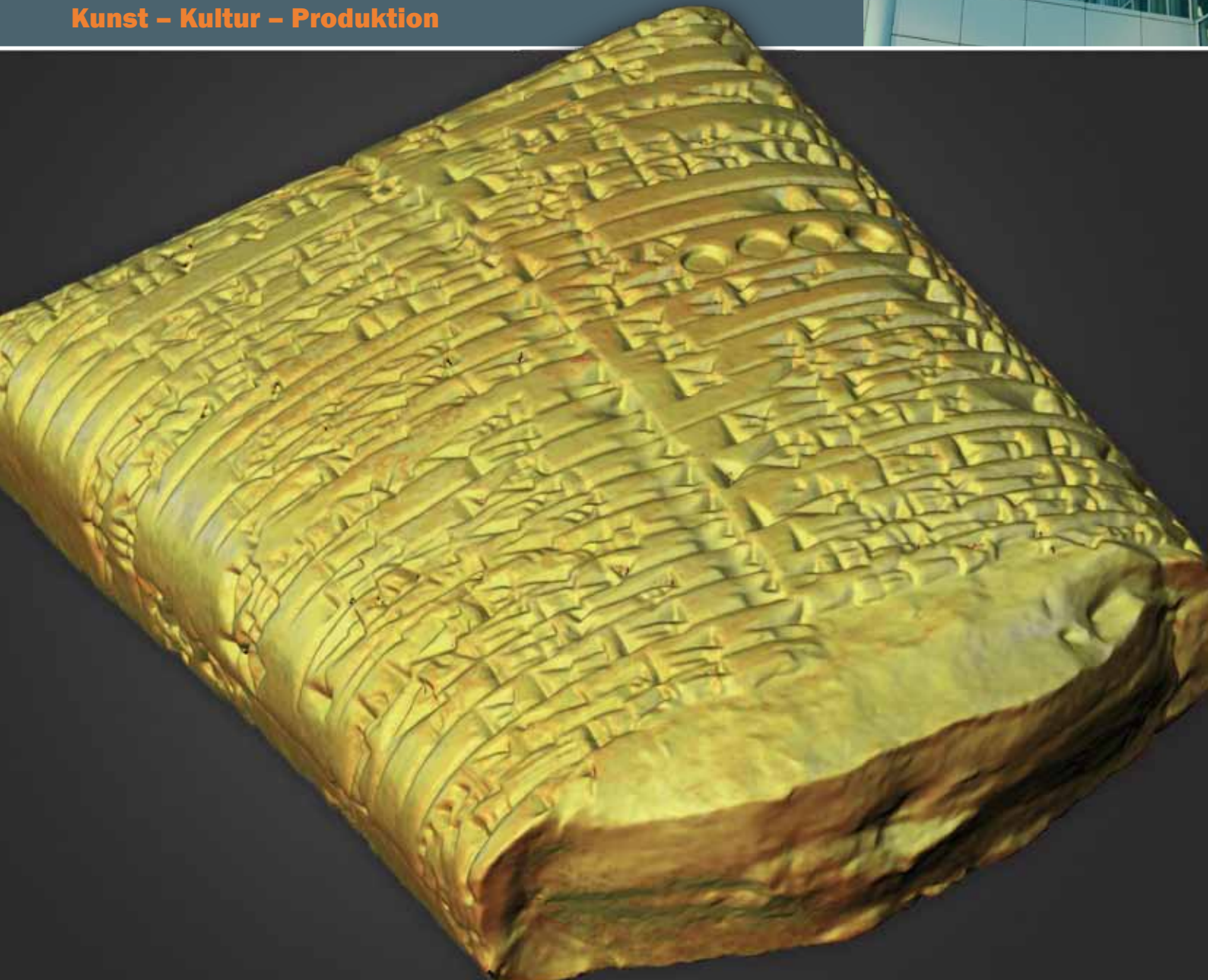


Mitteilungen aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin

FUTUR

Vision Innovation Realisierung

Kunst – Kultur – Produktion



Babylonischer Schatz in Scherben

3-D-Rekonstruktion von Tontafeln

Sketching in Space

Freihändiges Modellieren in Virtuellen Umgebungen

 **Fraunhofer**
IPK

INSTITUT
PRODUKTIONSANLAGEN UND
KONSTRUKTIONSTECHNIK

INF

INSTITUT
WERKZEUGMASCHINEN UND FABRIKBETRIEB
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

Inhalt

Impressum

FUTUR 3/2011
13. Jahrgang
ISSN 1438-1125

Herausgeber

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

Mitherausgeber

Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem
Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins
Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier
Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger
Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik IPK

Institut für Werkzeugmaschinen und
Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin

Chefredaktion

Steffen Pospischil

Redaktion, Gestaltung und Produktion

Claudia Engel, Ina Roeder,
Katharina Strohmeier

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik IPK
Institutsleitung
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Pascalstraße 8-9
10587 Berlin
Telefon +49 30 39006-140
Fax +49 30 39006-392
info@ipk.fraunhofer.de
http://www.ipk.fraunhofer.de

Herstellung

Heenemann Druck GmbH

Fotos

arvato: 28
Gerold Baumhauer: 20
Fraunhofer IPK mit freundlicher Genehmigung
des Instituts für Altorientalistik der Freien Uni-
versität Berlin: 1, 13
Konstantin Heß: 34
Ibero-Amerikanisches Institut, Stiftung
Preußischer Kulturbesitz: 6, 7
Staatliche Museen zu Berlin, Ägyptisches
Museum und Papyrussammlung,
Myriam Krutzsch: 9
Steffen Pospischil: 3, 31 (oben), 33
Klaus Seidt: 27
Katharina Strohmeier: 25, 30, 30/31
Wieser-Verlag: 33

- 04** Automatisiert puzzeln – die Rekonstruktion zerstörter Stasi-Akten
- 06** Digitale Bestands- und Kulturerhaltung
- 08** Wiederherstellung altägyptischer Papyri und Textträger
- 10** Kölner Stadtarchiv – Rettungsaktion für deutsches Schriftgut
- 12** Babylonischer Schatz in Scherben – 3-D-Rekonstruktion von Tontafeln
- 14** Automatisches Bilderkennungssystem für die Kunstdatenbankrecherche
- 16** Innovation für industrielle Bildverarbeitung und Messtechnik
- 18** Sketching In Space – Freihändiges Modellieren in Virtuellen Umgebungen
- 20** Robotereinsatz in der Natursteinbearbeitung
- 22** Heile Schienen, sicherer Verkehr
- 24** Interview
- 26** Kooperation
- 28** Partnerunternehmen
- 29** Laborporträt
- 30** Ereignisse und Termine
- 35** Terminkalender

© Fraunhofer IPK

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

Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Kunst und Technik scheinen auf den ersten Blick nicht viel miteinander gemein zu haben: Hier Kreativität, dort Fakten, hier Freigeist, dort Analytiker. Diese Einteilung der Welt in einen romantischen und einen wissenschaftlichen Bereich ist allerdings ein Phänomen der Moderne.

War Wolfgang von Goethe Poet oder Naturwissenschaftler? Was war Leonardo da Vinci, wenn nicht Ingenieur und Bildhauer, Mechaniker und Maler in einem? Und wie brilliant spielten das Technische und das Künstlerische in den Werken beider Männer zusammen! Man könnte wohl sagen, es war gerade diese Kombination, die ihre Genialität ausmachte.

Kunst und Technik – beides erfordert Vorstellungskraft und einen Sinn fürs Wesentliche, Abstraktionsvermögen und einen Blick fürs Detail gleichermaßen. Am Fraunhofer IPK glauben wir, dass es an der Zeit ist, die künstliche Trennung dieser beiden großen gesellschaftlichen Bereiche zu überwinden. Im Projekt Robinstone nutzen wir beispielsweise Industrieroboter zur groben Vorbearbeitung von Sandstein, damit sich der Bildhauer ganz auf die Feinarbeit konzentrieren kann. Mit unserer automatisierten Rekonstruktionstechnik setzen wir zertrümmerte Keilschrifttafeln aus dem alten Babylon und stark beschädigte Handschriften großer Dichter wieder zusammen. Im Geschäftsfeld »Virtuelle



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

Produktentstehung« haben wir sogar ein ganz neues Medium für Designer entwickelt: Sie skizzieren dreidimensional in einem virtuellen Raum.

Die Begeisterung, mit der unsere Entwicklungen von aktiven Künstlern aufgenommen werden, zeigen, dass Kunst und Technik eine fruchtbare Verbindung eingehen können und auch sollten. Es gibt viel voneinander zu lernen. Denn auch unsere Systeme wären nicht so leistungsstark, wie sie es heute sind, wenn unsere Partner nicht mit immer neuen kunstspezifischen Fragestellungen an uns herangetreten wären.

Kunst ist ein aufregendes und faszinierendes Anwendungsfeld für Ingenieure, wenn auch kein neues. Ich lade Sie ein, mich in dieses faszinierende künstlerisch-technische Feld zu begleiten. Als Transportmittel empfehle ich Ihnen das Kulturgut, das sie bereits in Händen halten: die FUTUR.

Eckart Uhlmann

Automatisiert puzzeln – die Rekonstruktion zerstörter Stasi-Akten

Im April 2007 erhielt das Fraunhofer IPK vom Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern (BMI) den Forschungsauftrag ein Verfahren zu entwickeln, mit dem zerrissene Unterlagen des Ministeriums für Staatssicherheit (MfS) der ehemaligen DDR virtuell rekonstruiert werden können. Bis Ende 2013 sollen in einem Pilotssystem 400 von insgesamt etwa 15 000 Säcken zerstörter Stasi-Dokumente verarbeitet werden. Jetzt steht das in verschiedene Entwicklungsstufen gegliederte Pilotprojekt vor einem entscheidenden Meilenstein: 2012 soll mit der Rekonstruktion des Inhalts der ersten Säcke begonnen werden. Bis zum Abschluss der Pilotphase werden dann etwa 15 Millionen von insgesamt 600 Millionen Schnipseln das System durchlaufen.

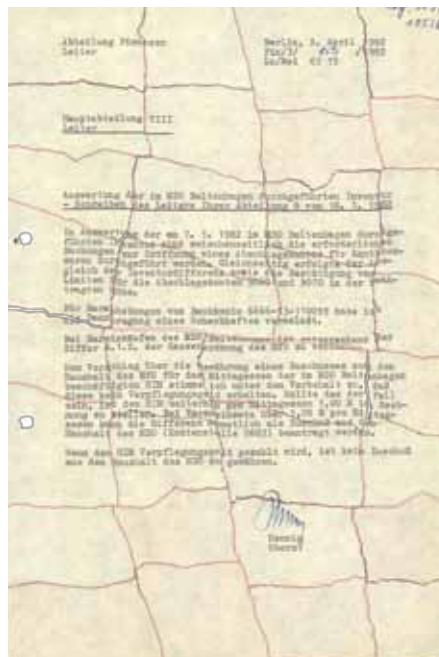
► Das Pilotsystem im Überblick

Am Anfang steht die Digitalisierung der Papierschnipsel. Bevor sie gescannt werden können, sind in der Regel vorbereitende Arbeitsschritte erforderlich. Die Schnipsel müssen vereinzelt, wenn nötig gesäubert und geglättet sowie von Fremdobjekten wie beispielsweise Büro- oder Heftklammern getrennt werden.

Im Anschluss an die Digitalisierung findet die virtuelle Wiederherstellung der zerrissenen Unterlagen im so genannten »ePuzzler« statt. Die vom Fraunhofer IPK entwickelte modulare Rekonstruktionssoftware setzt mit Hilfe komplexer adaptiver Algorithmen der Bildverarbeitung und Mustererkennung digitale Schnipsel automatisch zu vollständigen Objekten zusammen. Zudem stellt der ePuzzler einem Bediener diverse und je nach Prozesskontext spezifisch ausgelegte Werkzeuge zur Verfügung, mit deren Hilfe fragwürdige Puzzleergebnisse geprüft oder Rekonstruktionsvorschläge der Software interaktiv gepuzzelt werden können.

► Digitalisierung

An die Digitalisierung werden sehr hohe Anforderungen gestellt, damit die Schnipsel später im Prozess fehlerfrei zusammengesetzt werden können. Die verwendeten Scanner müssen Fragmente nahezu belie-



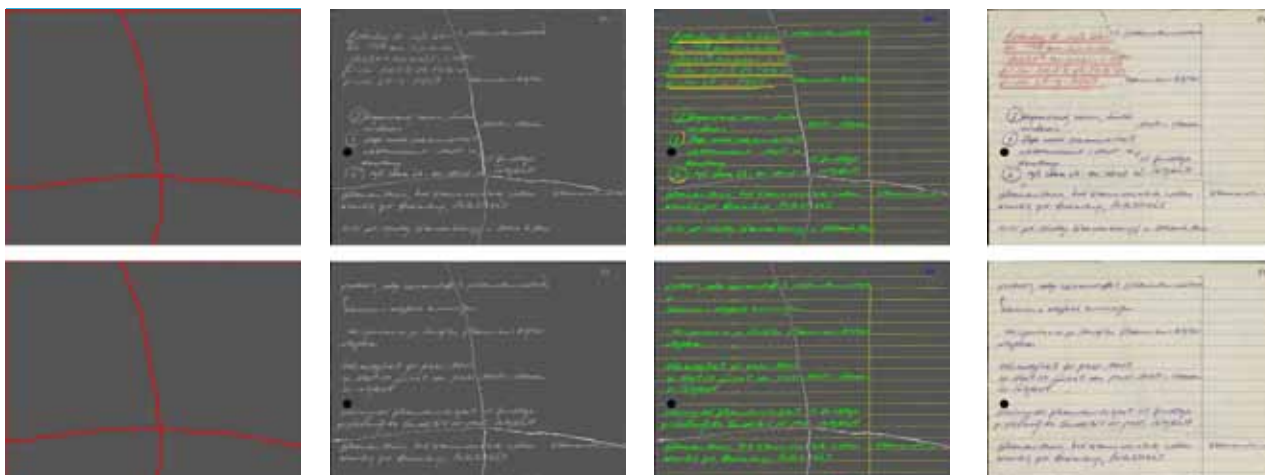
Vorder- und Rückseite einer Vollrekonstruktion mit rot hervorgehobenem Rissbild.

biger Größe reflexions- und schattenfrei sowie farb- und geometrietreu beidseitig und pixelgenau maskierbar erfassen. Feinste Zusammenhänge zwischen zusammengehörigen Schnipseln, wie eine identische Färbung oder Textur, müssen bei der Rekonstruktion identifizierbar sein. Zudem darf das Scangut bei einem Durchsatz von täglich tausenden von Schnipseln physisch nur minimal belastet werden. In Kooperation mit verschiedenen Scanner-Herstellern werden deshalb die verwendeten Geräte

während des Pilotprojekts fortwährend angepasst und weiterentwickelt.

