in der Robotertechnik durchgeführt. Dem Spacelab nachempfunden, fanden dort Versuche mit verschiedenen Robotern und Montagesystemen unter möglichst realistischen Weltraumbedingungen statt.

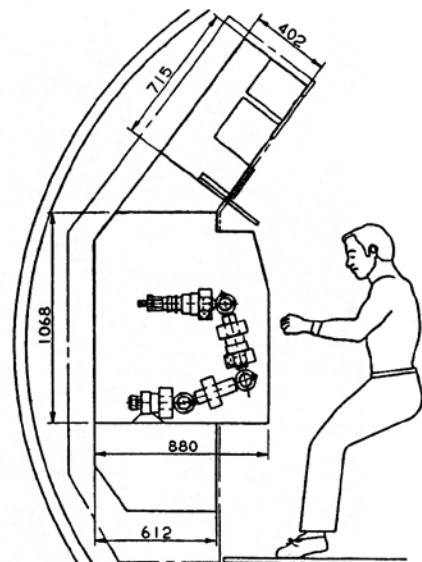
Auch in den 1990ern blieb die Raumfahrt ein wichtiges Thema im PTZ Berlin. Im von der ESA ausgeschriebenen Projekt SPARCO (SPAcE Robot Controller) beispielsweise entwickelten die Forschenden gemeinsam mit den Unternehmen TecnoSpazio, Fokker und COMAU sowie dem DLR eine Robotersteuerung für den Einsatz unter schwierigen Bedingungen im Weltall.



5 / Der Roboterarm an Bord des Space-labs konnte sowohl von einem der Astronauten als auch von der Erde ferngesteuert werden. In beiden Betriebsarten wurde die Telemannipulation des Roboters über einen Bildschirm überwacht. In der Bodenstation sorgte zudem eine von Künstlicher Intelligenz unterstützte prädiktive Simulation dafür, dass die Bedienung trotz Entfernung und Zeitverzögerung funktionierte.

6 / Der Innenraum des LORA war dem Spacelab so weit wie möglich nachempfunden. Hier konnten sich auch Gäste ein Bild von der Raumstation machen.

7 / Im ersten Experiment im neuen LORA wurde eine automatisierte Arbeitszelle aufgebaut, um Proben durch die Raumstation zu bewegen. Der Roboterarm wurde auf zwei Linearachsen montiert und konnte so verschiedene Positionen anfahren.





6



7

1986: Computer Integrated Manufacturing in der Fabrik der Zukunft

Die große Integration

Als das Fraunhofer IPK in den 1970er Jahren startete, hatte die Anbindung aller Abläufe in der Produktion – vom Produktentwurf bis zur Fertigung – an computer-gestützte Systeme maßgeblich die Arbeit des Instituts bestimmt. Auf dem Weg zur Vision einer automatisiert gesteuerten Fabrik der Zukunft vollzog die Forschung in den 1980er Jahren den nächsten informationstechnischen Schritt: Das Computer Integrated Manufacturing (CIM) zielte darauf, die Informationen der verschiedenen Systeme für die Teilbereiche der Produktion in übergeordnete EDV-Systeme zu integrieren, um eine durchgängige Steuerung von Abläufen zu realisieren.

Was aus heutiger Sicht einleuchtend klingt, war damals eine Herkulesaufgabe. Schon die Weitergabe digitaler Daten von einem Prozessschritt zum nächsten beschäftigte ganze Abteilungen im Fraunhofer IPK jahrelang. Ein Beispiel ist die werkstattorientierte Programmierung (WOP): CNC-Programme wurden zu Anfang in Text-Editoren geschrieben, von Spezialisten und abseits der Maschinenhallen. Anschließend wurden sie in DIN-Code an der Maschine eingegeben, das war zeitaufwendig und fehleranfällig. Für die Maschinenprogrammierung direkt auf dem Shopfloor entstanden ab Mitte der 1980er Jahre in die CNC-Steuerungen integrierte grafisch-interaktive Lösungen. Damit konnten Fachar-



1



2



3



4

beiter an der Maschine die Werkstückgeometrie und die Bearbeitungsschritte festlegen. Das System generierte daraus automatisch das ausführbare NC-Programm mit den Anweisungen im DIN-Code für die Steuerung. Der nächste Schritt in diesem Bereich war die sogenannte CAD-NC-Kopplung. Konstruktionsdaten mit Geometrie- und zugeordneten Fertigungsinformationen konnten ab den frühen 1990er Jahren aus den CAD-Programmen der Produktherstellung direkt in die WOP-Systeme übernommen werden. Basierend auf den übernommenen Geometriedaten mussten dann nur noch händisch die Bearbeitungsschritte festgelegt werden. Diese Überwindung der Grenze zwischen Konstruktion und Fertigung kam einer Palastrevolution gleich. Aber CIM wollte noch viel mehr.



5

1 / Der CIM-Leitstand auf der Hochebene im Versuchsfeld 1986 in der ersten Ausbaustufe von außen ...

2 / ... und innen

3 / Dr. Kai Mertins an den drei Bildschirmen, die für seine Ablaufsteuerung auf Werkstattebene erforderlich waren

4 / Das Hochregallager kam als Teil der CIM-Pilotanlage ins PTZ. Auf einer Seite war ein Zugang für eine automatische Paletteneingabe, an der anderen Seite gab es einen manuellen Eingang zur Lagerung von Institutsmaterialien.

5 / CIM-TT in der Bundesrepublik vor der Wiedervereinigung

CIM vernetzt die Produktion

Das ultimative Ziel von CIM bestand darin, die Fertigung und Montage informationstechnisch mit planenden Bereichen wie Auftragsbearbeitung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Produktionsplanung zu verbinden. Ende der 1980er Jahre blieb das vor allem ein Zielbild, aber eines, das mit Engagement vorangetrieben wurde. Auf der EMO 1985 wurde mit großem Aufwand und zahlreichen Industriepartnern ein Fertigungsdurchlauf mit CIM demonstriert – in einer 45-minütigen Vorführung vom Auftragseingang bis zum fertigen Teil.

Einen zentralen Beitrag zum Fortschritt von CIM leistete der Umzug ins PTZ. Hier gelang es dem Bereich Planungstechnik, inzwischen geleitet von Dr. Kai Mertins, Produktionsschritte, die von anderen Institutsbereichen verantwortet wurden, räumlich zu integrieren. Auf der Hochebene im Versuchsfeld entstand das CIM-Labor, ein Leitstand, in dem die informationstechnische Verbindung der Fertigung mit Konstruktionstechnik sowie Produktionsplanung und -steuerung erprobt wurde. Auch die Intraproduktionslogistik wurde berücksichtigt – ein AGV (Automated Guided Vehicle) verband die NC-Maschinen mit dem Hochregallager, das bis heute im Versuchsfeld zur Materiallagerung verwendet wird.

Auf dem Boden der Tatsachen

Schon Teilverbindungen waren ein Erfolg. Das »Dreibildschirmkonzept« von Dr. Mertins brachte Fabrikplanung und eine am Institut entwickelte Werkstattsteuerung übersichtlich zusammen. Analog zu heutigen Management-Cockpits war auf drei nebeneinander positionierten Bildschirmen ersichtlich, welche Prozesse aktuell auf den Maschinen einer Fertigung ausgeführt werden, welche Aufträge anstehen und welche Kapazitäten dafür verfügbar sind. Als Vorstufe der heutigen durchgehenden Produktionsprozessketten wurde mit solchen Lösungen eine wegweisende Teilintegration erreicht.

Um den Transfer der Lösungen in die industrielle Anwendung zu unterstützen, wurde im Dezember 1988 im PTZ ein CIM-Technologietransferzentrum (CIM-TT) gegründet. CIM-TT entstanden zu dieser Zeit mit Unterstützung des BMFT an verschiedenen Orten in der Bundesrepublik. Sie sollten Unternehmen zum Stand der Technik informieren und die Integration von CIM-Lösungen begleiten. Das CIM-TT am Fraunhofer IPK begrüßte in den folgenden Jahren und bis weit in die 1990er in zahlreichen Veranstaltungen jährlich mehrere 1000 Besucher.

Das Produktionstechnische Zentrum in Film und Fernsehen

Hollywood-Feeling an der Spree

Seit den 1980er Jahren thront es strahlend weiß am Charlottenburger Spreebogen: Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) Berlin ist mit seiner ungewöhnlichen Architektur ein Hingucker im Berliner Stadtbild. So verwundert es nicht, dass das Zuhause von Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin gerne als Kulisse für Film- und Fernsehproduktionen genutzt wird. Es hat schon in den unterschiedlichsten Rollen gegläntzt: als Ort der Produktionsforschung, aber auch als Krankenhaus oder Bank.

In jeder Rolle machte das Gebäude eine gute Figur. So etwa 2014, als das ARD-»Hauptstadtrevier« für die Folge »Schwesternkrieg« die Startszene vor dem Haus spielen ließ: Der Besitzer eines Oldtimer-Autohauses wird auf dem Weg in seine Bank von einem fahrenden Auto erfasst. Als Krankenhaus trat das Gebäude in der Serie »Frauenherzen« von 2015 auf sowie im Spielfilm »Die Whistleblowerin« von 2022. In letzterer Produktion spielte es sogar ein schwedisches Krankenhaus. Mitarbeitende des Fraunhofer IPK fühlten sich in eine Paralleldimension versetzt, als am Morgen des Drehs eine der angrenzenden Straßen plötzlich einen schwedischen Namen trug.



1

- 1 / Als Krankenhaus immer gern genommen: Für die Serie »Frauenherzen« von 2015 wurde am Institutsschild an der Ecke Pascalstraße / Schlesingerstraße ein »Rebranding« vorgenommen.
- 2 / Schon kurz nach der Einweihung spielte das Institut erstmals eine cineastische Rolle: 1987 als Drehort für die Serie »Peter Strohm«.
- 3 / Während der Dreharbeiten zum Film »Die Whistleblowerin« von 2022 amüsierte die Umbenennung der angrenzenden Straße die Mitarbeitenden im PTZ.
- 4 / Auch in diesem Film spielte das PTZ ein Krankenhaus. Die Institutsschilder von Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin am Eingang wurden dabei nicht überklebt, ...
- 5 / ... weil sie im Film nicht zu sehen waren. Standbild aus dem Film, Verwendung mit freundlicher Erlaubnis der Produzentin



2



3



4



5

Von »Anna und die Liebe« bis zu Ranga Yogeshwar

Seinen wahrscheinlich spektakulärsten Filmeinsatz hatte das Gebäude in der Serie »Anna und die Liebe«. Für einen dramatischen Höhepunkt sprang ein Stuntman aus einem Büro des PTZ, um einen Sturz vom Dach zu simulieren. Am umfangreichsten wurde das Gebäude im ZDF-Fernsehfilm »Zwischen den Zeiten« gezeigt. Die Hauptfigur des Films ist eine Wissenschaftlerin. Nahezu alle Einstellungen, die sie an ihrem Arbeitsort zeigen, wurden 2013 in einem zweiwöchigen Dreh im PTZ aufgenommen – von Foyer-, über Büro- bis hin zu Laborszenen.

Es war nicht die einzige Gelegenheit, zu der das Gebäude als Kulisse für einen wissenschaftlichen Kontext diente. Für Julie Delpy's Spielfilm »My Zoe« von 2018 wurde in den Laboren des Anwendungszentrums Mikroproduktionstechnik – AMP gedreht. Wissenschaftliche Mitarbeitende des Fraunhofer IPK unterstützten dabei die korrekte Darstellung von Labortätigkeiten wie Pipettieren. Und nicht nur für Spielfilme waren und sind die Räumlichkeiten des PTZ spannend: So drehte zum Beispiel Ranga Yogeshwar für seine Initiative »Start Coding – Jeder kann programmieren« einen Beitrag zum Thema Roboterprogrammierung im Versuchsfeld des PTZ.



6



7



8

Nicht aus allen Anfragen wurde am Ende auch ein Filmprojekt. Ein Filmteam suchte 2001 nach einem Drehort für eine Gruft – und wurde nicht fündig. Auch Ideen, das Gebäude als Drehort für die Serie »Homeland« mit Claire Danes in der Hauptrolle oder eine Neuverfilmung von »Drei Engel für Charlie« zu nutzen, wurden nicht umgesetzt. Die schönste Begründung für eine Absage lautete, der Kameramann habe sich »nicht mit der Biegung der Straße anfreunden können« – die Geschichte erzähle sich für ihn dort nicht. Auch ein Multitalent wie das PTZ passt eben nicht in jede Rolle.

6 / Der Film »Zwischen den Zeiten« wurde schon vor der offiziellen Premiere im Versuchsfeld des PTZ gezeigt.

7–8 / Szenen aus »Zwischen den Zeiten«, die in Besprechungsräumen des PTZ gedreht wurden. Verwendung mit freundlicher Erlaubnis des Produzenten und des ZDF

9 / Ranga Yogeshwar beim Dreh vor den Robotern im Versuchsfeld des PTZ



9

Die 1990er Jahre

Doppelter Neuanfang

Die deutsche Wiedervereinigung und ein Wechsel in der Institutsleitung prägen die 1990er Jahre im Fraunhofer IPK. Mit der Berliner Mauer fällt auch manche Gewissheit im Bereich Auftragsforschung, und das Institut muss seinen Kompetenzbereich anpassen, um stabil zu bleiben. Im Jahr 1997 übernimmt Professor Eckart Uhlmann die Leitung des Fraunhofer IPK von Professor Günter Spur. In den folgenden Jahren wird er den Forschungsfokus des Instituts weiter verschieben.



1990: Jahre des Umbruchs im Kielwasser der Wiedervereinigung

Mitarbeit am Aufbau Ost

Die Geschichte des Fraunhofer IPK in den 1990er Jahren lässt sich nicht erzählen ohne einen Blick auf die allgemeine Umbruchsituation nach Mauerfall und Wiedervereinigung. Diese Ereignisse hatten Prozesse in Gang gesetzt, die die Arbeit im Institut maßgeblich beeinflussen sollten. Zum einen beteiligte sich das Institut nach 1990 intensiv am »Aufbau Ost«. Zum anderen wirkten sich die Rezession in der Bundesrepublik, der Abschwung der Maschinenbaubranche sowie die Differenzierung in der deutschen Forschungslandschaft massiv auf dessen Auftragslage und damit seine finanzielle Situation aus.

An Aufbauarbeit war nach der Wiedervereinigung sowohl in der Industrie als auch in der Forschung viel zu tun, und das Fraunhofer IPK war in beiden Bereichen aktiv. Von 1992 bis 1996 unterhielt das Institut eine Außenstelle in Berlin-Mitte, wo Wissenschaftlerinnen und Ingenieure der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR Erfahrungen in der Projektakquisition und Zusammenarbeit mit Industriepartnern sammeln konnten. Teile der Außenstellen-Belegschaft wurden nach 1996 in das Fraunhofer IPK übernommen.

Gleichzeitig unterstützten verschiedene Initiativen ostdeutsche Produktionsbetriebe auf dem Weg in die Marktwirtschaft. Schon 1990 wurden die CIM-Technologie-Transferzentren um vier Standorte in Ostdeutschland ergänzt. Das seit 1988 am PTZ beheimatete CIM-TT Berlin übernahm die Koordination und unterstützte den Aufbau der Standorte in Chemnitz, Dresden, Magdeburg und Wismar. Zudem initiierte es die Einrichtung eines Investitionsmarkts Berlin-Brandenburg unter der Schirmherrschaft von Bundeswirtschaftsminister Jürgen W. Möllemann. Der Investitionsmarkt sollte Investoren Informationen über die Bezirke Berlins, die Landkreise Brandenburgs und zu privatisierende Unternehmen sowie technologieorientiertes Management-Know-how des PTZ vermitteln. Zur gleichen Zeit arbeitete ein Zentrum für werkstattorientierte Programmierverfahren, im Fraunhofer IPK bekannt als »WOP-Zentrum« daran, die Programmierung von Anlagen auf dem Shopfloor mit grafisch-interaktiven Eingabemethoden in der Industrie zu etablieren. Die Angebote des Zentrums wurden nach 1990 vor allem von Interessenten aus den neuen Bundesländern angenommen.



1 / Die Außenstelle des Fraunhofer IPK in der Kurstraße in Berlin-Mitte
2 / Fünf Jahre nach seiner Gründung ein voller Erfolg: Zum Jubiläum des CIM-Technologie-Transferzentrums 1994 besuchte der Bundesminister für Forschung und Technologie, Dr. Paul Krüger das PTZ. Das Foto zeigt ihn im Gespräch mit Dr. Claudia Hentschel.



2

Wirtschaftlicher Strukturwandel

Bei allen Bemühungen um einen Anschlag der ostdeutschen Wirtschaft: Zunächst brach die Auftragsforschung im Institut stark ein. Die Gründe sind vielschichtig. Der deutsche Werkzeugmaschinenbau erlebte nach der Wende die schwerste Krise der Nachkriegszeit. Nach einer Boomphase von 1985 bis zur Wiedervereinigung bewirkten sowohl die einsetzende Rezession in der Bundesrepublik als auch der Wegfall von Exporten in Gebiete der ehemaligen Sowjetunion einen Rückgang des Auftragsvolumens um fast 50 Prozent. Mit der »Werkzeugmaschineninitiative Berlin« versuchte der Berliner Senat ab 1995, den angeschlagenen Berliner Traditionsunternehmen in der Branche unter die Arme zu greifen. Auch Fraunhofer IPK und IWF beteiligten sich an dem Projekt, das mit Arbeitspaketen zu Verfahrenstechnologien, offenen CNC-Systemen, Maschinen- und Ferndiagnose, Materialfluss und Antriebsoptimierung in Berlin ein Innovationszentrum der Werkzeugmaschinenindustrie schaffen wollte. Der Erfolg blieb mäßig, nur wenige Berliner Werkzeugmaschinenhersteller überlebten die 1990er Jahre.

Auch in anderen Branchen sanken mit der allgemeinen Rezession nach der Wende die Investitionen in Forschung und Entwicklung, während zugleich die Krise der öffentlichen Haushalte einen Rückgang bei öffentlichen

Ausschreibungen bewirkten. Damit blieben wenig Möglichkeiten, die Auftragsausfälle in einer Kernbranche des Fraunhofer IPK auszugleichen. Gleichzeitig war der deutsche Forschungsmarkt schon lange in einem Prozess kontinuierlicher Ausdifferenzierung begriffen. Neue praxisorientierte Institute kamen laufend hinzu, Unternehmen fanden Forschungskompetenz zunehmend näher an der eigenen Betriebstür. Die Kooperation mit einem Berliner Institut wurde vor allem für süddeutsche Unternehmen unattraktiver.

Die Effekte lassen sich im Institut wie durch ein Brennglas beobachten: Zwischen 1992 und 1995 sank die Zahl der Beschäftigten stark ab, während gleichzeitig das Budget massiv zurückging. Ein Blick auf die auftraggebenden Branchen zeigt, dass das Institut seinen Fokus verschob, um sein Fahrwasser zu stabilisieren: Kamen die Kunden vor 1990 vor allem aus den Bereichen Elektro- und Kommunikationstechnik sowie Maschinenbau, gewann jetzt zum Beispiel die Fahrzeugindustrie an Einfluss. Auch Branchen, die vormals nur ein geringes Auftragsvolumen erzeugten, wurden nun in den Statistiken offiziell genannt – etwa die Optik oder die Luft- und Raumfahrt. Ab Mitte der 1990er Jahre stabilisierte sich auf dieser Grundlage die wirtschaftliche Lage des Instituts – zukunftsicher aufgestellt war es damit allerdings noch nicht.

1992: Machine Vision oder Zukunftsvision?

Oberflächlich ausgezeichnet

Schon in den 1970er Jahren hatten Mitarbeitende des IWF der TU Berlin mit Sensoren, wie zum Beispiel Kameras, die Erkennung von Objekten erprobt, noch bevor Computer in der Lage waren, die so gesammelten Daten zu speichern und auszuwerten. Der Grund für ein produktionswissenschaftliches Institut, sich mit dem Thema zu befassen, ist naheliegend: Für die zunehmende Automatisierung beispielsweise in der Automobilindustrie mussten Industrieroboter und andere Anlagen selbstständig Teile lokalisieren, identifizieren und bewegen. Auch in den Projekten des Fraunhofer IPK wurde die Bildauswertung zunächst als Teilbereich der Sensortechnik gesehen und für einfache Handhabungsprozesse eingesetzt. Beispiele waren die Höhenmessung und Lagebestimmung gestapelter Werkstücke mit zwei an einem Industrieroboter montierten Kameras oder der sogenannte »Griff in die Kiste«, bei dem Objekte im Extremfall ungeordnet übereinanderliegen und sich in Kameraaufnahmen überlappen.

Mit besseren Kameras und leistungsfähigeren Computern erweiterten sich in den späten 1980er und frühen 1990er Jahren auch die Anwendungsbereiche der Technologie rasant. Unter Leitung von Dr. Bertram Nickolay wurde am Fraunhofer IPK eine Abteilung für Mustererkennung eingerichtet, die sich mit der automatisierten Bildauswertung beschäftigte, auch in der Qualitätssicherung. Für seine Promotion zu einem mittels überwachten maschinellen Lernens trainierten »Belehrbaren Bildauswertungssystem zur Beurteilung von Materialoberflächen und Erkennung von Oberflächenfehlern« wurde Dr. Nickolay 1992 der Joseph-von-Fraunhofer-Preis überreicht – der zweite für das Fraunhofer IPK.

1 / Verleihung des Fraunhofer-Preises an Dr. Bertram Nickolay, 1992

2 / Kamerasetup für die Analyse von Oberflächen

3 / Schon 1988 arbeitete man im Fraunhofer IPK an der Bildanalyse zu Zwecken der Qualitätssicherung.

4 / 1994 funktionierte die Kennzeichenerkennung an Zufahrtsschranken schon sehr solide: Die in einem Projekt für Parkhäuser entwickelte Software wertete Kennzeichen innerhalb von ein bis zwei Sekunden aus.

5 / Echt oder gefälscht? Um die Echtheit von Unterschriften auf Pässen, Schecks und Vertragsdokumenten zu prüfen, setzten Banken und Behörden auf Bildauswertungssysteme aus dem Fraunhofer IPK.



1



2

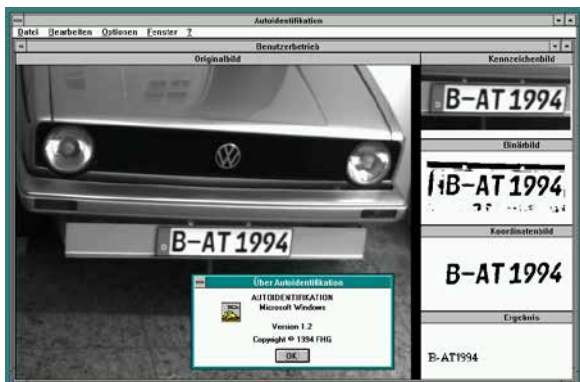
Lights, Camera, Action!

Praktische Anwendungen für die fortschrittlichen Methoden ließen nicht lange auf sich warten: Von der Inspektion von Kanalsystemen mit Robotern über die Qualitätsprüfung von Teilen aus Gießprozessen bis zur Unterstützung von Diagnosen im Deutschen Herzenzentrum war das Team von Dr. Nickolay gefragt. Dabei wurde aktiv der Kontakt in die Praxis außerhalb der Produktion gesucht. Für die Forschenden war klar: Ihre Systeme zur industriellen Bildverarbeitung hatten das Potenzial, aus der Produktion heraus in andere Bereiche übertragen zu werden, da sie in der Lage waren, nahezu beliebige Muster zu erkennen und zu analysieren.

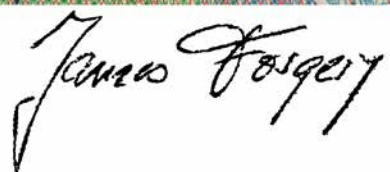
Die Mustererkennung fand in Form der Optical Character Recognition (OCR) so auch immer mehr Einzug in alltägliche Fragestellungen. Kfz-Kennzeichen in Parkhäusern automatisch zu erkennen, schaffte das System des Fraunhofer IPK in ein bis zwei Sekunden. Projekte zu Fälschungssicherung, Unterschriftenprüfung und Fingerabdruckidentifikation waren ebenfalls überaus erfolgreich: Als strategischer Partner von Banken und Behörden wie dem Bundeskriminalamt war das Institut jahrelang an wichtigen Entwicklungen in der Sicherheitstechnik beteiligt. Dass mit Dr. Nickolay und seiner Abteilung ein neuer Schwerpunkt für die Forschung des Instituts entstanden war, sollte sich noch bis in die 2010er Jahre auswirken – unter anderem mit Projekten wie der Rekonstruktion von Kulturgütern, die weltweit Anwendung fanden.



3



4



5

1992: Simulation auf allen Produktionsebenen

Dem realen Prozess virtuell vorgreifen

Modellierung und Simulation sind heute unverzichtbare Werkzeuge in der Produktion. Von der Absicherung von Bearbeitungsvorgängen über die Einrichtung von Prozessketten bis zur Abbildung komplexer Unternehmensstrukturen unterstützen sie Abläufe auf allen industriellen Hierarchieebenen. Eigenschaften und Verhalten von Systemen werden damit ohne aufwendige Versuche in der Realität erfasst und optimiert, komplexe Zusammenhänge nachvollziehbar visualisiert.

Vor diesem Hintergrund ist es wenig überraschend, dass in einem Institut mit starkem Digitalfokus der weite Themenbereich »Simulation« frühzeitig ein bestimmendes Tätigkeitsfeld wurde. Seit den 1980er Jahren finden sich in den Jahresberichten des Instituts Beschreibungen von Forschungsarbeiten zu Simulationsthemen quer über alle Fachbereiche hinweg. Aus der Vielzahl der Aktivitäten zur Simulation von Fertigungsprozessen sei eine beispielhaft hervorgehoben: Anfang der 1990er Jahre war das Institut in der Lage, den kompletten Prozess des automatisierten Lackierens von Karosserien virtuell abzubilden und entsprechende Lösungen in der Fahrzeugindustrie zu implementieren. Die entwickelten Technologien wurden Teil des »RobCAD Painting Module« des israelischen Unternehmens Tecnomatix und gelangten darüber später in die Product Lifecycle Management Software der Firma Siemens.

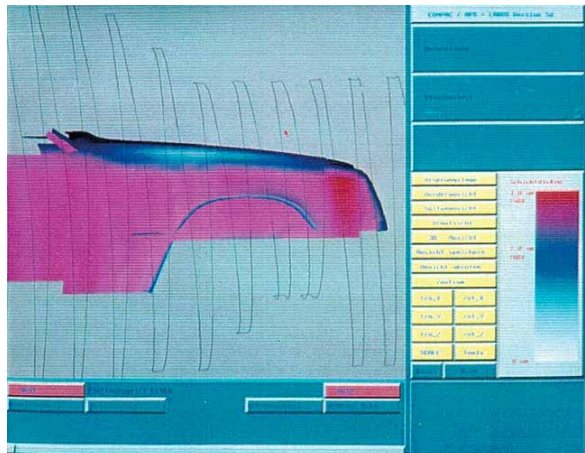
Unterschiedliche Kompetenzbereiche spielten in diesen Themenkomplex hinein, etwa die Konstruktionstechnik und Robotik. Ein Teilbeitrag aus letzterem Bereich wurde preisgekrönt: Dr. Xiaoyi Liu erhielt für seine Dissertation zum pneumatischen und elektrostatischen Lackierprozess 1992 den Carl-Ramsauer-Preis der AEG. Die Begründung: Simulation integriert Domänenwissen aus unterschiedlichen Bereichen, sie bringt physikalische, chemische oder mechanische Aspekte mit informationstechnischen Werkzeugen zusammen. Dr. Liu gelang es wegweisend, die Gebiete Strömungstechnik, elektrische Feldtheorie, Informatik und praktische Anwendung in der Industrie in Einklang zu bringen. Seine Methode



1



2



3



4



5



6

- 1 / Steuerungssimulator, 1986: Auf diesem Gerät konnte für die Firma Traub entwickelte Steuerungssoftware so getestet werden, als würde sie auf der realen Maschine ausgeführt.
- 2 / Die Dissertation von Dr. Xiaoyi Liu zur Simulation des pneumatischen und elektrostatischen Lackierprozesses wurde 1992 mit dem Carl-Ramsauer-Preis der AEG ausgezeichnet.
- 3 / Mit der Lackiersimulation LAROS konnte die geeignete Prozessstrategie für eine optimale Lackverteilung ermittelt werden.
- 4 / Für die Planung einer hochmodernen flexiblen NC-Fertigungshalle bei MBB in Donauwörth wurde in den 1980er Jahren das Simulationssystem MOSYS entwickelt.
- 5 / MO²GO-Modelle übertragen die Strukturen, Dienste, Prozesse und Daten eines Unternehmens in ein integriertes Unternehmensmodell und stellen die verfügbaren Daten gezielt bereit. Mit wenigen Notationselementen macht MO²GO die Modelldarstellung leicht verständlich.
- 6 / Schulung im Demonstrationszentrum Simulation in Produktion und Logistik, 1995. Auf dem Bildschirm an der Wand ist ein Unternehmensmodell in MO²GO zu sehen.

wurde industriell in der Offline-Programmierphase von Lackierrobotern angewendet, um eine gleichmäßigere Lackschicht zu erreichen, die Lackiereffizienz zu steigern und Lackfehler zu vermeiden.

Modellierung und Simulation von Fabrikabläufen

Auf einer höher gelagerten Ebene bewegte sich das Demonstrationszentrum Simulation in Produktion und Logistik, das im September 1994 feierlich am Fraunhofer IPK eingeweiht wurde. Unter der Leitung von Dr. Kai Mertins hatte ein Forschungsteam in den 1980er Jahren das Simulationssystem MOSYS entwickelt, mit dem komplexe Fertigungssysteme für ganze Fabrikhallen geplant werden konnten. Im Rahmen von CIM entstand die Idee, nicht nur den Materialfluss im Fabriklayout, sondern auch die umgebenen Abläufe in ihren Abhängigkeiten zu modellieren – vom Auftragseingang über die Materiallogistik und Fertigung bis zum fertigen Teil, inklusive der korrespondierenden Teilbereiche und Funktionsgruppen im Unternehmen. Kommerziell am Markt verfügbare Systeme der Zeit waren dazu nicht in der Lage, da sie die erforderliche Prozessvernetzung nicht abbilden konnten. Als 1986 im Rahmen einer umfassenden Studie zum Stand der CIM-Technologie für den Automobilhersteller VW Prozesse im Unternehmen modelliert werden sollten, wurde daher der Grundstein für die integrierte Unternehmensmodellierung (IUM) mit dem Modellierungstool MO²GO gelegt. In den Folgejahren unterstützte das Fraunhofer IPK auf dieser Basis zahlreiche Unternehmen dabei, ihre Unternehmensprozesse zu erfassen und zielgerichtet zu optimieren.

Das Demonstrationszentrum machte sich ab 1994 zur Aufgabe, Lösungen und Technologien für Simulation einem breiteren Anwenderkreis zugänglich zu machen. Dazu wurden nicht nur Schulungen auf verschiedenen gängigen Simulationssystemen angeboten, sondern auch Planspiele durchgeführt. Sie halfen Unternehmen, unter Nutzung von Simulationstechniken Schwächen in ihren Abläufen zu identifizieren und zu beheben. Das interaktive Planspiel LIFE!, in dem die Teilnehmenden eine Bohrmaschinenfertigung nach unterschiedlichen Ablauflogiken organisieren, bildete die Grundlage für die Serious Games, die bis heute im Fraunhofer IPK auf immer neue gesamtwirtschaftliche Umgebungsbedingungen angepasst werden – zuletzt auf die Erfordernisse der Kreislaufwirtschaft, zur Implementierung von digitalen Produktpässen oder zu Entwicklung und Training von resilienten Unternehmensprozessen.

1992: Schnittstelle zur Industrie



1

Zwischen Roboterboom und Realität

Die gemeinsame Entwicklung, praktische Erprobung und Einführung innovativer Technologien gemeinsam mit einzelnen Unternehmen war schon immer ein zentraler Teil der Arbeit im Fraunhofer IPK. In den 1990ern sorgte seine Strahlkraft in der Region, in Deutschland inklusive der neuen Bundesländer, aber auch international dafür, dass das Institut als Koordinator großer Projektkonsortien aktiv wurde. Stellvertretend für diese Entwicklung steht das Projekt »Realistische Roboter Simulation (RRS)«.

Am Computer zu planen, was in der realen Automobilproduktion millimetergenau und tausendfach funktionieren muss, ist nur durch exakte digitale Modelle von Industrierobotern und ihren Steuerungen möglich. Die verfügbare Simulationssoftware war Anfang der 1990er

Jahre dazu nur unzureichend in der Lage, denn auf die steuerungsinternen Algorithmen und damit das Know-how der Hersteller hatten die Programme keinen Zugriff. Bewegungspfade in der Simulation stimmten daher oft nicht mit den real durch die Steuerung berechneten Bewegungen überein, Taktzeiten wichen bis zu 30 Prozent von der Planung ab. Ein gemeinsamer Standard musste her. So entstand die Idee zur Entwicklung der RRS-Schnittstelle.

Bis heute Standard

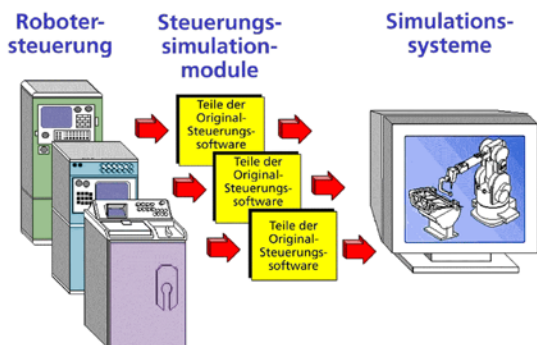
Als Koordinator des von neun großen Autobauern (Audi, BMW, Ford, Mercedes Benz, Opel, Peugeot, Citroen, Renault und VW) initiierten Entwicklungsprojekts war das Fraunhofer IPK perfekt geeignet. Seine Teams in Berlin pflegten bereits seit vielen Jahren intensive Kontakte zu Roboter- und Steuerungsherstellern wie KUKA,

Reis Robotics und Siemens. 1994 veröffentlichte das RRS I-Konsortium die erste Version der neuen Schnittstelle, mit der bereits sechs verschiedene Robotersteuerungen mit vier unterschiedlichen Simulationsprogrammen gekoppelt und die Abweichungen von Achsollwerten und Zykluszeiten massiv reduziert werden konnten. Gleichzeitig wurden so Systeme verschiedener Hersteller kompatibel, ohne dass die Hersteller ihren genauen Aufbau an Konkurrenten preisgeben mussten. Bereits 1996 war aus RRS I ein Industriestandard geworden.

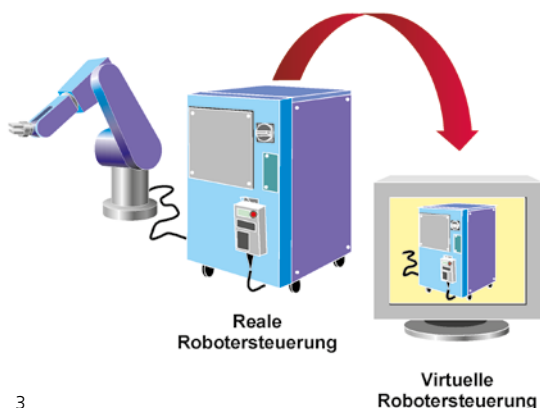
Weil die eigentlichen Bewegungsphasen der Industrieroboter nur etwa 40 Prozent der Taktzeiten ausmachten, waren interne Abläufe in der Steuerung wie Interrupts, Logik-, Ein- oder Ausschaltverhalten ebenfalls für Abweichungen verantwortlich. Um diese Prozesse zu simulieren, sollte in RRS II nun sogar eine nahezu vollständige Abbildung der Steuerungen in der Simulation folgen. Dass dies gelingen kann, hatten die Forschenden des

Fraunhofer IPK bereits im Projekt ROTEX für Raumfahrtanwendungen gezeigt. Für die Entwicklung des Virtual Robot Controller Interface (VRC) wurde das Konsortium um Partner aus der Roboterherstellung, Software- und Steuerungsentwicklung erweitert. Insgesamt waren über 35 Firmen beteiligt, die über viele Jahre gemeinsam an der Weiterentwicklung der Schnittstelle forschten. Das Projekt wirkt bis heute nach: RRS I ist in Version 1.3 immer noch gültig.

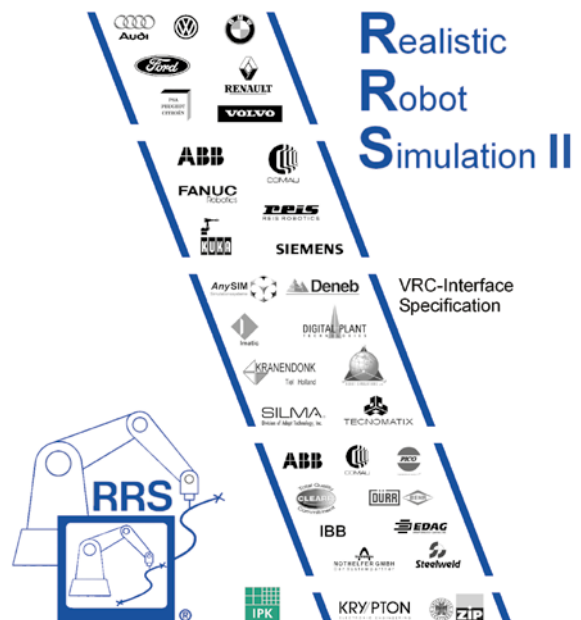
- 1 / Bereits ab 1989 arbeiteten in dieser flexiblen Montagezelle im Versuchsfeld des PTZ Industrieroboter verschiedener Hersteller zusammen. Für den flächendeckenden Einsatz solcher Anlagen in der Industrie musste auch die Simulation ihrer Arbeitsabläufe verlässlich funktionieren.
- 2 / In RRS I war das Ziel noch eine Kopplung der heterogenen Steuerungs- und Simulationssysteme für Industrieroboter, ...
- 3 / ... während RRS II bereits ein nahezu vollständiges virtuelles Modell der Robotersteuerungen in die Simulation integrierte.
- 4 / Koordiniert durch das Fraunhofer IPK wurden sämtliche Interessengruppen einbezogen: von Automobil- über Roboterherstellern bis zu Steuerungs- und Softwareentwicklern.



2



3



4

1994: Informationszentrum Benchmarking

Gut verglichen ist halb geplant

Vergleiche sind ein ständiger Begleiter wissenschaftlicher Arbeit. Wer eine neue Technologie entwickelt, schaut zunächst auf den Stand der Forschung. Wer den Auftrag erhält, Prozesse zu verändern oder neue Lösungen in der Industrie zu implementieren, prüft, wie es andere machen. So auch der Bereich Planungstechnik am Fraunhofer IPK: Seit den frühen Tagen der Abteilung waren bei der Planung von Fabrikanlagen vergleichbare Unternehmen wichtige Orientierungspunkte. Bei der bereits im Simulationskontext erwähnten Studie für VW zum Stand von CIM 1986 wurde das Vergleichen auf die Spitze getrieben: Ein Team von rund 30 Fachleuten aus dem Fraunhofer IPK und von VW-gedas verbrachte mehr als ein Jahr damit, alle wichtigen Automobilfirmen der Welt zu besuchen und deren Produktionsmethoden zu untersuchen.

Eine Herausforderung in diesem Zusammenhang ist, dass nicht alle Fabrikplaner und -organisatorinnen in Unternehmen die Daten, die man für systematische Vergleiche braucht, bereitwillig teilen. Das Informationszentrum Benchmarking (IZB), das 1994 als erste Einrichtung

seiner Art in Deutschland unter der Leitung von Gunnar Siebert und Stefan Kempf an den Start ging, wollte dem mit einem eigenen Angebot begegnen: Das von den Gründern entwickelte prozessorientierte Benchmarking sollte Best-Practice-Wissen generieren und teilen. Im gleichen Jahr wurde das Global Benchmarking Network (GBN) gegründet – zunächst als Zusammenschluss des IZB mit den Benchmarking-Zentren in den USA und Schweden.

Vom BenchmarkIndex zum Wissensmanagement

Benchmarking als Managementmethode ist die Suche nach Lösungen, die auf den besten Methoden und Verfahren der Industrie, den Best Practices, basieren. Das Einsatzgebiet erstreckt sich von der Optimierung von Geschäftsprozessen bis zur umfassenden Unterstützung bei der strategischen Ausrichtung von Unternehmen. Das junge IZB genoss in der wissenschaftlichen Community schnell einen so guten Ruf, dass schon im zweiten Jahr seines Bestehens ein prominenter Vertreter der Disziplin am Fraunhofer IPK begrüßt werden konnte: Im Rahmen einer Benchmarking-Konferenz am Institut bot der Benchmarking-Pionier Dr. Robert Camp einen



1 / Workshop im Informationszentrum Benchmarking in den 1990er Jahren
2 / Dr. Robert Camp bei der Benchmarking-Tagung 1995
3 / Dr. Markus Will leitet 2010 einen Wissensbilanz-Workshop im Institut.



2

Workshop an. Ein Meilenstein des IZB war die Entwicklung des BenchmarkIndex in Deutschland durch Holger Kohl im Rahmen des europäischen Pilotprojekts »REACTE« von 1999 bis 2001, ein Datenbankvergleich mit über 100 000 kontinuierlich aktualisierten Datensätzen. Dieser Vergleich ermöglicht es Unternehmen, eigene Kennzahlen auf nationaler und internationaler Ebene mit denen anderer Firmen zu vergleichen. Sowohl das Prozessbenchmarking als auch der BenchmarkIndex gehörten schnell zum Standardrepertoire für Best-Practice-Vergleiche weltweit.

Mit der Systematisierung der Benchmarking-Aktivitäten begann der Planungsbereich unter Kai Mertins, der inzwischen Professor geworden war, sein Portfolio von der Planung von Produktionsstätten in den Bereich der Managementmethoden zu erweitern. Schon 1997 folgte die Gründung des Competence Center Wissensmanagement (CCWM) unter der Leitung von Peter Heisig. Wissen gehört zu den wertvollsten immateriellen Ressourcen von Unternehmen, dessen Bedeutung sich häufig erst dann offenbart, wenn es verloren geht: Treten langjährige Mitarbeitende in den Ruhestand ein, verlieren Unternehmen einen reichen Schatz an Erfahrungswissen. Dieses intellektuelle Kapital zu systematisieren und zu bewahren, ist die Mission des CCWM.

Ein wichtiges Tool des CCWM ist die Wissensbilanzierung. Bis 2004 im Rahmen des Pilotprojekts »Wissensbilanz – Made in Germany« im Hinblick vor allem auf die Anforderungen von mittelständischen Unternehmen entwickelt, dient sie dazu, Wissensmanagement (WM) an die Unternehmens- und Geschäftsstrategie zu koppeln sowie die Wirksamkeit und Zielerreichung von WM-Maßnahmen kontinuierlich zu überprüfen. Die Softwareanwendung »Wissensbilanz-Toolbox« unterstützt den Prozess.



3

1995: Volle Fahrt voraus!

Verkehrstechnik für die Region

Die Bahnreform, die Modernisierung der Infrastruktur in den neuen Bundesländern, Digitalisierung und Debatten um die Umweltauswirkungen des Personenverkehrs – die Verkehrstechnik war ein Fokusthema der 1990er Jahre, auch im Fraunhofer IPK. Beim Produktionstechnischen Kolloquium 1995 zum Thema »Management und Produktion für Umwelt und Verkehr« im Messezentrum ICC Berlin setzten sich Bundesverkehrsminister Matthias Wissmann, das Institut und die anwesenden Industriepartner das Ziel, alle Verkehrsträger zu einem integrierten System zu vernetzen. Im Bereich der Telematik, zum Beispiel bei Verkehrsplanung und -überwachung, prognostizierte das Verkehrsministerium Investitionen von 80 Milliarden DM bis 2010. Die Tragweite dieser Entwicklung erkannte auch ADTranz (ABB Daimler Benz Transportation, damals der größte Schienenfahrzeughersteller der Welt) und schlug für die Umsetzung den Standort Hennigsdorf nördlich von Berlin vor. Im neuen Technologiezentrum Verkehrstechnik (TZV) sollten Unternehmen und Forschungseinrichtungen gemeinsam innovative Lösungen entwickeln und so auch die Unternehmen der Region nachhaltig stärken. Gemeinsam mit 28 weiteren Dienstleistern bezog die Gruppe Verkehrstechnik des Fraunhofer IPK 1996 das TZV.

Mit dem Ziel, die Kooperation zwischen den vielen Zulieferunternehmen und so ihre Marktposition zu verbessern, begannen die Forschenden, Vernetzungsdatenbanken aufzubauen. Im regionalen Netzwerk »ProNetz« waren Ende der 1990er knapp 850 Unternehmen vertreten, die bedarfsweise zu Verbünden oder Interessengruppen wie Werkzeugbau oder Mess- und Prüftechnik zusammengefasst werden konnten, denen aber vor allem Hinweise zu möglichen Projektbeteiligungen auf regionaler und europäischer Ebene gegeben wurden. EU-weite Zulieferbeziehungen und Forschungsk Kooperationen koordinierte das Fraunhofer IPK im Projekt »TransTech«, um die beteiligten Firmen dabei zu unterstützen, nicht mehr nur Einzelteile zu fertigen, sondern Systemzulieferer zu werden. Neben technologischen Lösungen wurde mit eLearning-Lösungen auch die Fachkräftebildung in den KMU der Region unterstützt.

Ein Griff ins Klo?

Auch an innovativen Projekten zur Verkehrstechnik beteiligten sich die Forschenden vom Fraunhofer IPK vielfach – obwohl nicht jedes von langfristigem Erfolg gekrönt war. Als die Zusammenarbeit mit CargoLifter 1999 begann, hatte das Luftschiff-Start-up gerade den Spatenstich für seine Werft in Brandenburg gefeiert.



1



2



3



4



5



6

- 1 / Bundesverkehrsminister Matthias Wissmann und Prof. Günter Spur beim Gespräch im ICC Berlin während des Produktionstechnischen Kolloquiums 1995
- 2 / Technologiezentrum Verkehrstechnik (TZV) in Hennigsdorf bei Berlin
- 3 / Die futuristische Nasszelle, entstanden im vom Fraunhofer IPK koordinierten »Lavatory Design Project«
- 4 / Telematik-Arbeiten aus dem Fraunhofer IPK: GPS-Geräte erfassen die Verkehrssituation am Boden ...
- 5 / ... und Helikopter prüfen die Fahrzeugdichten aus der Luft.
- 6 / In der Verkehrsleitzentrale im PTZ Berlin laufen die gesammelten Daten zusammen und werden ausgewertet.

Unter anderem unterstützte das Fraunhofer IPK CargoLifter bei der Zuliefersuche und vertrat das Unternehmen auf einer Luftfahrtmesse in Moskau. 2002 stellte CargoLifter einen Insolvenzantrag, seit 2004 beherbergt die Werft als größte freitragende Halle der Welt einen Freizeitpark.

Egal ob im Luftschiff, Flugzeug oder Zug, Nasszellen mit WC werden in vielen Verkehrsmitteln benötigt. So koordinierte das Fraunhofer IPK im »Lavatory Design Project« mit zahlreichen Unternehmen aus Berlin und Brandenburg die Entwicklung des Verkehrsmittel-WCs der Zukunft. Auf der ILA 2000 wurde die futuristisch anmutende Zelle mit einem Design der Fachhochschule Potsdam dem Bundeswirtschaftsminister Werner Müller und dem Regierenden Bürgermeister Diepgen präsentiert.

Athen, Hannover, Hennigsdorf!

Mit dem Bereich der Telematik rückte auch die Verkehrsplanung in Echtzeit in den Vordergrund. Bei der Erprobung der Floating-Car-Data (FCD)-Technologie lieferten Stichprobenflotten über ihre GPS-Geräte den aktuellen Verkehrszustand der befahrenen Berliner Straßenabschnitte an die Verkehrszentrale im Fraunhofer IPK, in der aus den Einzelmeldungen die Gesamtverkehrslage berechnet wurde. Mithilfe von Bildverarbeitungswerkzeugen des DLR konnten die Forschenden außerdem erstmals Fahrzeugdichten und Verkehrsdaten aus von einem Helikopter erstellten Luftaufnahmen ableiten. Einsatz fand die FCD-Technologie schnell bei internationalen Großereignissen: Bei den olympischen Spielen in Athen 2004 und im Raum Hannover während der Fußball-WM 2006 wurden die dortigen Verkehrsleitzentralen unterstützt.

1996: Weltweit aktiv

Auf der internationalen Bühne

Der Auftrag der Fraunhofer-Gesellschaft ist die Unterstützung der deutschen Wirtschaft – und dieser Auftrag führt die Fraunhofer-Institute mitunter weit über die Landesgrenzen hinaus, in jeden Winkel des Globus. Die Gründe können sehr unterschiedlich sein: Mal geht es darum, den Boden für ein Engagement deutscher Industrien im Ausland zu ebnen, mal darum, deutsche Unternehmen im Ausland zu unterstützen. Auch von internationalen Partnern zu lernen oder globale Herausforderungen gemeinsam zu adressieren, kann ein Aufhänger sein.

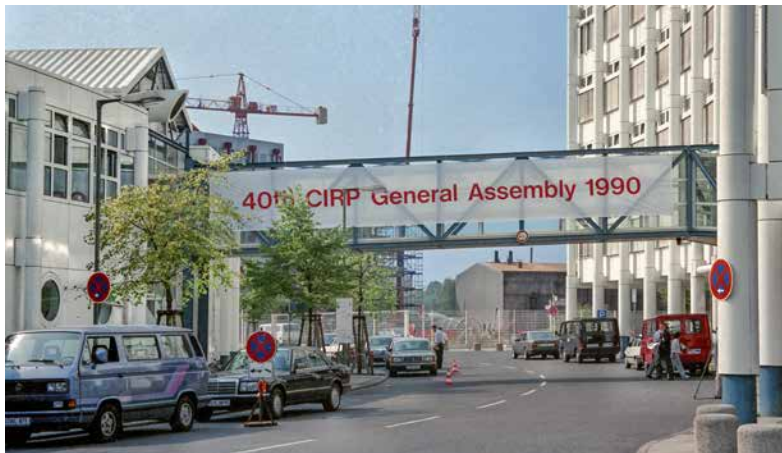
Abgesehen davon ist Fraunhofer Teil der wissenschaftlichen Community, und diese ist weltweit vernetzt. Die Internationale Akademie für Produktionstechnik CIRP

etwa, der renommierteste Zusammenschluss von Fertigungsforschenden, umfasst Mitglieder aus aktuell 41 Ländern. Seine jährliche Generalversammlung tagte 1990 zum bisher einzigen Mal in Berlin und zwar am PTZ. Ausgerechnet im Jahr der Wiedervereinigung und zur 40. Ausgabe der Veranstaltung – ganz besondere Rahmenbedingungen für die Konferenz.

Fünf Jahre später, im November 1995, verlieh die Computer and Automated Systems Association of the Society of Manufacturing Engineers (CASA/SME) dem PTZ ihren LEAD Award. Der Preis für »Leadership and Excellence in the Application and Development of Computer Integrated Manufacturing« ehrte die besondere Verbindung von industrienaher Forschung und Entwicklung, Grundlagenforschung sowie Lehre an IWF und Fraunhofer IPK.



1



2



3

1–2 / 40. CIRP General Assembly in Berlin 1990 in der Kongresshalle und im Produktionstechnischen Zentrum
3 / Der LEAD Award der Computer and Automated Systems Association of the Society of Manufacturing Engineers



4



5



6

4 / Im German Center in Jakarta hatte das Fraunhofer Representative Office FRO seinen Sitz.

5–6 / Ab 2008 unterstützte das Fraunhofer IPK das Dubai Institute of Technology (DIT) bei der Gestaltung eines Technologieparks.

Von Berlin nach Jakarta

Das erste umfassende Auslandsengagement des Fraunhofer IPK bestand seit den 1980er Jahren in einer Zusammenarbeit mit Indonesien. Zunächst hatte das Institut Forschungs- und Entwicklungsprojekte vor Ort unterstützt, dann mit einem jährlichen Indonesientag im Rahmen der Berliner Asien-Pazifik-Wochen für ein stärkeres Engagement deutscher Unternehmen in Indonesien als dem bevölkerungsreichsten Staat im asiatisch-pazifischen Raum geworben. In den 1990er Jahren war es maßgeblich an der Gestaltung eines nationalen produktionstechnischen Forschungsinstituts beteiligt, dem Mesin Perkakas Produksi Automatisasi (MEPPO) in Bandung.

Um diese Aktivitäten zu vertiefen, gründete das Fraunhofer IPK Anfang der 1990er Jahre ein Projektbüro in Jakarta. Über diese Niederlassung war das Institut Mitte der 1990er Jahre an einem Großprojekt beteiligt, dessen Ziel es war, ein »nationales Auto« für Indonesien zu fertigen: Ab 1996 unterstützte ein Team aus dem Bereich Planungstechnik von Professor Kai Mertins die Planung der Autofabrik TIMOR in Jakarta. 1999 wurde das Projektbüro in das Fraunhofer Representative Office

FRO Indonesia umgewandelt, die Wirtschaftskrise 2008 beendete das strategische Engagement des Fraunhofer IPK in Indonesien.

Von Technologieparks und Innovationssystemen

Die Gründung des MEPPO eröffnete dem Fraunhofer IPK ein Tätigkeitsfeld, das bis heute ein maßgebliches Standbein des Instituts ist: die Gestaltung nationaler Innovationssysteme. Die deutsche Bundesregierung hatte die Gründung finanziell unterstützt und wollte danach erheben, wie der Entwicklungsstand der Industrie vor Ort war und wie man ihre Weiterentwicklung im Interesse deutscher Unternehmen regionsspezifisch unterstützen konnte. Daraus folgte der Auftrag, einen Forschungsplan für Indonesien zu erstellen.

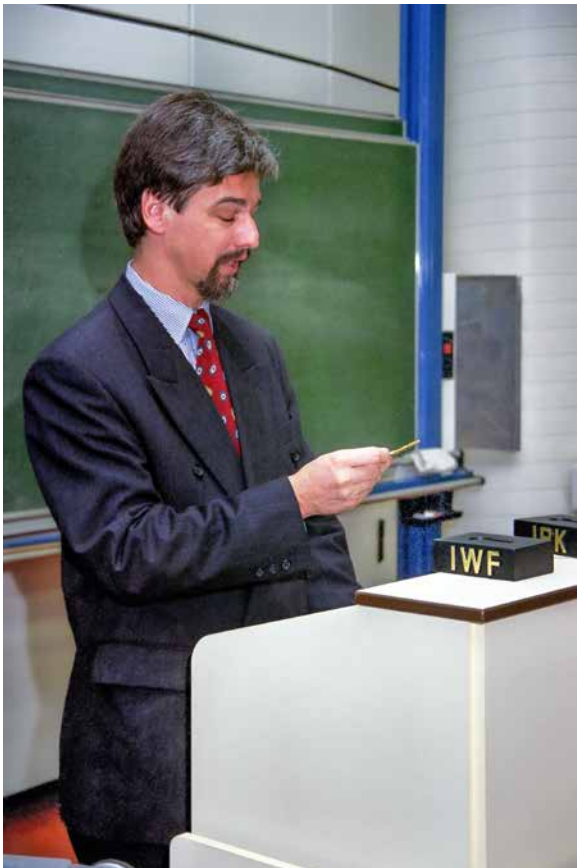
Zur Lösung dieser Aufgabe entwickelte das Institut eine Methode, die später in verschiedenen Ländern angewendet wurde, etwa in Vietnam und Ägypten. Den Gipfel erreichten diese Aktivitäten mit dem Aufbau einer umfassenden Forschungslandschaft in Brasilien ab den 2010er Jahren. Aber auch Innovationslandschaften in kleinerem Maßstab wurden entwickelt, etwa Technologieparks in Dubai und Sharjah.

1997: Neue Institutsleitung

Generationenwechsel

Das Jahr 1997 markiert eine Zäsur in der Geschichte des Fraunhofer IPK: Am 1. September trat Professor Eckart Uhlmann die Nachfolge von Professor Günter Spur als Institutsleiter an. Gleichzeitig übernahm er die Leitung des Fachgebiets Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik am IWF der TU Berlin. Professor Uhlmann hatte bei Professor Spur studiert und promoviert, ehe er als Prokurist mit Verantwortung für die Bereiche Forschung und Entwicklung, Anwendungstechnik und Patentwesen Erfahrungen in der Industrie sammelte.

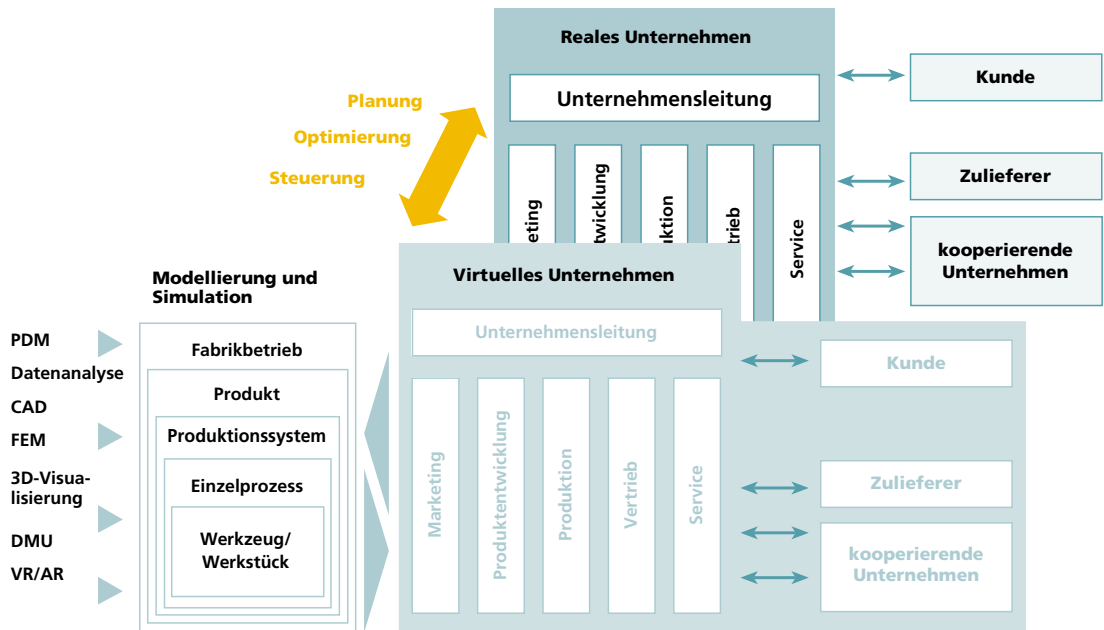
Der Wechsel in der Führungsebene läutete eine grundlegende Neuausrichtung des Instituts ein. Das war zu diesem Zeitpunkt dringend erforderlich. Sowohl die Organisation und die Arbeitsgebiete des Fraunhofer IPK als auch die zugehörige Anlagentechnik waren Ende der 1990er in die Jahre gekommen. Die Orientierung der Forschungsaktivitäten in den Bereichen Steuerungs-, Roboter-, Konstruktions- und Planungstechnik war in den ersten zehn Institutsjahren zwar äußerst erfolgreich gewesen, passte 1997 aber nicht mehr zu den aktuellen Bedarfen der Industrie und wurde immer weniger nachgefragt. Von der Wirtschaftskrise nach 1990 hatte das Fraunhofer IPK sich daher nicht erholt, die Finanzsituation des Hauses war angespannt geblieben.



1



2



3

1–2 / **Feierliche Amtsübergabe an Prof. Eckart Uhlmann am 1. September 1997.** Bei der Zeremonie übergab Prof. Günter Spur auch die goldenen Institutsschlüssel an seinen Nachfolger.

3 / **Schon vor seinem Amtsantritt entwickelte Prof. Uhlmann seine Vision von der durchgehenden Virtualisierung von Produktionsunternehmen, wie er sie im Fraunhofer IPK verwirklichen wollte:** Mit digitalen Werkzeugen werden alle Entitäten und Prozesse eines Unternehmens modelliert und simuliert. Daraus ergibt sich ein vollständiges virtuelles Abbild (heute würde man sagen: ein Digitaler Zwilling) des Unternehmens. Mithilfe dieses Zwillings lassen sich Vorgänge im realen Unternehmen planen, analysieren, steuern und optimieren.

Neue Kompetenzfelder, Stärkung bestehender Arbeitsgebiete

Der Berufung von Professor Uhlmann waren intensive Verhandlungen um die Frage vorausgegangen, welche Rahmenbedingungen es erfordern würde, das Institut zu seiner alten Spitzenposition in der Forschungslandschaft zurückzuführen. Der designierte Institutsleiter hatte dem Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Berliner Senat ein umfassendes Strategiekonzept unterbreitet, wie sich unter Nutzung bestehender und aufzubauender neuer Kompetenzen im Institut neue Arbeitsfelder mit hoher wirtschaftlicher Relevanz entwickeln ließen. Vier Arbeitsbereiche mit hohem interdisziplinären Querschnittscharakter aller Kompetenzbereiche des Instituts waren der Kern der vorgeschlagenen strategischen Neuausrichtung. Darin wurden der Virtualisierung von Produkt- und Prozessentwicklung im gesamten Lebenszyklus, der Produktion in globalisierten Unternehmen, der Medizin- und Biotechnologie sowie

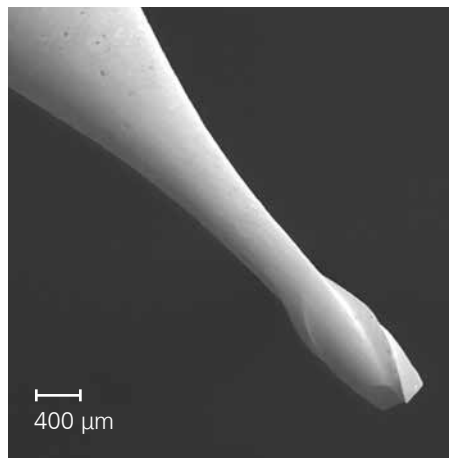
der Verkehrstechnik höchste Potenziale beigemessen, das Fraunhofer IPK erfolgreich in die Zukunft zu führen. Sie lassen sich herunterbrechen auf die Vorschläge, die Tätigkeitsfelder Produktentwicklung sowie Fabrikplanung mit Produktionsmanagement, -planung und -steuerung neu auszurichten, das Tätigkeitsfeld Verkehrstechnik zu erweitern und Tätigkeitsfelder Medizintechnik und Mikroproduktionstechnik neu aufzubauen.

Den Plänen wurde schließlich zugestimmt: Der Berliner Senat und die Fraunhofer-Gesellschaft bewilligten umfangreiche Sondermittel für die Modernisierung des Instituts. Insgesamt 21 Millionen DM stellten der Senator für Wissenschaft, Forschung und Kultur, Peter Radunski, sowie der Fraunhofer-Vorstand für Geräteinvestitionen, die Fortentwicklung und Stärkung bestehender Arbeitsgebiete sowie die Ausstattung neu zu entwickelnder Forschungsfelder zur Verfügung.

Vision: Durchgehende digitale Prozessketten

Mit dieser Ausstattung begann ab 1998 der Umbau des Instituts. Integration als Alleinstellungsmerkmal, so lautete das Zielbild, das dabei verfolgt wurde. »Unternehmen von der Produktidee über die Produktentwicklung bis hin zur Produktherstellung mit innovativen Methoden und Verfahren zu unterstützen sowie das dafür notwendige industrielle Fabrikumfeld zu gestalten, ist erklärtes Ziel des Fraunhofer IPK«, so wurde die Mission des Instituts im Jahresbericht 1999 beschrieben.

Was sich dahinter damals schon verbarg, ist im Denksatz nicht weniger als das Ideal der »digital integrierten Produktion«, welches das Institut heute verfolgt. Beim Institutsleitungswechsel 1997 standen die Tätigkeitsfelder des Fraunhofer IPK noch weitgehend nebeneinander. Der neue Forschungsansatz sah vor, für die Industrie notwendige daten- und IT-technische Verbindungen von der Produktentstehung über die Fabrik- und Fertigungsorganisation bis hin zur Produktherstellung selbst zu schaffen und im Forschungsangebot des Fraunhofer IPK abzubilden. Zusätzlich wurde in Angriff genommen, produktionstechnisches Know-how in Bereiche wie Verkehr und Medizin zu übertragen.



4

4 / Im IWF wurden Mikrowerkzeuge patentiert, die dann im Fraunhofer IPK angewendet wurden.
5 / Vollkeramisches Fräswerkzeug aus dem Bereich Produktionssysteme



5

Dreiklang Fertigungstechnologien, Werkzeugmaschinen und Werkzeuge

Um den organisatorischen Unterbau für die Neuorientierung der Forschung zu schaffen, wurden die Abteilungen und Arbeitsgruppen des Fraunhofer IPK in sechs Geschäftsfelder gegliedert, die die gesamte Prozesskette industrieller Fertigungsbetriebe abbildeten und verstärkt interagieren sollten. Dabei entstand erstmals in der Institutsgeschichte auch ein Bereich, der sich mit der Entwicklung, dem Einsatz und der Anpassung von Produktionsanlagen und Fertigungstechnologien befasste. In den ersten Jahren noch auf Werkzeug- und Formen-

bau konzentriert, entwickelte sich daraus in kurzer Zeit ein Bereich Produktherstellung, der seither neue Bearbeitungsstrategien und -technologien sowie die dazu passende Werkzeug- und Maschinentechnik entwickelt, bestehende Verfahren und Anlagen optimiert oder an neue Rahmenbedingungen anpasst – etwa die Bearbeitung neuartiger Hochleistungswerkstoffe – sowie zukunftsorientierte Werkzeugkonzepte realisiert. Und das sowohl für die Makrofertigung als auch für Mikroproduktionstechnik, die bald darauf zu einem Aushängeschild des Instituts werden sollte.



1998: Das virtuelle Produkt

Produktentstehung für das nächste Jahrtausend

Anfang der 1990er Jahre war die Situation auf dem CAX-Markt klar: Obwohl Forschungsprojekte wie APS und in Berlin entstandene Programme wie COMVAR und COMPAC in den 1970ern und 1980ern maßgebliche Impulse sowohl in der 2D- als auch in der 3D-Modellierung gesetzt hatten, dominierten vor allem die ressourcenstärkeren US-Softwarehersteller mit ihren Systemen. »Deutsche CAD-Anbieter muss man mit der Lupe suchen«, schreibt 1994 beispielsweise die Computerwoche in einem Artikel zum Verbundprojekt »CAD-Referenzmodell« von Fraunhofer IPK sowie zwölf Industriepartnern und Universitäten. Zukunftsorientierte, flexible und computerunterstützte Produktentwicklung, menschengerechte Arbeits- und Technikgestaltung, schneller und kosteneffizienter qualitativ hochwertige Produkte auf den Markt bringen, Produktdatenmanagement (PDM) – das waren die Schlagworte.

Die Vision der Forschenden: Systeme für virtuelle Produkte. Aus 2D-Bearbeitung wurde 3D-Verarbeitung, aus Geometriemodellen wurden virtuelle Produktmodelle, mit deren Hilfe nun alle Aufgaben der Prozessketten unterstützt werden sollten. Der Begriff »virtuell«

sollte dabei nicht nur »digital« bedeuten: Für Professor Frank-Lothar Krause waren hier auch über das Internet vernetzte und global verteilte Unternehmen gemeint. Außerdem sollten virtuelle Produkte mithilfe neuer Multimedia-Technologien wie VR und AR entstehen. Auf Initiative von Professor Krause, seit Beginn Leiter der Konstruktionstechnik am Institut, bewarb sich ein Konsortium aus über 50 Partnern unter Leitung von Fraunhofer IPK, Volkswagen und Siemens Business Services auf den Leitprojektwettbewerb des BMBF – und gewann. Mit 50 Millionen DM Förderung des Bundes und weiteren 50 Millionen DM von Industriepartnern sollten die beteiligten Softwarefirmen, Forschungsinstitute und Anwender im Programm »Innovative Technologien und Systeme für die integrierte Virtuelle Produktentstehung« (iViP) bis 2002 Projekte zu Themen wie Infrastruktur, Werkzeuge zur virtuellen Fertigungserprobung und Marktvorbereitung durchführen.

Der digitale Master

Mit iViP sollte eine umfassende IT-Systemwelt für die Produktentwicklung entstehen. Zentral war dafür die Idee der offenen Common Object Request Broker Architecture (CORBA): Statt proprietären Datenformaten und Software, die keine Integrationen zulässt, sollte die iViP-Objektschnittstelle und -Integrationsplattform den Datenaustausch zwischen allen in der Produktentwicklung verwendeten Werkzeugen möglich machen. In Zukunft würden Entwickler und Entwicklerinnen ihre Programme wie Bausteine im zentralen iViP-Client organisieren – sowohl lokal installierte iViP-konforme Werkzeuge als auch externe, noch nicht vollständig eingebundene Software oder sogar Software-on-Demand-Dienste, die nur bei Bedarf aus Intra- oder Internet geladen werden konnten. Zugrunde lag damit auch erstmals der »Digitale Master« als »Single Source of Truth«, mit dem digitale Durchgängigkeit in bisher nicht erreichbarem Umfang umgesetzt werden konnte. Der Kongress »Virtual Product Creation 2002« zog zum Abschluss von iViP Bilanz: Insgesamt entstanden 45 Prototypen, von denen circa 30 zu produktreifen IT-Systemen wurden oder in andere Systeme integriert werden konnten (zum



Beispiel die PDM/PLM-Software axalant 2000 oder SAP Automotive). Insbesondere KMU sollten mithilfe der neuen iViP-Architektur Zugang zu bisher unerschwinglicher Hightech-Software erhalten und die Kooperation mit Auftraggebern und Zulieferern verbessern.

Nicht alle Unternehmen waren zu diesem Zeitpunkt zur Umsetzung einer offenen Architektur in der Praxis bereit. Viele setzten lieber auf den Ausbau eigener Ökosysteme – ein Ansporn für Institutionen wie das Fraunhofer IPK, auch in Zukunft an umfangreichen

Industriekooperationen und Austauschformaten zu arbeiten. Ebenfalls im Projekt beteiligt war der ProSTEP-Verein, der sich bereits seit 1993 für industrieübergreifende Datenformate eingesetzt hatte. Mit Abschluss von iViP entschieden sich einige Partner, ihre gemeinsame Arbeit dort fortzuführen. Der so entstandene Verein »prostep ivip« zählt heute knapp 180 Mitglieder aus Industrie und Forschung und organisiert regelmäßig internationale Konferenzen, Workshops und andere Formate rund um die industrielle Produktentwicklung.



2

1 / »Das virtuelle Produkt:« Nachdem Prof. Günter Spur und Prof. Frank-Lothar Krause bereits 1984 mit »CAD-Technik« einen Meilenstein veröffentlicht hatten, erschien 1997 die erfolgreiche Fortsetzung und wurde schnell zum Standardwerk.

2 / Beim »Innovationsforum Virtuelle Produktentstehung« 2000 tauschten sich über 250 Gäste, von Systementwicklern bis zu Anwendern, zur Zukunft der Produktentstehung aus.

3 / Abschlusskongress »Virtual Product Creation 2002«



3

1999: Teleservice und das Leitprojekt »e-Industrial Services«

»Hallo Maschine, wie geht es dir heute?«

Wenn im Kontext von CIM die Rede davon war, Komponenten einer Fertigungssteuerung zu »vernetzen«, ging es noch um lokale Vernetzung. Das Internet war zwar Ende der 1980er Jahre schon geboren, der Zugang jedoch den Universitäten vorbehalten. Erst 1990 beschloss die National Science Foundation der USA, das Netzwerk für kommerzielle Zwecke zu öffnen – damit wurde es auch für die Arbeiten des Fraunhofer IPK nutzbar.