► ePuzzler

Der ePuzzler ist das Herzstück des Systems und gliedert sich in die drei Hauptkomponenten Merkmalsextraktion, Suchraumreduktion und Matcher. Die Komponenten sind durch ein komplexes Softwareframework in einen kontextsensitiven, nicht-deterministischen Workflow eingebettet. Der ePuzzler entscheidet anhand einer



Teilansichten zweier Rekonstruktionsvorschläge für in Stapeln zerrissene Blätter. Risskanten; maskierte Schriftbereiche; pixelgenaue Klassifikation des Schnipselinhalt (Falschfarbendarstellung); Farbbild (von links nach rechts).

Vielzahl von Merkmalen, ob zwei Schnipsel zusammenpassen oder nicht. Ausgewählte Merkmale werden außerdem dazu genutzt, durch Methoden der intelligenten Suchraumreduktion den kombinatorischen Aufwand beim Puzzeln zu reduzieren. Dafür werden aussichtsreiche Puzzlekandidaten in Untermengen zusammengefasst, innerhalb derer dann das »Matchen« stattfindet. Stimmen die Merkmale zweier Teile entlang ihrer Risskanten überein, wird die Paarung digital verklebt und bei der weiteren Rekonstruktion als neuer Schnipsel berücksichtigt.

Zu Beginn der Entwicklungsarbeiten wurde im ePuzzler zunächst eine Basisprozesskette implementiert, die in der Lage war, kleine Datensätze niedriger Varianz zu rekonstruieren. Aufgrund der sehr großen Anzahl und in ihrer Ausprägung enorm vielfältigen Schnipsel wurden in den folgenden Projektphasen die Verfahren des ePuzzlers immer feiner granuliert und das Framework auf die performante Verarbeitung immer größerer Datenmengen ausgelegt. Bildlich gesprochen sieht der ePuzzler mit Abschluss jeder Entwicklungsstufe immer mehr Details. Bei in Stapeln zerrissenen Blättern z. B. reicht die alleinige Verwendung von Risskanten- und Schriftmerkmalen nicht mehr für eine automatische Entscheidung aus. Erst nach Einbeziehung verschiedenster inhaltlicher Merkmale erkennt der ePuzzler hier korrekte Paarungen und setzt sie automatisch zusammen.

Da der ePuzzler die Texte auf den Schnipseln nicht lesen, d. h. den Inhalt nicht interpretieren kann – dies ist technisch aufgrund der extremen Vielfalt verschiedener Handschriften auf den MfS-Unterlagen nicht möglich – ist der maximal zu erzielende Automatisierungsgrad begrenzt. Deshalb konzentrieren sich die Arbeiten zum Abschluss der Entwicklungsphase auf die Implementierung einer Systemkomponente, mit der grenzwertige Fälle von in Stapeln zerrissenen Blättern interaktiv rekonstruiert werden können.

► Archivierung

Die virtuelle Rekonstruktion zerrissener MfS-Unterlagen resultiert in einer großen, weitgehend unstrukturierten Ansammlung einzelner digitaler Dokumentenseiten. Die Einzelseiten müssen jedoch vor ihrer inhaltlichen Auswertung zu Dokumenten und diese Dokumente zu Akten gruppiert werden. Dieser als Formierung bezeichnete Vorgang wird derzeit händisch durchgeführt und ist sehr zeitintensiv. 2010 hat der Deutsche Bundestag entschieden, den Forschungsauftrag der virtuellen Rekonstruktion auszuweiten. Das Fraunhofer IPK hat daher 2011 im Rahmen eines Erweiterungsauftrags mit der Analyse und Entwicklung von Methoden begonnen, die den Prozess der Aktenformierung bis zu einem gewissen Grad automatisieren und in einer »IT-gestützten Formierung« eingesetzt werden können. ■

Spezielle Aufgabe: geschredderte Dokumente

Bei der virtuellen Rekonstruktion geschredderter Dokumente stehen die Verfahren zur Merkmalsextraktion und zum »Matching« vor extremen Herausforderungen: Die Fragmente haben eine uniforme Kontur, sodass sich die Rekonstruktion nur auf inhaltliche Merkmale und Farbverläufe stützen kann. Zudem sind die Fragmente nur wenige Millimeter breit und einige Zentimeter lang – die inhaltlichen Merkmale müssen deshalb aus nur wenigen Pixeln abgeleitet werden. Daher wird bei der Schredder-Rekonstruktion darauf verzichtet, den Inhalt in naheliegende Klassen wie »Schrift« oder »Linierung« einzuordnen. Stattdessen werden sämtliche Elemente auf einem Streifen – einschließlich der Papierfarbe – als geometrische Objekte behandelt. Anhand ihrer Verteilung werden nach Regeln des binären »Stringmatchings« und der Wahrscheinlichkeit mutmaßlich passende Nachbarn mathematisch ermittelt. Das Ergebnis ist damit geometrisch naheliegend, aber nicht unbedingt inhaltlich korrekt. Deshalb werden Schredder-Rekonstruktionen derzeit stets von einem menschlichen Betrachter überprüft.

Ihre Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bertram Nickolay
Telefon +49 30 39006-201
bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Jan Schneider
Telefon +49 30 39006-203
jan.schneider@ipk.fraunhofer.de

Digitale Bestands- und Kulturerhaltung

Bibliotheken, Archive und Museen beherbergen Kulturgüter von unschätzbarem Wert. Archäologische, geschichtliche, literarische, künstlerische und wissenschaftliche Artefakte und Dokumente werden hier aufbewahrt und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Angesichts ihrer enormen Vielzahl und Vielschichtigkeit wird die digitale Aufbereitung vor allem von gedrucktem Kulturgut immer aktueller. Im Rahmen einer Konzeptstudie untersuchten Wissenschaftler des Fraunhofer IPK jetzt erstmals gemeinsam mit dem Ibero-Amerikanischen Institut Preußischer Kulturbesitz und der Firma »arvato services« die Voraussetzungen, unter denen anspruchsvolle Digitalisierungsvorhaben in Informationseinrichtungen durchgeführt werden können.

In Deutschland gehört die Digitalisierung von gedrucktem Kulturgut bereits zum Alltag in den großen Staats- und Landesbibliotheken und -archiven. Aber auch in den Magazinen kleinerer und mittlerer Bibliotheken und Archive lagert wertvolles Material. Für diese Einrichtungen ist Digitalisierung eine besondere Herausforderung. Zwar sind ihre Bestandszahlen insgesamt kleiner, jedoch weisen sie eine ganz ähnliche Vielfalt an Medien, Materialarten und Formaten auf wie ihre großen Verwandten. Aufgrund mangelnder finanzieller Ressourcen fehlt es ihnen häufig jedoch an Personal und geeigneter Technik, um die Grundbedingungen für qualitativ hochwertige Digitalisierungen – mehrere Scangeräte für unterschiedliche Materialarten, verschiedene Softwarelösungen und geschulte Mitarbeiter – zu erfüllen. Dieser Umstand hindert kleinere Einrichtungen daran, Digitalisierungsvorhaben nach dem Vorbild der großen Digitalisierungszentren durchzuführen.

Fraunhofer IPK, das Ibero-Amerikanische Institut Preußischer Kulturbesitz (IAI) und arvato services haben deshalb in einer Forschungskoooperation die Voraussetzungen für die Umsetzbarkeit von Digitalisierungsvorhaben in kleineren und mittleren Informationseinrichtungen untersucht.

In einer »Konzeptstudie zur digitalen Bestands- und Kulturerhaltung« konzentrierten sich die Partner vor allem auf die derzeit verfügbare Digitalisierungstechnologie, d. h. die verschiedenen Hard- und Softwarelösungen auf dem Markt.

Die Studie ergab, dass kleinere und mittlere Einrichtungen ähnliche Ansprüche an die Qualität der Digitalisierung ihrer Bestände haben wie die großen Einrichtungen. Allerdings fehlen ihnen oft die finanziellen Mittel, um die nötige Hard- und Software für eine große Materialvielfalt vorzuhalten sowie die nötigen Standards für die Prozessabfolge zu gewährleisten. Die Fraunhofer-Forscher schlagen deshalb vor, sowohl innovative Werkzeuge für die Optimierung des Digitalisierungsprozesses zu entwickeln, als auch digitale Informationen für die Kommunikation zwischen Kultureinrichtungen, Anbietern von Scantechnologien und Digitalisierungsdienstleistern zu schaffen.

► Metadatengenerierung und Qualitätskontrolle

Kern ihres Konzepts ist ein System zur automatisierten, assistierenden und intelligenten Metadatengenerierung und Qualitätskontrolle. Die Generierung nachhaltiger Metadaten ist bis heute ein



zeitintensiver und intellektuell geprägter Prozess, der durch die Entwicklung IT-gestützter Dokumentinterpretationssysteme signifikant optimiert werden kann. Durch den Einsatz von Methoden der Bildverarbeitung und Mustererkennung können kontextbeschreibende Merkmale berechnet und beispielsweise für Wordspotting-Techniken verwendet werden. Mit Hilfe der Entwicklung derartiger Werkzeuge sollen einzelne Komponenten von Dokumenten nicht nur erkannt, sondern auch interpretiert werden.

Damit es maximale automatische, intelligente und assistierende Unterstützung bieten kann, muss ein System für die Metadatengenerierung und Qualitätskontrolle unterschiedliche Lösungsansätze verfolgen können. Es muss in der Lage sein, Metadaten und digitale Signaturen im System zu erkennen, zu suchen und zu importieren oder Metadaten je nach Medienart und -standard extrahieren können. Außerdem soll das System die intellektuelle Erschließung der digitalen



*Gedrucktes Kulturgut aus den Beständen
des Ibero-Amerikanischen Instituts
Stiftung Preußischer Kulturbesitz.*

Inhalte unterstützen, um die Leistung der Bearbeiter zu steigern und die Qualität der Ergebnisse bei der Durchführung mechanischer, aufwändiger und sich wiederholender Aufgaben zu verbessern. Darüber hinaus müssen seine einzelnen Komponenten an die speziellen Anforderungen kleiner und mittlerer Informationseinrichtungen anpassbar sein.

Für die automatische Qualitätskontrolle werden die Metadaten kontinuierlich mit den gängigen Standards abgeglichen und etwaige Variationen gemeldet. Darüber hinaus muss das System adaptiv ausgelegt sein, um in der Lage zu sein, von menschlichen Entscheidungen zu lernen und das Erlernte für die weitere automatische Erschließung intelligent anzuwenden. So soll zukünftig z. B. das automatische Verlinken von Medien und die Herstellung von Bezügen zwischen den dazugehörigen Elementen eine effektive Suche in digitalen Beständen verschiedenster Kontexte ermöglichen.

► Mehr Information für die Planung von Digitalisierungsprojekten

Abgesehen von den finanziellen Mitteln für die Anschaffung von Hard- und Software mangelt es den meisten kleineren und mittleren Bibliotheken und Archiven an Informationen. Das erschwert sowohl die eigene Planung von Digitalisierungsvorhaben, als auch die Kommunikation mit Dienstleistern und Anbietern von Scantechnologien. Allzu häufig stützen sich Planungen und Anfragen auf zu wenig fundierte bzw. auf zwar zusammengestellte, aber nicht ausreichend reflektierte Informationen. Die Einrichtungen wissen oft nicht genau genug, was sie im Detail von ihrem eigenen Digitalisierungsprojekt erwarten (können).

Um dieses Informationsdefizit zu beheben, haben die Wissenschaftler von Fraunhofer IPK und IAI die Ergebnisse ihrer Konzeptstudie in einem Handbuch veröffentlicht und im Internet frei zugänglich zur Verfügung gestellt. Damit soll die Digitalisierung von gedrucktem Kulturgut auch für Wissensarchive mit begrenzten Ressourcen zu einer realistischen Option im Rahmen des Bestandsschutzes und der Verbesserung der Zugänglichkeit von Informationen werden. ■

Buchempfehlung

In ihrem Handbuch »Einführung in die Digitalisierung von gedrucktem Kulturgut« geben Fraunhofer IPK und das Ibero-Amerikanische Institut Preußischer Kulturbesitz (IAI) einen Überblick darüber, wie gedrucktes Kulturgut durch Digitalisierung geschützt und zugänglich gemacht werden kann. Die Autoren stellen die einzelnen Phasen des Digitalisierungsprozesses vor und liefern weitere, ergänzende Informationen für die detaillierte Beschäftigung mit diesem Thema.

Einführung in die Digitalisierung von gedrucktem Kulturgut: ein Handbuch für Einsteiger. Ibero-Amerikanisches Institut, Preußischer Kulturbesitz, IAI PK; Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Weymann, Anna, Rodrigo A. Luna Orozco, Christoph Müller, Bertram Nickolay, Jan Schneider, Kathrin Barzik, Berlin 2010, 116 Seiten, ISBN 978-3-935656-40-5.

Ihr Ansprechpartner

Rodrigo Luna-Orozco
Telefon +49 30 39006-196
rodrigo.lunaorozco@ipk.fraunhofer.de

Wiederherstellung altägyptischer Papyri und Textträger

Papier, Papyrus und Pergament spielen seit Jahrtausenden als Kulturträger eine wichtige Rolle. Werden sie beschädigt, müssen die darauf gespeicherten Informationen meist als verloren gelten. Gemeinsam mit der Ägyptischen Sammlung der Staatlichen Museen zu Berlin plant das Fraunhofer IPK ein einzigartiges Pilotprojekt zur computergestützten Zusammenführung fragmentierter Papyri. Dafür entwickeln die Wissenschaftler ihre Technologie der automatisierten virtuellen Rekonstruktion zu einem assistenzbasierten System weiter, das das Wissen von Experten im Rekonstruktionsprozess nutzt und die physische Rekonstruktion von Kulturgütern ermöglicht.