Der nun mögliche Blick von außen in die Eingeweide der Maschinensteuerung war aus Perspektive des Fraunhofer IPK vor allem für die Maschinenüberwachung und -wartung interessant. Unter dem Schlagwort »Teleservice« begann der Bereich Steuerungstechnik um Eckhard Hohwieler daher quasi mit Aufkommen des World Wide Web, Maschinensteuerungen netzwerktechnisch zu integrieren. Ziel war es, Daten an der Steuerung abzurufen und diese an einem beliebigen Ort weiterzuverarbeiten – mit der Idee, Maschinenherstellern eine Fernwartung der von ihnen vertriebenen Anlagen zu ermöglichen. Auf diesem Gebiet übernahm das Institut in den folgenden Jahren eine Vorreiterrolle.

Mehrwertdienste aus Fraunhofer-Hand

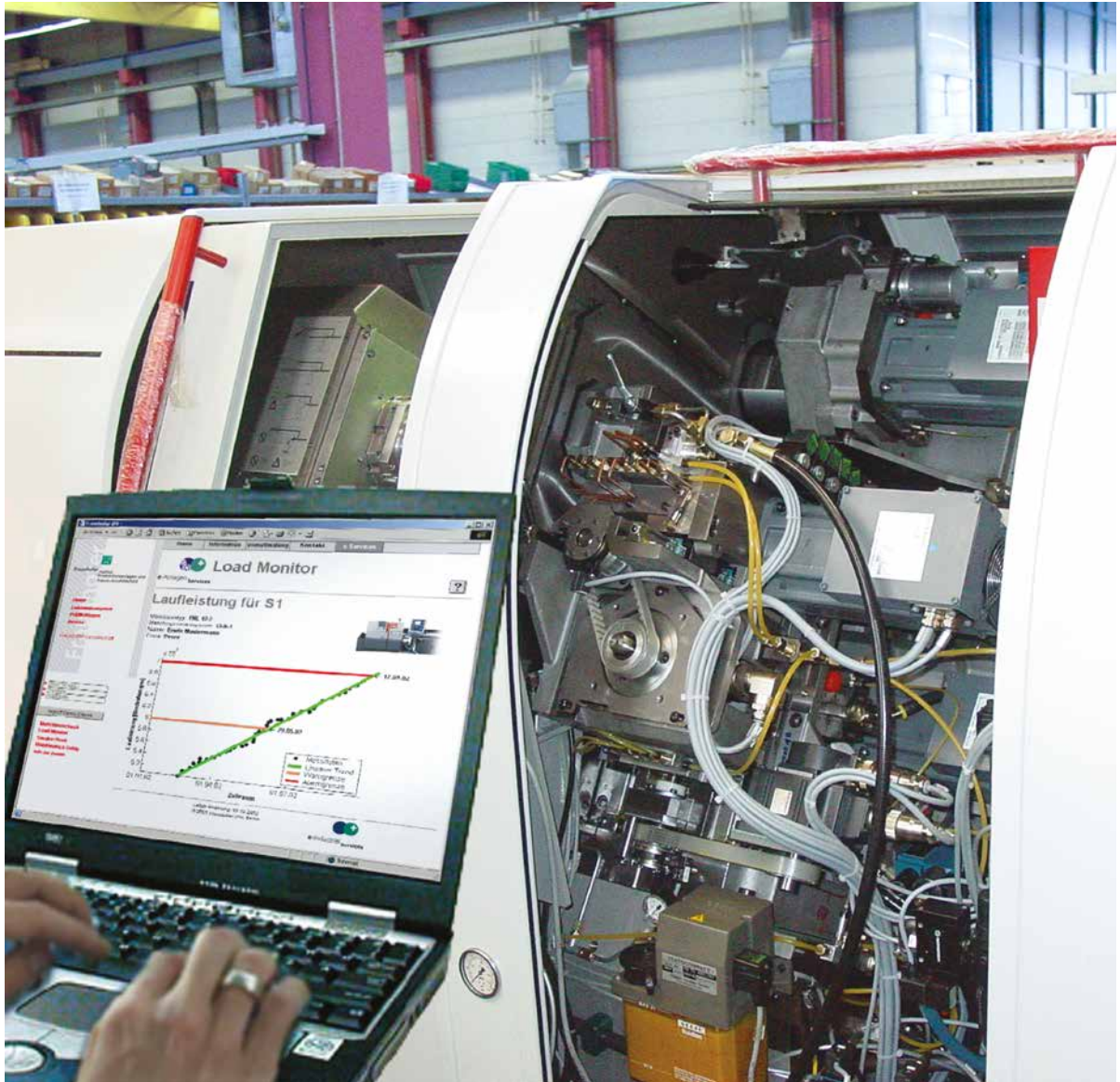
So entstand bis Ende der 1990er eine Plattform, die beliebige Maschinendaten aufnehmen konnte. Diese ermöglichte nicht nur die Fernvisualisierung des Maschinenzustands. Sie unterstützte auch Serviceprozesse. Dazu nahm die Plattform zusätzlich Nutzer- und Vertragsdaten auf, auf deren Basis After Sales Services umgesetzt werden konnten. Und: Um zum Beispiel steuerungsbedingte Störungen zu beheben, musste der Wartungsdienst nicht mehr physisch an die Anlage kommen – während bei den Maschinennutzern die Anlagenverfügbarkeit erhöht wurde.

Was das Fraunhofer IPK bis Anfang der 2000er entwickelt hatte, konnte es in das im Jahr 2000 unter der Leitung des Fraunhofer IPA gestartete Fraunhofer-Leitprojekt »e-Industrial Services« einbringen. Dr. Ralf Berger realisierte in Zusammenarbeit mit dem GMD-Institut

FOKUS (dem heutigen Fraunhofer FOKUS) eine Plattform für die Unterstützung und Durchführung von digitalen Serviceprozessen. Durch das Leitprojekt wurde für das Thema eine höhere Reichweite und Verbreitung erzielt.

Das Leitprojekt »e-Industrial Services« adressierte Themen, die bis heute aktuell sind: Systemkosten von Anlagen sollten über den gesamten Lebenszyklus reduziert werden. Anlagenhersteller sollten die Attraktivität ihrer Produkte steigern und neue Geschäftsfelder erschließen. Über die Service-Erbringung sollten Hersteller Einsatzprofile ihrer Anlagen erhalten. Dadurch sollte Optimierungspotenzial aufgedeckt werden und durch Feedback to Design in die Weiterentwicklung der Produkte und Serviceleistungen einfließen. Hohwieler's Team vertiefte im Projekt das Thema Condition Monitoring und erweiterte seine Entwicklungen auf diesem Gebiet um ergänzende Dienstangebote eines ganzheitlich digital unterstützten Wartungsprozesses im Sinne eines Predictive Maintenance. Viele der Ideen ließen sich Anfang der 2000er noch nicht umsetzen wie angedacht, doch sie bildeten die Grundlage für das, was zehn Jahre später unter dem Schlagwort »Industrie 4.0« allgemeine Verbreitung in der Industrie finden würde.

Das Leitprojekt bildete zudem die Basis für eine langjährige Kooperation auf dem Gebiet des Verfügbarkeitsmonitorings mit der Schaudt Mikrosa GmbH. Ein erstes Projekt startete 2005, ab 2007 gehörte die entwickelte Lösung standardmäßig zur Softwareausstattung der Schleifmaschinen des Unternehmens. Es handelte sich um ein Condition-Monitoring-System, das im Betrieb Daten aus der Steuerung zur Dokumentation der Belastungshistorie aufzeichnete. Zusätzlich wurde durch zyklische Tests der Zustand der Vorschubachsen ermittelt und bezüglich sich anbahnender Verschleißerscheinungen überwacht. Interessanterweise wurde die Lösung auf Wunsch des Industriepartners ohne Internetanbindung realisiert, da zu dieser Zeit – und zum Teil bis heute – zahlreiche Werkzeugmaschinenbetreiber aus Sicherheitsgründen lieber darauf verzichteten, dass ihre Produktionssysteme autonom Daten nach außen senden.



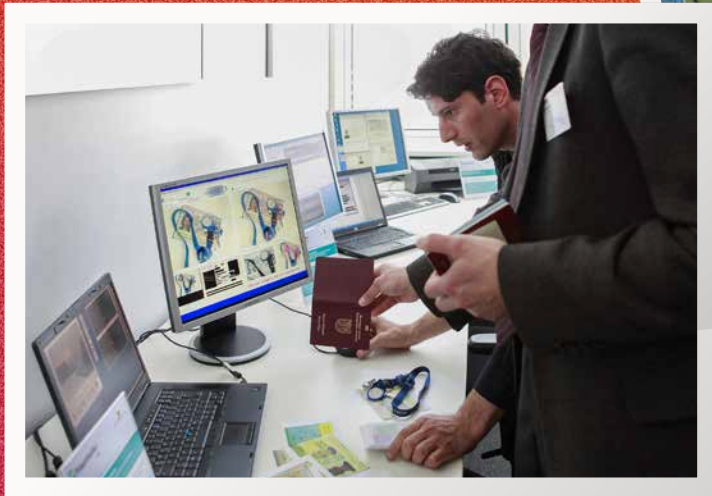
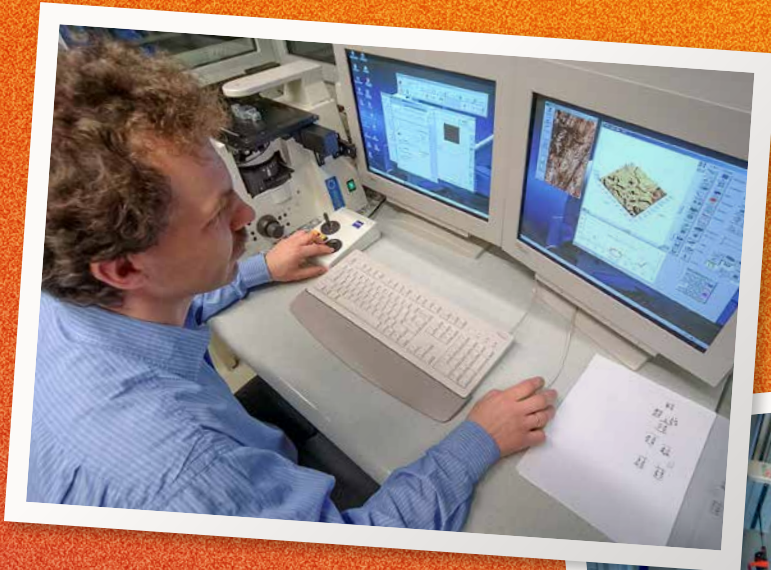
1

1 / Anfang der 1990er visionär: Der Anlagenzustand wird remote über das Internet überwacht.

Die 2000er Jahre

Medizin, Verkehr, Sicherheit und mehr

Think big: Seit dem neuen Jahrtausend unterstützt das Institut die gesamte Prozesskette industrieller Unternehmen und seine Lösungen wirken weit über die Industrie hinaus. Die 2000er Jahre sind zudem eine Zeit wachsender Kooperation: Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft entstehen erst die Allianzen, dann die Innovationscluster, die Kompetenzen bündeln und die Schlagkraft und Sichtbarkeit der Institute verstärken.



2000: Start in ein neues Jahrtausend

Hurra, wir leben noch!

Ein Gedankenspiel: Was hätte es für ein Produktionsinstitut mit starkem Digitalfokus bedeutet, wenn der Millennium-Bug durchgeschlagen hätte? Das sogenannte Y2K-Problem war entstanden, weil in der Frühzeit des Computerzeitalters aus Speichergründen Jahreszahlen zweistellig dargestellt wurden – »99« statt »1999«. Da diese Praxis sich tief in die Systeme eingegraben hatte und nicht überall zuverlässig behoben werden konnte, bestand die Sorge, dass der Übergang von »99« zu »00« fälschlich als Wechsel zu 1900 interpretiert würde, was schwerwiegende Konsequenzen für datengetriebene und computergesteuerte Prozesse gehabt hätte.

Im Fraunhofer IPK mit seinen zahlreichen, hochsensiblen Maschinensystemen ist schon ein einfacher Stromausfall ein Problem, da ein plötzliches Abschalten schwere Anlagenschäden nach sich ziehen kann. Bei den vielen digitalen Projekten, etwa zu Mustererkennung oder Condition Monitoring, drohte noch Schlimmeres: Datenreihen hätten korrumpiert und uninterpretierbar werden können. In einem extremen Krisenszenario hätten zudem Maschinen nicht mehr oder fehlerhaft auf Eingaben reagiert und wären dadurch beschädigt worden. Weiter denken wir nicht, denn zum Glück kam es anders. Der Jahreswechsel 1999 zu 2000 verlief am

Fraunhofer IPK so reibungslos wie anderswo – und das neue Jahrtausend brachte für das Institut nach innen wie außen Veränderungen, die den Boden ebneten für ein erfolgreiches Jahrzehnt, in dem die kumulierten Jahresergebnisse des Instituts ebenso wieder anstiegen wie die Mitarbeiterzahlen.

Zaun weg, Türen auf: Schaut, was wir machen!

Apropos »ebnete«: Auf älteren Fotos ist zu sehen, dass das PTZ viele Jahre lang eingezäunt war. Der Zaun umschloss das ganze Gelände und machte die Pascalstraße auf Höhe der Kucharskistraße unpassierbar. Der Zugang erfolgte über ein Pfortnerhaus vor der Schlesingerstraße. Die Einfriedung war eine Sicherheitsmaßnahme: Während der Bauphase war am 29. April 1985 im Rohbau des Versuchsfelds ein Sprengsatz explodiert, ein weiterer zündete kurz vor der Gebäudeeinweihung 1986 auf Professor Günter Spurs Privatgrundstück. Die Hintergründe wurden nie ganz geklärt, doch Kritik an gemutmaßten Forschungsinhalten sind die plausibelste Erklärung.

Nicht zuletzt deshalb hatte sich bis zum Beginn der 2000er die Kommunikation des Hauses gewandelt. Schon nach den Anschlägen hatte Professor Spur eingeräumt, »wahrscheinlich zu wenig mit der Öffentlichkeit gesprochen« zu haben. An der Öffentlichkeitsarbeit des



1



2

1 / 1985 hatte ein Bombenanschlag auf die Baustelle in der halb fertigen Versuchsfeldhalle Teile der Glasfront zerstört und Stahlverstreben verbogen, ...
2 / ... und nach einem weiteren Anschlag auf Prof. Günter Spur wurde das Gebäude eingezäunt. In den 2000er Jahren verschwand der Zaun.



3



4



5

3–4 / Bei den **Langen Nächten der Wissenschaft** gehen Besucher auf Tuchfühlung mit Produktionstechnologien.
 5 / Bis heute ist der Mädchen-Zukunftstag »Girls'Day« ein überaus beliebtes Format.
 6 / Die **FUTUR**, das Kundenmagazin des PTZ, informiert seit 1999 Partner und Interessierte aktuell und detailliert über Forschungsinhalte von IWF und Fraunhofer IPK.



6

Instituts wurde danach kontinuierlich gearbeitet – die Maßnahmen gipfelten darin, dass Professor Eckart Uhlmann 1999 die Hauszeitschrift »FUTUR – Vision, Innovation und Realisierung« ins Leben rief. Sie sollte vor allem potenzielle FuE-Partner über die Aktivitäten des Instituts informieren und damit eine aktuellere und zielgerichtete Ergänzung zu den Institutsjahresberichten bieten.

Noch unmittelbarer greifbar für Außenstehende wurde die Forschung im PTZ durch ein neues Veranstaltungsformat, das 2001 an den Start ging: In der »Langen Nacht der Wissenschaften« öffnen Berliner und Potsdamer

Wissenschaftseinrichtungen einmal im Jahr die Türen zu ihren Laboren und Versuchsstätten und erklären jedem, der hineintritt, woran ihre Forschenden gerade arbeiten. Auch die Institute im Produktionstechnischen Zentrum Berlin waren ab der ersten Ausgabe dabei. Fast zeitgleich starteten Formate zur Nachwuchsförderung wie der Mädchen-Zukunftstag »Girls'Day«, der im Fraunhofer IPK regelmäßig ausgebucht ist.

Zu so viel Offenheit passt kein Zaun – darum verschwand das Pförtnerhaus im Lauf der 2000er Jahre und der Zaun wurde so weit zurückgebaut, dass er heute nur noch den Parkplatz des PTZ umgibt.

2000: Mit der Charité im OP

Produktionskompetenz in die Medizintechnik

Eines der Entwicklungsfelder, die Professor Eckart Uhlmann dem Fraunhofer-Vorstand 1997 für die Umgestaltung des Fraunhofer IPK vorgeschlagen hatte, war die Medizintechnik. Der Gedanke ist naheliegend: Bestimmte fertigungstechnische Verfahren sind eine Bereicherung für die Medizin – sie dort zu platzieren erfordert ein Zusammenspiel produktionswissenschaftlicher, medizinischer und medizintechnischer Kenntnisse. Hinzu kam, dass das Fraunhofer IPK über zahlreiche Kompetenzen verfügte, die für die Medizin interessant sind: die Mikro- und Steuerungstechnik, Bildgebung und bildauswertende Verfahren sowie Aspekte des Qualitätsmanagements. Anwendungen auf den Gebieten Implantate, mechatronische OP-Unterstützungssysteme und Robotik ließen sich damit ebenso realisieren wie Entwicklungen in den Bereichen Endoskopie, CT und MRT.

Auf Initiative von Professor Uhlmann und dem Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie Klinische Navigation und Robotik der Charité, Professor Jürgen Bier, wurde daher im Jahr 2000 eine Kooperation zwischen Fraunhofer IPK und Charité ins Leben gerufen. Gleichzeitig startete im September 2000 im Fraunhofer IPK der Bereich »Assistenzsysteme für die Medizin«, dessen Leitung Professor Tim Lüth übernahm. Der studierte Elektrotechniker mit einer Promotion in Roboterfertigung befasste sich zu diesem Zeitpunkt an der Charité mit klinischer Navigation und Robotik und war damit der ideale Experte, um das fertigungstechnische Know-how des Fraunhofer IPK in die Medizintechnik zu übertragen.

Zwischen klinischer Navigation und Robotik

Die Kooperation mit dem Fachgebiet Navigation und Robotik der Charité firmierte unter dem Titel »Berliner Zentrum für Mechatronische Medizintechnik (BZMM)«. Die Themen, an denen das BZMM arbeitete, fokussierten vor allem auf Lösungen für die bildgeführte und minimal-invasive Chirurgie. Dazu gehörten der weltweit erste interaktive Roboter für chirurgische Eingriffe am menschlichen Kopf, Navigationssysteme für endoskopi-



1

sche Operationen mit Augmented-Reality-Unterstützung oder Technologien für das 3D-Röntgen.

Die Technologien, die dabei entstanden, waren nicht nur praxisfokussiert, sondern auch ausgezeichnet. Für ein Navigationssystem zur Anwendung bei Knochentransplantationen wurde Professor Lüth 2004 mit dem Forschungspreis für Medizintechnik des BMBF ausgezeichnet. Es sollte dafür sorgen, dass Knochentransplantate besser passen, indem es die Geometrie des Knochendefekts erfasste, ein optimales Passstück errechnete und später den Chirurgen beim Herausfräsen des Ersatzknochens unterstützte.

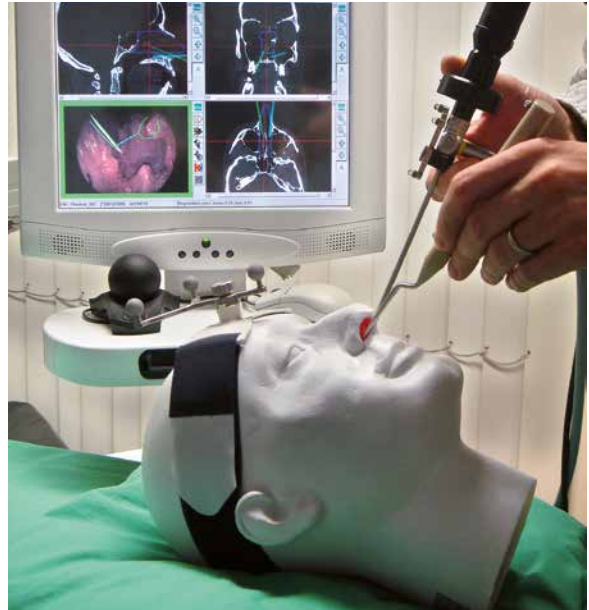
Für ein Projekt mit dem Titel »Entwicklung und Evaluation eines 3D-Röntgenscanners« erhielten Emanuel Jank, Dr. Timo Krüger, Professor Jörg Krüger und Professor Uhlmann 2007 eine Auszeichnung im Innovationswettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zur Förderung der Medizintechnik. Das Projekt wurde aus 92 eingereichten Konzepten ausgewählt. Die Ergebnisse aus dem Projekt führten in den Folgejahren zur Entwicklung des intraoperativen 3D-Röntgenscanners ORBIT. ORBIT realisierte ein neuartiges Bildaufnahmekonzept, bei dem Röntgenquelle und Detektor aus der starren Anordnung in einem C-Bogen gelöst und während des Röntgenvorgangs gekoppelt um den Patienten geführt wurden. Damit sollte eine dauerhafte Installation am OP-Tisch ermöglicht werden. Die größte Besonderheit von ORBIT war aber, dass er Röntgenbilder ohne Artefakte erzeugen konnte. 2014 erhielt das Projekt »ORBIT« den German High Tech Champions Award.

Aus organisatorischen Gründen wurde der Bereich Medizintechnik am Institut 2016 aufgelöst. Die inhaltlichen Arbeiten wurden jedoch zu großen Teilen weitergeführt – insbesondere jene zur artefaktfreien Bildzeugung. Zudem wurden neue Forschungsgebiete mit Gesundheitsbezug erschlossen, etwa in den Bereichen Oberflächenmodifikation für Implantate, Instrumentenerkennung für die Sterilgutlogistik sowie bei Forschungsfragen der Pharmaindustrie.

1 / Prof. Tim Lüth (r.) mit einem Navigated Control System zum exakten Fräsen an der Wirbelsäule auf der Hannover Messe 2002
2 / Bei den AR-Endoskopiesystemen aus dem Fraunhofer IPK wurden mit Augmented Reality (AR) Informationen für den Chirurgen in das Endoskopbild eingeblendet.

3 / ORBIT im Prototypenstadium im Medizintechniklabor des Fraunhofer IPK 2013. Der Roboterarm führt die Röntgenquelle auf einem Orbital mit dem Detektor, den eine eigene Kinematik unter dem OP-Tisch bewegt.

4 / Sterilgutlogistik der Zukunft: Im Projekt »Cir.Log®« entstand eine Lösung, um mithilfe von Algorithmen des maschinellen Lernens OP-Instrumente markerlos, das heißt nur anhand ihres Aussehens zu erkennen und nachzuverfolgen.



2



3

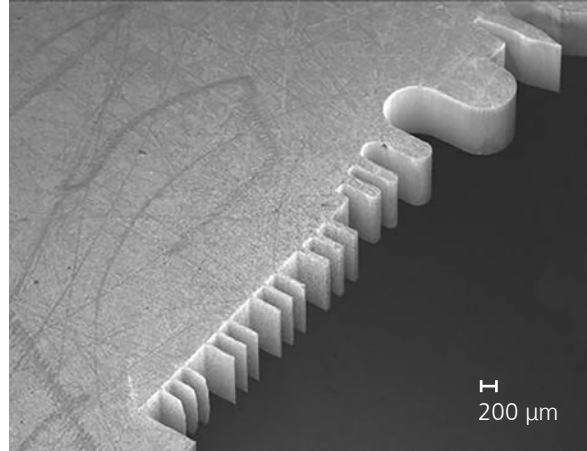


4

2001: Zentrum für Mikrosystemtechnik (ZEMI) Berlin



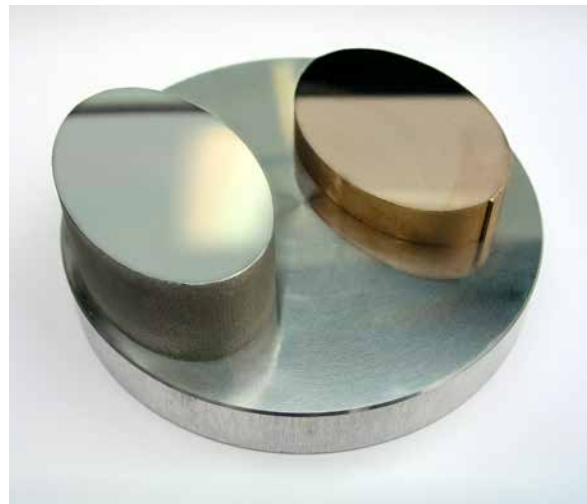
1



2

Produktion ganz klein

Haben Sie einmal darüber nachgedacht, wie klein ein Mikrometer ist? Oder ein Nanometer? Ein Mikrometer ist ein Tausendstel eines Millimeters, ein Nanometer sogar ein Millionstel. Bildhaft gesprochen verhält sich ein Nanometer zu einem Meter wie der Durchmesser einer Haselnuss zu dem unserer Erde. Dass der Mensch so kleine Strukturen schaffen kann, scheint unvorstellbar – und doch ist es möglich und notwendig. Die Mikrosystemtechnik schafft nicht nur kleinste Bauteile, sondern auch Oberflächen mit exakter Struktur und höchster Oberflächengüte. Sie ist Grundvoraussetzung für Produkte mit miniaturisierten Komponenten, wie zum Beispiel Smartphones.



3

Mikrotechnische Expertise hielt im Lauf der 1990er Einzug in die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IPK. Ein Ausgangspunkt war die Übernahme einer Arbeitsgruppe der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR, die sich mit Ultrapräzisionsmesstechnik befasste. Mit ihr kam auch eine erste Ultrapräzisionsmaschine ans Fraunhofer IPK. Den Beginn der FuE-Arbeiten zur Mikrofertigungstechnik markierte im Oktober 1995 das DFG-Schwerpunktprogramm »Mikromechanische Produktionstechnik«. Es folgten erste industrielle Verbundprojekte, in denen die Ergebnisse der Grundlagenforschung in mikrotechnische Applikationen überführt wurden.

Gebündeltes Know-how am Standort Berlin

Mit seinen Aktivitäten zur Mikrofertigung war das Fraunhofer IPK am Standort nicht allein. Ende der 1990er Jahre besaß Berlin etwa 400 Firmen und 24 Forschungseinrichtungen, die sich mit der Entwicklung mikrosystemtechnischer Komponenten, Verfahren, Werkstoffe und Produkte befassten – hervorragende Voraussetzungen, um die Hauptstadt als Kompetenzzentrum für die Mikrosystemtechnik zu etablieren.

Vor diesem Hintergrund konstituierte sich Ende 1999 ein Forschungsverbund renommierter Berliner Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik in einem »Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin (ZEMI)« fachlich und räumlich zu bündeln. Beteiligt waren die Fraunhofer-Institute IPK und IZM, die Bundesanstalt für

Materialforschung und -prüfung (BAM), das Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, die BESSY GmbH und die Technische Universität Berlin. Der Berliner Senat unterstützte das Projekt finanziell mit EFRE-Mitteln.

ZEMI nahm zum 1. Januar 2001 auf dem Wissenschaftscampus Berlin-Adlershof offiziell die Arbeit auf. Aus Fraunhofer IPK und IWF waren zunächst sechs Mitarbeitende in Adlershof tätig. Gegenstand der Arbeiten war die durchgängige Unterstützung industrieller Partner bei der Entwicklung von Mikroprodukten, der Mikrofertigung sowie dem Test von komplexen Mikrosystemen. Dafür bauten die Institute ein gemeinsames Technikum mit klimatisierten Fertigungszellen auf, in dem die mikroproduktionstechnischen Einrichtungen der Partner kooperativ genutzt wurden.



4



5

- 1 / Mikrodrahterodierte Zahnräder, circa 2004
- 2 / Und noch kleiner: Referenzstruktur zur Erfassung von Bearbeitungsgrenzen in der Funkenerosion
- 3 / Auch hochpräzise Oberflächen, zum Beispiel für optische Komponenten, sind ein Produkt der Mikrofertigung.
- 4 / Technikum in Berlin-Adlershof in den späten 2000ern
- 5 / Ohne Mikroskope geht in der Mikro-technik nichts: der spätere Leiter der Abteilung Mikroproduktionstechnik am Fraunhofer IPK, Dirk Oberschmidt, an einem Bildschirmarbeitsplatz mit einem konfokalen Laserscanning-Mikroskop im ZEMI

2001: Virtuell wird Realität

Daten greifbar machen

Im iViP-Projekt hatten die über 50 Partner unter der Leitung des Fraunhofer IPK Grundlagen für neue Softwarearchitekturen für die virtuelle Produktentstehung entwickelt, aber auch Arbeitsabläufe, die den Alltag von Entwicklern und Ingenieurinnen bestimmen würden. Anfang der 2000er sah dieser noch an den wenigsten Stellen die Verwendung des Internets vor. Doch mit zunehmender Globalisierung und der steten Weiterentwicklung der Breitbandtechnik wurde auch der Datenaustausch in verteilten und vernetzten Unternehmen einfacher. Und nicht zuletzt lieferten Fortschritte im PC-Bereich auch die notwendige Rechenleistung für komplexe grafische Anwendungen und Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) in der Produktentstehung.

Kooperative Entwicklung war damit über große Distanzen hinweg möglich – und aufwendige Visualisierungen machten das Entwickeln trotzdem plastischer, intuitiver und realitätsnäher. Das virtuelle Produkt sollte statt als bloßer Datensatz nun als echtes Abbild wahrgenommen werden, an dem direkt gearbeitet werden konnte. Für die Forschenden am Fraunhofer IPK stand dabei die

humanzentrierte Forschung, also die Berücksichtigung der Bedarfe der Nutzenden sowie des menschlichen Erlebens und Verarbeitens von Informationen, und die effektive Kollaboration in Teams im Fokus – mit ersten Entwicklungsprojekten zu Telekooperation in den 1990er Jahren bis zu kooperativer VR in 2003.

Mit VR-CUBE, Holobench und Datenhandschuhen in die Zukunft

Um das menschliche Erleben neuer Technologien in der Produktentwicklung demonstrieren und erforschen zu können, kombinierte das VR-Labor ab September 2001 innovative Hardware. Highlight des Labors war der VR-CUBE, ein fünfseitiges Projektionsdisplay mit einer Seitenlänge von je zweieinhalb Metern. Mit dem Einsatz von lichtstarken Projektoren sowie eines PC-basierten Visualisierungssystems beschritt das Fraunhofer IPK zu der Zeit technologisches Neuland. Statt rein grafischer beziehungsweise geometrischer Simulation ermöglichten Systeme mit haptischem Feedback auch das immersive Erleben physikalischer Eigenschaften am virtuellen Prototyp. Die Smart-Hybrid-Prototyping-Technologie kombinierte dazu außerdem virtuelle und reale Elemente.



- 1 / Gemeinsames Entwickeln über das Internet, circa 2002
- 2 / Virtual Clay Modelling an der Holobench
- 3 / Im VR-CUBE konnte am virtuellen Modell skizziert und modelliert werden.
- 4 / Smart Hybrid Prototyping im VR-CUBE verband virtuelle Welten mit der Realität.
- 5 / Die »digitale Fabrik«, in der es zu jedem Produkt, Prozess und zu jeder Maschine ein digitales Abbild geben würde, war die Zukunftsvision der Forschenden am Fraunhofer IPK.



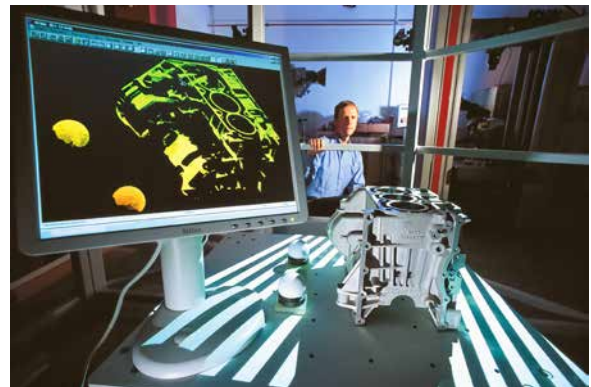
2



3



4



5

Das Virtual Clay Modelling und das Rapid Prototyping waren ebenfalls Teil dieser Entwicklung: Sie sollten Unternehmen dabei unterstützen, Zwischenstände in der Entwicklung komplexer Produkte fundierter zu bewerten. Das wurde wichtig, weil Produkte immer komplexer wurden und gleichzeitig Entwicklungszeiten verkürzt werden sollten. Beim Virtual Clay Modelling, also der virtuellen Tonmodellierung, kamen alle Ansätze zusammen: Das Modell wird simuliert, realitätsnah dargestellt und gleichzeitig haptisches Feedback gegeben, intuitiv und so realitätsnah wie möglich. Die Technologie baute auf dem in den 1990er Jahren entwickelten Voxelmotellierer auf, in dem 3D-Modelle aus diskreten Blöcken statt aus Polygonen zusammengesetzt wurden. Auf der Holobench, die das Modell für den Nutzenden dreidimensional darstellte, konnten diese Blöcke dann per Hand manipuliert werden wie realer Ton.

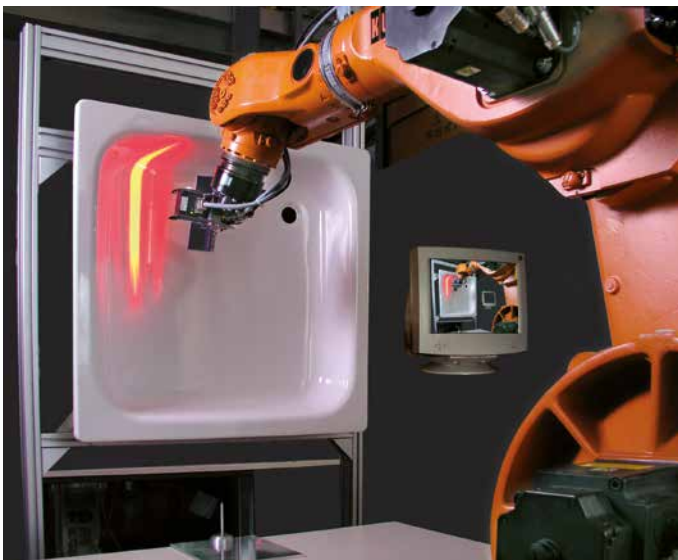
Mit VR-CUBE, PC-Cluster, Holobench, Force-Feedback-Systemen, VR-Brillen, Datenhandschuhen, Motion Capture und Tracking-Systemen sowie 3D-Surround-Audio stand am Fraunhofer IPK eine hochmoderne Entwicklungsumgebung zur Verfügung, die auch der Industrie nutzen sollte. Zur gleichen Zeit entstand das Demonstrationszentrum Virtuelle Produkt- und Produktionsentstehung (ViPro), in dem Fraunhofer IPK und Fraunhofer-Institute in Stuttgart, Bremen, Chemnitz, Darmstadt und Rostock ihre Kompetenzen vor allem mittelständischen Unternehmen gebündelt zur Verfügung stellen wollten. Ab Oktober 2001 konnten die Unternehmen hier parallel zum laufenden Betrieb neue Technologien erproben und verifizieren. Mit Workshops, Seminaren und Thementagen unterstützten die ViPro-Institute bei der Auswahl von Softwaretools für die virtuelle Produktentwicklung und der Schulung von Mitarbeitenden.