Die assistenzbasierte virtuelle Rekonstruktion ist auf Fragmente ausgelegt, für die eine vollautomatisierte Wiederherstellung technisch nicht möglich ist. Die aktive Mitarbeit eines menschlichen Betrachters ist hier zwingend erforderlich, um Inhalte zunächst virtuell wiederherzustellen. Das Ergebnis einer solchen virtuellen Rekonstruktion dient dann als Vorlage für die anschließende manuelle Rekonstruktion oder Restaurierung der Artefakte. Derartige Prozesse stellen jedoch hohe Anforderungen an den Workflow vor der Digitalisierung sowie nach der virtuellen Rekonstruktion.

Für die physische Wiederherstellung vorab digitalisierter Objekte benötigen die Fraunhofer-Wissenschaftler nicht nur technische Unterstützung, wie ein leistungsfähiges Tracking-System. Je nach Aufgabenstellung ist außerdem Expertenwissen von Restauratoren und Archivaren

unerlässlich, um die physische Rekonstruktion erfolgreich auszuführen. So fließen z. B. Angaben über den Fundort, das Alter oder zeitgenössische Besonderheiten von Fragmenten bereits als a priori Wissen über Metainformationen in die virtuelle Rekonstruktion ein. Darüber hinaus können während des Prozesses der virtuellen Rekonstruktion Teilergebnisse auftreten, die nur ein Restaurator oder Archivar korrekt auswerten kann. Das können etwa inhaltliche Merkmale sein, die auf kleinen Fragmenten nicht, sehr wohl aber auf größeren Teilrekonstruktionen mehrerer Fragmente sichtbar sind. Der Computer kann dieses auf langjähriger Erfahrung basierende Expertenwissen nicht abbilden. Um hohe Rekonstruktionsraten zu erzielen, ist es jedoch unabdingbar.

Das gemeinsam von Fraunhofer IPK und der Ägyptischen Sammlung der Stiftung

Preußischer Kulturbesitz geplante Pilotprojekt schafft diese Verbindung von Technik und menschlichem Erfahrungswissen. Dafür werden zunächst historisch einmalige Papyri aus dem mittelägyptischen Ort »el-Hibe« ausgewählt. Dabei handelt es sich um Archivalien und Geschäftsbriefe, die um 1070 bis 946 v. Chr. in hieratischer Schrift geschrieben wurden. Diese hochgradig beschädigten Papyri per Hand zu rekonstruieren, ist aufgrund der gigantischen Menge kleinster Fragmente in überschaubarer Zeit nicht möglich. Das neue System zur computergestützten Restauration fragmentierter altägyptischer Texte soll den Rekonstruktions- und anschließenden Restaurierungsprozess erheblich beschleunigen und die Dokumente damit für die Wissenschaft erstmalig erschließbar, lesbar und publizierbar machen. ■

Ihre Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bertram Nickolay
Telefon +49 30 39006-201
bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Jan Schneider
Telefon +49 30 39006-203
jan.schneider@ipk.fraunhofer.de

Dr. Friederike Seyfried, Direktorin der Ägyptischen Sammlung der Staatlichen Museen zu Berlin, plant gemeinsam mit dem Fraunhofer IPK das einzigartige Pilotprojekt zur computergestützten Zusammenführung fragmentierter Papyri.

Was versprechen Sie sich von diesem Projekt?

Die Papyrussammlung des Ägyptischen Museums wird derzeit von nur einer Restauratorin betreut. Die Zahl der Fragmente, die sie während der restauratorischen Arbeit zusammensetzen kann, ist aus diesem Grunde begrenzt. Stellen Sie sich den Informationsgewinn vor, wenn man sie mit virtuellen Verfahren unterstützen könnte! Außerdem besitzen wir Konvolute, die auf Sammlungen an mehreren Orten verteilt sind. Wenn man sie zumindest virtuell zusammenführen könnte, wäre das eine große Hilfe für die Forschung.

Warum muss das System expertengestützt sein?

Unsere Restauratorin kennt wie keine andere das hochsensible Material »Papyrus«. Sie kann etwa anhand des Faserverlaufs und der Machart Herkunftsorte und Datierungen der Herstellung näher eingrenzen. Solches Wissen kann man einem Computer kaum beibringen. Daher können wir auf das Expertenwissen des Restaurators – aber auch des Wissenschaftlers, der die Schrift entziffern kann – nicht verzichten. Dieses Wissen wird in die notwendige Softwareentwicklung mit einfließen, kann aber nie ersetzt werden.

Warum reicht bloße virtuelle Rekonstruktion nicht?

Weil wir nicht nur die rekonstruierten Schriften lesen möchten, sondern auch das zusammenhängende Material analysieren sollten. Die Herstellung von Papyrus ist in zeitgenössischen Quellen nicht dokumentiert. Wir können das Verfahren also nur am Material nachvollziehen. Virtuelle Abbilder geben nicht alle Details wieder, wir müssen also die Originale zusammensetzen – zumindest den Teil, der bei uns liegt. Auch da wird uns die virtuelle Rekonstruktion hoffentlich eine entscheidende Hilfe sein: Sie dürfte uns zeigen, ob wir überhaupt alle Teile eines Schriftstücks besitzen oder ob wichtige Fragmente davon eventuell zu anderen Sammlungen gehören oder schlicht verloren sind. ■

Kölner Stadtarchiv – Rettungsaktion für deutsches Schriftgut

Am 3. März 2009 stürzte das sechsstöckige Archivgebäude des Historischen Archivs der Stadt Köln zusammen mit zwei Nachbargebäuden ein. Bei der Katastrophe wurden etwa 90 Prozent des Archivguts verschüttet und stark beschädigt. Im Auftrag des Kölner Stadtarchivs zeigte das Fraunhofer IPK in einer Machbarkeitsstudie, dass seine Methoden der virtuellen Rekonstruktion prinzipiell angewendet werden können, um die vom Einsturz beschädigten Dokumente auszuwerten. Ein auf die Bedürfnisse des Stadtarchivs Köln angepasstes, neu zu entwickelndes Rekonstruktionsassistenzsystem könnte weite Teile der historisch bedeutenden Überlieferungen wiederherstellen.

► Das Milliardenpuzzle

Das Stadtarchiv Köln beherbergte zum Zeitpunkt des Einsturzes als größtes deutsches Kommunalarchiv insgesamt 30 Regalkilometer mit bis zu über 1 000 Jahre alten historischen Dokumenten aus unterschiedlichen Materialien und in verschiedenen Formaten. Handschriften von Albertus Magnus, die von immenser Bedeutung für Philosophie und Theologie sind, sowie neuere Dokumente aus dem Nachlass des Literaturnobelpreisträgers Heinrich Böll befanden sich genauso darunter, wie mittelalterliche Briefe, historisch wertvolle Urkunden, Ratsprotokolle, Handschriften, Zeichnungen, Redemanuskripte, Notenblätter, Landkarten und Bücher. Diese weltweit einmaligen Kulturgüter wurden durch den Einsturz und Grundwasserkontakt zum Teil erheblich beschädigt und zudem völlig aus dem archivischen Kontext gerissen. Das Stadtarchiv Köln steht nun vor der schwierigen Herausforderung, ca. 3 bis 7 Mio. Fragmente zu rekonstruieren, zu restaurieren und den archivischen Kontext wiederherzustellen.

► Machbarkeitsstudie

Das Fraunhofer IPK wurde im September 2009 vom Stadtarchiv Köln mit einer »Machbarkeitsanalyse zur Digitalisierung



Stichprobenteilmenge der Kölner Fragmente

zerstörter zweidimensionaler Kulturgüter« beauftragt. Dabei sollte festgestellt werden, inwieweit bereits am Fraunhofer IPK entwickelte Methoden der automatisierten virtuellen Rekonstruktion für die Verarbeitung der verschmutzten Fragmente geeignet sind. Dafür wurde den Wissenschaftlern eine 1 000 Teile umfassende repräsentative Stichprobe der Kölner Fragmente zur Analyse bereitgestellt. Im Rahmen der daraufhin durchgeführ-

ten Untersuchungen wurde zunächst die Digitalisierbarkeit der Fragmente mit unterschiedlichen Aufnahmetechniken analysiert, da eine qualitativ hochwertige Digitalisierung die Basis für belastbare Aussagen über die Machbarkeit bzw. über die Erfolgsaussichten einer virtuellen Rekonstruktion darstellen. Dabei zeigte sich, dass die Anforderungen an die Digitalisierung enorm sind: Die Fragmente weisen kein einheitliches Format und sehr variable



Beispiele für den Beschädigungsgrad der Fragmente

Größen auf. Einige sind fast unversehrt und haben DIN A4-Größe, andere sind kaum größer als ein Fingernagel. Zudem ist das Papier sehr fragil, so dass häufig Teilbereiche eines Fragments sprichwörtlich »am seidenen Faden hängen«.

Im Anschluss an die Digitalisierung wurde die Qualität der Digitalisate hinsichtlich ihrer Auswertbarkeit im Sinne der automatisierten virtuellen Rekonstruktion evaluiert. Dazu wurden die digitalen Fragmente u. a. hinsichtlich der Qualitätsparameter Maß- und Farbtreue analysiert: Zum einen wurde überprüft, inwieweit die Geometrie der Originalfragmente bei der Digitalisierung eingehalten wird, zum anderen wie detailgetreu die Erfassung von Farbunterschieden, also Farb- und Grauwertkontrasten, ist. Außerdem wurde die Auswertbarkeit der Digitalisate durch verschiedene Module der Fraunhofer-Rekonstruktionstechnologie analysiert. Dazu gehört beispielsweise eine pixelgenaue Segmentierung der Fragmente aus den Rohscans. Für jeden Pixel des gescannten Bildes wird dabei entschieden, ob dieser zum eigentlichen Objekt oder zum Scanhintergrund gehört.

Entscheidend für die Qualität der virtuellen Rekonstruktion von großen Fragmentmen-

gen kann auch sein, diese vor der jeweiligen Weiterverarbeitung in Untermengen von Fragmenten mit ähnlichen Eigenschaften aufzuteilen. Dazu wurden geeignete beschreibende Merkmale der Fragmente ermittelt und diese erfolgreich aus den Digitalisaten extrahiert.

► Rekonstruktionsassistenzsystem

Eine manuelle Rekonstruktion der Kölner Sammlung erscheint aufgrund des Zerstörungsgrads sowie der großen Menge von Fragmenten in naher Zukunft utopisch. Mit Hilfe der am Fraunhofer IPK entwickelten Methoden der virtuellen Rekonstruktion können die beschädigten Fragmente ausgewertet werden, was die Grundlage für die dringend notwendigen Restaurierungsarbeiten darstellt. Ein entsprechendes Assistenzsystem zur Unterstützung der physischen Rekonstruktion muss neben zusätzlichen technischen Lösungen wie einem leistungsfähigen Trackingsystem auch die Fachkenntnisse von Archivaren oder Restauratoren als Metainformationen in die virtuelle Rekonstruktion einbinden. Durch ein solches System hätte das Stadtarchiv Köln die realistische Möglichkeit, weite Teile seines historischen Archivguts physisch wiederherzustellen. ■

Köln in Berlin

100 Exponate konnten vom 6. März bis zum 11. April 2010 in der Ausstellung »Köln in Berlin. Nach dem Einsturz: Das Historische Archiv« im Berliner Martin-Gropius-Bau bestaunt werden. Darunter waren einzigartige Dokumente wie eine Handschrift von Albertus Magnus und ein Privilegbrief des Kaisers Friedrich Barbarossa.

Ein Klumpen feucht gepresster Dokumente, der mehr an ein modernes Kunstwerk erinnerte, als an kostbare historische Originaldokumente aus Meisterhand, verdeutlichte den Besuchern die hohen Anforderungen an die Rekonstruktion der Papiere. Mit dabei war auch eine Ausstellungsfläche des Fraunhofer IPK zu den Potenzialen der automatisierten virtuellen Rekonstruktion in Gesellschaft, Kultur und Wirtschaft.

Ihr Ansprechpartner

M. Sc. Dirk Pöhler

Telefon +49 30 39006-196

dirk.poebler@ipk.fraunhofer.de

Babylonischer Schatz in Scherben – 3-D-Rekonstruktion von Tontafeln

Anwendungsgebiete für die automatisierte virtuelle Rekonstruktion finden sich nicht nur bei zweidimensionalen Gegenständen wie Papier und Papyrus. Auch die dreidimensionale virtuelle Rekonstruktion von Kunst- und Kulturobjekten hat großes Potenzial vor allem für die Archäologie und Denkmalpflege. Gerade antike Fundstücke sind häufig nur noch in Fragmenten vorhanden. Bis heute werden diese Objekte und Artefakte – wenn überhaupt – in manuellen, nicht-standardisierten Arbeitsprozessen zusammengesetzt. Virtuelle 3-D-Rekonstruktion kann die wissenschaftliche Bearbeitung, adäquate Konservierung und Präsentation der Kulturgüter wesentlich unterstützen.

3-D-Scan einer beschädigten Keilschrifttafel

► Ein Objekt ist mehr als die Summe seiner Teile

Archäologie und Denkmalpflege bedienen sich schon lange der Möglichkeit virtueller 3-D-Darstellung zerstörter Gebäude und Objekte für Visualisierungs- und Rekonstruktionszwecke. Allerdings existiert bisher kein Verfahren, um digitalisierte Einzelteile räumlicher Gegenstände automatisiert zusammenzusetzen. Rekonstruktion, etwa zur Präsentation in Museen, ist bisher ein manueller Vorgang. Dabei bieten sich automatisierte Rekonstruktionsverfahren gerade im dreidimensionalen Bereich an. Hier haben Restauratoren mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen: Zum einen müssen die Fragmente räumlich angeordnet werden, was nicht nur in der praktischen Umsetzung eine Herausforderung ist. Häufig ist auch die ursprüngliche Form des zu rekonstruierenden Objektes vorab unbekannt. Zum anderen fallen bei großflächigen Objekten – etwa bei Wandfresken – oder bei umfangreichen Ausgrabungen oft große Mengen von Fragmenten an. Mit Hilfe automatisierter virtueller Verfahren kann ihre Sortierung und Anordnung enorm beschleunigt werden.

Gemeinsam mit dem Vorderasiatischen Museum der Staatlichen Museen zu Berlin / Stiftung Preußischer Kulturbesitz und dem Institut für Altorientalistik der Freien Universität Berlin hat das Fraunhofer IPK jetzt einen Förderantrag beim Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Bekanntmachung »eHumanities« gestellt, mit der die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Geisteswissenschaften und informatiknahen Fächern gefördert werden soll. Im Projekt »Babylon« wollen sie ein Konvolut zerbrochener babylonischer Keilschrifttafeln aus dem Besitz des Vorderasiatischen Museums der Staatlichen Museen zu Berlin digital erfassen und virtuell rekonstruieren.

► Babylonische Keilschrifttafeln

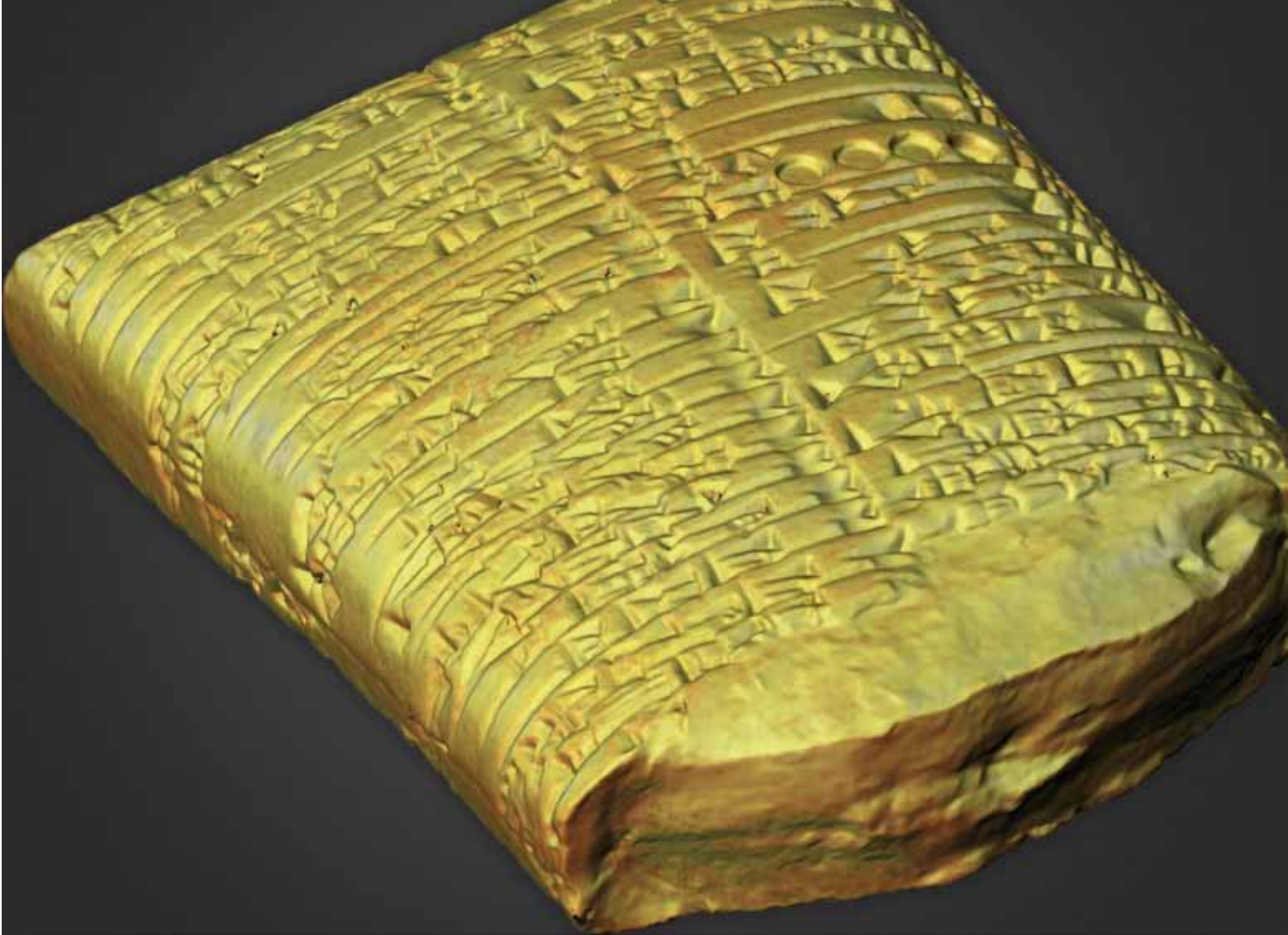
Als Referenzkorpus für dieses Vorhaben dienen altorientalische Keilschrifttexte, eine Artefaktgruppe, die aufgrund ihrer objektspezifischen Merkmale für ein solches Vorhaben als besonders geeignet erscheint. Jahrtausendlang nutzte man sie in Alt-Vorderasien als Schriftträger. Es handelt sich hierbei meist um aus Ton

gefertigte Tafeln, in die noch im weichen Zustand mittels eines Schreibgriffels Schriftzeichen eingeprägt wurden. Ihre Maße variieren zwischen wenigen Zentimetern und einigen Dezimetern. Weltweit beherbergen Museen und Sammlungen Hunderttausende dieser Artefakte – viele davon in kleine und kleinste Fragmente zerbrochen. Das Vorderasiatische Museum zu Berlin ist im Besitz mehrerer tausend Keilschrifttafeln und Fragmente der deutschen Grabungen in Babylon.

Die Keilschrifttafeln verbinden die Merkmale strukturierter, beschriebener Oberflächen mit der komplexen Situation der Dreidimensionalität des Artefakts. Analytisch betrachtet bieten sie somit einen idealen Zwischenschritt für die Entwicklung von Matching-Verfahren auf dem Weg von der zweidimensionalen zur dreidimensionalen virtuellen Rekonstruktion.

► Prototypische 3-D-Rekonstruktion

Ziel des Projekts ist es, die informationstechnologischen und methodisch-



systematischen Möglichkeiten zur automatisierten virtuellen Rekonstruktion von digital erfassten Artefakten zu erforschen. Auf diese Weise sollen die der Rekonstruktion zu Grunde liegenden heuristischen Prozesse beschrieben und für die digitale Nutzung aufbereitet werden. Solche digitalen Artefaktdokumentationen könnten weltweit parallel zu Forschungszwecken genutzt werden. Die Wertschöpfung würde dadurch erheblich gesteigert.

Neben Untersuchungen zur effizienten und vollständigen 3-D-Erfassung soll dafür auch ein Merkmalskatalog abgeleitet werden, der die Dokumentation erweiterter Metadaten – die über Daten der Provenienz hinaus reichen – ermöglicht. Über die manuelle Erfassung und Speicherung von Merkmalen hinaus soll die automatische Extraktion von Merkmalen aus den Digitalisaten analysiert werden. Diese können dann zusammen mit den manuell erfassten Merkmalen für eine Vorsortierung der Fragmente genutzt werden, bevor im nächsten Schritt basie-

rend u. a. auf der Oberflächenbeschaffenheit der Fragmente das Matchen der Bruchstücke und damit das eigentliche (virtuelle) Rekonstruieren stattfindet. Eine derartige serielle Prozesskette baut auf den Erfahrungen des Fraunhofer IPK mit der Rekonstruktion zweidimensionaler Objekte auf.

Als Ergebnis des Projekts wird ein Prototyp für automatisierte, computergestützte Verfahren zur virtuellen Rekonstruktion fragmentierter dreidimensionaler Objekte aus Beständen der deutschen Grabungen in Babylon entwickelt werden. Darin sollen die Erfahrungen der Projektpartner gebündelt werden: das Know-how der epigraphischen Erschließung, der Klassifikation und manuellen Rekonstruktion von Fragmenten auf der einen Seite, das Wissen und die Methoden der automatisierten Merkmalsextraktion, Klassifikation und virtuellen Rekonstruktion zweidimensionaler Objekte auf der anderen. ■

Ein Fenster in die Vergangenheit

Wird sie gemeinsam mit Historikern und Archäologen entwickelt, ergeben sich für die automatisierte virtuelle Rekonstruktion wertvolle Synergieeffekte, meint Prof. Dr. Eva Cancik-Kirschbaum von der Freien Universität Berlin im Interview auf Seite 22. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IPK plant sie das hier beschriebene Projekt zur Wiederherstellung babylonischer Keilschrifttafeln aus dem Besitz des Vorderasiatischen Museums der Staatlichen Museen zu Berlin. FUTUR sprach mit Prof. Cancik-Kirschbaum über den Wert der virtuellen Rekonstruktion für die Altertumforschung.

Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Henry Zoberbier
Telefon +49 30 39006-196
henry.zoberbier@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Thorsten Sy
Telefon +49 30 39006-282
thorsten.sy@ipk.fraunhofer.de

Automatisches Bilderkennungssystem für die Kunstdatenbankrecherche

Kunstraub ist ein immer häufiger auftretendes, weltweites Problem. Die internationalen Datenbanken gestohlener Kunstwerke sind riesig und unübersichtlich. Kunstfahnder haben es schwer, vor Ort schnell genug an die nötigen Informationen zu gelangen. Hier kommen die modernen Bildauswertungsmethoden des Fraunhofer IPK ins Spiel. Mit Hilfe der mobilen Kunstfahndungssoftware wird das Auffinden von gestohlenen Kunstgegenständen einfacher als je zuvor.

Auf einer privaten Auktion steigt der Preis rasch in die Höhe, und schon ist das Gemälde unter dem Hammer. Der Kunstfahnder ist zwar live vor Ort, aber er ist unsicher – gehört das Bild zu den international gesuchten und gestohlenen Gegenständen, oder nicht? Sowohl Interpol als auch private Zusammenschlüsse wie das Art Loss Register führen Datenbanken über Kunstwerke, die aus Museen oder Privatsammlungen entwendet wurden. Doch bei Tausenden international gesuchten Kunstgegenständen hat es der Ermittler am Ort des Geschehens schwer, die Datenbanken schnell genug nach dem fragwürdigen Gemälde zu durchforsten.

Dank einer Entwicklung aus dem Fraunhofer IPK kann der Fahnder mit seinem Handy ein Foto von dem Kunstwerk machen und sofort an einen Zentralserverschicken. Das von den Forschern entwickelte Bildauswertungssystem vergleicht dieses automatisch mit in der Datenbank gespeicherten Bildern. Kunstgegenstände wie Gemälde, Münzen, Teppiche oder aber auch andere Gegenstände wie Fahrzeuge werden durch visuell erfassbare Merkmale, z. B. Form, Kontur, Farbe oder Textur, beschrieben. Anhand dieser optischen Merkmale erkennt das System ähnliche Objekte und sendet eine TOP 10 Liste der besten Treffer innerhalb

weniger Sekunden zurück an das Handy. Ist das Bild unter den ermittelten Werken der Datenbank, kann der Fahnder sofort reagieren. »Das System zeichnet sich durch eine einfache Bedienung aus«, sagt Dr. Bertram Nickolay, Abteilungsleiter der Sicherheitstechnik. »Da wir hauptsächlich Standardmodule dafür verwendet haben, ist es außerdem eine kostengünstige Lösung«. Darüber hinaus ist das System unempfindlich gegenüber Störfaktoren – etwa einer schlechten Fotografie des Kunstwerks. Spiegelungen durch Blitzlicht oder zu starke Helligkeit haben auf die Bildauswertung im Zentralserver keinen Einfluss.



Die repräsentative Farbe und ihre räumliche Distribution im Bild wird als Merkmal zum Vergleich von Bildern genutzt.



Auf seinem PDA kann der Kunstfahnder in Sekundenschnelle das Ergebnis ablesen: Das Bild, was er soeben mit seinem PDA fotografiert hat, ist tatsächlich in der Datenbank der gestohlenen Kunstwerke aufgelistet.

Die technische Herausforderung bestand insbesondere darin, dass das gesendete Bild meist eine schlechtere Qualität, einen anderen Abbildungsmaßstab und eine abweichende Position aufweist, als das Originalbild in der Datenbank. Neben Beeinträchtigungen durch große Helligkeit und Helligkeitsverteilung oder Blitzlichtspiegelungen können auch kleinere Beschädigungen oder der Winkel, in dem das Gemälde fotografiert wurde, die Bilderkennung erschweren. Für das Fraunhofer-Bildauswertungssystem ist das aber alles kein Problem: Es kann Farben geräteunabhängig abgleichen und somit starke Abweichungen vom Original ausgleichen.

Die Algorithmen, die in dem Bildauswertungssystem des IPK stecken, können auch in anderen Gebieten zum Einsatz kommen. Ein weiteres Pilotprojekt haben die Forscher bereits in petto: »Unser System könnte beispielsweise bei der Entlarfung von Plagiaten genutzt werden. Anhand der Merkmale einer Verpackung kann ein Flughafenzöllner mit einem

mobilen Scanner einen Markenpiraten dingfest machen«, so Nickolay. Das IPK steht bereits mit verschiedenen Polizeibehörden in Verhandlung. Die Fahndung nach Fahrzeugen oder die Untersuchung von gefälschten Einreisepapieren lässt sich durch das System vereinfachen. Es sind auch mobile Dienste für Privatsammler geplant, die beispielsweise beim Kauf einer Uhr deren Echtheit überprüfen wollen. ■

Alle Leistungsmerkmale auf einen Blick

- Bilderkennungsmethoden spezifisch für bestimmte Themenfelder konfigurierbar
- mobiler Einsatz von Erfassungsgeräten
- zeitaufwendige und kostspielige Expertengutachten entfallen
- hohe Genauigkeit durch objektive Zuordnung der gefundenen Muster
- Abgleich trotz starker Abweichung vom Original möglich (Adaptivität)
- kostengünstig, da die Software auf Standard-Modulen läuft
- keine Stichworteingabe bei der Datenbankrecherche notwendig
- auf SQL- / PHP- Technologie basierend
- Ergebnis der Datenbankrecherche in Echtzeit
- kompatibel mit Interpol-Standards zur Katalogisierung von Kunstobjekten
- erweiterbar auf 3D-Anwendungen

Ihre Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bertram Nickolay
 Telefon +49 30 39006-201
 bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

Raul Vicente-Garcia
 Telefon +49 30 39006-200
 rvicente@ipk.fraunhofer.de

Innovation für industrielle Bildverarbeitung und Messtechnik

Die virtuelle Rekonstruktion der zerrissenen Stasi-Akten ist aufgrund der außerordentlichen Vielfalt an Papierfragmenten und der enormen Datenmenge eine schwierige Aufgabe, die lange Zeit als unlösbar galt. Neuartige Bildverarbeitungs- und Mustererkennungsmethoden mussten dafür entwickelt und erprobt werden. Somit stehen nun unter schwierigsten Bedingungen getestete Methoden zur Verfügung, die einen Quantensprung für das maschinelle Sehen, die Anwendung der Bildverarbeitung und die Produktionstechnik bedeuten.