2003: Radsätze und Risskanten

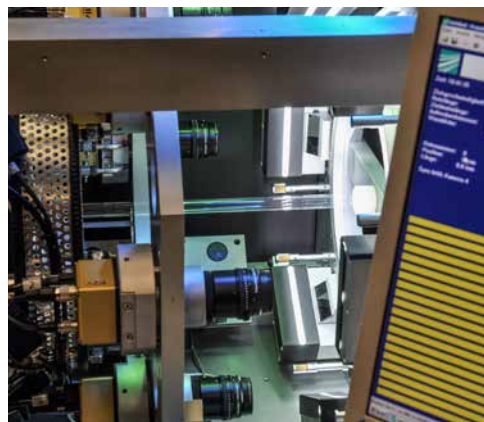
Von Fehlern im Glas zu Verschleiß auf dem Gleis

Das maschinelle Sehen fand unter der Leitung von Dr. Bertram Nickolay in den 2000er Jahren immer neue Anwendungsbereiche im Bereich der Qualitätssicherung im industriellen Kontext. Automatisierte optische Verfahren arbeiten berührungslos, schnell und erreichen mit geeigneten Kameras sehr hohe Empfindlichkeiten. Anfang der 2000er Jahre setzten Fraunhofer IPK-Mitarbeitende sogenannte Zeilenkameras und eines der ersten Ethernet-basierten Multikamerasysteme in Deutschland beispielsweise für die fertigungsintegrierte Prüfung von Glasrohren ein. In Zusammenarbeit mit einem Hersteller für pharmazeutisches Spezialglas entwickelten sie ein System, das selbst kleinste Blasen und andere materialtypische Fehler in Glasrohren zuverlässig erkennen und ihre Größe und Lage bestimmen konnte. Mehrere Zeilenkameras inspizierten das Glas dabei im Durchlichtverfahren aus verschiedenen Winkeln. Bei Fehlern wurde ein Infrarot-Synchronisationsblitz ausgelöst, sodass das Material genau zur richtigen Zeit abgetrennt werden konnte. Selbst bei Fließprozessen mit Geschwindigkeiten von bis zu fünf Metern pro Sekunde konnten so zuverlässige Qualitätskontrollen durchgeführt werden.

Auch zur Erhöhung der Sicherheit im Schienenverkehr konnten die Systeme des Fraunhofer IPK beitragen. Die bislang manuell durchgeführte Kontrolle der Räder des ICE auf Schäden und Messung der Laufflächenprofile konnte durch die optische Inspektion vollständig automatisiert werden. Fährt ein Zug über die dafür in das Gleis integrierte Messstation, löst das System automatisch aus. Laser projizieren ein Linienmuster auf die Laufflächen der Räder. Kameras erfassen diese Muster und leiten sie an ein Auswertungssystem, das aus den Bilddaten die Profile der Laufflächen sowie den Durchmesser der Räder errechnet. Das vermeidet nicht nur Schienenschäden und Weichenstörungen, sondern auch den verfrühten Austausch der Radsätze – und das, ohne den normalen Fahrbetrieb zu unterbrechen. Für seine Entwicklung erhielt Dara Fatehi-Varkani 2002 einen Joseph-von-Fraunhofer-Sonderpreis. Zu diesem Zeitpunkt war das System weltweit bereits neunmal installiert, neben Deutschland auch in den USA, Russland, der Schweiz und Südkorea, unter anderem bei Amtrak in Washington D. C., der Deutschen Bahn in Berlin, Frankfurt am Main, München und Hamburg sowie der Berliner S-Bahn.



1



2



3



4

- 1 / Mit speziellen Zeilenkameras können bei hoher Geschwindigkeit Produktoberflächen auf Fehler geprüft werden, hier bei der Qualitätskontrolle von Duschwannen.
- 2 / Um selbst kleinste Blasen oder Kratzer zu finden und ihre Lage zu bestimmen, analysiert hier eines der ersten Ethernet-basierten Multikamerasysteme aus verschiedenen Blickwinkeln dieses Glasrohr.
- 3–4 / Das Prüfsystem für Eisenbahn-Räder wurde ins Gleis integriert und prüfte die Lauffläche automatisch, sobald ein Zug darüberfuhr.
- 5 / Dara Fatehi-Varkani, Preisträger des Joseph-von-Fraunhofer-Sonderpreises 2002



5



6



7

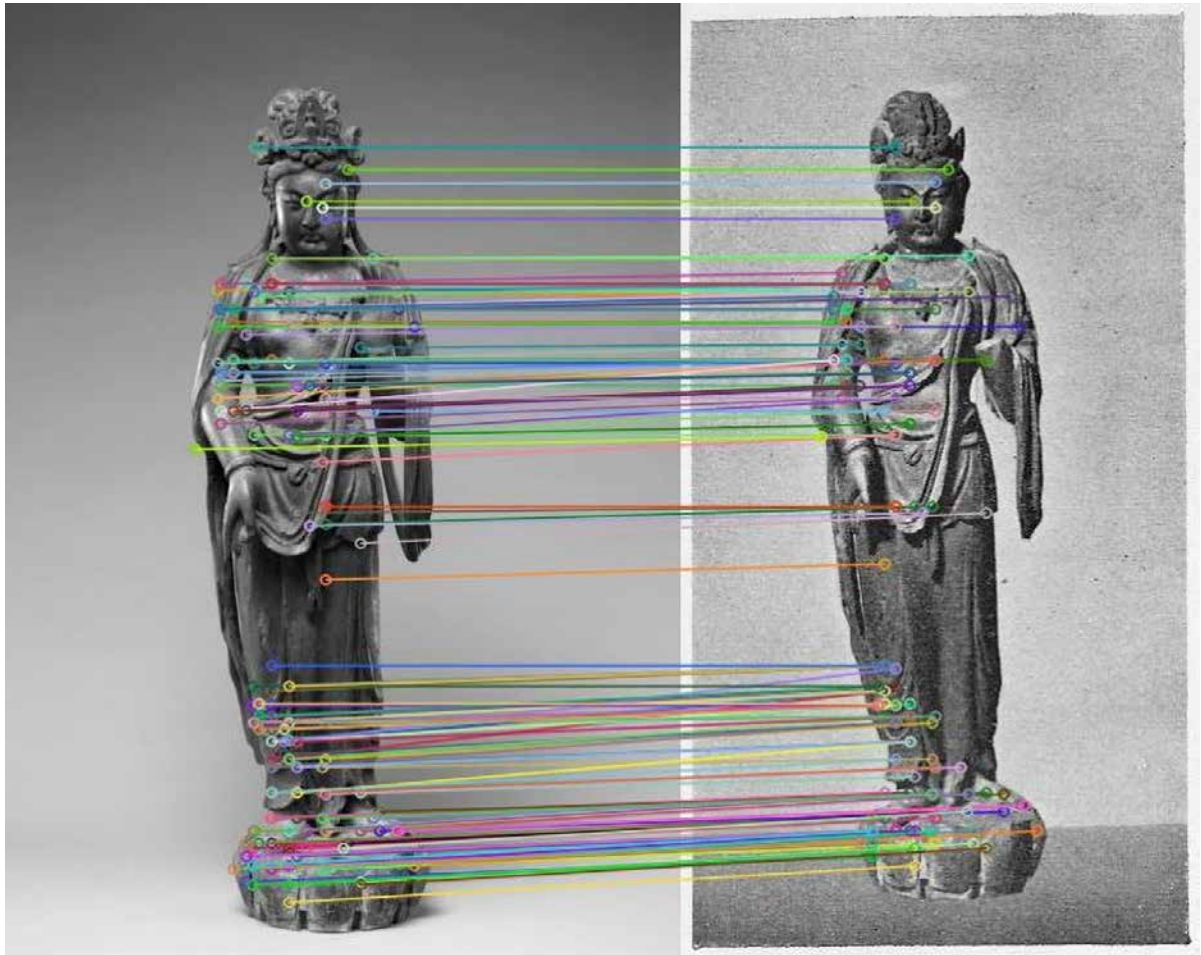


8

Das größte Puzzle der Welt

Jenseits des Produktionskontexts bekannt wurde das Fraunhofer IPK ab den 2000er Jahren dafür, dass die Mustererkennungsexperten ihre Kompetenzen in einen neuen Einsatzbereich übertrugen: in die Rekonstruktion zerstörter Dokumente. Im Auftrag der Behörde des Bundesbeauftragten für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen DDR (BStU) wurde der ePuzzler entwickelt, eine Software, die helfen sollte, die Massen zerrissener Akten des DDR-Staatssicherheitsdienstes wieder lesbar zu machen. Der ePuzzler analysierte die mit Hochleistungsscannern digitalisierten Fragmente, extrahierte Merkmale wie Farbe, Rissmuster und Schriftbild, um sie vorzusortieren und setzte die Einzelteile in den so entstandenen Untermengen anschließend virtuell zusammen. Die Software wurde 2013 mit dem EARTO-Innovationspreis ausgezeichnet.

Intensiv eingesetzt wurde die Technologie auch in zahlreichen anderen Projekten mit Museen, archäologischen Einrichtungen und Kunstrestauratoren. Fragmente von jahrhunderte- und jahrtausendealten Dokumenten, Malereien und Skulpturen, die zerrissen, zerbrochen oder anderweitig beschädigt wurden, konnten mittels virtueller Rekonstruktion digitalisiert und automatisiert zusammengesetzt werden. 2011 wurde außerdem begonnen, die Methodik auch auf dreidimensionale Objekte unterschiedlicher Materialien zu übertragen, zum Beispiel auf babylonische Keilschrifttafeln und Skulpturen. Die im Rahmen der Rekonstruktionsforschung entstandenen Technologien bildeten die Basis für neue Methoden, die heute von dem Partnerunternehmen MusterFabrik Berlin GmbH zur Rettung von fragilem und beschädigtem Kulturgut eingesetzt werden. Davon profitierten unter anderem die Archivalien des



9

2009 eingestürzten Kölner Stadtarchivs. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IPK begann die MusterFabrik Berlin 2012 mit der Entwicklung der Scantechnik und eines digitalen Assistenzsystems für die Rekonstruktion der Archivbestände. Bis heute wurden über 500 000 der geschätzten drei Millionen Fragmente digitalisiert und daraus über 4500 Rekonstruktionen zusammengesetzt.

An der Schnittstelle zwischen der Rettung von Kulturgut und der seit Jahren etablierten Zusammenarbeit der Abteilung mit Fahndungsbehörden bewegten sich Forschungsarbeiten zur Erkennung von Kunstobjekten in digitalen Auktionskatalogen mithilfe von Computer-Vision-Verfahren. Sie sollten nicht nur dabei unterstützen, Aufenthaltsorte von Objekten zu bestimmen, sondern auch unrechtmäßig erworbene und weitergegebene Objekte zu identifizieren – Stichwort Beute-

kunst. Die Kompetenzen in diesem Bereich wurden zudem in einem sensiblen Bereich angewendet: bei der Fahndung nach Kinderpornografie im Internet.

6 / Eine gigantische Puzzelaufgabe ist die Rekonstruktion der zerrissenen Unterlagen der DDR-Staatssicherheit. Dr. Bertram Nickolay und seinem Team gelang es in den 2000ern, ein System zu entwickeln, das auch in viele Teile zerrissene Seiten und über mehrere Säcke verteilte Fragmente automatisiert virtuell rekonstruieren konnte.

7 / Der ePuzzler konnte Papierfragmente vorsortieren und aus den so entstandenen Untermengen automatisiert Dokumente zusammensetzen.

8 / Ein eigens entwickelter Spezialscanner mit hochpräziser Bildaufnahme machte es möglich, das Rekonstruktionssystem auch für andere historische Dokumente einzusetzen.

9 / An der Schnittstelle der Forschungsarbeiten im Kultur- und Kriminalbereich bewegen sich Systeme zur Wiedererkennung von Gemälden und Skulpturen. (l.: Public Domain, The Metropolitan Museum of Art; r.: German Sales, Universitätsbibliothek Heidelberg)

2003: Gemeinsam stark

Fraunhofer-Allianzen bündeln Kompetenzen

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist eine sehr große Forschungsorganisation. Schon bei ihrem 45-jährigen Jubiläum im Jahr 1994 hatte sie 47 Institute – heute sind über 30 000 Mitarbeitende in 74 Instituten und Forschungseinrichtungen bei Fraunhofer tätig. Für Außenstehende wirkt die Organisation oft unüberschaubar. Grund genug, dass Fraunhofer immer wieder Wege sucht, ihre Themengebiete für Kunden und Partner zugänglicher zu machen.

Mit der Einführung des »Leitbilds 2000« im Jahr 1993 definierte die Fraunhofer-Gesellschaft nach dem Ende des Kalten Krieges und unter dem Eindruck der zunehmenden Globalisierung ihre Ausrichtung für das kommende Millennium. Darin wurde unter anderem eine Stärkung der institutsübergreifenden Zusammenarbeit als Ziel definiert. Ein Ergebnis waren die Fraunhofer-Allianzen. Sie bündeln Kompetenzen unterschiedlicher Institute, um ein Themenfeld gemeinsam zu bearbeiten und zu vermarkten. In diesen Konstrukten kann es durchaus vorkommen, dass ein Institut mit chemischem Fokus mit einem Maschinenbauinstitut kooperiert. Obwohl das Fraunhofer IPK schon Mitte der 1990er erstmals einer Allianz beitrat – der Allianz Rapid Prototyping – entwickelte das Konzept erst ab den frühen 2000ern Schlagkraft. In dieser Zeit starteten gleich vier Allianzen, in denen das Fraunhofer IPK von Beginn an dabei war.

Saubere Forschung: Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik

Im Dezember 2002 nahm die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik die Arbeit auf. Sie sollte Kundenanfragen in den Geschäftsfeldern Bauwerksreinigung, Reinigen in hygienerelevanten Bereichen, Reinigen in der Mikrosystemtechnik, Oberflächenreinigung vor der Beschichtung sowie Bauteilreinigung koordinieren. Acht Institute waren zum Start dabei, die Geschäftsstelle befand sich in den ersten Jahren am Fraunhofer IPK. Dafür war das Institut gut aufgestellt: Neuartige, ökoeffiziente Reinigungsverfahren für die industrielle Anwendung wie

CO₂-Schnee- oder Trockeneisstrahlen gehörten schon damals zu seinem Portfolio. Neben Forschungsprojekten fand die Allianz weitere Formate zum Wissenstransfer: In mehreren Markt- und Trendanalysen erhob sie den Entwicklungsstand der industriellen Teilereinigung, zuletzt 2020. Das Grundlagenseminar Reinigungstechnik ist ein seit Jahren etabliertes und in der Industrie sehr geschätztes jährlich stattfindendes Präsenzseminar. Es bündelt das Fachwissen der Mitgliedsinstitute und vermittelt den Teilnehmenden auf kompakte Art einen wissenschaftlich fundierten Einblick in die Möglichkeiten und Potenziale der industriellen Reinigung. Die Allianz firmiert mittlerweile als Fraunhofer-Geschäftsbereich Reinigung.

Kompetenz in Additiver Fertigung: Fraunhofer-Allianz Generativ

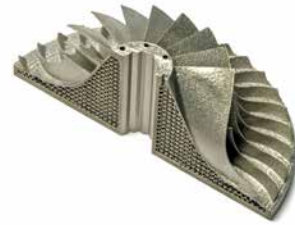
Was heute Additive Fertigung heißt, wurde Anfang der 2000er Jahre noch mit einer Reihe halbsynonymer Bezeichnungen betitelt, darunter »generative Fertigung«. Entsprechend benannte sich die Allianz, die 2003 aus der Allianz Rapid Prototyping hervorging. Dass das Fraunhofer IPK von Anfang an Mitglied war, ist naheliegend: Vor allem aus der Perspektive der Produktentwicklung, etwa zur schnellen Herstellung von Prototypen, waren additive Verfahren schon ab etwa 1990 ein Thema im Institut. Dazu besaß der Bereich Konstruktionstechnik unter Professor Frank-Lothar Krause ab Mitte der 1990er Jahre eine DTM Sinterstation 2500 für das Lasersintern mit Nylon. Später kamen Aktivitäten zum Rapid Tooling mit keramischen Werkstoffen hinzu, ab den 2010er Jahren die Additive Fertigung mit metallischen Werkstoffen – heute eine Kernkompetenz des Instituts.

Werkzeuge aus Keramik: Fraunhofer-Allianz AdvanCer

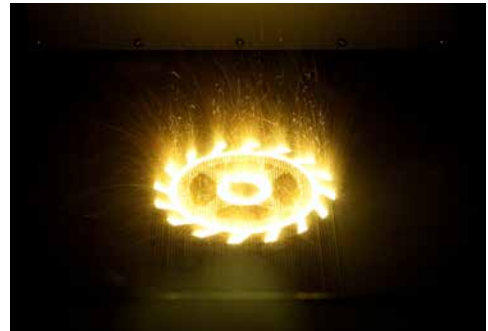
Eine weitere Allianz-Gründung des Jahres 2003 war AdvanCer – ein Zusammenschluss von sieben Instituten, der sich mit Hochleistungskeramik befasste. Das Angebot der Allianz reichte von der Werkstoffforschung über Produktionsverfahren zur Herstellung von keramischen



1



2

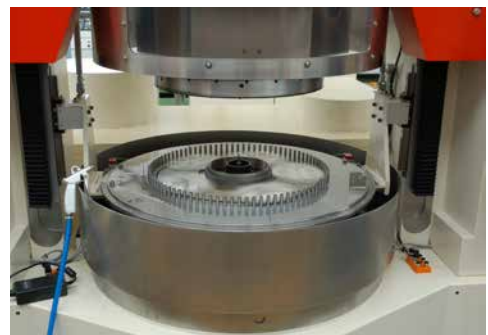


3

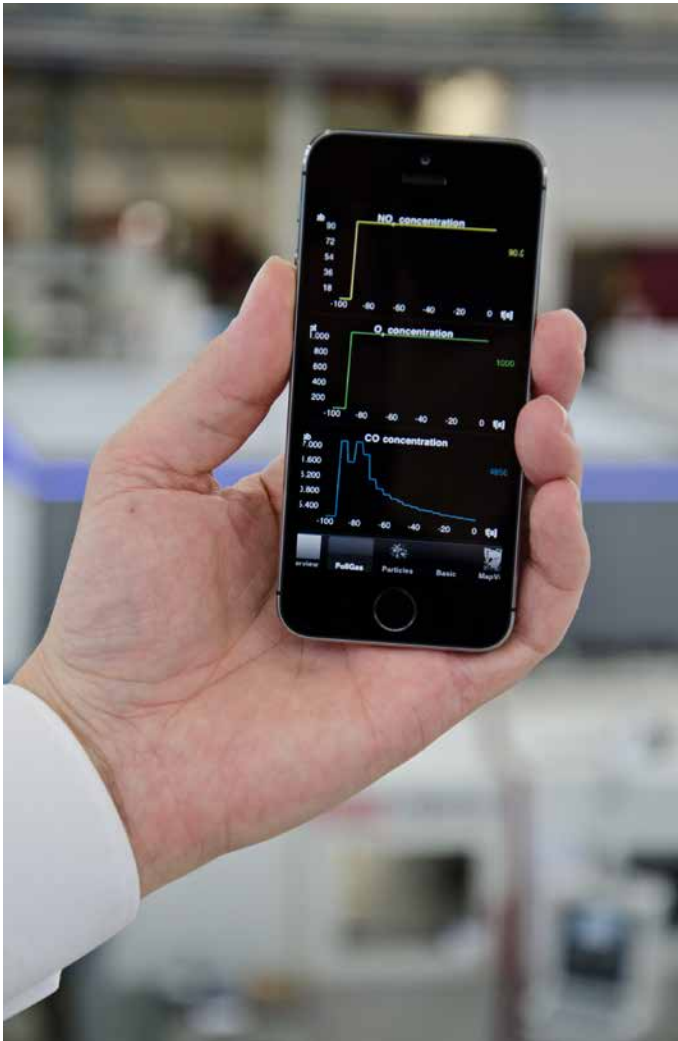
1 / Mit CO₂-Schnee- oder Trockeneisstrahlen lassen sich nicht nur Verunreinigungen entfernen, sondern zum Beispiel auch zur Vorbereitung einer Neulackierung alte Lackschichten entfernen.

2-3 / Vom Rapid Prototyping zum Rapid Tooling: Selective Laser Melting war das erste additive Fertigungsverfahren für metallische Werkstoffe am Fraunhofer IPK, das Produkte »aus Pulver und Licht« entstehen lässt.

4 / In die Allianz AdvanCer brachte das Fraunhofer IPK Kompetenzen in der Bearbeitung von Bauteilen aus Hochleistungskeramik ein, etwa durch Planschleifen mit Planetenkinematik.



4



6



5

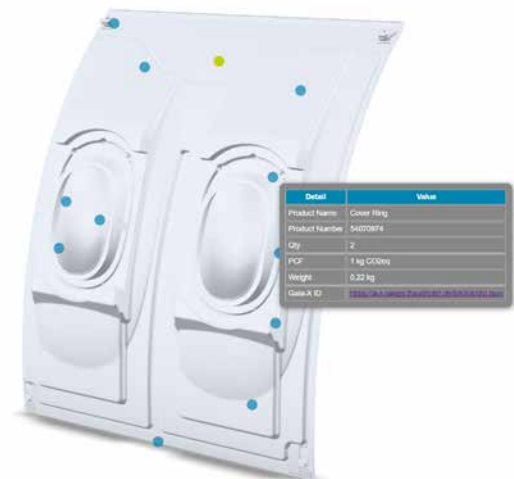
5 / Mit der Yellowbox stellte das Fraunhofer IPK 2011 eine mobile Schadstoffmessbox vor. Sie ersetzte stationäre Messstationen zur Bewertung der Luftqualität durch eine mobile Lösung, die einen Galileo-Ortungsdienst nutzt.

6 / Die Daten, die Partikelmessgerät und Halbleitersensoren aus dem Innern der Yellowbox lieferten, wurden auf mobile Endgeräte übertragen.

7 / Am Beispiel einer Flugzeug-Innenwand wird demonstriert, wie sich selbst komplexe und großformatige Produkte digital abbilden lassen.

8 / Heute ist das Fraunhofer IPK zudem Mitglied in der Fraunhofer-Allianz Bau ...

9 / ... und bringt seine langjährigen Erfahrungen in den Bereichen Mustererkennung und maschinelles Sehen, zum Beispiel für die Wiedererkennung von Bauteilen, in den Fraunhofer-Geschäftsbereich Vision ein.



7

Bauteilen und Bearbeitung mit keramischen Werkzeugen bis zu Fragen der Betriebsfestigkeit und zerstörungsfreien Prüfverfahren. Bauteile aus Hochleistungskeramik werden wegen ihres geringen Gewichts und ihrer hohen Verschleißfestigkeit und damit Lebensdauer zum Beispiel in Fahrzeugen, Flugzeugen, der Fördertechnik, Aufzügen oder Windkraftanlagen eingesetzt.

Überflieger auf der Überholspur: Fraunhofer-Allianzen Verkehr, autoMOBILproduktion und Aviation & Space

Auch die Fraunhofer-Allianz Verkehr startete 2003. Hier widmeten sich 16 Institute den Themen Mobilität, Fahrzeugsysteme, Navigation und Logistik. Ein Meilenstein war die Eröffnung von deutschlandweit fünf Galileo-Labs im Rahmen einer Fraunhofer-Initiative zur Entwicklung von Lokalisierungsanwendungen auf Basis des europäischen Galileo-Satellitensystems. Eines dieser Labore befand sich am Fraunhofer IPK, und einer seiner Schwerpunkte war die Messung von Schadstoffen in der Luft.

Seit der Auflösung seiner Verkehrstechnik-Abteilung ist das Fraunhofer IPK kein Mitglied der Allianz Verkehr mehr. Dafür war es 2010 Gründungsmitglied der Allianz autoMOBILproduktion. Ziel der Allianz bei ihrem Start war, die deutsche Automobilwirtschaft im internationalen Wettbewerb sowie in der Umsetzung der Verkehrswende zu unterstützen. Das Fraunhofer IPK steuerte Kompetenzen in den Themen Karosserie, Powertrain und Fahrzeugmontage bei.

Seit 2022 bringt das Institut sich zudem in Fraunhofer AVIATION & SPACE ein, hier in erster Linie mit seinen Digital-Engineering-Kompetenzen wie der Gestaltung von Datenökosystemen und Digitalen Zwillingen – ein Alleinstellungsmerkmal innerhalb der Allianz-Institute. Damit schließt sich ein Kreis: Wie schon bei den Rapid-Prototyping-Aktivitäten im Rahmen der ersten Allianzmitgliedschaft stammt auch der jüngste Beitrag des Fraunhofer IPK zu dieser Art von Fraunhofer-Netzwerk aus dem Bereich Produktentstehung.



8



9

2008: Cool, cooler, Cobot

Roboter lernen Rücksicht

Seit Gründung des Fraunhofer IPK denken seine Forschenden die Automatisierung mit Robotern nicht als Ersatz, sondern als immer besser werdende Unterstützung menschlicher Fähigkeiten. Die Stärken von Mensch und Maschine liegen in sehr unterschiedlichen Bereichen: Industrieroboter sind präzise, schnell und leistungsfähig, Menschen dagegen geschickt und intelligent. Schon früh entstand daher der Wunsch, menschliche Werker mit Robotern zusammenarbeiten zu lassen, damit sich diese Fertigkeiten ergänzen.

Das war jedoch in den Anfängen nicht trivial: Industrieroboter, besonders solche mit großen Traglasten, sind für Menschen nicht ungefährlich. Um das Risiko für Arbeitende zu minimieren, arbeiten Industrieroboter ausschließlich in abgetrennten Zellen, führen also unabhängige Arbeitsvorgänge aus. Eine direkte Zusammenarbeit autonom arbeitender Roboter und Menschen im gleichen Arbeitsraum war lange Zeit undenkbar.

Mit Cobots, also kooperativen oder kollaborativen Robotern, entstanden in den 2000er Jahren erste Ansätze, diese Trennung zu überwinden. Frühe Beispiele waren passive Systeme zum Tragen schwerer Lasten. Der Mensch behielt die volle Bewegungskontrolle über den Prozess, der Cobot leistete lediglich Kraftunterstützung.

Nimm wahr und gib nach

Solche passiven Lösungen, bei denen der Roboter sich nicht selbstständig bewegt, verzichteten jedoch auf wesentliche Eigenschaften, die Roboter in der Fertigung interessant machen, wie Geschwindigkeit und Präzision. Der nächste Entwicklungsschritt sollte also auch die Zusammenarbeit mit Robotern ermöglichen, die eigenständige Bewegungen ausführen.

Die Sicherheit in der Interaktion blieb dabei oberstes Gebot – Fähigkeiten und Freiheiten der Roboter mussten redundant abgesichert werden. Bereits seit Ende der 1990er wurden deshalb unter der Leitung von Gerhard Schreck Kraft- und Nachgiebigkeitsregelungen entwi-



1



2

1 / In den 1980er Jahren undenkbar: Mensch und Montageroboter in enger Zusammenarbeit. Lediglich das Überprüfen von Montageergebnissen bei abgeschaltetem Roboter war möglich.

2 / Einer der ersten echten Cobots am Institut war ein passiver Manipulator zum Heben schwerer Lasten.

3 / Anfang der 2000er wurden erste Versuche unternommen, mit Überwachung durch Kamerasysteme und Bildauswertung gemeinsame Arbeitsplätze für Mensch und Roboter zu ermöglichen.

4 / Ein hybrider Cobot wie hier zur Scheibenmontage nimmt dem Menschen viel Gewicht ab – überlässt ihm aber die Kontrolle über den Prozess.

5 / Cobot maximal: Auf der Hannover Messe 2013 zeigte Gerhard Schrecks Team mit der eepos GmbH einen passiven Manipulator, mit dem ein ganzes Auto bewegt werden konnte.

6 / Robotern kontrollierten Krafteinsatz beizubringen, ist nicht einfach. Eine Katzenfutterpackung öffnen, ohne sie zu zerstören, war Ende der 2000er Jahre eine herausfordernde Forschungsaufgabe, die mit Cobots angegangen wurde.

7 / Kollege Cobot: Der humanoide pi4_workerbot lernt schnell und kann dadurch in kurzer Zeit neue Montageaufgaben ausführen.

ckelt, etwa mit nachgiebigen »virtuellen Wänden«. Dabei wurde auch der kontrollierte Krafteinsatz bei Robotern Thema, zum Beispiel für »gefühlvolles« Greifen.

Eine weitere Absicherungsmöglichkeit war die Arbeitsplatzüberwachung mit Kameras. Ein von Oliver Schulz vom Fraunhofer IPK und Stefan Thiemermann vom

Fraunhofer IPA und ihren Teams entwickeltes Überwachungssystem identifizierte die Position von Händen und Kopf von Menschen und brachte Roboter dazu, die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen daran anzupassen. Für »team@work« erhielten die beiden 2003 den mit 10 000 Euro dotierten Innovationspreis »HighTech im Arbeitsschutz« der Berufsgenossenschaften.

Für die noch engere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter sollten letztere auch in ihrem Aufbau menschlicher werden. Im Projekt »PISA« entwickelte ein Team um Dr. Dragoljub Surdilovic mit dem Unternehmen pi4_robotics einen zweiarmigen Roboter, den pi4_workerbot, der bei Produktionsengpässen einspringen und schnell für neue Montageaufgaben programmiert werden konnte. Die hohen Anforderungen an Flexibilität und Inbetriebnahmezeiten erfüllte der Workerbot mit einer eigens entwickelten Programmiersprache für seine Dual-Arm-Steuerung, mit der menschliche Bewegungen nachgeahmt werden konnten. Sensoren an den Greifern sollten außerdem Kontakte mit der Umgebung detektieren und Hindernisse berücksichtigen.



3



4



5



6



7

Patientiert humanzentriert

Als Sonderform der kooperativen Robotik ergaben sich Anfang der 2000er in der Arbeitsgruppe von Henning Schmidt zahlreiche Aktivitäten im Bereich Reha- und Ergonomierobotik. Wenn Patienten und Patientinnen zum Beispiel nach einer Schädigung des zentralen Nervensystems wieder gehen lernen, muss viel geübt und wiederholt werden. Das ist eine große körperliche Belastung, auch für Therapeuten und Pflegekräfte. Geräte für die Gangrehabilitation nutzen deshalb oft Aufhängungen, die Patienten über einem Laufband positionieren. Diese Systeme können jedoch nur einen Teil des alltäglichen Bewegungsprogramms abbilden. Mit Expertise einer Rehaklinik und der Freien Universität Berlin entstand daher »String Man«, ein robotergestütztes Aufhängungssystem mit Seilkinematik, mit dem Betroffene auch das Aufstehen, Hocken und verschiedene Bewegungen des Oberkörpers trainieren konnten.

Einen anderen Ansatz verfolgte der in Zusammenarbeit mit der Charité entstandene »HapticWalker«. Er sollte ebenfalls Menschen mit neurologischen Erkrankungen oder nach einem Schlaganfall helfen, Gangmuster für verschiedene Situationen neu zu lernen und zu üben. Doch statt des flachen Laufbands des String-Man-Systems simulierte der HapticWalker mit Endeffektoren eine Vielzahl von realen Bewegungsmustern, wie Stolpern, Ausrutschen, Treppensteigen auf verschiedenen Arten von Treppen oder sogar Skifahren. So konnten Betroffene in sicherer Umgebung üben und sich entsprechend ihrer Bedürfnisse und ihres individuellen Heilungsprozesses steigern. Insgesamt vier Patente entstanden im Zusammenhang mit diesen Forschungsarbeiten.

Körpergetragene Robotik und Exoskelette

Die steigende Arbeitsbelastung für Ärztinnen, Physiotherapeuten und Pflegekräfte führte auch dazu, dass die mithilfe des Internets zugängliche Telemedizin einen immer größeren Stellenwert bekam. Mit dem um 2010 entwickelten System »TeleStrokeRehab« konnten Patientinnen ihre in Krankenhaus oder Rehaklinik begonnene Therapie zuhause fortsetzen und dabei nicht nur über Videokonferenzen betreut werden, sondern mittels Force Feedback auch haptisch mit einer Physiotherapeutin oder einem Arzt interagieren. Das System konnte auch zum eigenständigen Üben verwendet werden, denn die Telemedizin-Verbindung war optional.

Mit Neuheiten im Bereich der körpergetragenen Robotik konnten die Forschenden schließlich ihren Blick statt nur auf Rehabilitation auch auf die Prävention von gesundheitlichen Schäden richten. Der »CareJack« sollte etwa mit Federmechanismen Bewegungsenergie zwischenspeichern und genau dann wieder freisetzen, wenn sie bei schweren körperlichen Aufgaben benötigt wird. Der Exosuit »ErgoJack« trug mit Sensorik, KI und einem Vibrationsmodul zum Erlernen ergonomischer Bewegungsabläufe bei. Und mit Druckluft-Systemen wie »PowerGrasp« wurden aus den noch sehr steifen Westen intelligente Exoskelette, die sowohl Ergonomie- als auch Kraftunterstützung leisten können.



8



10



11



9



12

8 / »String Man« war das erste Gangrehabilitations-system aus dem Fraunhofer IPK.

9 / Mit dem »HapticWalker« konnten Menschen nach einem Schlaganfall die verschiedensten Gangmuster trainieren.

10 / »TeleStrokeRehab« war ein System, mit dem Schlaganfallpatienten bei Rehabilitationsmaßnahmen aus der Ferne betreut und angeleitet werden konnten.

11 / ErgoJack ist ein smartes Ergonomiesystem, das Zwangshaltungen erkennt und eine Warnung ausgibt.

12 / Intelligentes Exoskelett mit Druckluftsystem: Mit PowerGrasp können körperliche Belastungen wie beim Überkopf-Montieren reduziert werden.

2008: Innovationscluster »Sichere Identität« und »MRO in Energie und Verkehr«

Bündelung von Entwicklungskräften

Der »Pakt für Forschung und Innovation« von Bund und Ländern aus dem Jahr 2005 brachte Fraunhofer eine neue Form der strategischen Forschungs Kooperation: die Innovationscluster. Sie sollten die Zusammenarbeit mit Universitäten und Hochschulen, anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Unternehmen und regionalen Akteuren aus Politik und Verwaltung in einer Region systematisch bündeln. Ziel war es, vorhandene wissenschaftliche und industrielle Stärken zu regionalen Innovationsökosystemen auszubauen.

Das Fraunhofer IPK gründete zwei Innovationscluster: Das Cluster »Sichere Identität Berlin-Brandenburg« machte 2008 den Anfang. 2009 folgte »Maintenance, Repair and Overhaul in Energie und Verkehr (MRO)«.

Ich bin ich – nachweislich: Sichere Identität

Die Verifikation der Identität von Personen und Objekten ist schon seit den 1990er Jahren ein Forschungsgegenstand im Fraunhofer IPK. Die Abteilung Mustererkennung unter Dr. Bertram Nickolay hatte ihre Kompetenzen in maschinellern Sehen mehr und mehr in gesamtgesellschaftliche Themengebiete eingebracht, etwa in die Fälschungssicherung, Unterschriftenprüfung und Fingerabdruckidentifikation. Bis 2009 arbeitete das Team mit der Bundesdruckerei GmbH im Projekt »VisionID« an der visuellen Identifikation von ID- und Sicherheitsdokumenten. Zur Fortsetzung der Aktivitäten eröffneten die Partner im April 2009 ein gemeinsames Labor.



1



2



3



4

1 / Im Projekt »VisionID« wurden Dokumentenprüfmethoden für fälschungssichere Pässe entwickelt.

2 / Eröffnung des Secure Verification Labs im April 2009: Institutsleiter Prof. Eckart Uhlmann mit dem Geschäftsführer der Bundesdruckerei, Ulrich Hamann
3–4 / Bei der Eröffnung des Innovationsclusters »Sichere Identität« war das Team, das die Einlasskarten kontrollierte, ein besonderer Hingucker.

Der gemeinsame Entwicklungshintergrund bildete die perfekte Voraussetzung für die Gründung des ersten Fraunhofer-Innovationsclusters in Berlin. Fünf Fraunhofer-Institute, fünf Hochschulen, zwölf Unternehmen sowie die Länder Berlin und Brandenburg beteiligten sich gemeinsam an der Entwicklung von Technologien, Verfahren und Produkten für den eindeutigen Nachweis der Identität von Personen, Objekten und geistigem Eigentum. Die Anwendungen reichten von der nächsten Generation fälschungssicherer Personaldokumente über die Sicherung elektronischer Geschäftsprozesse bis hin zum Produkt- und Markenschutz und der Sicherheit in der Kommunikation zwischen Maschinen und Fahrzeugen.

5 / Siemens-Projekt »Inline«: Schon 2004 hatte das Fraunhofer IPK das Berliner Traditionsunternehmen bei der Standort-sicherung in der Gasturbinenfertigung unterstützt und dabei wertvolle Erfahrungen mit Turbomaschinen gesammelt.
 6 / Projekttreffen bei Siemens Power Generation, Berlin, mit Standortleiter Andreas Fischer-Ludwig (m.)
 7 / Auftaktveranstaltung zum Fraunhofer-Innovationscluster MRO im Deutschen Technikmuseum Berlin



5



6

Aus alt mach neu, mach noch besser: MRO

Turbomaschinen und Schienenfahrzeuge aus den Bereichen Energie und Verkehr gehören zu jenen Investitionsgütern mit hoher Anfangsinvestition und langer Lebensdauer, bei denen sich nicht nur regelmäßige Wartung und Instandhaltung, sondern auch kontinuierliche Upgrades langfristig rechnen. Auf dieser Idee setzte das Innovationscluster »Maintenance, Repair and Overhaul in Energie und Verkehr (MRO)« auf: Ein geeignetes Condition Monitoring, kombiniert mit vollständiger Überholung zum richtigen Zeitpunkt, versetzt eine Anlage nicht nur in den Ausgangszustand, sondern kann sie sogar besser machen.

Im Bereich der Instandhaltung konnte das Fraunhofer IPK auf einer hervorragend passenden Entwicklungshistorie aufsetzen. Im Bereich der Teleservices und des Condition Monitorings besaß das Institut Kompetenzen, die weit bis in die 1990er Jahre zurückreichten. Und um die entsprechenden Lösungen direkt in die industrielle Anwendung zu bringen, fanden sich auch die richtigen Partner: Die Siemens AG hatte das Fraunhofer IPK 2004 beauftragt, ihr Gasturbinenwerk in Berlin-Moabit fab-

rikplanerisch und technologisch fit für die Zukunft zu machen. Auch die Berliner Verkehrsbetriebe, MTU Maintenance und Rolls-Royce waren an Bord, dazu zehn weitere Unternehmen sowie eine Reihe wissenschaftlicher Partner.

Über zwei Jahre arbeitete das Cluster an ressourcenschonenden und energieeffizienten Technologien zur Optimierung von MRO-Prozessen in den vier Innovationsfeldern Zustandserfassung und -diagnose, MRO-Planung und digitale Unterstützung, Reparaturtechnologien sowie Reinigung. Das Innovationscluster MRO wurde ab Dezember 2012 durch das Fraunhofer-Innovationscluster »Life Cycle Engineering für Turbomaschinen« fortgesetzt.

Die Kooperation wirkte lange nach: Im Jahr 2018 wurde ein gemeinsames Projekt von Rolls-Royce, SCHÖLLY FIBEROPTIC und dem Fraunhofer IPK mit dem Innovationspreis der Deutschen Luftfahrt ausgezeichnet. Gegenstand des Projekts war die endoskopische Reinigung von Turbinenschaufeln.



2009: Die perfekte Verbindung

Füge- und Beschichtungstechnik kommt ans Fraunhofer IPK

Fast jedes Produkt besteht aus mehreren Teilen, daher zählen Fügen und Beschichten zu den wichtigsten Schritten im Produktionsprozess. Mitte der 2000er Jahre stellte zudem die zunehmende Verwendung komplexer Werkstoffe und heterogener Materialkombinationen, wie Stahl-Aluminium-Mischverbindungen und neue hochfeste Stähle, die Festigkeit von Verbindungen und Beschichtungen auf eine harte Probe. Neue Methoden und Technologien waren gefragt, um die Materialien wirtschaftlich zu verarbeiten und zugleich die Sicherheit der Produkte zu garantieren.

Als das Fraunhofer IPK 2009 erstmals einen Bereich Füge- und Beschichtungstechnik bekam, erfolgte die Gründung daher in enger Kooperation mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Die BAM widmet sich grundlegenden Fragen zu Sicherheit in Technik und Chemie, Fraunhofer dagegen fokussiert auf Fragen zur Wirtschaftlichkeit und Produktivität von Verfahren. Die Kooperation ermöglichte den Partnern, Synergieeffekte zu nutzen und Kunden beider Institutionen ganzheitlich zu unterstützen.

Im Fokus des Teams von Professor Michael Rethmeier standen zunächst Verfahren für schwer zu bearbeitenden Materialien. Die neuen Metalle brachten selbst bei etablierten Prozessen wie dem Widerstandspunktschweißen Forschungsbedarfe mit sich. Neben dem Schweißen dünner Bleche nahm der Bereich auch Anwendungsgebiete mit großen Blechdicken in den Fokus. Durch neue Entwicklungen beim Lichtbogenschweißen konnten auch große Wandstärken, wie sie beim Schiffsbau oder bei Rohren vorkommen, wirtschaftlich geschweißt werden.

Maschinenpark aus der industriellen Praxis

Forschungsarbeiten zu solchen Themen sind nur möglich mit einer geeigneten Maschinenausstattung. Der Maschinenpark war daher schon immer der Stolz des Bereichs. Im Jahr 2011 wurde eine Anlage zum

Laser-Pulver-Auftragschweißen in Betrieb genommen, die das Leistungsportfolio des Forschungsteams beträchtlich erweiterte: Schutzbeschichtungen, zum Beispiel auf Bremsscheiben, oder das Auffüllen von Verschleißstellen wurden damit möglich. Seit 2025 besitzt die Fügetechnik sogar eine Anlage mit integriertem Scanner, die solche Reparaturarbeiten erheblich vereinfacht: Mit dem Scanner wird ein Bauteil direkt in der



1



2



3



4



5

- 1 / Fügetechnik: seit 2009 ein eigener Bereich am Fraunhofer IPK
- 2 / Laserzelle von Trumpf im Versuchsfeld des PTZ
- 3-4 / Scannen, Schadstelle identifizieren, reparieren: An der neuen Laserzelle geht das in einem Rutsch.
- 5 / Laser-Pulver-Auftragschweißen zur Beschichtung von Bremscheiben



6



7



8



6 / An der Mehrdraht-Unterpulverschweißanlage können große und dickwandige Rohre geschweißt werden.
7–8 / Vorbereitung einer Dickblechprobe zum Laserhybridschweißen
9 / Simulationstechniken helfen, die Qualität von Schweißverbindungen zu optimieren und Ressourcen signifikant einzusparen.

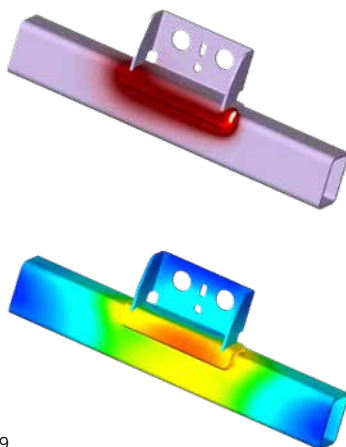
Anlage digitalisiert. Aus dem Scan werden ohne Umwege die zu reparierenden Flächen, inklusive der für die Reparatur erforderlichen CAM-Pfade abgeleitet, sodass die Reparatur unmittelbar ausgeführt werden kann. Beschädigte Komponenten können somit entlang einer digitalen Prozesskette innerhalb einer einzigen Anlage instandgesetzt werden.

Auch für das Schweißen sehr großer Nähte ist der Bereich gut ausgestattet: Seit 2014 besitzt er eine vollmaßstäbliche industrielle Anlage zum Längsnahtschweißen von Großrohren. Was daran geforscht wird, ist im wahrsten Sinne des Wortes Heavy Metal: Für bis zu sechs Meter lange Rohre mit Durchmessern von 90 Zentimetern und mehr werden Verfahren zur Steigerung der Produktivität und zur Einsparung von Zusatzwerkstoff optimiert.

Rechenleistung macht Simulation anwendungsfähig

Ein weiteres Forschungsfeld ist bis heute die Schweißsimulation. Zur Zeit der Bereichsgründung machte die Rechenleistung so große Fortschritte, dass Basislösungen zur Simulation in anwendungsfähige Werkzeuge weiterentwickelt werden konnten. Berechnungen von Verzug und Eigenspannungen konnten jetzt auf einem Niveau durchgeführt werden, das sich für die Unterstützung der schnellen und wirtschaftlichen Anwendung neuer Schweißverfahren in der Industrie eignete. In Kooperation mit dem Fahrzeughersteller Audi optimierten die Forschenden beispielsweise das Schweißen von Autotüren. Diese enthalten über 50 Schweißnähte – die Reihenfolge, in der sie gesetzt werden, entscheidet maßgeblich über die Maßhaltigkeit der Tür. Durch Simulation gelang es in dem Kooperationsprojekt, den experimentellen Aufwand in der Entwicklung zu verringern und gleichzeitig den Verzug beim Schweißen zu minimieren.

Die Schweißsimulation wurde danach kontinuierlich weiterentwickelt. Heute kann das Team den Verzug in additiv gefertigten Bauteilen mit mehreren hundert übereinander liegenden Schweißraupen simulieren und dank moderner Rechentechnik industrielle Fragestellungen zur Rissbildung und zum Schweißverzug ganzer Baugruppen bearbeiten.



2009: Veranstaltungsprogramm »Mehr Können«

Wissen teilen, Netzwerke knüpfen, Zukunft gestalten

Die weltweite Finanzkrise 2008 traf die exportorientierte deutsche Wirtschaft hart. Viele Unternehmen, vor allem Automobilhersteller und -zulieferer sowie Maschinen- und Anlagenbauer fuhren Investitionen zurück und schickten ihre Mitarbeitenden in Kurzarbeit – ergänzt um das Angebot staatlich geförderter Weiterbildungen. »Qualifizieren statt Entlassen« hieß das Motto der arbeitsmarktpolitischen Strategie der Bundesregierung, um Arbeitsplätze zu sichern, Fachwissen zu erhalten und den Strukturwandel der Unternehmen zu unterstützen.

Das Fraunhofer IPK entwickelte dafür 2009 einen ersten Kurskatalog mit sieben Schulungsangeboten für Menschen in Kurzarbeit. Die Idee dahinter: Forscherinnen und Forscher bringen Fach- und Führungskräfte auf den neuesten Wissensstand ihrer jeweiligen Disziplin und vermitteln Kompetenzen, die nicht nur die Entwicklungschancen einzelner Arbeitnehmender verbessern, sondern ihren Unternehmen auch entscheidende Wettbewerbsvorteile für die Zeit nach der Krise sichern. Mit dem Jahresbeginn 2010 ging das praxisorientierte Weiterbildungsprogramm unter dem Label »Mehr Können« an den Start.

Wissenschaft auf den Hallenboden

Schon 2011 weitete das Institut sein Angebot deutlich aus: Aus dem reinen Weiterbildungsangebot wurde ein diversifiziertes Veranstaltungsprogramm. Berufsbegleitende Studiengänge, Seminare, Inhouse-Trainings, Tagungen und Konferenzen, Technologietage, Industrieworkshops und Industriearbeitskreise bildeten nun das Portfolio – teilweise in Kooperation mit dem IWF sowie der Fraunhofer-Academy als Partner im Weiterbildungsbereich. In den folgenden Jahren etablierten sich unter anderem Industrieworkshops wie »Praxis der Mikrofertigung« und »Praxis der Additiven Fertigung«, die »Berliner Runde« als führendes Netzwerk-Forum für Hersteller, Zulieferer und Anwender von Werkzeugmaschinen sowie ein Wissensbilanz-Intensivseminar, das

das Thema Wissensmanagement mit Moderationskompetenzen in einem ganzheitlichen Ansatz kombiniert.

Das Erfolgsrezept der Formate: eine ausgewogene Mischung aus wissenschaftlichem State of the Art und industriellem Anwendungsbezug. Die Veranstaltungen leben von Projektbeispielen und praktischen Übungen. Das Versuchsfeld des PTZ sowie die zahlreichen Forschungslabore im Haus bieten den Teilnehmenden die Möglichkeit, Verfahren und Geräte selbst auszuprobieren. Theoretische Erkenntnisse werden mit Erfahrungsberichten aus der Entwicklungstätigkeit veranschaulicht – und liefern so Anregungen, wie sich Technologien im eigenen Unternehmen einsetzen lassen.

Zertifikate für komplexe Kompetenzen

2013 kam mit »PLM Professional« ein neues Zertifikatsprogramm hinzu. Product Lifecycle Management (PLM), der effiziente Umgang mit Produktdaten und Entwicklungswissen entlang des gesamten Produktlebenszyklus, war zu dieser Zeit eine zentrale Herausforderung für Unternehmen. Gleichzeitig fehlten ihnen Fachkräfte mit entsprechendem Vorwissen. Mit der zunächst dreiwöchigen, später zweiwöchigen berufsbegleitenden Weiterbildung adressierte das Fraunhofer IPK diesen akuten Bedarf. Die Ausbildungsinhalte wurden in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Instituten IAO und IPT, dem Bremer Institut für Strukturmechanik und Produktionsanlagen (bime) und unter Mitwirkung namhafter Unternehmen entwickelt. Heute wird das Zertifikatsprogramm gemeinsam mit dem Fraunhofer IAO und der Fraunhofer-Academy angeboten.

Digitale Transformation und Kreislaufwirtschaft

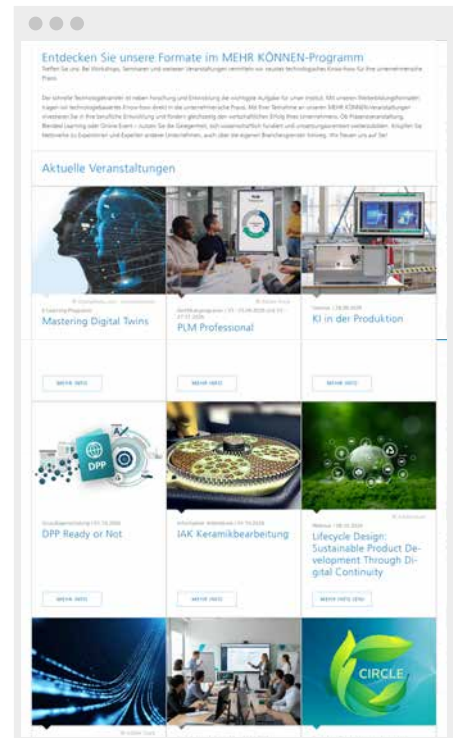
Später, ab 2020 verschob sich der Schwerpunkt des Mehr Können-Programms: Während zuvor ausschließlich Präsenzveranstaltungen stattfanden, hielten nun Online-Formate Einzug, die thematisch die digitale Transformation der Produktion in den Mittelpunkt rückten. Für Fach- und Führungskräfte bedeuteten die rasanten technologischen Entwicklungen veränderte Kompetenzprofile und neue Qualifikationsbedarfe.



1



2



3



4

1–3 / Seit 2010 bietet das IPK unter dem Label »Mehr Können« ein praxisorientiertes Veranstaltungsprogramm.
4 / Ein Highlight jeder Berliner Runde ist die konferenzbegleitende Firmenausstellung. Hier präsentieren Maschinenhersteller, Anlagenbauer und Zulieferer neueste Produkte und Technologien und geben in Live-Vorfürhrungen Einblicke in deren Anwendung.

Darauf reagierte das Fraunhofer IPK zum Beispiel mit dem modularen Online-Zertifikatsprogramm »Mastering Digital Twins«, das die Kompetenzen für eine der Schlüsseltechnologien der Industrie 4.0 vermittelt. Ab 2021 wurde hier zunächst die Ausbildung zum Digital Twins Business Consultant angeboten. Im Juli 2026 folgten die Kurse »Digital Twins Solutions Architect« und »Digital Twins Technical Developer«. Neu im Programm sind jetzt auch Blended-Learning-Angebote rund um

das Thema Kreislaufwirtschaft. Grundlagenschulungen zur systematischen Entwicklung zirkulärer Geschäftsmodelle und zur strukturierten Vorbereitung auf den Digitalen Produktpass sowie eine Workshopreihe zum Klimaschutzmanagement in Unternehmen machen deutlich: Das Mehr-Können-Programm entwickelt sich kontinuierlich weiter und bereitet Fach- und Führungskräfte auf die Herausforderungen der Produktion von morgen vor.

Politischer Besuch im PTZ

Einblicke in exzellente Forschung

Seit der Gründung des Fraunhofer IPK haben eine Vielzahl hochrangiger Politikerinnen und Politiker den Kontakt zum Institut gesucht. Meist war der Anlass, sich über aktuelle Forschungsthemen im Bereich der Produktionstechnik insgesamt oder über besondere Entwicklungsprojekte des Instituts im Speziellen zu informieren. Insbesondere Bundesministerinnen und -minister des Forschungsressorts nutzen das Produktionstechnische Zentrum zudem gerne als Bühne, um neue Forschungsprogramme vorzustellen.

Ein häufiger Grund für internationale Besuche ist darüber hinaus, das Fraunhofer-Modell aus erster Hand kennenzulernen. Vor allem die Ministerien für Forschung und Technologie verschiedener Länder informieren sich mit großem Interesse über das Konzept zur anwendungsorientierten Forschung, das mit einem Finanzierungsmix aus institutioneller Förderung (Grundfinanzierung aus Bund und Land), öffentlich eingeworbenen Drittmitteln und Industriegeldern Entwicklungsfragen nah am industriellen Bedarf bearbeitet.

Die hier vorgestellten Besuche sind eine kleine Auswahl an Highlights aus 50 Jahren Dialog zwischen Wissenschaft und Politik im Fraunhofer IPK.



Der erste dokumentierte politische Besuch im Fraunhofer IPK fand am 23. Februar 1979 statt. Damals informierten sich Volker Hauff, Bundesminister für Forschung und Technologie (2. v. l.), und der Berliner Senator für Wissenschaft und Forschung Peter Glotz (r.) in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IPK in der Kleiststraße über CAD-Aktivitäten und CNC-Programmentwicklung.

Für großen protokollarischen und Presserummel sorgte am 10. März 1995 der Besuch des australischen Premierministers Paul John Keating. Er war anlässlich der CeBIT nach Deutschland gereist, deren Partnerland Australien 1995 war.



Im Rahmen des Deutsch-Indonesischen Industriekooperationsforums für Produktionstechnik traf der Regierende Bürgermeister von Berlin Eberhard Diepgen am 7. April 1995 im PTZ mit Vertretern der indonesischen Regierung zusammen. Das Forum sollte der deutschen Industrie Argumente für ein verstärktes Engagement in Indonesien vermitteln.



Am 27. Oktober 1999 stellte Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn im PTZ das Förderprogramm der Bundesregierung »Forschung für die Produktion von morgen« der Presse vor. Das Programm zielte auf die Entwicklung neuartiger Produktionssysteme und Produktionstechniken mithilfe neuer Werkstoffe oder innovativer Technologien wie Informations- und Kommunikationstechnik, Mikrotechnik, Lasertechnik.

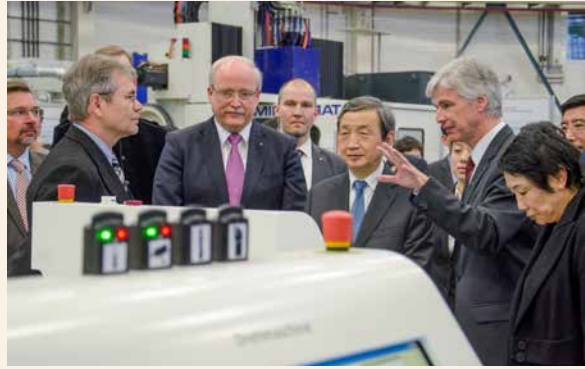
In Begleitung zweier Bundestagsabgeordneter kam Familienministerin Dr. Kristina Schröder am 9. Mai 2011 ins Fraunhofer IPK, um sich über digitale Methoden zur Fahndung nach pornografischen Darstellungen Minderjähriger zu informieren. Fachleute des Fraunhofer IPK stellten ihr sowie den MdB Beatrix Philipp und Klaus-Peter Willsch (beide nicht im Bild) das Softwaretool »desCRY« vor, mit dem digitale Medien per Mustererkennung automatisiert auf illegale Inhalte überprüft werden konnten.



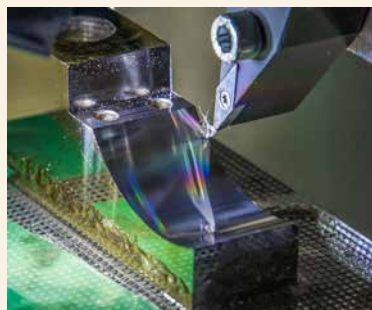
Eher informativen Charakter hatte der Besuch des Regierenden Bürgermeisters von Berlin Klaus Wowereit am 27. Juni 2005. Aus erster Hand informierte er sich über konkrete Beispiele für Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.



Für die Vorstellung der Hightech-Strategie der Bundesregierung 2014 bot das PTZ genau den richtigen Rahmen. Bei einer Pressekonferenz am 8. September präsentierte Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka das Forschungsprogramm »Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen«. Es zielte darauf, wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Bereich Industrie 4.0 schneller in die Anwendung zu bringen.



Einer von zahlreichen hochrangigen internationalen Politikern, die sich im Fraunhofer IPK ein Bild von der Funktionsweise des Fraunhofer-Modells machen wollten, war am 17. März 2015 der Vize-Ministerpräsident der Volksrepublik China, Ma Kai. Bei dem Besuch informierte Fraunhofer-Vorstandsmitglied Prof. Alexander Kurz über die Fraunhofer-Gesellschaft und Prof. Eckart Uhlmann zu bestehenden und möglichen Kooperationen des Instituts mit chinesischen Partnern.



Kommt die Forschungsministerin nicht zur Fraunhofer IPK-Forschung, dann kommt die Fraunhofer IPK-Forschung eben zu ihr: Für eine Kunstinstallation im Neubau des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützten Mikroproduktions-Fachleute aus dem Fraunhofer IPK 2015 die Künstlergruppe Boran Burchardt, Andreas Lippke und Marcel Stemmen. Für die 18 Meter lange Installation aus Licht, Luft und Wasser wurde mithilfe einer komplexen Optik Licht aufgespalten und fokussiert. Diese Aufspaltung erzeugt Regenbogenfarben, die im künstlichen Nebel sichtbar werden. Die Forschenden halfen bei der Herstellung der Linsen, die die Lichtbrechung erzeugen.



Am 13. Januar 2016 war Bundesforschungsministerin Prof. Wanka wieder vor Ort, um das Zehn-Punkte-Programm »Vorfahrt für den Mittelstand« vorzustellen. Damit stellte das BMBF seine Förderpolitik für mehr Innovationen bei kleinen und mittleren Unternehmen in Deutschland neu auf.



Am 19. September 2016 besuchte der stellvertretende Premierminister Thailands, Air Chief Marshal Prajin Juntong, das Fraunhofer IPK. Der ehemalige Saab-Pilot der thailändischen Luftwaffe kam in Begleitung einer wissenschaftlich interessierten Delegation und einigen Botschaftsvertretern, um sich über die deutsche Forschungslandschaft und speziell über das Fraunhofer-Modell zu informieren.

Gleich zwei hochrangige Staatsgäste an einem Tag empfing das Institut am 28. November 2018 – und beide kamen in ähnlicher Mission. Armeniens Präsident Dr. Armen Sarkissian (o.) und der Premierminister von Thailand, Prayut Chan-o-cha (u.), informierten sich über angewandte Forschung nach dem Fraunhofer-Modell und den damit verbundenen Transfer von Methoden und Technologien von der Wissenschaft in die Industrie.



Forschungsfragen auf europäischer Ebene waren das Anliegen des Premierministers des Großherzogtums Luxemburg, Xavier Bettel, der das Institut am 13. Februar 2019 besuchte. Er warb bei seinem Berlin-Besuch darum, dass Wissenschaft und Forschung bei der Technologieentwicklung die Einstellungen und Sorgen der Bürgerinnen und Bürger einbeziehen.



Die 2010er Jahre

Produktion im Fokus – in neuen Räumen

Mit Zukunftsthemen wie Industrie 4.0 und Additiver Fertigung sowie einem neuen Gebäudeteil bestreitet das Institut die 2010er Jahre. Direkt zum Start des Jahrzehnts wird das Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik – AMP eingeweiht, ein Spezialgebäude für Forschung zur Herstellung hoch- und ultrapräziser Bauteile und Strukturen. Derweil wird die Vernetzung aller Entitäten in einer Produktion zum Zweck der Selbstoptimierung zum beherrschenden Forschungsthema.





2010: Schicht für Schicht

Rapider Aufstieg

Die 2010er Jahre brachten nicht nur Hype und Boom für den 3D-Druck im Hobbybereich, sondern auch den Durchbruch für die metallische Additive Fertigung. Additiv – das bedeutet schichtweises Aufbauen von Strukturen, jetzt nicht mehr nur für den Prototypenbau in der Produktentwicklung, sondern auch für die Herstellung von Endprodukten in Kleinserien und im Werkzeug- und Formenbau.

Additive Verfahren waren jedoch bereits 20 Jahre früher ins Fraunhofer IPK eingezogen: Um 1992 starteten die ersten Projekte zum Rapid Prototyping (RP). Die Forschenden hatten früh erkannt, dass zu den zahlreichen neuen 3D-Druck-Fertigungsverfahren die informationstechnische Unterstützung fehlte, um sie in der Produktentwicklung einzusetzen. Gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten entstand so 1995 die Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping. Die Rolle des Fraunhofer IPK in diesem Verbund lag vor allem in der Entwicklung von Informationsmodellen, Planungssoftware für RP-Prozessketten und Unterstützung der Verfahrensauswahl sowie in der Weiterentwicklung des Austauschformats STEP für RP – immer mit dem Ziel, die neuen Verfahren in die Produktentwicklung zu integrieren. Zur gleichen Zeit wurde die erste RP-Anlage in Betrieb genommen. Mit der Maschine für das Selective Laser

Sintering mit Nylon von 3D Systems (gegründet von Chuck Hull, dem Erfinder der Stereolithografie und Entwickler des ersten 3D-Druckers) konnten die digital entwickelten Prozessketten praktisch erprobt werden.

Metal to the Pedal!

Ab 2009 erweiterte sich im Additiv-Bereich der Fokus. Im Jahr 1995 war am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen die Laser Powder Bed Fusion, auch als selektives Laserstrahlschmelzen bekannt, patentiert worden – das heute am weitesten ausgereifte Verfahren für die Additive Fertigung mit Metall. Mit der zunehmenden industriellen Reife von Verfahren, die metallische Werkstoffe verarbeiten konnten, wurde es möglich, nicht mehr nur Prototypen additiv zu fertigen, sondern auch voll einsatzfähige Bauteile. Zu Anfang waren solche Bauteile allerdings noch unwirtschaftlich: Der Material-, Zeit- und Nachbearbeitungsaufwand war hoch, die Verfahren für den Einsatz in der Industrie unattraktiv, auch aufgrund von Bauteileigenschaften und Restporositäten.

Mit der ersten eigenen Anlage für das selektive Laserstrahlschmelzen kamen 2009 die ersten Forschungsprojekte zur Optimierung von additiver Bauteilerstellung mit Metall ins Fraunhofer IPK. Die Vielzahl der sich schnell entwickelnden Verfahren und passenden Werk-



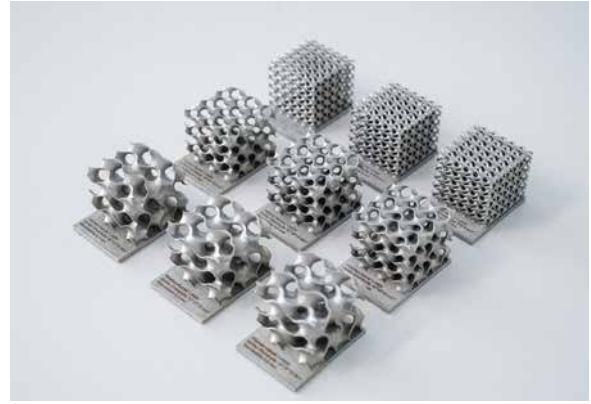
1



2



3



4



5



6

- 1 / Die erste Anlage zur Additiven Fertigung mit Metall im Fraunhofer IPK
- 2 / Testobjekt PTZ? Für die Untersuchung verschiedener Prozessparameter und Aufbaustrategien musste auch das Institutsgebäude erhalten.
- 3 / Die konventionelle Fertigung von Gasturbinenbauteilen mit effektiver Kühlung ist aufwendig – mit additiven Verfahren lassen sich hingegen neue Superlegierungen verwenden, komplexe Kühlgeometrien fertigen und hybride Prozessketten realisieren. Für die Fertigung dieser Turbinenschaufel wurde die Präzision des Laser-Pulverbettverfahrens mit den hohen Aufbauraten beim Laser-Pulver-Auftragschweißen kombiniert.
- 4 / TPMS-Strukturen (Triply Periodic Minimal Surfaces) wie Gyroids sind leicht, durchlässig für Kühlmedien, trotzdem stabil und somit ausgezeichnet für additiv gefertigte Bauteile geeignet.
- 5 / Probekörper wie diese demonstrieren die große Gestaltungsfreiheit der additiven Fertigungsverfahren.
- 6 / Additiv gefertigte Fahrradkomponente

stoffe wollten die Additiv-Experten Kamilla Urban, André Bergmann und Benjamin Graf nun mit Industriepartnern aus Triebwerk-, Turbinen-, Form- und Werkzeugbau auch für die industrielle Praxis qualifizieren. Mit Parameterstudien sollte untersucht werden, mit welchen Maßnahmen Bauteilverzug und Eigenspannungen erzeugter Bauteile reduziert, aber auch gezielt Werkstoff- und Bauteileigenschaften eingestellt werden können. Hybrid mit Pulverbettverfahren und Auftragschweißen gefertigte Turbinenschaufeln, Brennerdüsen mit komplexen Strukturen, aber auch Fahrradbauteile und das ein oder andere Modell des PTZ Berlin entstanden so mithilfe der neuen Maschine sowie der Laserzelle des Bereichs Füge- und Beschichtungstechnik.

Und es ging weiter: Von Gussformen über Kupferdüsen bis zu bauteilintegrierter Sensorik wurden die verschiedensten Anwendungen erforscht. Neben den weiter ausgereiften Laser-Pulver-Verfahren sammelten die Forschenden auch Erfahrung im Einsatz von Elektronenstrahl- und Auftragsschweiß-Anlagen für die additive

Herstellung von Bauteilen. So kamen beispielsweise Multilaser-Systeme ans Institut, mit denen die Aufbauteile beim selektiven Laserstrahlschmelzen erhöht und die Additive Fertigung wirtschaftlicher eingesetzt werden kann. Seit 2023 wird gemeinsam mit dem Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science und dem IWF der TU Berlin auch an einer eigenen Cold-Spray-Anlage geforscht. Und in einem Nachbearbeitungslabor werden verschiedene Post-Processing-Technologien erprobt.

Auch über die Optimierung der AM-Prozesse hinaus waren die Experten aktiv. Ab 2017 wurde Know-how aus verschiedenen Bereichen gebündelt, um agile und flexible Kooperation in interdisziplinären Projekten zu ermöglichen. Im Projekt AGENT-3D hatten sie bereits ab 2013 mit über 60 Partnern aus Industrie und Forschung daran gearbeitet, die Additive Fertigung in die industrielle Praxis zu bringen. Das erklärte Ziel: Deutschland die Technologieführerschaft in zentralen Bereichen der additiv-generativen Fertigung zu sichern. Für eine Einbindung additiver Fertigungssysteme in flexible Produk-



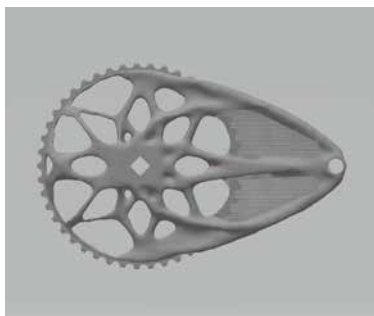
tionsstrukturen verfolgten die Ingenieure und Ingenieurinnen den Anspruch, die neuen Fertigungsverfahren als zertifizierungsfähige Produktionssysteme zu etablieren. Mit »Additive Manufacturing AM 4.0« entwickelten sie eine App für die dezentrale Online-Prozess- und Maschinenüberwachung, um Unternehmen durchgängige Prozesskontrolle und damit ein effektives Qualitätsmanagement zu ermöglichen.

Mit ihrer Expertise können die Mitarbeitenden des Fraunhofer IPK Unternehmen heute mit Fragestellungen zu den verschiedensten Verfahren unterstützen, von Elektronenstrahlschmelzen über Cold Spray bis hin zu Kunststoff-Verfahren. Dabei wird die gesamte Prozesskette der Additiven Fertigung von der Erzeugung von CAD-Modellen bis zur Nachbearbeitung abgedeckt und durch Machbarkeitsstudien und Portfolioanalysen ergänzt. Insbesondere beim effektiven Einstieg in die Additive Fertigung ist das Institut damit ein verlässlicher Partner für die Industrie.

7 / Neue Verfahren, neue Anlagen: Neben dem pulverbettbasierten Schmelzen mit Laserstrahl wurden auch Verfahren wie das Elektronenstrahlschmelzen immer interessanter für die Industrie und damit natürlich auch für das Fraunhofer IPK.
8 / Cold-Spray-Fertigungssystem des Instituts am Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science (WvSC)
9–11 / Vom 3D-Modell am Computer bis zum fertigen Bauteil aus Metall: die Prozesskette in der Additiven Fertigung



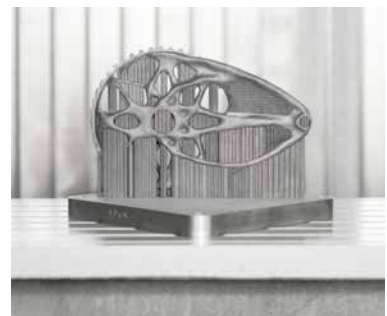
8



9



10



11

2011: Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik



1



2



3



4

Viel Platz für winzige Teile

In den 1970er und frühen 1980er Jahren war Platzmangel regelmäßig ein Thema für das Fraunhofer IPK. In den späten 2000ern erlebte das Institut in dieser Hinsicht ein Déjà-vu: Mit sechs Mitarbeitenden im Bereich Mikroproduktion war das Institut 2001 dem ZEMI in Adlershof beigetreten – zum Ende des Jahrzehnts arbeiteten dort 30 Fachkräfte aus dem Fraunhofer IPK und dem IWF. Auch die Labore am Standort passten zuletzt immer weniger zum Bedarf des Instituts: Zu eng, zu unspezifisch und vor allem zu weit weg vom Stammhaus in Charlottenburg – das waren die Knackpunkte, mit denen das Team kämpfte.



5

1 / Der Gebäudeanbau entstand auf einer Teilfläche neben dem Seminartrakt des PTZ, der bisher Wiese war (Foto von 1992).
2–4 / Grundsteinlegung am 11. Februar 2010
5 / Zwischen November 2009 und September 2011 wuchs das AMP rasch in die Höhe.

So entstand die Idee, das PTZ um einen hochspezialisierten Anbau zu erweitern und die Mikro-Spezialisten unter der Leitung von Dr. Dirk Oberschmidt zurück an den Hauptstandort des Instituts zu holen. Von vornherein bestand dabei der Wunsch, mit Temperatur- und feuchtigkeitskonstanten Laboren ideale Voraussetzungen für modernste Mikroproduktionstechnik zu schaffen. Die Fraunhofer-Gesellschaft, der Berliner Senat, das BMBF und die TU Berlin unterstützten das Millionenprojekt, das internationale Beachtung fand.

Damit sich der neue Gebäudeteil lückenlos in die bestehende Architektur des PTZ einfügte, wurde Professor Peter Bayerer, der als Architekt bereits das PTZ-Hauptgebäude mitverantwortet hatte, mit der Gestaltung beauftragt. Am 11. Februar 2010 wurde der Grundstein gelegt, schon Mitte des Jahres stand der Rohbau. Am 9. Juli wurde Richtfest gefeiert. Im Rahmen des PTZ-Sommerfests am 16. September 2011 wurden erstmals die Türen für die Mitarbeitenden geöffnet. Auf den Tag genau 25 Jahre nach der Einweihung des PTZ wurde das »Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik – AMP« am 25. November 2011 feierlich eröffnet.