Schon seit Anfang der 1980er Jahre befasst sich die Abteilung Sicherheitstechnik am Fraunhofer IPK mit der Entwicklung bildauswertender Systeme für den Einsatz in der Produktionstechnik. Die Wissenschaftler entwickelten lernende Bildauswertungsmethoden zur automatischen Inspektion von Materialoberflächen im Rahmen der Qualitätssicherung und zur Steuerung von Handhabungs- bzw. Montageprozessen.

Da die Entwicklung dieser Systeme richtungsweisend war, ergaben sich seit Ende der 1980er Jahre Anwendungen in den Gebieten Verkehrstechnik und Sicherheitstechnik. So werden beispielsweise Systeme zur Fahrzeugidentifikation und zur Identifikation von Personen mittels biometrischer

Merkmale erfolgreich realisiert.

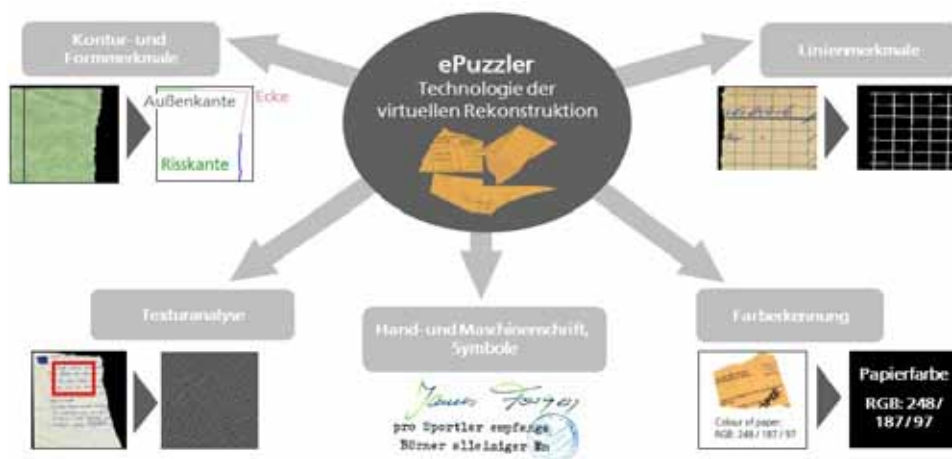
Die Wissenschaftler erarbeiten zudem Konzepte zur zeiteffizienten und hochauflösenden Digitalisierung des Ausgangsmaterials sowie zur Langzeitarchivierung, Erschließung und Auswertung der rekonstruierten Dokumente.

► Aus Fragment wird Dokument

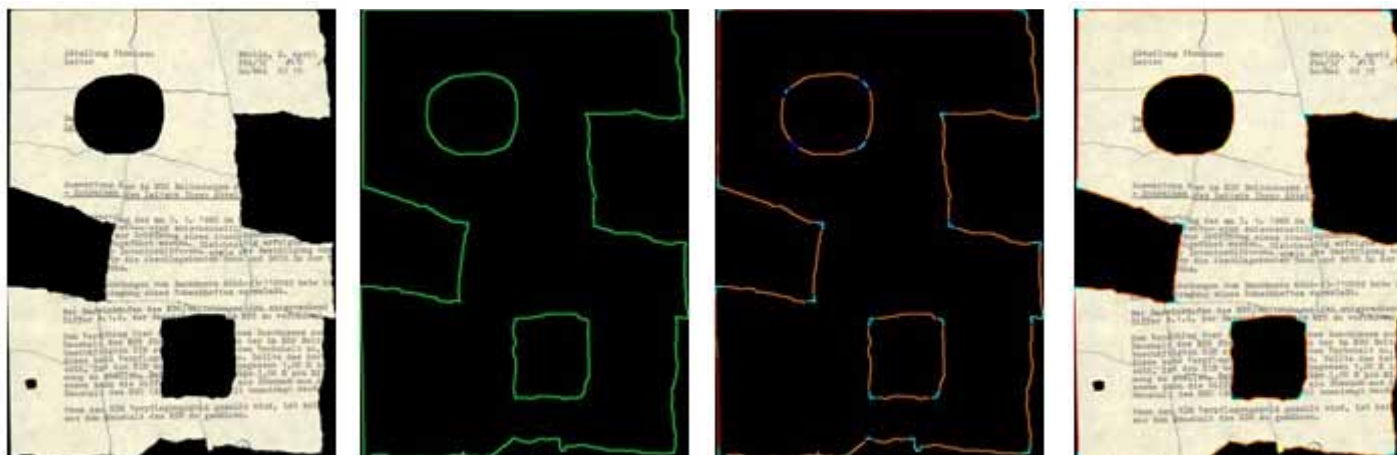
Die Methodik der virtuellen Rekonstruktion ist vergleichbar mit der eines Menschen bei der Lösung eines Puzzles. Anhand einer Vielzahl von Merkmalen entscheidet dieser, ob zwei Teile zusammenpassen oder nicht. Analog zur menschlichen Vorgehensweise werden daher zunächst vom Rekonstruktionssystem verschiedene Merkmale wie beispielsweise Kontur, Papierfarbe oder Schrift aus den Schnip-

selbildern extrahiert. Aufgrund der sehr großen Schnipselmenge werden diese Merkmale genutzt, um den kombinatorischen Aufwand beim eigentlichen Puzzeln soweit wie möglich zu reduzieren. Dafür werden jeweils ähnliche Schnipsel mittels intelligenter Suchraumreduktion zunächst gruppiert, das heißt in einer Untermenge zusammengefasst. Innerhalb dieser reduzierten Mengen findet dann die eigentliche Rekonstruktion, das Matchen, statt. Dazu werden Schnipsel entlang ihrer Konturen auf Merkmalsübereinstimmungen hin verglichen. Werden passende Schnipsel gefunden, so werden diese zu einem größeren Teil der Seite zusammengefasst, erneut die Merkmale des zusammengesetzten Stücks berechnet und dieses als neuer Schnipsel in der weiteren Rekonstruktion berücksichtigt.

Wenn am Ende eines Rekonstruktionsvorgangs eine korrekt und vollständig zusammengesetzte Seite vorliegt, ist das ein wertvolles technisches Ergebnis. Für die inhaltliche Auswertung sind Einzelseiten jedoch meist von relativ geringem Wert. Daher werden derzeit in Kooperation mit Partnern Mechanismen entwickelt, die künftig helfen sollen, aus rekonstruierten Seiten ganze Dokumente oder gar



Merkmalsextraktion im ePuzzler



Pixelgenaue Bestimmung und Klassifikation von Konturabschnitten beliebiger 2-D-Objekte.

zusammenhängende Akten zu formieren. Diese Mechanismen sollen zukünftig um Werkzeuge ergänzt werden, die die Erschließung großer Mengen virtuellen Materials erleichtern.

► Industrielle Bildverarbeitung

Aus dem realisierten System zur virtuellen Rekonstruktion können folgende Module für die industrielle Bildverarbeitung abgeleitet werden:

- Robuste farbbasierte Objektfreistellung (Bluescreen-Verfahren)
- Schnelle und robuste Vordergrund-Segmentierung mittels Farbquantisierung
- Schnelle pixelgenaue Bestimmung und Klassifikation von Konturabschnitten eines beliebigen 2-D-Objektes
- Dichte- und farbbasierte Inhaltsrepräsentation von Objekt-Abschnitten
- Kategorisierung von Farbwerten mittels Farbquantisierung zur robusten Ähnlichkeitsbestimmung
- Ähnlichkeitsbestimmung und pixelgenaue Ausrichtung von Konturabschnitten zweier Objekte

Ein weiteres Anwendungsgebiet für die Bildverarbeitung in der Produktionstechnik ist die Messtechnik. Die bildverarbei-

tungsbasierte Messtechnik erfordert die pixelgenaue Bestimmung von Konturen bzw. Konturabschnitten. Hierzu stellt das Rekonstruktionssystem ein Modul zur Verfügung, das sich durch Schnelligkeit und Robustheit auszeichnet.

► Von Rekonstruktion zu Re-Produktion

Mittlerweile wurde begonnen, die Methodik der virtuellen Rekonstruktion zerstörter Dokumente auf dreidimensionale Objekte unterschiedlicher Materialien zu übertragen. Die Wiederherstellung zerstörter 3-D-Objekte ist in vielfältiger Weise für die Archäologie und Kunstgeschichte relevant. Die Wissenschaftler des IPK sind zurzeit mit der visuellen Rekonstruktion zerstörter babylonischer Keilschrifttafeln beschäftigt (mehr dazu im Artikel auf S. 12). Schon heute ist es durchaus üblich, bestimmte Skulpturen dreidimensional zu scannen und die erfassten Daten zu verwenden, um diese Kunstgegenstände in Serie zu produzieren und Kunstliebhabern zum Verkauf in Museen anzubieten. Mittels der Rekonstruktionstechnik können unwiederbringlich geglaubte Kulturobjekte zunächst rekonstruiert und anschließend produziert werden. ■

Automatische Optische Prüfung

Kosmetische Produkte müssen nicht nur funktional, sondern auch ästhetisch einwandfrei sein. Problematisch ist dies bei Naturprodukten wie Kollagentüchern zur Gesichtsbildung. Anteile dieser Tücher werden aus Tierhäuten gewonnen und haben kein einheitliches Aussehen. Eine optische Vorkontrolle konnte bislang aufgrund der Vielzahl möglicher Fehler nur durch Menschen ausgeführt werden. Das Fraunhofer IPK hat zusammen mit der Dr. Suwelack Skin & Health Care AG ein Mehr-Kamera-System mit angepassten Lichtquellen entwickelt, das die Tücher im Produktionsprozess automatisiert prüft. Bei der Softwareentwicklung kamen Verfahren der künstlichen Intelligenz, insbesondere Fuzzy-Logik zur Anwendung, um subjektive Beschreibungen erfahrener Prüfer automatisch zu verarbeiten. Der praktische Einsatz zeigt, dass das Prüfsystem trotz der variantenreichen Fehlerarten in der Lage ist, die subjektiven Prüfkriterien zu adaptieren.

Ihre Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bertram Nickolay
Telefon +49 30 39006-201
bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Jan Schneider
Telefon +49 30 39006-203
jan.schneider@ipk.fraunhofer.de

Sketching In Space – Freihändiges Modellieren in Virtuellen Umgebungen

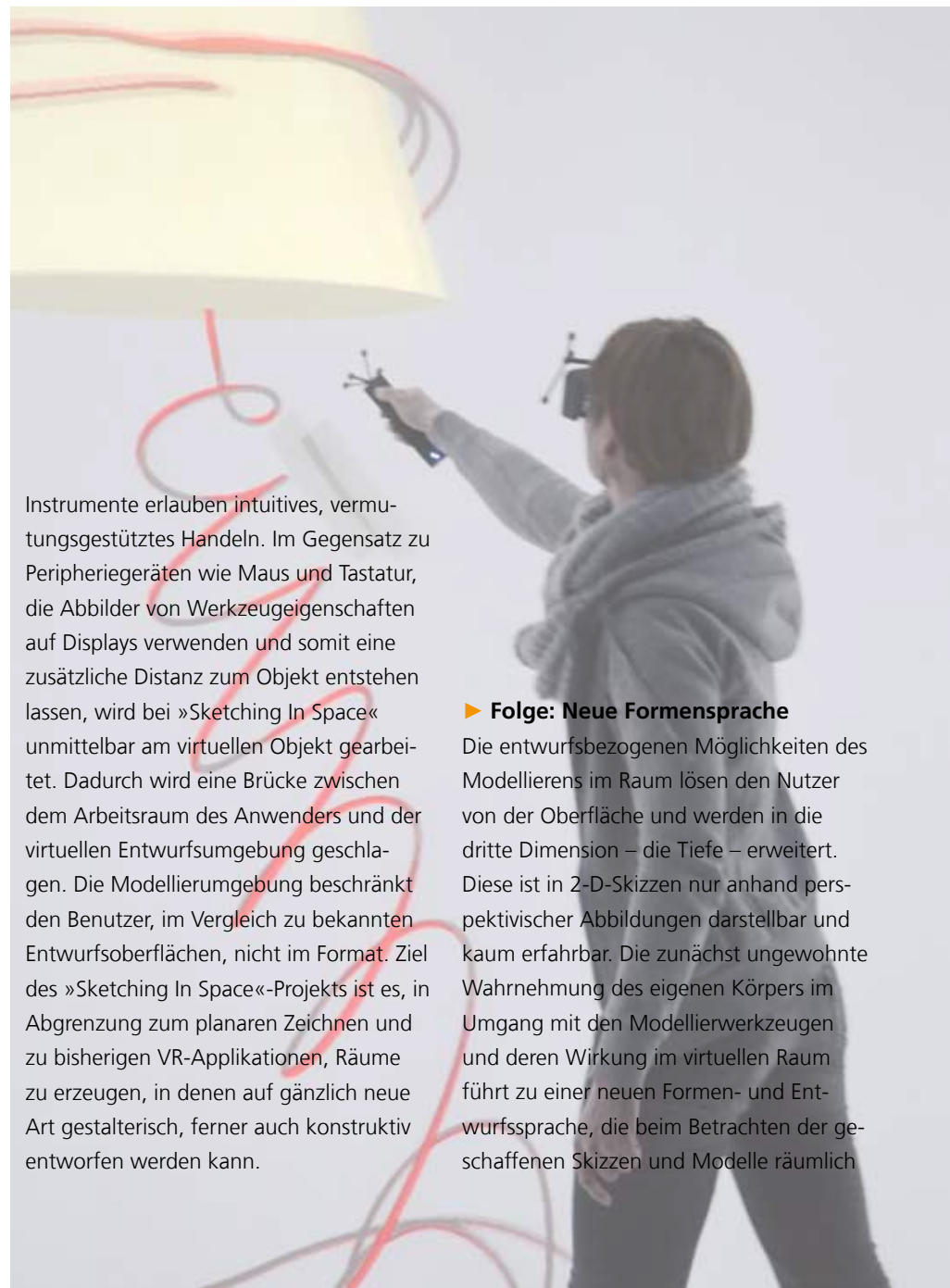
Produktdesign lebt zuerst von der Kreativität der beteiligten Designer, jedoch prägen auch die Entwurfsmedien und -werkzeuge sowohl den Entwurfsprozess, als auch dessen Ergebnis, das Produktmodell. Kreative Entwurfsprozesse sind reflexive Prozesse, innerhalb derer innere Produktbilder in äußere Bilder übertragen und transformiert werden. Kommen hierbei digitale Medien zum Einsatz, ergeben sich neue Möglichkeiten für das Produktdesign.