6



7

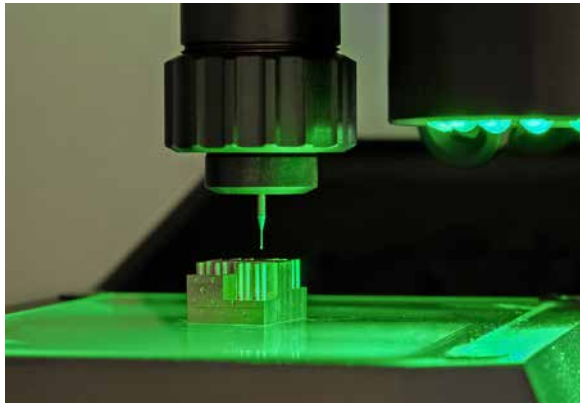


8

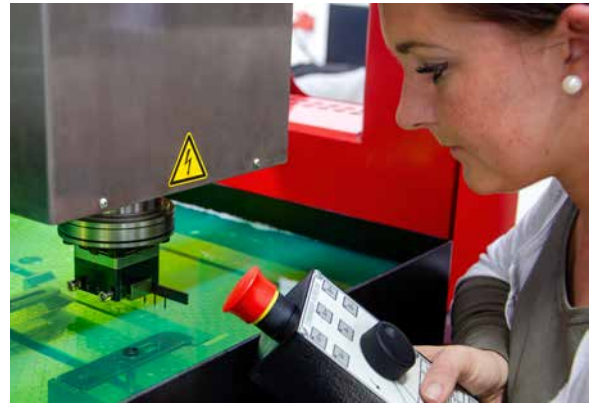
Konstante Klimaverhältnisse

Wenn Bauteile und Strukturen winzig klein werden, werden auch die dafür notwendigen Werkzeuge zu Miniaturen, die mit höchster Präzision arbeiten – und höchst empfindlich auf Umgebungseinflüsse reagieren. Die Ausdehnung eines Werkzeugs bei Temperaturschwankungen um wenige Zehntel Grad Celsius genügt, um ein Produkt in Ausschussware zu verwandeln; kleinste Werkstoffveränderungen durch Korrosion machen eine Bearbeitung nach den festgelegten Parametern unmöglich.

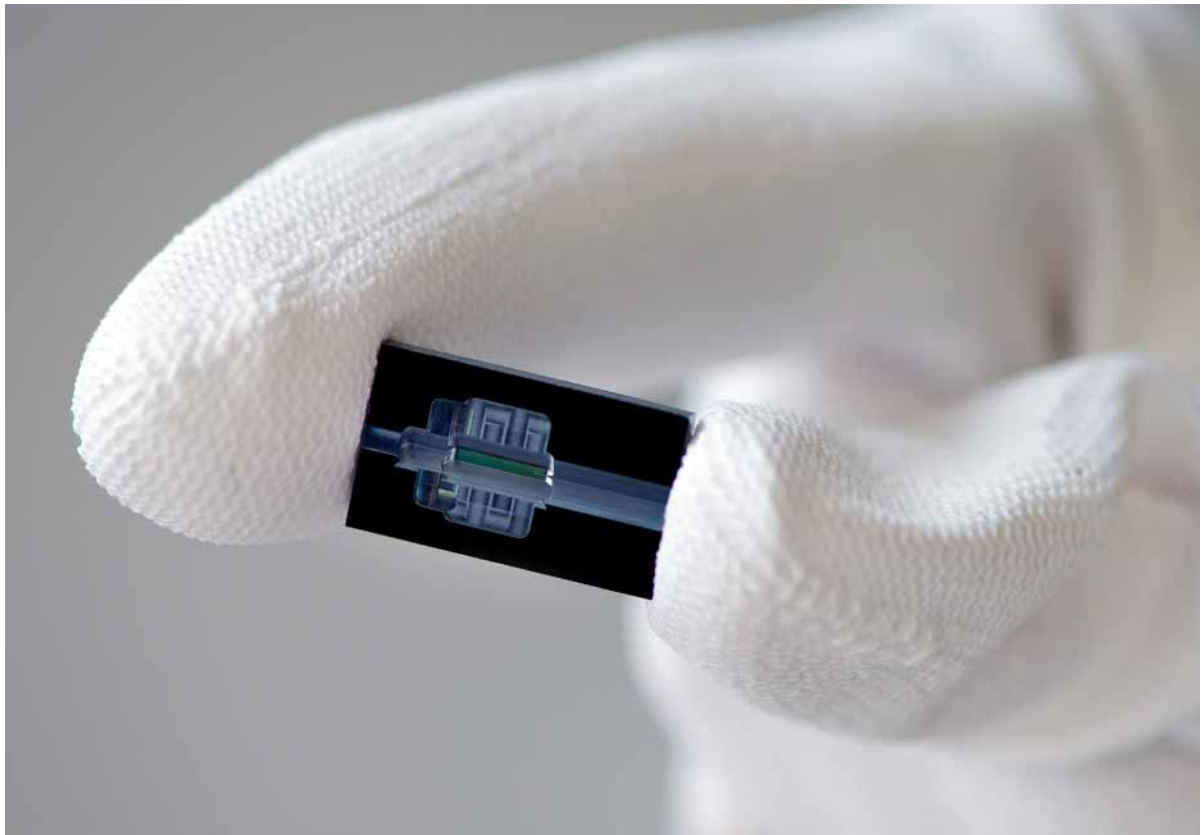
Das AMP ist daher äußerst exakt klimatisiert. Im ganzen Gebäude ist die relative Luftfeuchtigkeit regulierbar, damit sie weder 55 Prozent übersteigt und somit Korrosion ausschließt, noch unter 45 Prozent sinkt, was gesundheitsschädlich für die Mitarbeitenden wäre. In zwei Laboren mit Hochpräzisionsumgebung kann die Temperatur konstant auf $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ gehalten werden, um eine zu starke Ausdehnung von Komponenten zu verhindern. Das Ultrapräzisionslabor, der sensibelste Bereich des AMP, wird sogar mit einer Genauigkeit von



9

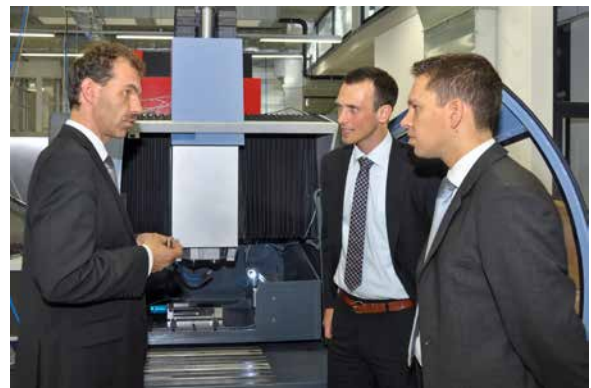


10



11

6–7 / Richtfest am 9. Juli 2010
 8 / Feierliche Einweihung des AMP am 25. November 2011: Prof. Peter Bayerer (Architekt), Prof. Alfred Gossner (Fraunhofer- Vorstand), Prof. Eckart Uhlmann, Dr. Ulrike Gutheil (Kanzlerin der TU Berlin), SenR Bernd Lietzau und MinR Hermann Riehl (v. l. n. r.)
 9 / Messen mit einem Koordinatenmessgerät
 10 / Mikroerodieren im AMP 2011
 11 / Prototyp einer mikrooptischen Bank, gefräst mit Diamantwerkzeugen in Silizium
 12 / Dr. Dirk Oberschmidt (l.), damals Leiter der Abteilung Mikroproduktionstechnik, kurz vor der Eröffnung des AMP mit Mitarbeitenden im Labor



12



13

$\pm 0,2$ °C temperiert. Zudem wurde ein Bereich dieses Labors auf einem gesonderten Fundament errichtet, das schwingungsentkoppelt inmitten des restlichen Gebäudefundaments liegt. Die tragenden Säulen reichen besonders tief in den Grund hinein und das Fundament selbst hat eine ungewöhnlich hohe Masse. All das dient als passive Schwingungsdämpfung: Weder die Schwingungen von der Straße, noch jene, die im Gebäude selbst entstehen, übertragen sich unmittelbar auf diesen Bereich, auf dem Ultrapräzisionsmaschinen stehen.

Produktionstechnik für zellfreie Biotechnologie

Ein drittes Labor im AMP erweiterte das Tätigkeitsfeld im Bereich der Mikroproduktionstechnik auf ein Themengebiet, das Anfang der 2010er neu für das

Fraunhofer IPK war. Im Labor für Prozessentwicklung stand schon früh eine Kabine mit einem Biolabor. Darin arbeitete die interdisziplinäre Forschungsgruppe »PrE-Bio-Tec« unter der Leitung von Dr. Anja Spielvogel, die sich mit Produktionstechnik für zellfreie Biotechnologie befasste. Hier griffen Kompetenzen in der Mikrobiologie und Genetik mit produktionstechnischem Know-how ineinander: Fachleute der Fertigungstechnik, Werkstoffwissenschaften, Biologie und Mikrobiologie entwickelten gemeinsam innovative biotechnologische Verfahren zur Anwendung im industriellen Kontext.

Zellfreie Biotechnologie bezeichnet Verfahren und Technologien zur Synthese von industriellen Biotech-Produkten wie Enzymen für Waschmittel, die auf den Einsatz



14



15

lebender Mikroorganismen verzichten. Stattdessen arbeiten sie nur mit einzelnen biologischen Komponenten. Der wichtigste Forschungsgegenstand der Gruppe war daher zu Anfang die Entwicklung von Bioreaktoren, in denen die Synthese ablaufen kann. Diese Arbeiten sollten über Umwege in den 2020er Jahren bis zum Mischersystem FDmiX für die Produktion von Nanopartikeln, wie zum Beispiel für Corona-Impfstoffe, führen. Doch auch die Herstellung von biologisch abbaubarem Kunststoff sollte bis zum Ende des Jahrzehnts ein bestimmendes Thema im Biotech-Bereich des Fraunhofer IPK werden.

13 / Blick in das Hochpräzisionslabor im AMP
 14 / Das Biolabor im AMP wurde zum Ausgangspunkt von Entwicklungsarbeiten in ganz neuen Themengebieten.
 15 / Entwurf einer Industriezelle zur zellfreien Proteinsynthese von 2011

2011: Das hat Qualität!

Frühe Aktivitäten zur Qualitätssicherung

»Spät kommt ihr, doch ihr kommt!« Das berühmte Schiller-Zitat sei hier für das erstmalige Auftreten des Qualitätsmanagements (QM) in dieser Institutsgeschichte bemüht. Fragestellungen aus dem Bereich Qualität wurden im Fraunhofer IPK fast von Anfang an behandelt. Schon 1980 findet sich im Organigramm unter Sonderprojekten der Eintrag »Qualitätssicherung«. Zu dieser Zeit entstanden im Institut Systeme, mit denen in verschiedenen Produktionsprozessen Fehlermerkmale automatisch erfasst und ausgewertet werden konnten.

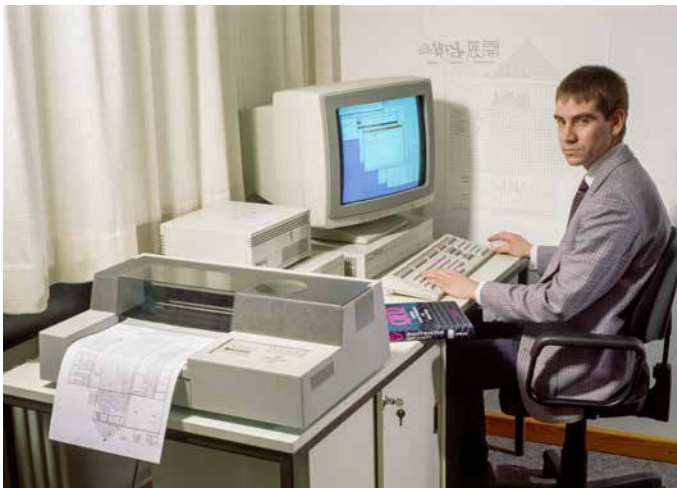
Auf IWF-Seite wurde im September 1988 eine Professur für Qualitätswissenschaft eingerichtet und mit Gerd Kamiske besetzt. Damit erweiterte sich im PTZ der Fokus des Qualitätsbereichs: Neben der Qualitätssicherung im Produktionsprozess trat das strategische Qualitätsmanagement in Gestalt von Total Quality Management (TQM). Qualität wurde nicht mehr nur über produktspezifische Attribute definiert, sondern sollte über Organisations- und Personalstrukturen ganzheitlich in alle Prozesse im Unternehmen integriert werden.

Mit dieser Idee fasste das Qualitätsmanagement schließlich auch im Fraunhofer IPK organisatorisch Fuß: 1993 entstand erstmals ein eigener Bereich unter der

Leitung von Joachim Herrmann, der 1995 auch die Nachfolge von Professor Kamiske auf der IWF-Seite antrat. Analog zur Qualitätswissenschaft im IWF betrachtete der QM-Bereich Qualität aus zwei Perspektiven: Eine Arbeitsgruppe zur Fertigungsmesstechnik führte die Arbeiten zur Qualitätssicherung fort. Die Gruppe entwickelte zum Beispiel Systeme zur Planitätsmessung von Glasflächen. Vor allem aber unterstützte der Bereich Unternehmen auf dem weiten Feld der Qualitätsmanagementsysteme, des Computer Aided Quality Management (CAQ) und der Prozessoptimierung. Da diese Themen Berührungspunkte mit dem Bereich Prozesstechnik aufwiesen, wurde das Qualitätsmanagement im Zuge der Neustrukturierung des Instituts Ende der 1990er als eigener Bereich im Fraunhofer IPK aufgelöst und dem Unternehmensmanagement zugeordnet.

Zehn Jahre später: Neustart für QM

In den folgenden Jahren wendete das Institut seine Qualitätsaktivitäten in eine völlig neue Richtung: nach innen. Um der Forderung nach einer gleichbleibend hohen Qualität seiner Forschung und der Erfüllung von Kundenwünschen gerecht zu werden, wurde 2006 für die eigenen Prozesse ein prozessorientiertes Qualitätsmanagementsystem (QMS) nach ISO 9001 eingeführt, das mittlerweile in ein integriertes Managementsystem (IMS)



1 / Anfang der 1990er Jahre begann die Qualitätswissenschaft im IWF, sich mit strategischem Qualitätsmanagement zu befassen. Von dort gelangte das Thema ans Fraunhofer IPK.

2 / Dimensionen von Qualität in der Quality Excellence

überführt wurde. Prozesse, Aufgaben und Verantwortlichkeiten im Institut werden darin klar definiert und mit der institutseigenen Software MO²GO abgebildet.

Kurz darauf entstand auch wieder ein eigener Bereich Qualitätsmanagement im Institut. In der Nachfolge von Professor Herrmann wurde im September 2010 Professor Roland Jochem auf den Lehrstuhl Qualitätswissenschaft am IWF berufen, im folgenden Jahr entstand unter seiner Leitung ein analoger Bereich im Fraunhofer IPK. Sieben Jahre lang befasste sich das Team mit QM-Strategien und -Methoden für die Entwicklung und Produktion ebenso wie für Fertigungsplanung, Beschaffung und Instandhaltung, Vertrieb und Kundendienst. Das Ziel: nachhaltige, exzellente Unternehmensqualität (Quality Excellence), die für Unternehmen Mehrwert schafft.

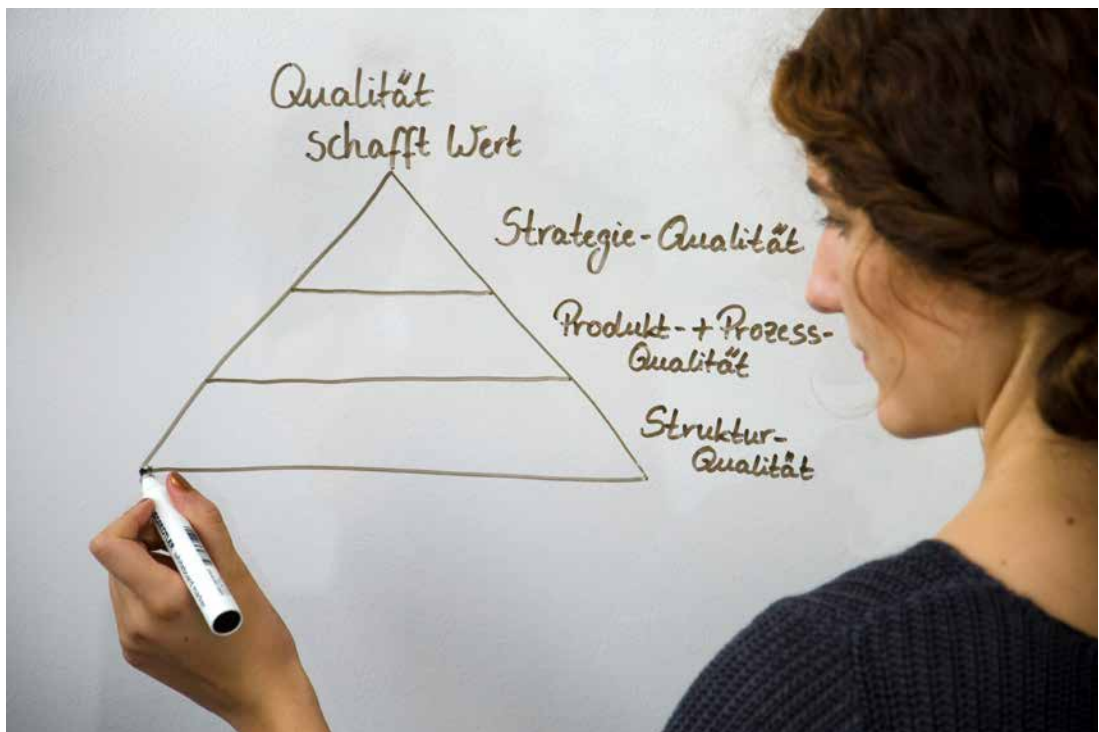
Qualität ins Unternehmen

Gemeinsam mit Industriepartnern wurden zum Beispiel Methoden und Vorgehensweisen zur ganzheitlichen systematischen Planung der Qualitätsorganisation entwickelt und umgesetzt. Dabei unterstützten Werkzeuge zur Nutzen- und Wirtschaftlichkeitsbewertung von QM-Systemen auf Basis einer Kombination aus Performance

Measurement und Monte-Carlo-Simulation die strategische Einführung und effiziente Implementierung. Auch Nachhaltigkeit als wesentliches Qualitätsmerkmal der Unternehmensorganisation war Forschungsgegenstand, etwa bei der Entwicklung einer Entscheidungsmethodik zur kompetenzbasierten Team-Organisation bei der Implementierung der Norm DIN EN ISO 50001:2011 (Energimanagementsysteme) mit einer systematischen Anleitung zur Anwendung im Unternehmen.

Da in global agierenden Unternehmen auch das Qualitätsmanagement global strukturiert und organisatorisch umgesetzt werden muss, war ein wesentliches Ergebnis der Forschungsaktivitäten die Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Einführung eines globalen Qualitätsmanagementsystems. Es wurde bei einem Industriepartner erfolgreich eingesetzt und in dem Buch »Globales Qualitätsmanagement. Basis für eine erfolgreiche internationale Unternehmensführung« veröffentlicht.

2018 wiederholte sich dann die Geschichte: Im Zuge einer Verschlankung der Institutsstruktur wurde das Qualitätsmanagement erneut in den Bereich Unternehmensmanagement eingeordnet.



2012: Maschinen und Werkstücke im Gespräch



1

SOPRO: Produktion macht sich selbstständig

Flashback in die späten 1980er: Computer Integrated Manufacturing (CIM) sollte Konstruktion, Planung und Fertigung in übergeordneten EDV-Systemen zusammenführen. Dann kamen das Internet, mit ihm Teleservices, und Ende der 2000er die nächsten Meilensteine: Embedded Systems und das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT). Prozessoren und Softwareintelligenz wurden in Geräte integriert und damit die Grundlage geschaffen, dass diese sich vernetzen und selbstständig interagieren. In der Produktionspraxis wollte man damit

Szenarien wie dieses erreichen: Ein Werkstück meldet dem Maschinenpark: »Ich bin fertig an der Drehmaschine, wer kann mich entgraten?« Ein freies Bearbeitungszentrum antwortet: »Ich habe Kapazitäten, komm her!«.

Dies war die Vision hinter der selbstorganisierenden Produktion, die im Fraunhofer IPK mit dem Projekt »SOPRO« erstmals in größerem Maßstab verfolgt wurde. Ab 2008 erprobten Eckhard Hohwieler und sein Team in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IZM und dem DAI-Labor der TU Berlin, wie sich zentrale Leitsysteme



2



3

1 / Für das Projekt SOPRO wurde eigens ein Demonstrator gebaut, der jahrelang auf Messen und Veranstaltungen gezeigt wurde. Darin interagierten virtuelle Werkstücke mit echten Fertigungsressourcen, um sich selbst einen Weg durch die Produktion zu suchen. Kamilla Urban realisierte den Aufbau, die Software wurde von Dr. Manfred Kraft entwickelt.
2–4 / Das Projekt »iWePro – Intelligente selbstorganisierende Werkstattproduktion« war ein Anschlussprojekt an SOPRO und das zentrale Exponat der Hannover Messe 2016. Gemeinsam mit mehreren Partnern demonstrierte das Fraunhofer IPK, wie Werker auf dem Shopfloor in die Lage versetzt werden, selbstständig Produktionsabläufe zu steuern.



4

in der Produktion durch weniger fixe Alternativen ablösen lassen. Die Idee: Jedes Werkstück kennt seinen Zustand, »weiß«, wie es im nächsten Schritt bearbeitet werden muss und verhandelt selbstständig über entsprechende Fertigungskapazitäten. Um das praktisch umzusetzen, entwickelte das Fraunhofer IZM sogenannte Process-eGrains, winzige und besonders robuste Funktionssensorknoten, das DAI eine Agentenplattform dazu. Auf dieser Basis konnten Softwareagenten des Fraunhofer IPK Fertigungsinformationen sammeln und austauschen.

»Start dip« – Flexibilität in die Fertigung

Damit wollte man erreichen, dass Fertigungsabläufe flexibler werden. Industrielle Partner konfrontierten das Fraunhofer IPK in dieser Zeit zunehmend mit der Herausforderung sich ausdifferenzierender Kundenwünsche. Eine immer größere Variantenvielfalt in der Produktion bis hin zu Losgröße 1 kontrastierte mit unflexiblen Fertigungsstrukturen: Abläufe und Maschinenbelegungspläne wurden zentral geplant und gesteuert, jede Änderung zog hohen Umplanungsaufwand nach sich. Der Lösungsansatz sah vor, Planungsverantwortung zu verteilen: Mitarbeitende auf allen Ebenen im Betrieb sollten größere Hoheit für die Steuerung des Produktionsablaufs erhalten, unterstützt durch intelligente Technologien.

Während Konzepte auf diesem Gebiet allgemein mit »Industrie 4.0« oder »Integrated Industry« betitelt wurden, setzte sich im Fraunhofer IPK der Leitbegriff »digital integrierte Produktion (dip)« durch. Die Wortwahl sollte klarstellen, dass die Produktion im Vordergrund steht und die Digitalisierung als Hilfsmittel betrachtet wird, um Prozesse zu unterstützen. Während Industrie 4.0 oft definitorisch vage blieb und sich vor allem auf eine Sammlung von Technologien wie IoT, cyber-physische Systeme oder Cloud bezog, fragte dip: Was bedeutet das konkret für produzierende Unternehmen und welcher messbare Nutzen ergibt sich daraus?

Bei der Beantwortung dieser Frage nahm das Fraunhofer IPK eine Vorreiterrolle ein, die für Prominenz sorgte. Am



5



6

2. Oktober 2012 präsentierte der von der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft und der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften eingesetzte Arbeitskreis Industrie 4.0 bei einem Umsetzungsforum im PTZ vor über 175 Gästen seinen wegweisenden Zwischenbericht. Im Februar 2015 war Hohwieler zu Gast bei Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und hatte im Format »Die Kanzlerin direkt« Gelegenheit, über Industrie 4.0 zu sprechen. Das Thema bestimmte zudem die Auftritte des Fraunhofer IPK auf den Hannover Messen von 2016 bis 2018, auf denen das Institut mit umfangreichen Exponaten die Integration verschiedener Lösungen demonstrierte, die zur flexiblen Ablaufsteuerung beitragen konnten: modulare Shopfloor IT und Industry Cockpits, Digitale Zwillinge oder Anlagensteuerung aus der Cloud. All diese Lösungen sowie viele weitere waren zugleich Teil des Programms »Start dip!«, mit dem das Institut Unternehmen jeder Größe auf dem Weg zur flexiblen Fertigung begleitete. Sie bilden zudem die Basis der digital integrierten Produktion, wie das Institut sie heute in die Anwendung bringt.



7



8



9

5 / Umsetzungsforum Industrie 4.0 im Versuchsfeld des PTZ am 2. Oktober 2012

6 / Eckhard Hohwieler bei Kanzlerin Dr. Angela Merkel im Februar 2015

7 / Anlagensteuerungen sind häufig geschlossene Systeme ohne Netzanbindung. Die modulare Shopfloor IT von Prof. Thomas Knothe und seinem Team dockt an solche Steuerungen an, um eine Vernetzung mit übergeordneten Auftragssteuerungssystemen zu ermöglichen.

8–9 / Mit dem »Industrie 4.0-Koffer« von Patrick Gering konnten Unternehmen schnell und unkompliziert die Vernetzung ihrer Maschinen und Prozesse prototypisch testen. Der Koffer wurde je nach Einsatzszenario mit einem geeigneten Satz Sensoren und Netzwerktechnik bestückt.

10 / Die dienstebasierte Automatisierung aus der Cloud, wie sie von Moritz Chemnitz im Projekt »pICASSO« erprobt wurde, zielt darauf, die hierarchische IT-Struktur in Fabriken aufzubrechen und einzelne Komponenten flexibel miteinander zu vernetzen. Ein App-Konzept und skalierbare Rechenleistung bilden die Basis für aktuelle Robotersteuerungen.



10

2012: Brasilien als strategischer Forschungspartner

Der Blick über den Ozean

Nach dem Ende der intensiven Zusammenarbeit mit Indonesien wurde ein Land auf der anderen Seite des Globus der nächste große Forschungspartner des Fraunhofer IPK: Im Jahr 2002 hatte das Institut bei einer Kooperation mit der Universidade Metodista de Piracicaba mit einem Projektbüro vor Ort erste Verbindungen nach Brasilien aufgenommen. Die Beziehungen über den Atlantik vertieften sich ab 2009, als das Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) in São José dos Campos und das Fraunhofer IPK begannen, Möglichkeiten einer umfassenderen Zusammenarbeit auszuloten. Zu dieser Zeit intensivierte sich der deutsch-brasilianische Austausch insgesamt: Ebenfalls 2009 startete BRAGECRIM (Brazilian-German Collaborative Research Initiative on Manufacturing Technology). Ein gemeinsames Jahr der Wissenschaft, Technologie und Innovation 2010/2011 vertiefte die Kooperation.

Im Windschatten dieser Entwicklungen erreichte das Fraunhofer IPK bis 2011 mehrere Meilensteine in der Zusammenarbeit mit Brasilien: ein Projekt mit Voith Hydro, Aktivitäten im Zusammenhang mit BRAGECRIM sowie Gespräche über Projekte mit Unternehmen wie Mercedes-Benz, Inmetro, Petrobras und Vale Soluções

em Energia, etwa im Bereich Gasturbinenproduktion – ein Gebiet, in dem das Fraunhofer IPK bereits über das Innovationscluster MRO in Deutschland aktiv war.

Aufbau von Innovationsinstituten mit SENAI

Etwa zur gleichen Zeit begannen Gespräche zwischen dem ITA und SENAI, dem nationalen Dienst für industrielle Ausbildung Brasiliens, über den Aufbau verschiedener Innovationsnetzwerke für Brasilien. Da das Fraunhofer IPK einschlägige Erfahrungen in der Einrichtung von Innovationssystemen hatte, folgte daraus 2012 ein Großprojekt: Als der brasilianische Industrieverband CNI SENAI beauftragte, ein landesweites Netzwerk angewandter Forschungsinstitute nach dem Vorbild der deutschen Fraunhofer-Gesellschaft aufzubauen, wurde das Fraunhofer IPK zentraler Umsetzungspartner. Ein Team um Dr. Markus Will übernahm die Planung und praktische Umsetzung von zunächst 23 Innovationsinstituten (Instituto SENAI de Inovação, ISI) in fast allen brasilianischen Bundesstaaten mit einer zentralen Verwaltungsgesellschaft in Brasília. Fünf weitere Fraunhofer-Institute brachten ergänzendes Know-how ein.

Im Anschlussprojekt »ESCalate SENAI – Excellence, Sustainability, Cooperation« wurde das Netzwerk ab 2020



1 / Prof. Eckart Uhlmann und Rafael Lucchesi, Direktor Bildung und Technologie bei SENAI, bei der Unterzeichnung des Kooperationsvertrags 2012

2 / Interaktiver Workshop mit Vertretern aller ISI zum Kompetenzaufbau im Rahmen von »ESCalate SENAI«

3 / Technologieaudit am ISI for Laser Processing durch Mitarbeitende des Fraunhofer ILT und des Fraunhofer IPK

4 / Prof. Anderson Correia, Präsident des ITA (m. l.) und Prof. Uhlmann (m. r.) unterzeichnen die Gründungsurkunde des FPC@ITA am 7. November 2017.

5 / Teilnehmende der Gründungszeremonie vom ITA, Competence Center for Manufacturing CCM, der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Fraunhofer IPK



2



3



4



5

zunehmend internationalisiert, unter anderem durch die Vernetzung mit 15 weiteren Fraunhofer-Instituten. Der Vertrag war für das Fraunhofer IPK auch intern ein Meilenstein: Im November 2020 würdigte die Fraunhofer-Gesellschaft das Institut mit einer Auszeichnung für die höchste Projektakquise des Monats. Eine makroökonomische Wirkungsanalyse belegte 2025, dass die SENAI ISI zu rund 0,66 Prozent des brasilianischen Bruttoinlandsprodukts beitragen. Mittlerweile umfasst das Netzwerk 26 operative Institute mit rund 1500 wissenschaftlichen Mitarbeitenden.

Die Aktivitäten mit SENAI eröffneten für den Bereich Unternehmensmanagement am Fraunhofer IPK weitere Kooperationsfelder in Brasilien. Die beiden EU-Forschungsprojekte »CEBRABIC« und »ENRICH in LAC« von 2017 bis 2023 führten zur Gründung der Non-Profit-Organisation ENRICH in LAC mit Sitz in São Paulo, in der das Fraunhofer IPK die Fraunhofer-Gesellschaft als Gründungsmitglied vertritt. Partner aus ganz Europa und Lateinamerika verfolgen darin das Ziel, die kontinentübergreifende Zusammenarbeit im Bereich der angewandten Forschung und Innovation zu stärken.

FPC@ITA und eine wachsende Projektlandschaft

Parallel institutionalisierte das Fraunhofer IPK die Zusammenarbeit mit dem ITA. Ab 2014 wurde die Gründung eines Fraunhofer Project Centers in Kooperation mit dem ITA avisiert. Am 6. März 2018 startete das Fraunhofer Project Center for Advanced Manufacturing @ ITA, kurz FPC@ITA, in São José dos Campos. Unter der gemeinsamen operativen Leitung von Professor Ronnie Rego vom ITA und Dr. David Domingos vom Fraunhofer IPK bietet es Zugang zu rund 50 Prozent der brasilianischen Industrieunternehmen und 70 Prozent aller deutschen Firmen mit brasilianischer Niederlassung. Aus der Zusammenarbeit entstanden in den 2020er Jahren technologisch bedeutsame Vorhaben: Die FERA-Projekte (»Ferramentas Manufaturadas Aditivamente«) entwickeln Prozessketten zur additiven Reparatur von Automobilwerkzeugen. Seit 2021 kamen neun bilaterale, aus dem internationalen Fördernetzwerk CORNET finanzierte Projekte hinzu.

Die aus den brasilianischen Aktivitäten gewonnenen Erfahrungen bringt Dr. Domingos seit 2025 global ein: Mit dem Bereich Internationale Geschäftsentwicklung unter seiner Leitung schuf das Institut eine dedizierte Heimat für sein internationales Engagement.

2012: Roboter in Atelier und Feld

Maschinen für die Kunst

Der Roboter als Handlanger des Menschen, flexibler und kostengünstiger als Werkzeugmaschinen – das waren die Überlegungen, die Forschende am Institut in den 2010er Jahren motivierten, Robotern Arbeiten zu übertragen, die üblicherweise auf Werkzeugmaschinen ausgeführt werden. Dieser Ansatz hat viele Vorteile: Der Arbeitsraum von Werkzeugmaschinen ist begrenzt, gerade großvolumige Rohlinge passen oft nicht hinein. Gleichzeitig haben vor allem große Roboter einen größeren Arbeitsradius als klassische Werkzeugmaschinen.

Der Aufhänger, sich überhaupt mit dieser Thematik zu befassen, kam aus der Kunst: Wer an Bildhauerei denkt, denkt an Ideen, Gestaltungsfreiheit und Kreativität. Doch Kunst ist auch schwere körperliche Arbeit: Für

Bildhauer ist die Bearbeitung von Stein und Marmor vor allem bei der Grobstrukturierung ihrer Werke kräftezehrend und der entstehende Staub sogar gesundheitschädlich. Warum also nicht für diese Arbeit eine Maschine heranziehen?

Gemeinsam mit dem Bildhauer Ajit Kai Dräger und weiteren Partnern entstand 2005 erstmals eine Prozesskette für Natursteinbearbeitung. Dabei wurde auf Basis eines 3D-Scans die weltweit erste 1:1-Kopie der Büste der Kolossalstatue von Kaiser Konstantin dem Großen angefertigt. Der drei Meter hohe und sechs Tonnen schwere Marmorkopf konnte zu diesem Zeitpunkt nur auf einer speziell entwickelten 5-Achs-CNC-Fräsmaschine bearbeitet werden. Ein immenser Kostenaufwand, der sich mithilfe von Industrierobotern erheblich reduzieren ließe.

Roboter als Werkzeugmaschinen

Damit war die Tür aufgestoßen, Roboter als Bearbeitungsmaschinen in Betracht zu ziehen. In den folgenden Jahren arbeiteten Dräger und das Fraunhofer IPK an robotergestützten Bearbeitungszellen, die vollautomatisiert Skulpturen fertigen. Es entstand eine durchgängige Prozesskette von Modellerstellung über Simulation bis zur automatisierten Fertigung. »In unserem Projekt gehen Technik und Kunst eine Symbiose ein,« kommentierte Dräger.



1



2



3

Um das möglich zu machen und den Übergang von CNC-Werkzeugmaschinen zu flexiblen Robotern zu ebnen, sahen sich die Forschenden auf der wissenschaftlichen Seite dieser Symbiose allerdings einigen Herausforderungen gegenüber. Industrieroboter hatten sich Mitte der 2010er zwar in vielen Bereichen zu preiswerten Alternativen entwickelt – flexibel, beweglich und mit großen Arbeitsräumen konnten sie immer mehr komplexe Bearbeitungsaufgaben übernehmen. Die bei der Bearbeitung von Werkstoffen wie Stein oder speziellen hochfesten Legierungen aus der Luftfahrt entstehenden Kräfte stellen beim Einsatz von Robotern jedoch hohe Anforderungen an die Steuerung und Regelung. Die Forschenden entwickelten innovative Kompensationsalgorithmen, die beispielsweise durch die Absenkung der Bahngeschwindigkeit Echtzeitkorrekturen während der Bearbeitung ermöglichen.

Die im Vergleich zu Werkzeugmaschinen geringere Steifigkeit der Roboter kann außerdem für Schwingungen und Rattern sorgen – dem sollte mit aktiver und passiver Kraft- und Nachgiebigkeitsregelung entgegengetreten werden. In manchen Anwendungen war die geringere Steifigkeit der Industrieroboter jedoch sogar von Vorteil: Für die Bearbeitung von Nickelbasislegierungen, bei der sehr hohe Schnittkräfte entstehen, entwickelten die Forschenden ein Verfahren, das bei der Schruppbearbeitung vergleichbare Ergebnisse erzielt – gleichzeitig wird das Werkzeug durch die geringe Steifigkeit abgedeutet, was die Belastung der Schneiden und den Verschleiß reduziert.