Welche Möglichkeiten das Medium Virtuelle Realität im Entwurfsprozess eröffnet, ist Gegenstand intensiver Forschung am Fraunhofer IPK. Dafür wurde im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte ein immersives Entwurfssystem entwickelt. Dieses gestattet es, in dreidimensionalen virtuellen Umgebungen – VR-CAVE, Holobench oder Powerwall – freihändig räumlich zu modellieren. Die Funktionen des Systems sind durch ergonomisch gestaltete physische Werkzeuge nutzbar, die in Kooperation mit der Fakultät Gestaltung der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden von den Designern Chr. Zöllner, A. Müller und S. Piazza konzipiert und entworfen wurden.

► Virtuelles Zeichenwerkzeug

Den Anwendern des Systems steht als primäres Werkzeug ein Stift zum freihändigen Zeichnen von Linien im Raum zur Verfügung; außerdem ein zangenähnliches Werkzeug, mit dem die gezeichneten Formen im Raum arrangiert, zueinander positioniert und extrudiert werden können, sowie ein beidhändiges Modellierwerkzeug, mit dem Beziér-Kurven manuell zu Flächen aufgezogen werden können. Wesentlich ist die hybride Auslegung der Werkzeuge: das berührbare Interface, der Werkzeuggriff, ist erfassbar, die formgebende Werkzeugspitze ist virtuell und wird an den Griff projiziert. Diese hybriden

»Sketching in Space«-Fallstudie in Kooperation mit der Muthesius Kunsthochschule Kiel.



Instrumente erlauben intuitives, vermutungsgestütztes Handeln. Im Gegensatz zu Peripheriegeräten wie Maus und Tastatur, die Abbilder von Werkzeugeigenschaften auf Displays verwenden und somit eine zusätzliche Distanz zum Objekt entstehen lassen, wird bei »Sketching In Space« unmittelbar am virtuellen Objekt gearbeitet. Dadurch wird eine Brücke zwischen dem Arbeitsraum des Anwenders und der virtuellen Entwurfsumgebung geschlossen. Die Modellierumgebung beschränkt den Benutzer, im Vergleich zu bekannten Entwurfsoberflächen, nicht im Format. Ziel des »Sketching In Space«-Projekts ist es, in Abgrenzung zum planaren Zeichnen und zu bisherigen VR-Applikationen, Räume zu erzeugen, in denen auf gänzlich neue Art gestalterisch, ferner auch konstruktiv entworfen werden kann.

► Folge: Neue Formensprache

Die entwurfsbezogenen Möglichkeiten des Modellierens im Raum lösen den Nutzer von der Oberfläche und werden in die dritte Dimension – die Tiefe – erweitert. Diese ist in 2-D-Skizzen nur anhand perspektivischer Abbildungen darstellbar und kaum erfahrbar. Die zunächst ungewohnte Wahrnehmung des eigenen Körpers im Umgang mit den Modellierwerkzeugen und deren Wirkung im virtuellen Raum führt zu einer neuen Formen- und Entwurfssprache, die beim Betrachten der geschaffenen Skizzen und Modelle räumlich



Ergebnisse einer »Sketching in Space«-Fallstudie in Kooperation mit der Universität der Künste Berlin.

erfahrbar wird. Der Nutzer kann sich um sein Werk bewegen, es aus verschiedenen Perspektiven wahrnehmen und erleben, sowie die räumlichen Relationen in Echtgröße einschätzen. Zudem ist es möglich, 3-D-Modelle möglicher Nutzungsszenarien zu visualisieren, wodurch das Werk konkreter bzw. situativ beurteilbar wird.

Anhand mehrerer am Institut durchgeführter Studien mit mehr als zweihundert Designern kann empirisch untermauert werden, dass immersive Räume einzigartige Eigenschaften für die Modellierung von Produkten bieten. Insbesondere den eigenen Körper in den Schaffensprozess einzubeziehen, Objekte in ihrer Originalgröße zu erstellen, sie unmittelbar dreidimensional abzubilden und zu erleben und schon im Entwicklungsprozess mit virtuellen Skizzen zu interagieren, finden großen Anklang. So war beispielsweise zu erleben, dass Designer sich in Stühle setzen wollten, die sie eben erst skizziert hatten oder versuchten, sich aus dem Zapfhahn einer skizzierten Bar ein Bier einzuschenken. Im immersiven Raum werden die eigenen Ideen sofort lebendig und laden zur Interaktion ein – der Entwurfsprozess wird dadurch an seiner Wurzel verändert.

► 3-D-Zeichnen will gelernt sein

Für manche Prozessschritte eignet sich der immersive Raum dagegen weniger,

insbesondere dann, wenn detaillierte oder präzise Detailarbeit gefordert ist. Erste freihändige 3-D-Skizzen sehen häufig aus wie Kinderzeichnungen, denn das Zeichnen in die Tiefe müssen auch gestandene Designer erst lernen. In einer Studie konnte jedoch gezeigt werden, dass die Lernkurve hierbei sehr steil ist und die ursprünglich krummen Objekte schon nach wenigen Durchläufen immer ebenmäßiger werden. Die Studienergebnisse lassen den Schluss zu, dass Designer auch in Zukunft CAD-Werkzeuge beherrschen müssen, jedoch mit immersiven Umgebungen neue, lebendigere Entwurfsprozesse erreichen und die Qualität ihrer Entwürfe steigern werden.

Aufgrund der Neuartigkeit der Methode und des zusätzlichen motorischen Steuerungsaufwands muss den potenziellen Anwendern die Möglichkeit zum Erlernen neuer Modellierfertigkeiten gegeben werden; dies wäre beispielsweise im Rahmen universitärer Ausbildung möglich. Die potenziellen Anwender müssen die Eigenschaften und Vorteile des immersiven Modellierens zunächst kennenlernen, um individuelle Anwendungsstrategien entwickeln und später im Entwicklungsprozess situativ über den optimalen Einsatz der Methoden entscheiden zu können. ■

»Museumsstück, bitte anfassen«

Ein weiteres spannendes Einsatzgebiet von virtueller Realität in Bildung und Kunst sind Museen, in denen Besucher die Exponate – Statuen, Vasen, Gemälde – berühren dürfen und sogar berühren sollen. Mit Force-Feedback-Systemen können digitalisierte Museumsexponate virtuell im wahrsten Sinne des Wortes begriffen werden. Man kann sie anheben, drehen, ihre Textur ertasten. So werden Kunst und Geschichte mit einem weiteren Sinn erfahrbar. Spezialhandschue und -brille machen es möglich.

Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Johann Habakuk Israel

Telefon +49 30 39006-109

johann.habakuk.israel@ipk.fraunhofer.de

Robotereinsatz in der Natursteinbearbeitung

Die Vorbearbeitung großvolumiger und geometrisch komplexer Natursteinelemente erfolgt bis heute zumeist mit einfachen, handgeführten Werkzeugen und birgt ein großes Innovationspotenzial. Die Nutzung von flexiblen Maschinensystemen wie Industrierobotern in diesem Arbeitsschritt sorgt für deutlich kürzere Durchlaufzeiten sowie niedrigere Herstellungskosten und reduziert die gesundheitliche Belastung, ohne die künstlerische Gestaltungsfreiheit der Steinmetze einzuschränken. Das Fraunhofer IPK untersucht hierfür zusammen mit mehreren Unternehmen die Anforderungen an Werkzeuge, Zerspanprozesse, Datenverarbeitung sowie das Roboter-Spindel-System, um eine durchgängige Prozesskette zur Unterstützung von Steinmetzen und Bildhauern bereitzustellen.

Im Zuge moderner Stadtentwicklung werden immer häufiger kulturell wertvolle Gebäude restauriert oder wieder aufgebaut. Die anspruchsvollen Richtlinien und Forderungen von Dienststellen wie der Denkmalschutzbehörde, aber auch das Verlangen nach Originalität durch Fördervereine und Bürger sichern Steinmetzen eine gute Auftragslage. Einen großen zeitlichen Anteil ihrer Arbeit nimmt die grobe Strukturierung und Vorbearbeitung von Steinblöcken ein. Dieser Schritt verlangt keinerlei künstlerische Fähigkeiten, ist jedoch zeit- und kostenintensiv. Das Ziel der Fraunhofer-Forscher ist es daher, diesen Arbeitsschritt zu (teil-)automatisieren um die Herstellungszeit und damit verbundene Kosten zu reduzieren. Als gewünsch-

ter Nebeneffekt tritt eine Entlastung der Steinmetze ein, wodurch sich diese ausschließlich auf die finale Formgebung und die damit verbundenen künstlerischen Aspekte konzentrieren können.

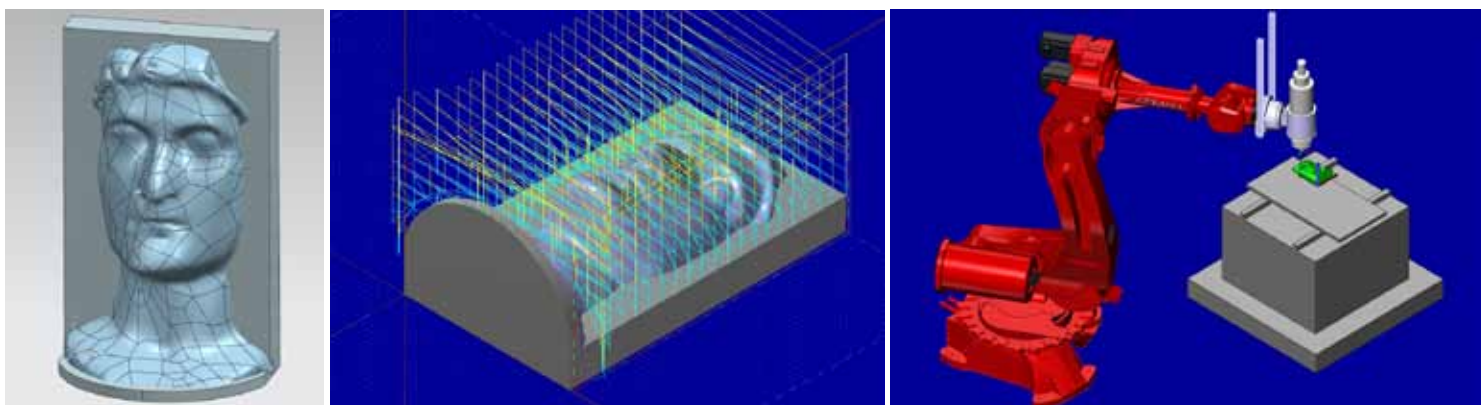
► **Stein und Diamant** – ein unschlagbares Paar

Neben den in der Steinindustrie als Standard geltenden Schleifwerkzeugen untersucht das Fraunhofer IPK konventionelle Fräswerkzeuge auf ihre Tauglichkeit zur Steinbearbeitung. Hierbei hat sich gezeigt, dass Fräswerkzeuge mit PKD-Bestückungen grundlegend geeignet sind. Die Auswahl der PKD-Sorte ist zwar abhängig vom zu bearbeitenden Material, grundsätzlich weisen die Werkzeuge

aber weniger Verschleiß auf, je höher der Diamantanteil in der Schneide ist.

Die Anforderungen an die Schneiden unterscheiden sich aufgrund des Materials Naturstein von denen in der Metallbearbeitung. Da es bei der Steinbearbeitung keine Spanbildung im klassischen Sinn gibt, sondern es vielmehr zu einem Ausbrechen des Materials kommt, ist die Schärfe der Schneide weniger entscheidend für die Bearbeitung als ihre Härte. Durch den Einsatz konventioneller Fräswerkzeuge für die Steinbearbeitung können Zeit- und somit auch Kostenersparnisse bei der Vorbearbeitung erzielt werden, da Fräswerkzeuge für die Schruppbearbeitung oftmals besser geeignet sind als Schleifwerkzeuge.





Prozesskette: Digitalisierung durch 3-D-Scan, Bahnerzeugung in der CAM-Umgebung, Simulation und Umwandlung in Bewegungsanweisungen.

► Industrieroboter für Kunstobjekte

Um die notwendigen, teilweise sehr komplexen Bewegungen des Werkzeuges im Raum durchführen zu können, wurde am Fraunhofer IPK ein Industrieroboter mit einer Frässpindel ausgestattet. Die sechs beweglichen Achsen des Roboters erlauben es dem Bediener jeden Punkt im Raum mit unterschiedlichen Orientierungen anzufahren, wodurch auch komplexe Konturen, wie sie beispielsweise bei der Erstellung von Skulpturen vorkommen, umgesetzt werden können. Die im Vergleich zu hochpräzisen Werkzeugmaschinen geringere Positioniergenauigkeit eines Industrieroboters genügt, um die Vorbearbeitung von Natursteinobjekten durchzuführen. Ein Vorteil von Industrierobotern gegenüber Werkzeugmaschinen ist der beim Vergleich der Anschaffungskosten verhältnismäßig große Bearbeitungsraum, den der Roboter abdeckt. Auch das mit großvolumigen Objekten einhergehende hohe Werkstückgewicht ist für den Roboter kein Problem, da es keinen Werkstückschlitten gibt, der das Bauteil bewegen muss.

► Datensprache für Roboter

Ein wichtiges Forschungsziel des Projekts ist, neue Software-Lösungen für die automatische Umsetzung von CAD/CAM-generierten CNC-Codes in proprietäre Roboter-Programme zu entwickeln. Damit eine sichere und optimale Bearbeitung gewährleistet wird, müssen die Programme unter Berücksichtigung von Roboterperformanzen (z. B. Manipulierbarkeit, Steifigkeit, Singularitäten im Arbeitsraum, usw.) angepasst und optimiert werden. Entsprechende Werkzeuge werden in offene Roboterplanungsumgebungen wie EasyRob und Matlab integriert. Die Erfahrungen und die Kreativität der Programmierer werden dabei durch eine interaktive graphische Umgebung zusätzlich unterstützt. Um mögliche Bearbeitungsfehler z. B. durch Reibung und Werkzeugverschleiß zu minimieren und die Prozessabläufe robust zu gestalten, entwickeln die Forscher innovative Regelungsverfahren auf Basis der Kraft-Vorschub-Regelung und implementieren sie in eine offene Roboter-Steuerung (C4GOpen). ■

Rapid Prototyping in Architektur und Kunst

Das mühevoll Kleben von Maßstabsmodellen könnte für Architekten und Designer bald der Vergangenheit angehören. Die Lösung: Rapid Prototyping. Bei diesem Verfahren werden im Computer erstellte Modelldaten, sogenannte CAD-Daten, direkt in ein dreidimensionales Objekt umgesetzt. Schicht für Schicht entstehen auf diese Weise hochkomplexe Geometrien mit Hinterschneidungen und filigranen Strukturen. So können z. B. bewegliche Getriebe in einem Stück gefertigt oder auch Einrichtungsgegenstände hinter den Fenstern eines Modellgebäudes gleich mit eingesetzt werden. Der aufgetragene Werkstoff wird geklebt, verschmolzen oder per Laser versintert. Die Bandbreite an einsetzbaren Materialien reicht von thermoplastischen Werkstoffen über Metalle bis hin zu Keramiken.

Ihre Ansprechpartner

Dr.-Ing. Dragoljub Surdilovic
Telefon +49 30 39006-172
dragoljub.surdilovic@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Marcel Manthei
Telefon +49 30 39006-245
marcel.manthei@ipk.fraunhofer.de

Heile Schienen, sicherer Verkehr

Die Wartung und Instandsetzung von Bauteilen und Komponenten aus den Bereichen Energie und Verkehr ist wirtschaftlich zunehmend interessant. Derzeit werden für MRO-Aufgaben häufig Werkzeuge und Bearbeitungsstrategien aus dem Bereich der Neufertigung übernommen, obwohl sich die Bearbeitungsaufgaben im MRO-Betrieb erheblich von der Serienfertigung unterscheiden. In einem Teilprojekt des Fraunhofer-Innovationsclusters »Maintenance, Repair and Overhaul in Energie und Verkehr (MRO)« entwickeln die Forscher für Reparaturaufgaben optimierte Schleif- und Fräswerkzeuge sowie innovative angepasste Prozesse. Dadurch wird die Qualität und die Prozesssicherheit insbesondere in den Bereichen der Turbinen- und Schienenreparatur gesteigert.

Wachsende Passagier- und Gütertransporte der globalisierten Industriegesellschaften erfordern neben konstruktiven und materialtechnischen Innovationen für Fahrzeuge sowie modernen logistischen Konzepten auch hocheffiziente MRO-Strategien für den Bereich Energie und Verkehr. Dabei ist die Steigerung von Produktivität und Qualität der MRO-Prozesse eine wesentliche Herausforderung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Produktionstechnik. Als übergeordnete Zielstellung kann im Hinblick auf den Schienenverkehr durch produktivere MRO-Prozessketten die Zahl der Ausfälle, Verspätungen und Umleitungen wesentlich reduziert werden. In Kombination mit höherer Reparaturqualität können außerdem die Sicherheit und der Passagierkomfort deutlich gesteigert werden.

Zurzeit werden trotz unterschiedlicher Anforderungen noch immer die meisten Bearbeitungsprozesse und -werkzeuge für den MRO-Betrieb ohne nennenswerte Anpassungen aus der Neufertigung übernommen. Die Effizienz der MRO-Prozesse würde jedoch durch den Einsatz spezieller Zerspanwerkzeuge und die Integration innovativer Mess- und Reparaturverfahren in die Reparaturprozesskette erheblich

erhöht. Auch die Qualifizierung wesentlicher Wirkzusammenhänge zwischen unterschiedlichen Reparaturverfahren wäre dafür relevant.

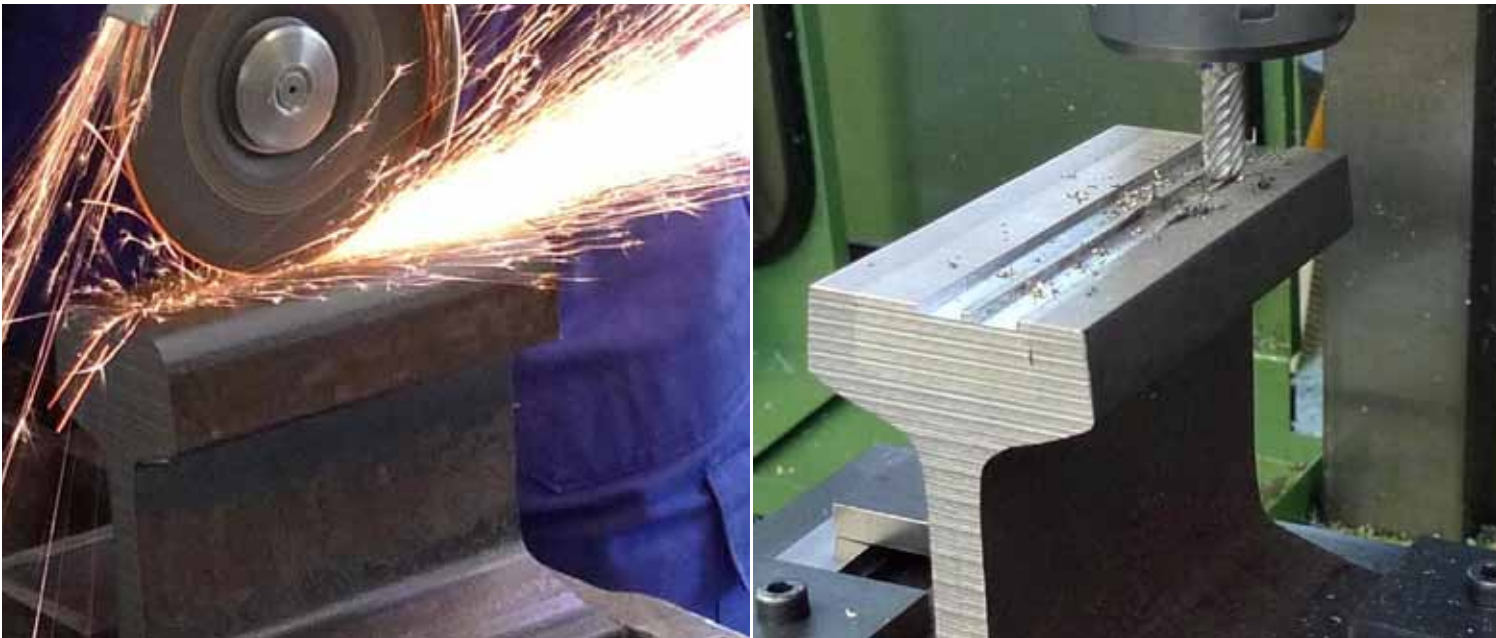
Im Rahmen eines von der EU geförderten Teilprojektes entwickelt, testet und optimiert das Fraunhofer IPK im Innovationscluster MRO effiziente Reparaturlösungen und -werkzeuge für qualitätsoptimierte hochproduktive Reparaturprozesse.

► **Schweißnahtnachbearbeitung zur Schienenreparatur**

Ein Beispiel aus der Praxis: Bei der Instandsetzung von Bauteilen aus dem Bereich Energie und Verkehr wird häufig das Auftragschweißen eingesetzt. Dadurch können sowohl einzelne betriebsbedingte Defekte wie Risse und Ausbrüche lokal behoben, als auch komplett verschlissene Bereiche großflächig instandgesetzt werden. Anschließend müssen die



Auftragsschweißen



Schweißnaht-Schleifen und Nachbearbeitung

Schweißnähte präzise und leistungsfähig nachbearbeitet werden, um die erforderlichen Maß- und Formgenauigkeiten zu erreichen und somit einen sicheren Betrieb der reparierten Bauteile zu gewährleisten. Im Teilprojekt »Schleif- und Fräswerkzeuge für die Schweißnahtnachbearbeitung« entwickeln die Forscher leistungsfähige Zerspanwerkzeuge für die prozesssichere Nachbearbeitung von im Reparaturprozess erzeugten Schweißnähten. Diese werden getestet und auf ihr Einsatzpotenzial hin geprüft.

Dabei steht insbesondere die Reparatur von Eisenbahnschienen im Fokus. Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen prozesssichere Reparaturprozessketten für die Vor-Ort-Beseitigung typischer Schienendefekte entwickelt und optimiert werden. Hierzu zählen Ermüdungsrisse, Welligkeiten und verschlissene Funktionsflächen am Schienenkopf. Von besonderem Interesse ist dabei die Analyse des Einsatzverhaltens instandgesetzter Schienen je nach angewendeter Reparaturprozesskette. Um dies näher charakterisieren zu können, werden derzeit Laboruntersuchungen durchgeführt. Im nächsten Schritt wird das Potenzial der entwickelten Reparaturprozessketten anhand des Einsatzverhaltens

im realen Schienenverkehr bewertet. Mit den gewonnenen Ergebnissen können Reparaturstrategien und Modelle zur zustandsorientierten präventiven Schienenwartung abgeleitet werden. Durch die Überführung der FuE-Ergebnisse in die Praxis wird eine erhebliche Verlängerung der Schienenliegedauer ermöglicht.

► Potenziale und Perspektiven

Die zustandsorientierte Prozessauslegung bei der Instandsetzung von Eisenbahnschienen hat ein hohes Potenzial auf paneuropäischer Ebene. Aufgrund der international sehr unterschiedlichen Normenlage erfolgt die Schienenwartung derzeit individuell erfahrungsbasiert je nach lokalen Gegebenheiten. Um individuelle Reparaturprozessketten zur effizienten Beseitigung unterschiedlicher Schienendefekte zu entwickeln, werden zukünftig weitere multilaterale Projekte initiiert. Dabei verfügt das Fraunhofer IPK über die erforderliche Kompetenz und Maschineninfrastruktur, um die Entwicklung und Optimierung innovativer Reparaturtechniken und Werkzeuge sowie die Ermittlung des Einsatzverhaltens reparierter Bauteile zu gewährleisten. ■

Fraunhofer-Innovationscluster MRO

Der Fraunhofer-Innovationscluster »Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in Energie und Verkehr« vom Fraunhofer IPK und dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration ist eine Kooperation von sieben Forschungspartnern und 14 Wirtschaftsunternehmen. Gefördert wird der Cluster von den Ländern Berlin und Brandenburg und der Fraunhofer-Gesellschaft. Ziel der Initiative ist es, ressourcenschonende und energieeffiziente MRO-Prozesse und -Technologien zu erarbeiten und nachhaltig in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg zu etablieren.

Ihr Ansprechpartner

M. Sc. Pavlo Lypovka
Telefon +49 30 314-24960
lypovka@iwf.tu-berlin.de

Ein Fenster in die Vergangenheit aufstoßen

Die automatisierte virtuelle Rekonstruktion öffnet der historischen Forschung vielfältige Möglichkeiten. Wird sie zudem gemeinsam mit Historikern und Archäologen entwickelt, ergeben sich wertvolle Synergieeffekte – etwa wenn die Puzzle-Kompetenz von Archäologen in die Entwicklung einfließt, meint Prof. Dr. Eva Cancik-Kirschbaum von der Freien Universität Berlin. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IPK plant sie ein Projekt, bei dem ein Konvolut zerbrochener babylonischer Keilschrifttafeln aus dem Besitz des Vorderasiatischen Museums der Staatlichen Museen zu Berlin digital erfasst und virtuell rekonstruiert werden soll (vgl. Projektbeschreibung, S. 12). FUTUR sprach mit Prof. Cancik-Kirschbaum über den Wert von Altertumsforschung und Projekten zur virtuellen Rekonstruktion.

Warum ist die Beschäftigung mit Geschichte wichtig für unsere Zeit?

Cancik-Kirschbaum: Der Mensch kann ohne Vergangenheit nicht leben. Die individuelle Geschichte formt die Persönlichkeit und erst das Wissen darum ermöglicht es, bewusst Entscheidungen für die Gegenwart und den weiteren Weg zu treffen. Gleiches gilt für eine Gesellschaft als Ganzes: Ohne Wissen um die Vergangenheit lassen sich weder Gegenwart noch Zukunft gestalten. Sich der Geschichte stellen heißt, Distanz nehmen zur Gegenwart, Alternativen kennen lernen. So werden Denkprozesse angestoßen, die helfen solidarisch miteinander und nachhaltig mit der uns anvertrauten Umwelt umzugehen.

Also Vergangenheitsforschung als Existenzsicherung für künftige Generationen?

Cancik-Kirschbaum: Genau. Natürlich kann man fragen: Wie weit geht man zurück? Drei Generationen, 5000 Jahre... Ich würde sagen: so weit wie möglich und so umfassend wie möglich, alle Bereiche von Kultur erfassend – von Alltagsbewältigung mit Ackerbau und Totenritual bis hin zu komplexen Überbauten wie Staatenbildung, Religion, Kunst oder Wissenschaft. Wir haben eine Verpflichtung, uns mit solchen Zusammenhängen auseinanderzusetzen – für spätere Generationen, aber auch für uns selbst.

Genau das ist das Ziel des geplanten Keilschrift-Projekts. Woher stammen die Artefakte und wo befinden Sie sich heute?

Cancik-Kirschbaum: Die Tafeln stammen aus der deutschen Grabung in Babylon 1899 bis 1917. Das war das erste Mal, dass dort wissenschaftlich, also stratigraphisch gegraben wurde. Ein Teil der Funde ist im Osmanischen Reich verblieben, in dessen Territorium Babylon lag – diese Artefakte sind heute in Bagdad und Istanbul. Ein weiterer Teil sollte nach Deutschland kommen. Dass das geklappt hat, ist ein Wunder, denn der Ausbruch des ersten Weltkriegs stellte den Transport vor enorme Probleme. Die Funde haben Berlin auch erst nach abenteuerlichen Umwegen erreicht.

Warum sind gerade diese Tafeln interessant für ein Reko-Projekt?

Cancik-Kirschbaum: Das hat mehrere Gründe. Es handelt sich um einen großen, repräsentativen Bestand. Man muss zudem wissen: Keilschrifttexte gehören zu den am schnellsten wachsenden Dokumentbeständen der Alten Welt. Im Unterschied zur klassischen Altertumswissenschaft, die kaum noch Textzufluss hat, fördern Ausgrabungen im Vorderen Orient immer neue Keilschrifttexte zutage. Und die wollen bearbeitet werden. Da brauchen wir Methoden, die zumindest die Grunderschließung unterstützen.