Roboter trifft Gurke

Ein weiterer Bereich, in dem die körperlich anstrengende Handarbeit dominiert, ist die Ernte. Gurken, Spargel, Tomaten und Co. müssen feinfühlig und trotzdem schnell gesammelt werden. Beispiel Gurkenenernte: Auf sogenannten Gurkenfliegern liegen Erntehelfende und sammeln die Früchte im Vorbeifahren. Als Alternative entwickelte ein Team um Dr. Dragoljub Surdilovic ein aus Leichtbaumodulen aufgebautes Dual-Arm-Robotersystem, bei dessen Steuerung sie auf Erfahrungen bei der Entwicklung des zweiarmligen pi4_workerbots zurückgriffen. Die größte Herausforderung bei Greifaufgaben ist das optische und taktile Erfassen, Beurteilen und Bewerten der Zielobjekte. Noch größer wird sie, wenn wie bei der Gurkenenernte grüne, unregelmäßig gestreute und teilweise verdeckte Objekte in grünem Umfeld geortet werden müssen. Um das zu realisieren, wurden

Multispektralkameras und intelligente Bildverarbeitung eingesetzt.

Heute gehen die Forschenden im Bereich der kognitiven Roboter noch weiter. Damit Roboter auch für teil- oder unstrukturierte Aufgaben einsetzbar werden, die nicht millimetergenau programmierbar sind, geben sie ihnen eine Art Intelligenz: Die Maschine muss wahrnehmen, Schlüsse ziehen, frei planen können – bis zur Ermittlung des richtigen Maßes an Kraft.

1 / Aus (sehr) alt mach neu: Mit einer Spezialfräsmaschine wurde eine Marmorstatue gefertigt.

2 / Ergebnis jahrelanger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPK: das Kunstwerk »Transformation einer Wolke« des Bildhauers Ajit Kai Dräger im PTZ Berlin

3 / Um besonders KMU anzusprechen, setzten die Forschenden auf Standard-Industrieroboter und offene Schnittstellen.

4 / Ersatz für mühevollen Handarbeit? Der zweiarmlige Roboter für die Gurkenenernte

5 / Heute planen intelligente Roboter ihre exakten Bewegungen selbst.



4



5

2013: Automatisch Energie sparen

Die 2010er Jahre brachten für die deutsche Industrie eine Transformation im Energiebereich: Fukushima 2011 beschleunigte die Energiewende, die EU-Energieeffizienzrichtlinie 2012 verschärfte die regulatorischen Anforderungen, und steigende Energiepreise erhöhten den ökonomischen Leidensdruck. Für das verarbeitende Gewerbe galt: Effizienz wurde zur Pflicht. Die Grundlagen für das, was spätestens Ende des Jahrzehnts Früchte trug, legte das Fraunhofer IPK bereits zu Beginn der 2010er Jahre, und das auf mehreren Ebenen gleichzeitig: regulatorisch, technologisch und systemisch.

Ökodesign für Werkzeugmaschinen

Nachdem frühere Energieeffizienzrichtlinien eher Konsumgüter und Haushaltsgeräte im Fokus hatten, brachte das Arbeitsprogramm 2009-2011 der sogenannten EU-Ökodesign-Richtlinie Werkzeugmaschinen erstmals in den Fokus. Von Januar 2010 bis November 2011 führten das Team von Eckhard Hohwieler am Fraunhofer IPK und das Fraunhofer IZM im Auftrag der Europäischen Kommission die Studie »EcoMaT« durch, um mögliche gesetzliche Anforderungen an Werkzeugmaschinen vorzubereiten. Allein in der EU wurden rund 0,8 bis 1,2 Millionen Betriebe als Nutzer identifiziert – ein erheblicher Hebel für Energieeinsparungen.

Im Jahr 2013 startete das Fraunhofer Leitprojekt »E³-Produktion«, an dem das Fraunhofer IPK maßgeb-

lich beteiligt war. Sein übergeordnetes Ziel war, einen Paradigmenwechsel einzuleiten, von »maximalem Gewinn aus minimalem Kapitaleinsatz« hin zu »maximaler Wertschöpfung bei minimalem Ressourceneinsatz«. Das Fraunhofer IPK verantwortete das Design und den Betrieb von energie- und ressourcenadaptiven Produktionssystemen bei einem volatilen Energieangebot. Produktions- und Energiemanagement sollten erstmals systematisch gekoppelt werden: angebotsorientiert planen, bedarfsorientiert steuern. Lokale Energieerzeugung und -speicherung wurden dabei als integraler Bestandteil des Produktionsbetriebs gedacht. Um beispielhaft zu zeigen, wie ein Energiemanagement in Unternehmen umgesetzt werden kann, wertete das Institut ab 2017 energierelevante Informationen über die eigenen Maschinen aus und präsentierte Energiebedarfe und Auslastung live im Internet.

Vom Messen zum Verstehen zum Regeln zum Vernetzen

Parallel dazu berieten die Forschenden Unternehmen bei der Einführung von Energiemanagementsystemen, erhoben mit eigener Messtechnik Energieverbrauchsprofile und erarbeiteten maßgeschneiderte Umsetzungskonzepte. 2013 entstand in enger Kooperation mit der Berliner Firma ÖKOTEC Energiemanagement die Energieeffizienz-Software EnEffCo®. Sie ermöglichte es, Energiedaten auf Anlagen- und Prozessebene kontinu-

L 285/10

DE

Amtsblatt der Europäischen Union

31.10.2009

RICHTLINIEN

RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 21. Oktober 2009

zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte

(Neufassung)

(Text von Bedeutung für den EWR)

ierlich zu erfassen und zu bewerten, und überführte damit vorangegangene Forschungsergebnisse, darunter Data-Mining-Verfahren zur Analyse von Energieverbrauchsprofilen, in ein praxistaugliches Produkt.

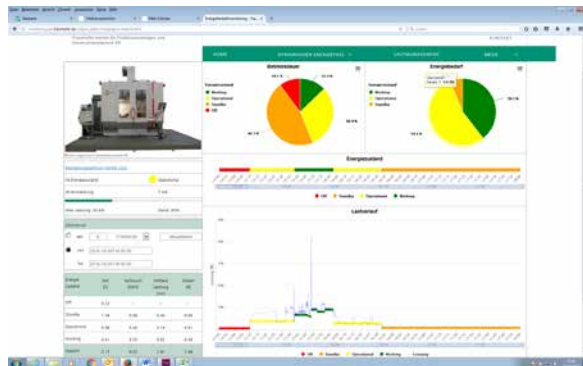
Der nächste logische Schritt war es, bestehende Anlagen automatisch energieeffizienter zu betreiben, ohne dass jede Optimierung manuell umgesetzt werden muss. Von 2016 bis 2019 entwickelten das Fraunhofer IPK und ÖKOTEC gemeinsam mit Bayer, thyssenkrupp Steel Europe und Daimler das intelligente Steuerungssystem EnEffReg®. Es wertet Messdaten aus, erlernt das Verhalten von Anlagen und überträgt selbstlernend optimale Sollwerte direkt an die Anlage. Je nach Anlage und Standort wurden Einsparungen von 10 bis 30 Prozent erzielt. Die wissenschaftlichen Grundlagen bildeten die Basis für die Dissertation des späteren Abteilungsleiters Gregor Thiele, der 2022 an der TU Berlin promovierte und dafür 2023 mit dem Manfred Hirschvogel Preis ausgezeichnet wurde.

Mit Abschluss der Arbeiten an EnEffReg® endete die Entwicklungsreihe nicht. Ab 2023 bauten das Fraunho-

fer IPK und ÖKOTEC, nun in Zusammenarbeit mit Mercedes-Benz und Daimler Truck, mit EnEffNet auf den Ergebnissen auf. Im Mittelpunkt des laufenden Projekts steht eine digitale Vernetzungsplattform, die Messdaten mit Strukturdaten wie Systemtopologien und Modellbibliotheken zusammenführt. Was einst mit Beratung und Messung vor Ort begann, wurde so zu einem integrierten, datengetriebenen Ökosystem für die energieeffiziente Produktion, das in geplanten Projekten mithilfe von KI weiter optimiert werden soll.



2



3



4



5

- 1 / Die sogenannte Ökodesign-Richtlinie der EU aus dem Jahr 2009, in deren Arbeitsprogramm erstmals explizit Werkzeugmaschinen fokussiert wurden
- 2 / Virtuelle Demonstratorplattform am Fraunhofer IPK, die im Rahmen des Leitprojekts E³-Produktion entstand
- 3 / Energiemonitoring im Versuchsfeld des Fraunhofer IPK 2017
- 4 / In den Bayer-Laboren in Berlin müssen die Umgebungsbedingungen genau kontrolliert werden. Die großen Belüftungsschächte im Bild gehören zu den versorgungstechnischen Anlagen, die im Projekt EnEffReg® automatisiert optimiert wurden.
- 5 / Gregor Thiele an den Abluftanlagen auf dem Dach des PTZ 2018

2014: Leise Lieferung in der City

Herausforderung Frachttransport in der Stadt

Mit der Neuausrichtung des Fraunhofer IPK nach dem Amtsantritt von Professor Eckart Uhlmann hatte die Verkehrstechnik größeres Gewicht am Institut erhalten. Entwicklungen und Kompetenzen aus den Bereichen Informations-, Konstruktions- und Fertigungstechnik sollten in die Verkehrsbranche transferiert werden. Die Arbeitsgruppe, die seit 1996 in Hennigsdorf aktiv war, hatte unter der Leitung von Werner Schönewolf in den 2000ern ein Thema identifiziert, auf das sie sich konzentrierte: Lösungen für den innerstädtischen Warenverkehr.

Die zunehmende Globalisierung und das Aufkommen des E-Commerce hatte den Einfluss der Logistikbranche auf die Innenstädte seit den 1990er Jahren stark wachsen lassen. Der individuelle Paketverkehr hatte massiv an Bedeutung gewonnen. Paketzustellungen an der Haustür sowie die große Menge an Waren, die unternehmenseigene Zusteller direkt an den Einzelhandel lieferten, trugen zur Schadstoff- und Lärmbelastung bei. Parkende Lieferfahrzeuge behinderten zunehmend den fließenden Verkehr, verstopften während der begrenzten Lieferzeiten Fußgängerzonen und behinderten den Zugang zu Geschäften für die Kundschaft.

Mit FIDEUS auf der letzten Meile

Um Lösungen für diese Herausforderungen zu schaffen, arbeitete Schönewolfs Team daran, Lieferfahrzeuge für die Innenstadtlogistik leiser, kompakter und schadstoffärmer zu gestalten. 2005 startete das Projekt FIDEUS (Freight Innovative Delivery in European Urban Space), das für die Belieferung auf der sogenannten letzten Meile, dem allerletzten Wegabschnitt zum Kunden, emissionsarme, schlanke Kleinfahrzeuge entwickeln sollte. Mit den neuen Möglichkeiten der Elektromobilität entstand das Konzept der MicroCarrier. Dabei handelte es sich um einachsige Transportfahrzeuge mit geringer Spurweite für die Sendungsverteilung in beengten Bereichen und Fußgängerzonen. In der letzten Ausbaustufe, die Mitte der 2010er Jahre erreicht wurde, war ein Gefährt entstanden, das für zwei Betriebsarten ausgelegt war: Im Verbundmodus war es Teil eines Straßenzugs aus einem Führungsfahrzeug und einer variablen Anzahl MicroCarrier-Transporteinheiten, wobei die Anhänger dem Führungsfahrzeug absolut spurtreu folgten. Im handgeführten Einzel-Modus balancierte es selbstständig und ließ sich intuitiv wie eine herkömmliche Sackkarre, aber mit geringem Kraftaufwand bedienen. Für das Transportkonzept wurde



1



2



3

Entwickler Matthias Brüning 2014 mit dem German High Tech Champions Award in der Kategorie »Urban Distribution« ausgezeichnet.

Passend zum MicroCarrier entstand die BentoBox – eine Paketstation, die aus mobilen Trolleys bestand. Diese konnten schon im Depot befüllt und beladen auf Lkw ins Stadtgebiet transportiert werden. Hier sollten sie als Paketübernahmestation für Kurierfahrende fungieren. Es wäre aber auch möglich gewesen, eine komplette Box auf einem MicroCarrier ins Zustellgebiet zu ziehen.

Elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge

Apropos: Wie kommen Waren überhaupt ins Stadtgebiet? Für den Transport in den Innenstadtbereich betei-



4

ligte sich die Arbeitsgruppe an Projekten, die die E-Mobilität bei Nutzfahrzeugen vorantreiben wollten. Ein Projekt zielte darauf, zur Entlastung des Stadtverkehrs Lieferfahrten in die Nacht zu verlegen. Dazu müssen die Fahrzeuge besonders leise sein – eine Paradeaufgabe für nahezu lautlose E-Lkw. Schönewolfs Team entwickelte ein Batteriemanagement und -wechselsystem für mittelschwere Nutzfahrzeuge, das den einfachen Tausch von Antriebsbatterien nach jeder Tour ermöglichte. Im Kontext des Projekts wurde auch die erste E-Ladestation für Fahrzeuge am PTZ installiert – damals noch wenigen Fahrzeugen vorbehalten. In einem anderen Projekt wurden elektrische Nutzfahrzeuge für die Abfallentsorgung getestet. Hier kümmerte sich das Team um die Erhebung von Betriebsdaten für Wirtschaftlichkeitsnachweise.

- 1 / Frühe Fassung des MicroCarrier-Konzepts: Lieferung auf der letzten Meile mit Kleincontainern, die von einem Elektrofahrzeug gezogen werden
- 2 / Funktionsprototypen des MicroCarriers im Fahrzeugverbund mit Zugfahrzeug
- 3 / Matthias Brüning mit dem Designentwurf des MicroCarriers in der letzten Entwicklungsstufe, circa 2014
- 4 / Ein Modul der BentoBox passte genau in einen MicroCarrier.
- 5 / Elektrische Nutzfahrzeuge für die Nachtbelieferung



5

2015: Verbindungen ins Reich der Mitte

Brücken nach China

Bis Mitte der 2010er hatte Industrie 4.0 sich so weit entwickelt, dass das Konzept von Deutschland als Vorreiterland auf die internationale Produktionswelt ausstrahlte. Viele Länder, darunter die USA, Brasilien und Japan, investierten massiv in die Vernetzung der Produktion. China legte mit der Initiative »Made in China 2025« ein ambitioniertes Modernisierungsprogramm auf und engagierte dafür unter anderem das Fraunhofer IPK als strategischen Partner. Eine naheliegende Wahl, war das Institut doch nicht nur bei den ersten Forschungsarbeiten zu Industrie 4.0 federführend dabei gewesen, sondern inzwischen international bekannt als Kompetenzzentrum für die Einrichtung von Innovationssystemen. Mehrere hochrangige Delegationsbesuche, allen voran der Besuch des damaligen Vize-Ministerpräsidenten der Volksrepublik China, Ma Kai, am 17. März 2015 sowie ein fünftägiges Industrie-4.0-Trainingsprogramm für das Ministry of Industry and Information Technology (MIIT), das ab 2016 jährlich am Fraunhofer IPK durchgeführt wurde, markierten den Beginn dieser intensiven Kooperation.

Chinesische Geschwindigkeit, deutsche Präzision

Bereits im Juni 2015 hatten das Fraunhofer IPK und die Jiangsu Economic and Information Technology Commission (JSEIC) ein Memorandum of Understanding zur Zusammenarbeit im Bereich Industrie 4.0 unterzeichnet. Im August 2016 folgte dann der Großauftrag über den Aufbau des Sino-German Intelligent Manufacturing Research Institute (SGIMRI) in Nanjing. Dafür verlieh die Fraunhofer-Gesellschaft Professor Holger Kohl die Auszeichnung für die beste Kundenakquise des Jahres 2016. Im Rahmen des Projekts mit einem Auftragsvolumen von 7,5 Millionen Euro berieten die Fachleute des Fraunhofer IPK die chinesischen Partner bei der strategischen Geschäftsausrichtung, erarbeiteten Businesspläne für das Management des zukünftigen Forschungsinstituts und unterstützten bei der Akquise und Durchführung von Projekten und Dienstleistungen im Bereich der intelligenten Fertigung. Der Projektansatz zielte dabei insbesondere auf neue gemeinsame Lösungen nach dem Motto »Combine Chinese Speed with German Precision«.



1



2

Den ersten Erfolgsnachweis erbrachte SGIMRI bereits wenige Monate nach Projektstart als offizieller Kooperationspartner auf dem World Intelligent Manufacturing Summit in Nanjing. Für sein Exponat – Besucher konnten via ihres chinesischen »WeChat« mit durch Fraunhofer IPK-Technologien gesteuerten Robotern kommunizieren – erhielt das SGIMRI-Fraunhofer IPK-Team einen Innovationspreis der Veranstalter. Zu den ersten technologieorientierten Innovationsprojekten, die SGIMRI realisierte, gehörte die Entwicklung eines neuartigen Fabrikkonzepts zur Herstellung von Steuergeräten für die elektrische Energieverteilung. Als privatwirtschaftlich organisiertes Institut bietet SGIMRI heute integrierte Schulungs-, Demonstrations- und Anwendungsprogramme im Bereich der intelligenten Produktion für chinesische und ausländische Unternehmen an.

Unterstützung für europäische Unternehmen

Ein weiteres Beispiel für das internationale Engagement des Instituts ist »ENRICH in China«. Die Initiative wurde im Oktober 2017 mit Unterstützung der Europäischen Kommission gegründet und bietet Dienstleistungen für

europäische Forschungs-, Technologie- und Wirtschaftsunternehmen, die eine wettbewerbsfähige Präsenz auf dem chinesischen Markt anstreben. Das Fraunhofer IPK ist einer von acht europäischen Implementierungspartnern, die gemeinsam mit fünf chinesischen Organisationen zusammenwirken. Hauptziel der Initiative ist es, die Führungsrolle Europas im Bereich Wissenschaft, Technologie und Innovation auch in China zu stärken und die Zusammenarbeit zwischen beiden Regionen zu fördern.

1 / Am 13. Juni 2016 unterzeichneten Prof. Holger Kohl und der Bürgermeister der Stadt Nanjing, Miao Ruilin, die Vereinbarung zur Planung des SGIMRI im Beisein von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und Chinas Ministerpräsident Li Keqiang.
2 / Am 1. Juni 2017 folgte ein Memorandum of Understanding zur Planung, Umsetzung und Evaluation von Innovationszentren in China im Kontext von Made in China 2025 und Industrie 4.0. Im Beisein von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und Li Keqiang unterzeichneten Prof. Eckart Uhlmann und Wang Xizheng, Director Talent Exchange Center des Ministry of Industry and Information Technology (MIITEC).
3 / Rendering der flexiblen Produktionskette im SGIMRI-Democenter



2017: In Berlin stärker

In der zweiten Hälfte der 2010er Jahre baute das Fraunhofer IPK seine Rolle als treibende Kraft der Berliner Innovationslandschaft systematisch aus. Gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft, Industrie und Politik engagiert sich das Institut seither in drei Initiativen, die die Position des Standorts Berlin im nationalen und internationalen Wettbewerb stärken.

Das Leistungszentrum »Digitale Vernetzung«

Mit den Innovationsclustern hatte die Fraunhofer-Gesellschaft in den späten 2000ern die gezielte Förderung regionaler Entwicklungsnetzwerke erprobt. Die Cluster waren befristet – zeigten aber deutlich, dass erfolgreiche regionale Kooperationen häufig langfristige Strukturen benötigen. Vor diesem Hintergrund wurde das Format der Leistungszentren entwickelt und 2015 eingeführt.



1



2

Das Konzept machten sich auch die vier Berliner Fraunhofer-Institute FOKUS, HHI, IPK und IZM zunutze, um mit Förderung des Landes Berlin, des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und der Fraunhofer-Gesellschaft ihre Kompetenzen in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Datenverarbeitung, Produktion und Mikroelektronik zu bündeln. Vor allem Unternehmen der Region Berlin-Brandenburg sollten dabei unterstützt werden, die Potenziale der Digitalisierung zu erschließen und die digitale Transformation umzusetzen – mit Angeboten zu Internet of Things, Cyber Physical Systems, Industrie 4.0 und 5G-Technologien.

Am 6. März 2017 wurde das Fraunhofer-Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« (LZDV) feierlich eröffnet. Ein Highlight der Zusammenarbeit folgte zwei Jahre später: Auf der Hannover Messe 2019 zeigten die Berliner Fraunhofer-Institute mit einem gemeinsam entwickelten Ausstellungsstück und dem Slogan »Light up your Production«, wie die digitale Vernetzung mittels optischer Drahtlostechnik die hohen Anforderungen im industriellen Umfeld effizient bedienen kann. Das Exponat, das in einem produktionstechnischen Szenario die »Optical Wireless Communication – OWC« als eine zukunftsfähige Alternative zu funkbasiertem WLAN vorstellte, wurde bei den Think Tank Awards der Fraunhofer-Gesellschaft mit dem dritten Platz prämiert.

1 / Eröffnung des Leistungszentrums »Digitale Vernetzung« am 6. März 2017: Prof. Eckart Uhlmann, Prof. Ina Schieferdecker, Prof. Manfred Hauswirth (beide Fraunhofer FOKUS), Prof. Reimund Neugebauer (Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft), Björn Böhning (Chef der Senatskanzlei Berlin und Staatssekretär für Medien), Prof. Thomas Wiegand (Fraunhofer HHI), Prof. Angela Ittel (TU Berlin), Prof. Klaus-Dieter Lang (Fraunhofer IZM) (v. l. n. r.)
2 / Volles Haus bei der Eröffnung des LZDV

Im September 2019 wurde am Fraunhofer IPK als Teil des Leistungszentrums das Industrie 4.0 Transferzentrum Berlin eingeweiht. In dem Showroom machen neun Demonstratoren die gesamte Bandbreite der Industrie 4.0-Forschung erlebbar – von Virtual Reality und Digitalen Zwillingen über gestenbasierte Roboterprogrammierung bis zu intelligenten Produktionsumgebungen.

Innovation in der neuen Siemensstadt

Nahezu parallel zum LZDV startete eine weitere Berliner Forschungsk Kooperation: Der wirtschaftliche Strukturwandel von der traditionellen Industriestadt zum zukunftsweisenden Technologie- und Dienstleistungszentrum steht im Fokus der Aktivitäten des Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science (WvSC), das sich ab Oktober 2018 auf Initiative der Siemens AG, der BAM, der Fraunhofer-Gesellschaft und der TU Berlin als zusätzliche Säule der Berliner Wissenschaftslandschaft formierte. Große, kleine und mittelständische Unternehmen, Startups sowie Universitäten und Forschungsein-

richtungen forschen hier gemeinsam an innovativen Technologien für den produktionstechnischen Wandel sowie die Mobilitäts- und Energiewende. Das Fraunhofer IPK ist Partner in Forschungsprojekten zu elektrischen Antrieben, Hochtemperatur-Anwendungen sowie Maintenance, Repair, and Overhaul und bringt seine Kompetenzen in der Additiven Fertigung, Künstlichen Intelligenz und Automatisierung in das Netzwerk ein.

AMBER Berlin – 3D-Druck-Kompetenz sichtbar machen

Darüber hinaus engagiert sich das Institut seit 2022 im 3D-Druck-Cluster der Hauptstadtregion, »AMBER – Additive Manufacturing Berlin-Brandenburg«. Die Initiative wird von Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH koordiniert und will Forschungsergebnisse schneller in marktfähige, nachhaltige Produkte und Anwendungen überführen und Berlin-Brandenburg bis 2030 zum führenden AM-Standort Europas ausbauen.



3



4



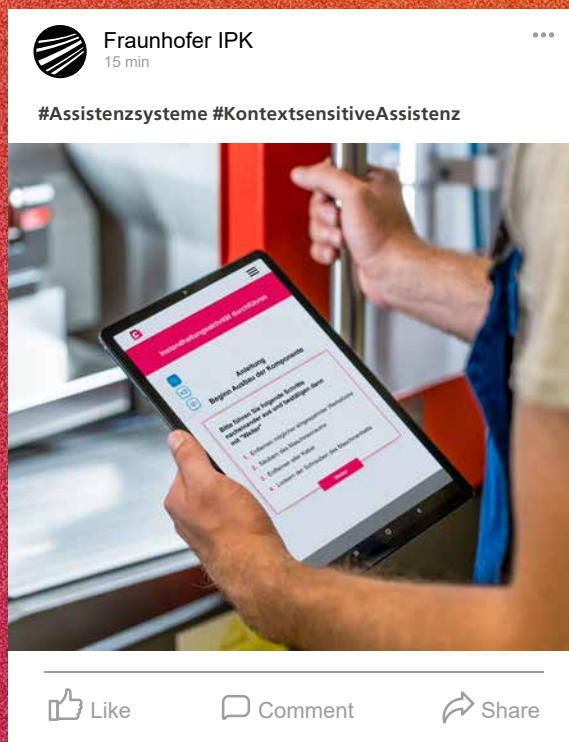
5

3 / Digitale Vernetzung mittels optischer Drahtlostechnik – für dieses Technologieexponat erhielt das LZDV-Team den Think Tank-Award der Fraunhofer-Gesellschaft auf der Hannover Messe 2019.
4 / Industrie 4.0 Transferzentrum am Fraunhofer IPK
5 / Panel-Diskussion zur Eröffnung des WvSC mit Moderatorin Lydia Bierwirth, Prof. Ingomar Kelbassa, Dr. Karina Rigby (alle Siemens), Prof. Ulrich Panne (BAM), Prof. Christian Thomsen (TU Berlin), Prof. Eckart Uhlmann

Die 2020er Jahre

Fit für die Zukunft der Fertigung

Klimawandel, Ressourcen, Corona – in den 2020ern beweist sich das Fraunhofer IPK als verlässlicher Partner für Unternehmen in herausfordernden Zeiten. Die COVID-19-Pandemie sorgt wie überall auch im Fraunhofer IPK für eine Zäsur – Stillstand kann jedoch weitgehend vermieden werden. Im Gegenteil: Das Institut treibt die digitale Datendurchgängigkeit voran, unterstützt die Transformation der Verkehrsbranche und engagiert sich im Biotech-Bereich. Und die Zukunft der Produktion ist schon am Horizont zu sehen.



2020: Forschen in Zeiten von Corona

Die Welt steht plötzlich still

Im März 2020 traf die COVID-19-Pandemie die Welt wie ein Systemschock. Auch das Fraunhofer IPK blieb nicht unberührt: Mitte März wurde die Mehrheit der Mitarbeitenden auf unbestimmte Zeit nach Hause geschickt, das Institut schaltete in den sogenannten Präsenznotbetrieb. Erstmals seit dem Bau des PTZ im Jahr 1986 entstand so eine Situation, in der über Monate hinweg fast niemand das Gebäude betrat. Für die Arbeit des Instituts war das eine besondere Herausforderung: Forschung, Entwicklung und Innovation leben wie kaum eine andere Disziplin von Diskurs und Austausch. Beides lässt sich nur unzureichend ins Homeoffice verlegen.

Während sich die wissenschaftlichen Mitarbeitenden mit dieser Situation arrangierten, koordinierte ein eigens eingerichteter Krisenstab die institutsinterne Reaktion und passte die Maßnahmen über mehr als zwei Jahre kontinuierlich an das Pandemiegeschehen an. Ab dem 18. Mai 2020 folgte der Übergang in einen eingeschränkten Forschungsbetrieb, der es zumindest ermöglichte, essenzielle Laborarbeiten wieder aufzunehmen. Erst im Mai 2023, nachdem die WHO offiziell das Ende des globalen Gesundheitsnotstands erklärt hatte, löste das Institut seinen Krisenstab auf.



1

Die neue Normalität und neue Forschungsfelder

Die Pandemie veränderte auch die Außenkommunikation des Instituts grundlegend und nachhaltig. Messen, Workshops und persönliche Begegnungen entfielen, Webinare wurden eingeführt und soziale Medien gewannen als Touchpoints an Bedeutung. In der Weihnachtskarte 2020, zu der zahlreiche Mitarbeitende Bilder von sich bei der Arbeit im Homeoffice beisteuerten, brachte das Institut die neue Realität auf den Punkt: Man arbeitete flexibler, aber unpersönlicher, und vermisste den direkten Kontakt mit Kunden und Partnern.

Gleichzeitig eröffnete die Krise neue Forschungsfelder. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aller Disziplinen stellten ihre Kapazitäten in den Dienst der Bekämpfung der Pandemie und ihrer Folgen. Den wohl unmittelbarsten Beitrag leistete das Institut mit dem Projekt »HeLiMol«: Ein Team des Fraunhofer IPK erforschte skalierbare Verfahren zur Verkapselung von mRNA-Molekülen in Lipid-Nanopartikel – eine Schlüsseltechnologie für die Massenproduktion von mRNA-Impfstoffen. Auf der medizintechnischen Ebene untersuchten Fraunhofer IPK-Forschende, wie leistungsfähig die internationale Open-Source-Hardware-Community bei der dezentralen Fertigung von Beatmungsgeräten war und wie ihre Potenziale besser erschlossen werden könnten. Expertise



2

im Bereich maschinelles Sehen konnten sie bei der optischen Qualitätsprüfung von medizinischen Masken einbringen.

Mit Routine durch die Ausnahme

Als nachhaltig ergiebiges Thema erwies sich die Forschung zu Resilienz in der Produktion. Schon in den 2010ern hatte sich die Resilienz als systematisches Forschungsfeld herauskristallisiert, als die Folgen der Finanzkrise und verschiedener Naturkatastrophen Schwachstellen globaler Produktionssysteme offenlegten. Während der Corona-Pandemie erreichte die Forschung dazu ihren vorläufigen Höhepunkt, so auch am Fraunhofer IPK. Der Fraunhofer-Verbund Produktion gestaltete auf Initiative des Fraunhofer IPK ein Whitepaper mit dem Titel »RESYST«. Darin präsentieren 17 Fraunhofer-Institute Faktoren und Bedingungen für Resilienz und geben praktische Handlungsempfehlungen.

Eine Lösung, die darin präsentiert wird, ist das interaktive Lagebild. Damit bietet das Institut Unternehmen ein Werkzeug, das inspiriert von Methoden des Katastrophenschutzes Krisenstäbe dabei unterstützt, kritische Prozesse in Echtzeit zu überwachen und auch in Ausnahmesituationen handlungsfähig zu bleiben. Um Personalengpässe zu meistern, entwickelten Forschende zudem intelligente Assistenzsysteme, die Störungen durch kurzfristige Ausfälle von Mitarbeitenden in Schlüsselpositionen verhindern können. Und unter dem Stichwort »ganzheitliche Produktionssysteme« zeigte das Fabrikprozessmanagement-Team von Professor Thomas Knothe Unternehmen holistische Methoden auf, um ihre Resilienz zu steigern.

Die Pandemie war eine Zäsur. Dass das Fraunhofer IPK sie nicht nur organisatorisch meisterte, sondern auch wissenschaftlich produktiv nutzte, zeigt, wie aus einer erzwungenen Ausnahmesituation Innovationen erwachsen können.

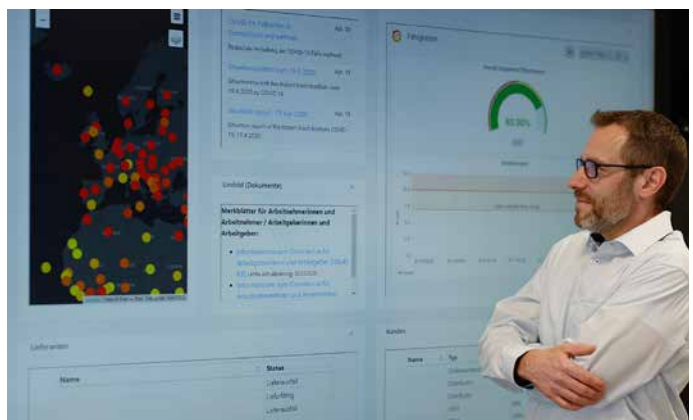
- 1 / Ausnahmezustand im PTZ: Wer ins Institut kam, musste sich registrieren, um bei einem Infektionsfall eventuelle Kontaktpersonen identifizieren zu können.
- 2 / Weihnachtskarte 2020 im Zeichen der Pandemie
- 3 / mRNA wird im Labor über einen mikrofluidischen Aufbau mit einer Lipidhülle ummantelt.
- 4 / Optische Prüfung von Schutztextilien
- 5 / Das interaktive Lagebild steigert die Resilienz von Unternehmen.



3



4



5

2021: Von Plastik produzierenden Bakterien bis zu Nanopartikel-Mischern

Aus Abfall mach Kunststoff

Zwölf Jahre reichen nicht, damit ein Kind groß wird – aber absolut, damit ein Forschungsbereich sich fest etabliert. Was im Bereich Pharma- und Bioproduktionstechnologien Anfang der 2010er mit PrE-BioTech gestartet war, hatte bis in die frühen 2020er fliegen gelernt – und wurde durch die COVID-19-Pandemie zusätzlich beflügelt. Mittlerweile unter der Leitung von Annika Brehmer sind die Themen, mit denen sich die Abteilung heute befasst, so nah an gesamtgesellschaftlichen Fragestellungen wie in kaum einem anderen Forschungsfeld am Institut.

Nehmen wir zum Beispiel das Arbeitsgebiet Biopolymere. Kunststoff ist aus unserem Alltag nicht wegzudenken, gehört aber zugleich zu unseren größten Problemen. Kunststoffe aus fossilen Rohstoffen werden nur in begrenztem Umfang wiederverwendet und recycelt. Zudem werden sie nur sehr langsam abgebaut und verschmutzen die Umwelt langfristig. Bisher können fossile Kunststoffe nicht im großen Stil ersetzt werden, aber genau das möchte das Biotech-Team ändern.

Seit Mitte der 2010er befasst sich das Team mit Mikroorganismen, die Abfallfette verstoffwechseln und dabei Polyhydroxybuttersäure (PHB) generieren. Durch spezielle Nachbearbeitungsschritte entsteht daraus ein Kunststoff, der vergleichbare Eigenschaften wie Polypropylen (PP) aufweist. Im Gegensatz zu PP ist er allerdings in einem Zeitraum von sechs bis zwölf Monaten vollständig abbaubar.

Von der Mikrofluidik zu FDmiX

Bei biotechnologischen Fragestellungen, die eine produktionstechnische Lösung benötigen, zählt sich die interdisziplinäre Kompetenz des Forschungsbereichs besonders aus. Häufig geht es dabei um die Produktion von Geräten oder Komponenten mit feinsten Strukturen. In der Mikrofluidik zum Beispiel werden kleinste Mengen von Fluiden in extrem feinen Kanälen bewegt, gemischt, getrennt oder anderweitig prozessiert. Eines der ersten Geräte für solche Prozesse, die im AMP

hergestellt wurden, diente zur Separation des Plasmas vom Vollblut.

Dann kam COVID-19, und das Team konnte seine Kompetenzen im mikrofluidischen Bereich in die Bekämpfung der Pandemie einbringen: Gemeinsam mit einem Impfstoffhersteller wurde ein mikrofluidischer Mischer zur Verkapselung von mRNA in eine schützende Lipidhülle entwickelt. Damit hatte das Team sich das Feld der Herstellung und Formulierung von Lipidnanopartikeln erschlossen, die heute unter anderem in der Impfstoffentwicklung sowie in der personalisierten Medizin zur Behandlung von Krebs und genetischen Erkrankungen eingesetzt werden. Dieses Gebiet bildet seitdem einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten.

Seit 2021 wurde gemeinsam mit der FDX Fluid Dynamix GmbH und weiteren Partnern FDmiX entwickelt, kurz für Fraunhofer Dynamic Mixing Technologies. FDmiX ist eine Technologieplattform für die Produktion von Nanopartikeln, mit der eine bislang unerreichte Partikelqualität und -stabilität erzielt werden kann. Doch obwohl diese Lösung aktuell das Flaggschiff des Bereichs bildet, kann das Biotech-Team noch viel mehr. So befassten sich die Forschenden ebenso mit der Entwicklung kompletter Maschinensysteme zur Herstellung und Formulierung von Lipidnanopartikeln sowie mit der Beschichtung von Medizinprodukten mit therapeutischen Wirkstoffen.

1 / Aus Biopolymeren lassen sich Komponenten fertigen, die nur kurzzeitig gebraucht und nach der Entsorgung biologisch abgebaut werden.

2 / Mikrofluidisches Gerät aus dem Fraunhofer IPK zur Separation von Blutplasma vom Vollblut, circa 2015

3 / Annika Brehmer bei Arbeiten im Biolabor

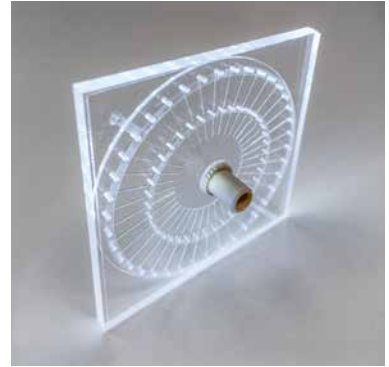
4 / Die FDmiX-Technologieplattform für die schnelle und robuste Serienproduktion von Nanopartikeln

5 / Im biotechnologischen Bereich des Fraunhofer IPK entstehen heute auch Maschinensysteme zum Mischen und Ausfällen ...

6 / ... sowie zur Beschichtung mit medizinischen Wirkstoffen.



1



2



3



4



5



6

2022: Von der vernetzten Fabrik zum intelligenten Ökosystem



1

Herausforderung Datenmanagement

Die Euphorie um Industrie 4.0 in den 2010er Jahren speiste sich maßgeblich daraus, dass mit der Vernetzung sämtlicher Produktionsmittel der Zugriff auf aktuellste Daten aus Produktion und Betrieb möglich wurde. Neue Geschäftsmodelle traten auf den Plan, im IWF hatte sich seit 2006 der Sonderforschungsbereich Transregio 29 mit dem Thema »hybride Leistungsbündel« befasst. Darunter verstand man die Integration von Sach- und Dienstleistungen – oder konkret: Ein Werkzeugmaschinenhersteller verkauft nicht mehr einfach eine Maschine, sondern entweder mit der Anlage die Garantie ihrer Verfügbarkeit, oder der Kunde zahlt für die damit produzierten Teile.

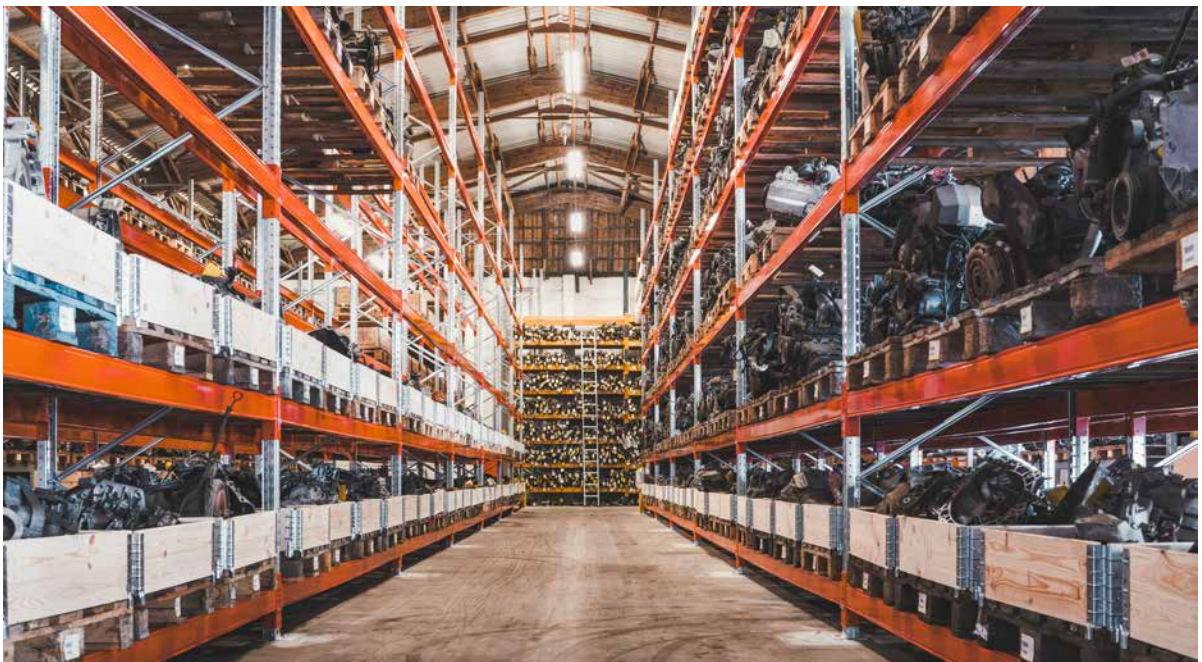
1 / Daten überall: Wie schafft man es, Produkt-, Fertigungs- und Maschinendaten von der ersten Produktidee über die Produktion bis zur Verwertung durchzureichen und auf allen Ebenen effektiv zu nutzen?

2 / Aus dem Projekt Catena-X heraus entstand der Circular-Economy-Assistent, eine Software für die Automobilverwertung.

Das ökonomische Handling von Daten erwies sich jedoch als komplex und wurde zum bestimmenden Thema der 2020er. Für das Jahrbuch 2022/23 ging das Fraunhofer IPK auf Tuchfühlung mit Industriepartnern: In Hintergrundgesprächen ermittelte das Team, was die Unternehmen beschäftigte. Das Ergebnis war eindeutig: »Egal, mit wem man spricht im industriellen Umfeld, alle reden von der Herausforderung, Daten zu erfassen und geeignet zu speichern, sicher zu übertragen und intelligent auszuwerten.« Die Ernüchterung war real. »Im Moment vermitteln manche Beratungsunternehmen, man müsse nur reichlich Sensoren in Maschinen integrieren und massenhaft Daten in eine Cloud streamen, dann wäre man Industrie 4.0«, kritisierte Dr. Ansgar Kriwet, damals Vorstand Sales bei Festo und Mitglied des Fraunhofer IPK-Kuratoriums. »Aber davon hat keiner was.«

Datenbasierte Vernetzung auf allen Ebenen

Vernetzung bedeutet in den 2020er Jahren weit mehr als die Integration von Maschinen und IT innerhalb einer Fabrik. Daten fließen über alle Ebenen der Wertschöpfung, von der einzelnen Anlage bis in unternehmensübergreifende Ökosysteme. Der effektive Umgang mit diesen Datenmassen ist die große Aufgabe unserer Zeit, sowohl was die Erhebung als auch die Speicherung, Auswertung und Nutzung betrifft. An der europäischen Initiative Gaia-X, die eine souveräne, föderierte Dateninfrastruktur schafft, wirkten Forschende des Fraunhofer IPK von Beginn an mit. Aus dem automobilbezogenen Ableger Catena-X heraus entstand der Circular-Economy-Assistent: eine Software, die Design-teams das nötige Feedback gibt, um die nächste Produktgeneration schon beim Entwurf kreislauffähig zu gestalten und Verwertern hilft, für ausgediente Fahrzeugbauteile die optimale Kreislaufstrategie zu bestimmen. Mit Manufacturing-X und Aerospace-X übertragen die Forschenden denselben Ansatz auf weitere Branchen.



Ein Leuchtturmprojekt dieser Ära ist der europäische Batteriepass: Ab Februar 2027 verlangt die EU digitale Produktpässe für Traktions-, Zweirad- und Industriebatterien. Professor Thomas Knothe begleitete die dafür notwendige Standardisierungsarbeit bereits seit den frühen Stadien zu Anfang der 2020er Jahre. In internationalen Normungsgremien treibt er sie seitdem maßgeblich voran. Sein Team begleitet Verbände und Unternehmen bei der praktischen Einführung des Batteriepasses. Die Digital-Engineering-Expertinnen und -Experten um Theresa Riedelsheimer unterstützen

derweil Industriepartner dabei, über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg transparente, maschinenlesbare und interoperable Produkt- und Materialdaten bereitzustellen. Dabei können sie auf jahrzehntelange Pionierarbeit ihrer Vorgängerinnen und Vorgänger auf dem Gebiet der Datendurchgängigkeit aufbauen, von CIM über PLM bis hin zum Digitalen Zwilling.

KI trifft Domänenwissen

Eine besondere Stärke des Instituts liegt heute in der Verknüpfung von KI mit tiefem Domänenwissen. Im



3

3 / Der Produktpass für Traktions-, Zweirad- und Industriebatterien bildet ab 2027 den Piloten für den europäischen Produktpass auch für andere Erzeugnisse.

4 / Claudio Geisert, Projektleiter des Applikationslabors dip, mit Komponenten einer Brennstoffzelle

5 / Kontextsensitive Assistenz: Per QR-Code kann ein Mitarbeiter auch ohne Fachwissen eine zu wartende Maschine und die fehlerhafte Komponente zweifelsfrei identifizieren.

6 / Für den Austauschprozess stellt die App des Assistenzsystems eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Verfügung – je nach Belieben visuell, akustisch oder als Text.

Applikationslabor »Digital Integrierte Produktion (dip)«, das Claudio Geisert aufgebaut hat, können Unternehmen neue digitale Technologien anhand einer vollständigen Fertigungsprozesskette vom Auftragseingang bis zum fertigen Produkt gefahrlos erproben. Das Besondere daran: Statt der bisherigen Insellösungen wird erstmals ein komplettes Fertigungsszenario angeboten. Generative KI-basierte Produktionsassistenzsysteme, entwickelt von Philipp Leidis, Christopher Mühlich und Nikolaos-Stefanos Koutrakis, führen Mitarbeitende auf dem Handybildschirm Schritt für Schritt durch Rüst-

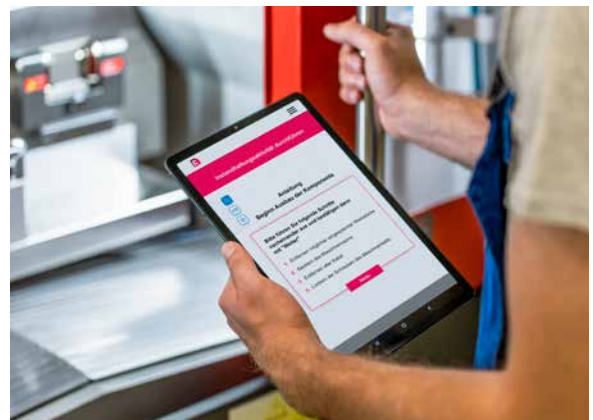
und Wartungsarbeiten. Bilder oder Videos veranschaulichen die Erläuterungen, wenn nötig mit Übersetzungen in diverse Sprachen, so der Ansatz, der Quereinsteiger und internationale Belegschaften gleichermaßen einbezieht. Vom »Dreibildschirmkonzept« für die Werkstattsteuerung über Teleservices für die Maschineninstandhaltung sind intelligente Assistenten, die Fachwissen unmittelbar dorthin bringen, wo es gebraucht wird, der konsequente Folgeschritt.



4



5



6

2024: Die Produktion lernt dazu

Anlässlich unseres Jubiläums haben wir nun 50 Jahre in die Vergangenheit geblickt – aber was kommt als Nächstes? Wie die Produktion der Zukunft aussehen könnte, lässt sich am Fraunhofer IPK anhand von vier Trendthemen ablesen: der Integration biologischer Prinzipien, empathischen Produktionssystemen, digitalisierten Wertschöpfungsketten und der Frage, was eigentlich mit einem Produkt passiert, wenn es ausgedient hat.

Die Natur als Ingenieurin

Das Verbundprojekt »BioFusion 4.0« stand exemplarisch für einen Paradigmenwechsel in der Produktionsforschung. Unter der Leitung des Fraunhofer IPK erforschte ein interdisziplinäres Konsortium von 2021 bis 2024, was passiert, wenn Produktionssysteme nicht nur nach technischen, sondern auch nach biologischen Prinzipien gestaltet werden. Ameisen koordinieren zum Beispiel ihre kollektive Nahrungssuche nicht über eine zentrale Leitstelle, sondern dezentral, selbstorganisiert und robust gegenüber Störungen. Auf diesem Vorbild basiert das im Projekt entwickelte Multi-Agenten-System für eine selbstorganisierende Produktionssteuerung, erprobt am Institut und im Mercedes-Benz Werk Marienfelde.



1

Von biologischen Prinzipien zu einem sehr menschlich klingenden Konzept: Im Fraunhofer-Leitprojekt »EMOTION®« forschen sieben Fraunhofer-Institute unter Leitung des Fraunhofer IPK an der Empathie als nächste Entwicklungsstufe der Künstlichen Intelligenz in Produktionssystemen. Bei der Empathie für technische Systeme geht es nicht um Gefühle im menschlichen Sinne, sondern um die Fähigkeit eines Systems, den Zustand seiner Umgebung und anderer Maschinen zu erfassen und darauf zu reagieren, als hätte es ein Gespür für optimale Zusammenarbeit. In realen Produktionsumgebungen agieren Menschen, Maschinen und IT-Systeme oft isoliert, mit eigenen Protokollen und Datenwelten. EMOTION® schafft eine neue Form kooperativer Systeme, die diese Grenzen überwindet.



2

1 / Im Projekt BioFusion 4.0 wurde unter anderem untersucht, wie aus biogenen Polymeren bedarfsorientiert Ersatzteile oder Kleinorthesen im 3D-Druck hergestellt werden können, wobei auch deren CO₂-Fußabdruck bewertet wird.

2 / Wie arbeiten Maschinen untereinander und mit Menschen besser zusammen? Das erforscht das Fraunhofer Leitprojekt EMOTION® unter dem Schlagwort der technischen Empathie.

3 / (v. l. n. r.) Thomas Meißner (Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH), Prof. Eckart Uhlmann und Dirk Schulze (IG Metall Berlin-Brandenburg-Sachsen) bei der feierlichen Eröffnung des ReTraNetz-BB-Reallabors am 13. November 2024

4 / Einfügen von Hairpins in den Stator eines Elektromotors mithilfe eines Cobots im Reallabor

5 / Kreislaufwirtschaft ist schon lange Thema im PTZ: Von 1995 bis 2006 befasste sich ein Sonderforschungsbereich unter Beteiligung von IWF und Fraunhofer IPK mit der Demontage von Waschmaschinen und Verbrennungsmotoren.

6 / Heute sind Metallspäne eine wichtige Ressource. In verschiedenen Projekten wird erforscht, wie sie etwa zum Ausgangsmaterial für die Additive Fertigung werden können.

Resilienz für eine ganze Industrieregion

Das Projekt »ReTraNetz-BB« steht vor einer großen Aufgabe: Wie bleibt eine gesamte Industrieregion resilient, wenn ihr wichtigster Wirtschaftszweig im Umbruch ist? Seit Juli 2022 arbeitet das Regionale Transformationsnetzwerk für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie Berlin-Brandenburg, getragen von einem länderübergreifenden Konsortium aus Wirtschaftsförderern, Sozialpartnern, Bildungsträgern und dem Fraunhofer IPK, an einer Transformationsstrategie auf Basis digitaler Lösungen, die besonders kleine und mittlere Unternehmen in den Blick nimmt. Am 13. November 2024 eröffnete im Rahmen des 4. Netzwerkforums von ReTraNetz-BB ein neues Reallabor im Produktionstechnischen Zentrum. Es dient der lokalen Fahrzeugindustrie als Erprobungsraum, unter anderem für Anwendungen wie die Hairpin-Montage mit Cobots, digitale Assistenzsysteme oder Konzepte für die Kreislaufwirtschaft bei Elektromotoren.

Apropos Kreislaufwirtschaft: Im PTZ wird dazu schon überraschend lange geforscht. Bereits 1995 begann der DFG-geförderte Sonderforschungsbereich 281

»Demontagefabriken zur Rückgewinnung von Ressourcen in Produkt- und Materialkreisläufen«, der bis 2006 unter der Leitung von Professor Günther Seliger im IWF lief. Neue Demontageverfahren und -werkzeuge, logistische Systeme für Distribution und Redistribution, demontagerechte Produktgestaltung – die Themen des SFB sind heute aktueller denn je.

Was damals als Forschungsvision begann, wird heute in zahlreichen Projekten weitergedacht. Für KMU, die den Einstieg in die Kreislaufwirtschaft suchen, entwickeln Fraunhofer IPK-Forschende einfache Zugangswege. Ein Beispiel: Was früher als Abfall galt, wird als Ausgangsmaterial für die Additive Fertigung genutzt – etwa Metallspäne als Rohmaterial für das Laser-Pulver-Auftragschweißen. So sparen Unternehmen zugleich bares Geld, weil konventionelles AM-Metallpulver teuer ist. Und mithilfe von durchdachten Konzepten für Datendurchgängigkeit und Automatisierungstechnologien unterstützt das Institut die Verwertung von Altfahrzeugen und Komponenten. So schließt sich der Kreis – und die Produktion lernt dazu!



3



4



5



6

2026: Auf zu neuen Ufern!

Erfindungsreich. Ressourcenschonend. Humanzentriert.

Dieser Vision einer zukunftsfähigen Produktion folgt das Fraunhofer IPK im Jahr 2026. Mithilfe anwendungsorientierter Forschung entwickeln wir Lösungen entlang des gesamten industriellen Wertschöpfungskreislaufs. Unsere Leitidee ist dabei eine digital integrierte Produktion, in der Mensch und Maschine datenbasiert interagieren und sich so vorausschauend und flexibel auf sich ändernde Anforderungen einstellen können.

Die Forschungsstrategie, die seit dem Amtsantritt von Professor Eckart Uhlmann 1997 auf den Weg gebracht wurde, hat sich für das Institut langfristig ausgezahlt: Sie hat dazu geführt, dass das Fraunhofer IPK heute eines der erfolgreichsten Fraunhofer-Institute ist. In der Wissenschaftsindikatorik der 74 Institute rangierte es in den letzten Jahren regelmäßig auf den Plätzen 5 bis 9 und erreichte hohe Werte in der Indikatorik für die wirtschaftliche Stabilität. Gestern wie heute ist das Institut seinen Kunden ein verlässlicher Partner, der mit markt- und praxisnaher FuE dazu beiträgt, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

Junge Führungskräfte, nachhaltige Themen

Mitte der 2020er vollzieht sich im Fraunhofer IPK wieder ein umfassender Generationenwechsel. In mehreren Bereichen haben engagierte Nachwuchskräfte die Leitung aus erfahrenen Händen übernommen, weitere Führungswechsel stehen an. Auch die Institutsspitze macht keine Ausnahme: Ende März 2026 hat Professor Uhlmann die Leitung des Fraunhofer IPK nach 28,5 Jahren abgegeben. Bis zum Abschluss des Berufungsverfahrens, das seine Nachfolge bestimmen wird, hat der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft Professor Holger Kohl mit der kommissarischen Leitung des Instituts betraut.

Mit einem jungen, engagierten Team, das von der Produktentwicklung über die Planung und Steuerung von Maschinen und Anlagen, inklusive der Technologien für die Teilefertigung, bis hin zur umfassenden Automatisierung und dem Management von Fabrikbetrieben alle FuE-Themen abdeckt, die produzierende Unternehmen umtreiben, ist das Fraunhofer IPK gut für die Zukunft aufgestellt. Wir blicken mit Spannung und Optimismus auf die nächsten Aufgaben, die unsere Partner an uns herantragen.

1 / Am 31. März 2026 hat Prof. Eckart Uhlmann (m.) die Leitung des Fraunhofer IPK an Prof. Holger Kohl (l.) übergeben. Er führt das Institut kommissarisch bis zum Abschluss des Berufungsverfahrens für die Nachfolge von Prof. Uhlmann, Prof. Julian Polte (r.) unterstützt ihn dabei als Stellvertreter.



1



Preisträger aus dem Fraunhofer IPK

Dr. August Potthast

Joseph-von-Fraunhofer-Preis 1984

Forschungsarbeiten zur graphisch-dynamischen Simulation von NC-Programmen

Linus Heilig (Fraunhofer IPK), Gottfried Schulte-Tigges, Wolfgang Besovki (Schleicher Electronic GmbH & Co. KG)

Innovationspreis Berlin 1986

Entwicklung des Online-Curve-Interpolators (OCI), mit dem aus der Angabe weniger Einzelpunkte automatisiert NC-Programme für weiche Bahnbewegungen erzeugt werden konnten

Dr. Xiaoyi Liu

Carl-Ramsauer-Preis der AEG für herausragende Dissertationen 1992

Beitrag zur Simulation des pneumatischen und elektrostatischen Lackierprozesses

Dr. Bertram Nickolay

Joseph-von-Fraunhofer-Preis 1992

Belehrbares Bildauswertungssystem zur Beurteilung von Materialoberflächen und zur Erkennung von Oberflächenfehlern

Dr. Jürgen H. Bremer

Walter-Masing-Preis der Deutschen Gesellschaft für Qualität 1998

Beschleunigte Evolutionsstrategie zur Optimierung von Fertigungsprozessen

Dara Fatehi-Varkani

Joseph-von-Fraunhofer-Sonderpreis 2002

Messsystem zur optischen Ermittlung der Radgeometrie von Schienenfahrzeugen

Oliver Schulz (Fraunhofer IPK),

Stefan Thiernemann (Fraunhofer IPA)

Innovationspreis »HighTech im Arbeitsschutz« der Berufsgenossenschaften 2003

»team@work«, ein visuelles Überwachungssystem, mit dem bei der Zusammenarbeit von Mensch und Roboter Gefahrensituationen prognostiziert und Kollisionen vermieden werden können

Prof. Tim Lüth

Forschungspreis für Medizintechnik des BMBF 2004

Entwicklung eines neuartigen computergesteuerten Navigationssystems für die Knochentransplantation

Emanuel Jank, Timo Krüger, Prof. Jörg Krüger, Prof. Eckart Uhlmann

Innovationswettbewerb zur Förderung der Medizintechnik 2007

Entwicklung und Evaluierung eines intraoperativen 3D-Röntgenscanners

Gerhard Schreck, Dr. Dragoljub Surdilovic (Fraunhofer IPK), Matthias Krinke (pi4-robotics)

MM-Award der Fachzeitschrift Maschinenmarkt 2010

Entwicklung des Knickarmroboters »pi4_workerbot«

Dr. Bertram Nickolay, Jan Schneider

EARTO-Innovationspreis 2013

Entwicklung des ePuzzlers zur automatisierten virtuellen Rekonstruktion zerstörter Dokumente

Dr. Matthias Brüning

German High Tech Champions Award 2014

Konzept und Umsetzung des »MicroCarrier Urban Vehicle«

Prof. Erwin Keeve

German High Tech Champions Award 2014

Entwicklung des intraoperativen
3D-Röntgensystems ORBIT

Bartosz Kosmecki

Fraunhofer-Gründerpreis 2016

Erfolg und überragende Entwicklung des
Fraunhofer Spin-offs Scopis GmbH am
internationalen Medizintechnikmarkt

Dr. Bertram Nickolay, Dr. Aki Zaharya Menevidis mit dem Konsortium des Projekts »InREAKT«

Deutscher Mobilitätspreis 2017

Projekt InREAKT, in dem eine IT-gestützte integrierte
Hilfe-Reaktionskette entwickelt wurde

Christian Mohnke, mit Rolls-Royce Deutschland und SCHÖLLY FIBEROPTIC

Innovationswettbewerb der Deutschen Luftfahrt (IDL) 2018

Längeres Leben für Turbinenschaufeln durch
endoskopisches Reinigen

Dr. Konrad Exner

Pahl-Beitz Preis 2019

Dissertation zum Prototyping von Produkt-Service-
Systemen und Smart Services in der Konzeptphase
des Entwicklungsprozesses

Dr. Bertram Nickolay

Strait of Magellan Award 2021

Forschung zur virtuellen Rekonstruktion von
Kulturgütern

Dr. Gregor Thiele

Manfred Hirschvogel Preis 2023

Dissertation zu Energieeinsparung bei
industriellen Anlagen

Quellen- und Literaturverzeichnis

Arnold, Heinrich M.: Technology Shocks. Origins, Managerial Responses, and Firm Performance, Heidelberg 2003.

Barnitzke, Armin: Kuka und die Roboter: 125 Jahre in Bewegung. Ein Blick in die Geschichte des Robotik-Pioniers, in: Automationspraxis 19.10.2023. <https://automationspraxis.industrie.de/news/kuka-125-jahre-in-bewegung>, Zugriff: 24.07.2026.

Bayerer, Peter: Doppelinstitut. Zentrum für Produktionstechnik der Technischen Universität Berlin und der Fraunhofer Gesellschaft, Berlin 1986.

Buckingham, Walter: Automation – Herausforderung an das 20. Jahrhundert, in: Aus Politik und Zeitgeschichte 41 (1963), S. 3–38.

DLR Institut für Robotik und Mechatronik: Robot Technology Experiment auf Spacelab D2-Mission (ROTEX). www.dlr.de/de/rm/forschung/robotersysteme/hand/rotex-1988-1993, Zugriff: 24.07.2026.

Eßer, Gerd; Krüger, Jörg: 80 Jahre Wandel der Fabrik. Festschrift anlässlich des 80. Geburtstags von Professor Günter Spur, Berlin 2008.

FUTUR. Das Magazin aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin, Berlin 1999–2026.

Güntheroth, Horst; Sandmeyer, Peter: Deutschland, deine Forscher. Wege in die Zukunft zwischen Hoffnung und Horror, Hamburg 1987.

Herrigel, Gary: Governance of Small and Medium Sized Firms Manufacturing in Germany. Transformation of the Machine Tool Industry in the 20th Century, in: Entreprises et histoire, 21 / 1 (1999), S. 59–69.

HNF Blog. Neues von gestern aus der Computergeschichte: 125 Jahre KUKA – 50 Jahre Famulus, 03.11.2023. <https://blog.hnf.de/125-jahre-kuka-50-jahre-famulus>, Zugriff: 24.07.2026.

Hohwieler, Eckhard, Internet-Zugang an Steuerungen für Produktionsunterstützung und Teleservice, in: Krause, Frank-Lothar; Uhlmann, Eckart (Hrsg.): Innovative Produktionstechnik, München, Wien 1998, S. 506–518.

IDG Tech Media GmbH: Computerwoche. www.computerwoche.de, Zugriff: 24.07.2026.

Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH: Gründung der inpro, www.inpro.de/gruendung-der-inpro, Zugriff: 22.07.2026.

Kannengießer, Hanna; Schneider, Jan: Die Digitale Rekonstruktion Kölner Fragmente. Neuland für alle Beteiligten, in: Archivar. Zeitschrift für Archivwesen 75 (2022), S. 356–359.

Krämer-Riedel, Julia; Kannengießer, Hanna: Digitale Rekonstruktion und KI-gestützte Formierung Kölner Fragmente – Archivtag Rheinland-Pfalz/Saarland – Koblenz, 04.05.2026. https://lav.rlp.de/fileadmin/lav/Bilder/Wir_ueber_uns/Archivtag/2026-05-21_Praesentation_HAStK-RBA_Archivtag_RLP_2026_Online-Version.pdf, Zugriff: 24.07.2026.

Krause, Frank-Lothar; Jansen, Helmut (Hrsg.): International Symposium on Advanced Geometric Modelling for Engineering Applications. November 8–10, 1989, Berlin (West). Berlin 1989.

Laske, Gabriele: Eine Musterbranche stürzt ab. Werkzeugmaschinen in den USA und in Deutschland Lernen aus der Krise, Bremen 1995.

Naumann, Jörg: Zwei unter einem Dach, in: Schweizer Maschinenmarkt, Nr. 34, Goldach 1989, S. 76–81.

Praktizierter Technologietransfer zum Nutzen der Wirtschaft. DBW-Gespräch mit Professor Spur, in: DBW 12 vom 9. Juni 1978, S. 531

Produktionsforschung im Wandel. Ein Beitrag zum 25jährigen Bestehen des Fraunhofer IPK im Produktionstechnischen Zentrum Berlin, hrsg. vom Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Berlin 2001.

Schleicher Electronic GmbH & Co. KG: Intelligenz, die bewegt. 75 Jahre Schleicher in Berlin 1937–2012. Berlin (2012).

Schulz, Barbara; Schreier, Jürgen: Mutter aller Maschinen, Vater der Produktion. Die Entwicklung der Werkzeugmaschine, in: MaschinenMarkt 28.03.2014, ID: 42608742. www.maschinenmarkt.vogel.de/mutter-aller-maschinen-vater-der-produktion-a-439756, Zugriff: 22.07.2026.

Siemens Schweiz AG: 50 Jahre Erfolg – eine Zeitreise. CNC-Plattform Sinumerik feiert Jubiläum, in: insight. Das Kundenmagazin von Industry Automation and Drive Technologies 2 (2010), S. 4–5.

Spur, Günter: Perspektiven der Berliner Wirtschaft aus technologischer Sicht, in: Analysen und Prognosen 9/49 (1977), S. 15–20.

Spur, Günter (Hrsg.): Produktionstechnisches Zentrum Berlin. Festschrift zur Schlüsselübergabe, Berlin 1986.

Spur, Günter: Vom Wandel der industriellen Welt durch Werkzeugmaschinen. Eine kulturgeschichtliche Betrachtung der Fertigungstechnik, München, Wien 1991.

Spur, Günter: Vom Faustkeil zum digitalen Produkt. Ein kulturgeschichtlicher Beitrag zur Entwicklung der Berliner Produktionswissenschaft, Hrsg. vom Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin zu seinem 100-jährigen Bestehen, München, Wien 2004.

Spur, Günter; Krause, Frank-Lothar: CAD-Technik. Lehr- und Arbeitsbuch für die Rechnerunterstützung in Konstruktion und Arbeitsplanung, München, Wien 1984.

Spur, Günter; Krause, Frank-Lothar: Das virtuelle Produkt. Management der CAD-Technik. München, Wien 1997.

Süß, Werner; Rytlewski, Ralf (Hrsg.): Berlin. Die Hauptstadt: Vergangenheit und Zukunft einer europäischen Metropole, Berlin 1999.

Tätigkeitsberichte des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK, Berlin 1976–2025.

Trischler, Helmuth; vom Bruch, Rüdiger: Forschung für den Markt. Geschichte der Fraunhofer-Gesellschaft, München 1999.

Uhlmann, Eckart (Hrsg.): 25 Jahre PTZ. Berlin 2011.

Universitätsarchiv Technische Universität Berlin, Nachlass 415: Spur, Günter (1928–2013).

Weisberg, David: A brief overview of the history of CAD, 27.03.2023. www.shapr3d.com/history-of-cad/brief-overview-of-the-history-of-cad, Zugriff: 24.07.2026.

Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 71 (1976) bis 95 (2000), München 1976–2000.

50 Jahre IPA. Das Lesebuch, hrsg. vom Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung e. V. (FpF), Stuttgart 2009.

Impressum

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK
Pascalstraße 8–9, 10587 Berlin
Telefon +49 30 39006-140
info@ipk.fraunhofer.de
www.ipk.fraunhofer.de

Autorinnen und Autoren

Katharina Strohmeier
Benjamin Javitz
Ruth Asan
Claudia Engel

Gestaltung

Larissa Klassen

Bildbearbeitung

Larissa Klassen
Stefanie Lehner
Andy King

Herstellung

BerlinDruck GmbH + Co KG, Achim

© Fraunhofer IPK, 2026
DOI: <https://doi.org/10.24406/publica-9161>

Nachdruck, auch auszugsweise,
nur mit vollständiger Quellenangabe
und nach Rücksprache mit der Redak-
tion. Belegexemplare werden erbeten.

Fotografien und Grafiken

S. 5 (oben), 13 (unten), 55, 82 (rechts),
95 (Mitte rechts, unten), 109 (unten),
113 (unten rechts), 119 (Mitte und unten),
120 (unten links), 123 (unten), 128 (links),
131 (unten rechts), 132, 133 (oben,
unten rechts), 138, 139 (oben), 148
(unten), 149 (unten), 159, 161 (links,
oben rechts), 163, 164, 167, 168, 169
(oben), 170, 171 © Fraunhofer IPK/
Larissa Klassen

S. 6 © Yves Sucksdorff/Senatskanzlei

S. 7 © Philipp Arnoldt

S. 8 © Fraunhofer/Stefan Obermeier

S. 13 (oben), 21 (unten), 22 (unten),
69 (Mitte), 74 (oben), 82, 84, 93 (oben),
98 (unten), 99, 102 (links), 134 (oben),
140, 169 (unten links) © Fraunhofer IPK/
Bernd Bresien

S. 14, 16, 18, 26 (oben), 38–41
© TU Berlin

S. 47 (oben) © Peter Bayerer

S. 52 (oben rechts) © privat

S. 64 (oben), 67, 101 (unten links),
107 (Mitte), 111 (oben rechts), 136
(rechts unten) © Fraunhofer IPK/
Steffen Pospischil

S. 65 (oben links) © Fraunhofer IPK/
Kirsten Endres

S. 65 (oben rechts), 104 (unten rechts),
111 (unten links, unten rechts mit
freundlicher Genehmigung von
pi4_robotics), 125 (unten), 127 (oben
links), 136 (links), 137 (Mitte, oben
rechts), 143, 157 (oben) © Fraunhofer IPK/
Katharina Strohmeier

S. 66 (unten) © ZDF/Richard Hübner

S. 72 (unten links) © Fraunhofer

S. 75 (Mitte), 95 (links), 101 (oben
rechts), 111 (Mitte links), 113 (oben
rechts), 128 (Mitte), 129, 142
© Fraunhofer IPK/Konstantin Heß

S. 79 (unten), 104 (oben, unten links),
107 (oben), 135, 136 (oben rechts),
137 (oben links) © Fraunhofer IPK/
Gerold Baumhauer

S. 80 (rechts) © Stadtarchiv Hennigsdorf

S. 85 © Fraunhofer IPK/Eckart Uhlmann

S. 93 (Mitte), 113 (unten links)
© Norbert Michalke

S. 93 (unten), 114, 115
© Bundesdruckerei GmbH

S. 97 (Mitte), 102 (rechts), 127 (Mitte,
unten), 131 (links), 134, 135, 137
(unten), 145 (links), 160 (links)
© Fraunhofer IPK/Angela Salvo

S. 98 (oben links) © Oliver Möst und
Florian von Ploetz, Foen X Photostudio
Berlin

S. 101 (oben links, unten rechts), 103
(unten) © Fraunhofer/Volker Steger

S. 103 (oben) © Hegenscheidt

S. 108 (links) © Fraunhofer IPK/
Anja Gollor

S. 109 (oben) © iStock

S. 111 (oben) © Fraunhofer IPA

S. 113 (Mitte rechts)

© Fraunhofer IPK/Armin Okulla

S. 116, 157 (unten) © Siemens AG

S. 118 © Bundesanstalt für Material-
forschung und -prüfung (BAM)

S. 120 (oben) © SMS group GmbH

S. 126 (Mitte) © BMBF/Hans-Joachim
Rickel

S. 126 (unten) © TU Berlin/Stefan
Kühne

S. 144 (oben) © acatech/Ausserhofer

S. 144 (unten) © Bundesregierung

S. 145 (oben, unten rechts), 151 (unten)
© Fraunhofer IPK/Ismaël Sanou

S. 146 © CNI/SENAI

S. 147 (oben) © Fraunhofer IPK/Fabian
Hecklau

S. 147 (unten) © ITA/Raquel Caratti
Piani

S. 148 (oben) © Kai Dräger/
Prometheus GmbH

S. 151 (Mitte rechts) © Bayer AG

S. 153 (unten) © BMVBS

S. 154 (links) © SGIMRI

S. 154 (rechts) © Bundesregierung/
Guido Bergmann

S. 156 © Fraunhofer FOKUS/Tom
Maelsa

S. 160 (unten rechts) © Fraunhofer IPK/
Andy King

S. 161 (unten rechts) © Fraunhofer IPK/
Ilona Glodde

S. 165 © LRP-Autorecycling
Leipzig GmbH

S. 166 © Adobe Stock/Ivan
Milovanov/IM Imagery OU

S. 169 (unten rechts)
© gettyimages/dolas

Alle anderen: © Fraunhofer IPK