Hinzu kommen inhaltliche Gründe. Babylon ist ein Thema, das historisch unglaublich anrührt. Die Stadt steht am Anfang der europäischen, mediterranen und natürlich nahöstlichen Kulturen. Eine riesige Stadt, die alle möglichen Nationen anzog und eine unglaubliche gesellschaftliche Vielfalt hervorbrachte. Wenn wir mit dem Reko-Projekt ein Fenster in diese Vergangenheit aufstoßen können, fände ich das klasse.

Und was sind das für Dokumente?

Cancik-Kirschbaum: Es sind Unterlagen, die erlauben, einen Tiefschnitt durch die Geschichte der Stadt zu ziehen. Da sind einmal Privatarhive, zum Beispiel Dokumente eines Kaufmanns wie Geschäftsverzeichnisse, Testamente, Urkunden und so weiter. Dann Unterlagen aus Tempeln, religiöse Texte ebenso wie Verwaltungsakten, die die Pflege der Götter und die Versorgung des Kultpersonals regeln – auch wer den Hof fegt. Und Dokumente aus den Palastarchiven der babylonischen Könige. Ein Teil behandelt Staatsgeschäfte oder Themen wie die nach Babylon gebrachten Juden, ein Ereignis, das wir unter dem Stichwort »jüdisches Exil« kennen..

Wenn man an Technologie-Entwicklung denkt, sind Archäologen nicht die ersten Partner, die einem einfallen...

Cancik-Kirschbaum: Und doch sind sie

in diesem Fall perfekt dafür. 3-D-Puzzeln ist etwas, was Archäologen permanent machen und worin wir echt gut sind. Wir bieten den Informationstechnikern mehr als einen Gegenstand, um 3-D-Rekonstruktion zu erproben: Wir besitzen vor allem das Wissen, wie man dreidimensionale Gegenstände rekonstruiert. Davon wird die Entwicklung der Algorithmen enorm profitieren. Und die Technologie, die dabei herauskommt, lässt sich dann ja wieder auf ganz andere Bereiche anwenden, nicht nur vergangene, sondern auch gegenwärtige.

Wie profitiert die historische Forschung von Digitalisierung?

Cancik-Kirschbaum: Sie bietet uns fantastische Möglichkeiten. Einmal – das zeigt unsere Konvolut – können wir Bestände zusammen führen, die auf Sammlungen in aller Welt verteilt sind. Wenn wir bisher irgendwo anfangen zu puzzeln, wissen wir nie, ob wir dort alle Fragmente von der Tafel wirklich zusammenfügen können. Wenn wir virtuell »vorpuzzeln« könnten und dann schon wüssten, welche Teile wo liegen, wäre das eine große Erleichterung.

Außerdem wird die virtuelle Rekonstruktion helfen, Kräfte zu konzentrieren. Zeit, die ich nicht brauche zum Puzzeln, kann ich benutzen für die Interpretation. Das halte ich für den wichtigsten Nebeneffekt.

Nicht zuletzt minimieren wir die Belastung der Artefakte. Bedenken Sie: Jedes Mal, wenn Sie die Objekte anfassen, ist das eine Kontamination mit Mensch, da kann man noch so viel konservieren. Je weniger man Artefakte hin- und herträgt, anfässt und dem Licht aussetzt, desto besser.

Und wo liegen die Grenzen?

Cancik-Kirschbaum: Ich möchte unterscheiden zwischen Grenzen und Hinder-

nissen. Zu den Hindernissen zählt, dass die Artefakte für die Verarbeitung vorbereitet werden müssen. Es sind ja Unikate und bevor sie in einen Reko-Prozess gehen, muss sicher sein, dass ihr Zustand das zulässt. Das bedeutet zeitlichen, sachlichen und technischen Aufwand. Vermutlich werden viele Objekte diese Engstelle nicht passieren.

Grenzen sind einmal dadurch gezogen, dass die Bestände eben meist offen sind. Wir müssen damit rechnen, dass nicht nur komplette Dokumente vorliegen. Die Frage ist, wie viel Lücke wir tolerieren.

Hinzu kommt: Gelingt es, die Parameter, die man einbeziehen muss, soweit zu normieren, dass der Aufwand eine substantielle Verbesserung gegenüber manuellen Techniken bringt? Ehrlich gesagt schwanke ich da mit meiner Einschätzung. Doch wenn wir am Ende eine Technologie bekommen, die vielleicht sogar mobil einsetzbar ist, sodass neue Bestände direkt am Ausgrabungsort erfasst werden können, finde ich den Aufwand gerechtfertigt.

Wie erleben Sie Fraunhofer als Partner?

Cancik-Kirschbaum: Ich kannte die IPK-Reko-Technologie schon, bevor ich mit dem Institut in Kontakt kam. Ich kann nicht verhehlen, dass ich von vornherein dachte: »Mensch, sowas müssten wir auch haben«. Ich bin sicher, das geht vielen Kollegen so, die beruflich mit Schnipseln und Krümeln zu tun haben. Aber der Schritt von dem Gedanken hin zur tatsächlichen Realisierung ist doch ein großer. Und da war Dr. Nikolays Enthusiasmus ein enormer Ansporn. Inzwischen bedeutet das Projekt für mich nicht nur den Sprung von 2-D nach 3-D, sondern auch von der Dimension virtueller Fantasie in die der Realität. Und dass Fraunhofer sagt: »Wir machen das!«, das finde ich toll. Das ist nicht selbstverständlich. ■



Zur Person

Prof. Dr. Eva Cancik-Kirschbaum ist Inhaberin des Lehrstuhls für Altorientalische Philologie und Geschichte der Freien Universität Berlin und Mitglied im Vorstand des Exzellenz-Clusters »Topoi – Die Formation und Transformation von Raum und Wissen in den antiken Kulturen«. Die heute 46jährige studierte Altorientalistik, Semitistik, Klassische Archäologie und Vorderasiatische Archäologie in Tübingen, Berlin und Rom. Nach ihrer Promotion über mittelassyrische Briefe war sie zunächst als Assistentin am Institut für Altorientalistik der FU Berlin tätig, dann als Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt »Bild, Schrift und Zahl im Kalender« am Helmholtz-Zentrum für Kulturtechnik der Humboldt-Universität. In ihrer Habilitationsschrift behandelte sie die Organisation politischer Herrschaft in Assyrien. Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören die Sprache, Geschichte und Kultur der Assyrer, die Edition von Keilschrifttexten, Untersuchungen zu Zeit und Wissen in altorientalischen Kulturen sowie altorientalische Wirkungsgeschichte.

Kontakt

Prof. Dr. Eva Cancik-Kirschbaum

Telefon +49 30 838 53347

altorsek@zedat.fu-berlin.de

www.geschkult.fu-berlin.de/e/altorient

Samstagabend, 20 Uhr: Frauen ans Reagenzglas!

Was motiviert Schulabgänger – vor allem junge Frauen – sich für ein Studium im Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft oder Technik (MINT) zu entscheiden? Die verblüffende Antwort: Ihre Lieblingsfernsehserie kann einen solchen Studienwunsch wecken. Wissenschaftler der MINTiFF-Initiative der TU Berlin und des Fraunhofer IPK sind eine Kooperation mit dem Medienboard Berlin-Brandenburg eingegangen, die das Ziel verfolgt, positive Rollenvorbilder in deutschen TV-Filmen und Serien zu fördern.

Mädchen können Technik! Man muss es ihnen nur zeigen – und die Zahl der Initiativen, die dieses Ziel verfolgen, ist mittlerweile kaum noch zu überblicken. Das erfolgreichste Beispiel, der vor zehn Jahren initiierte Aktionstag »Girls' Day« dürfte jeder Schülerin wenigstens einmal im Lauf ihrer Schulzeit begegnen. Doch trotz einer Vielzahl groß angelegter Kampagnen ist es bisher nicht gelungen, die Zurückhaltung junger Frauen gegenüber naturwissenschaftlich-technischen Berufen wirkungsvoll und großflächig aufzubrechen.

Die Lösung könnte im Flimmerkasten stecken. Denn während Talentförderprogramme oder Werbung der Hochschulen in der Regel nur Jugendliche erreichen, die sich bereits für naturwissenschaftlich-technische Fächer interessieren, lösen positive Rollenvorbilder in TV-Filmen und Serien einen regelrechten Run auf die entsprechenden Studiengänge aus. Würde dieser Effekt aktiv genutzt, könnten fiktionale Medien einen wichtigen Beitrag zur Behebung des Fachkräftemangels in Deutschland leisten. Wie das geht, zeigen US-amerikanische

Beispiele: Die Serie »CSI – Crime Scene Investigation« konnte bei amerikanischen Mädchen eine extreme Steigerung des Interesses an forensischen Themen erreichen, von gerade mal vier auf stolze 66 Prozent.

Doch im Unterschied zu amerikanischen Fernsehformaten, in denen auch weibliche Figuren oft stark durch ihren Beruf definiert sind, fehlen solche Rollenvorbilder in deutschen TV-Produktionen fast völlig. Wissenschaftlich-technische Tätigkeiten sind im deutschen Fernsehen überhaupt unterrepräsentiert und werden wenn überhaupt, meist von Männern ausgeübt. Tritt doch mal eine Frau in Erscheinung, die erkennbar eine Tätigkeit im Bereich Wissenschaft, Technik oder Medizin ausübt, ist der Beruf in der Regel nur ein Nebenaspekt der Rolle, der Themen wie dem Streben nach Liebe und Glück nachgeordnet wird.

Vor diesem Hintergrund hat die TU Berlin mit Unterstützung des BMBF und des Europäischen Sozialfonds vor einigen Jahren in Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Gesellschaft, der Helmholtz-Gemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft die Initiative »MINT und Chancengleichheit in fiktionalen Fernsehformaten« (MINTiFF) ins Leben gerufen. Unter der Leitung von Prof. Dr. Marion Esch verfolgt sie das Ziel, neue Wege für die MINT-Kommunikation und

Nachwuchswerbung aufzeigen, indem sie Filmschaffenden einen praktischen Zugang zu wissenschaftlichen Stoffen und entsprechenden Settings bietet. Dabei öffnen Forscher den Stoffentwicklern ihre Labore und zeigen nicht nur, mit welchen Themen sich die Wissenschaft aktuell befasst, sondern auch, wie die Arbeit funktioniert und welche Rollen und Konflikte sich dabei ergeben.

Parallel untersucht das Projekt »Berufsorientierung in Unterhaltungsformaten«, welche Inhalte aktuell in deutschen TV-Formaten gezeigt werden und welchen Anteil naturwissenschaftlich-technische Themen im fiktionalen Fernsehen einnehmen. Ergebnisse einer solchen Untersuchung liefern eine Grundlage für die Diskussion, ob kulturelle Interessen der Gesellschaft bei der Programmgestaltung angemessen berücksichtigt werden und das öffentlich-rechtliche Fernsehen seinem Bildungsauftrag gegenüber der in der Berufsorientierung befindlichen Generation ausreichend nachkommt.

2010 wurde ein wichtiger Partner auf diese Aktivitäten aufmerksam: Das Medienboard Berlin-Brandenburg ist als zentrale Agentur für Filmförderung und Standortmarketing ein wichtiger Impulsgeber für die Medienbranche in der Hauptstadtregion. Im Sep-

Ihre Ansprechpartnerin

Anastasia Ziegler

Telefon: +49 331-743 87 80

a.ziegler@medienboard.de

Anastasia Ziegler ist Koordinatorin Standortmarketing beim Medienboard Berlin-Brandenburg. Außerdem ist sie Programmleiterin des Kongress medienwoche@IFA und Ansprechpartnerin für die Kooperation mit dem media.net berlinbrandenburg.

tember 2010 bot es MINTiFF erstmals ein Forum im Rahmen der Medienwoche@IFA, bei dem Wissenschaft und Medienwirtschaft in intensiven Dialog treten konnten.

Mit der Medienwoche@IFA 2011 wurde dieser Ansatz vertieft: »Science meets Content« thematisierte unter anderem »Fiktion und Wirklichkeit in deutschen Fictionformaten« und »Public Value fiktionaler Fernsehunterhaltung«. Im Abschnitt »Sichere Identität – eine Gratwanderung zwischen Know-how und Datenschutz« skizzierten Fraunhofer-Forscher, Wissenschaftler des Hasso-Plattner-Instituts und Cyberware-Experten mediale Zukunftsszenarien auf Grundlage der Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien und diskutierten damit verbundene ethische und gesellschaftspolitische Fragestellungen.

Eines der wichtigsten Ergebnisse des Sichere Identität-Panels: In der Diskussion um Anonymität und Identitätserkennung im Internet geht es nicht nur um die Sicherheit des Einzelnen. Wichtig ist auch, das Know-how unserer Gesellschaft vor den Angriffen Dritter zu schützen. »Dieser Aspekt ist meines Erachtens in der bisherigen Datenschutzdiskussion wenig beachtet worden«, resümiert Anastasia Ziegler vom Medienboard Berlin-Brandenburg. ■

Frau Ziegler, was sind die Aufgaben des Medienboard Berlin-Brandenburg?

Ziegler: Das Medienboard Berlin-Brandenburg ist seit 2004 die zentrale Anlaufstelle für die Film- und Medienbranche der Hauptstadtregion. Hier laufen Förderung, Vernetzung und internationale Aktivitäten zusammen. Zu diesen Aktivitäten gehört auch der Internationale Kongress der medienwoche@IFA, der jedes Jahr die wichtigen Fragen der Medienbranche im digitalen Zeitalter diskutiert und Trends und Tendenzen bei Inhalten, Technologien und Geschäftsmodellen präsentiert.

Welche Impulse versprechen Sie sich von einer verstärkten Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Technologie und Medienindustrie an unserem Standort?

Ziegler: Die Entwicklung der Medien ist in vieler Hinsicht technologiegetrieben, der technologischen Entwicklung ist wiederum meistens intensive wissenschaftliche Forschung vorangegangen. Insofern liegt es nahe, an einem Standort wie Berlin-Brandenburg alle drei Bereiche zusammen zu denken. Uns interessieren die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Branchen und die Perspektiven für die Medienwelt von morgen. Wir wollen Impulse setzen, indem wir Technologie und Content mit Wissenschaft und Innovation zusammen bringen.



Medienboard-Koordinatorin Anastasia Ziegler

Was sind die wichtigsten Inhalte der Kooperation zwischen MINTiFF, dem Fraunhofer IPK und dem Medienboard Berlin-Brandenburg?

Ziegler: 2011 haben Forscher vom Fraunhofer IPK und vom Hasso-Plattner-Institut mit Cyberware-Experten über den Stand der Forschung in den Bereichen Künstliche Intelligenz und Datenschutz diskutiert. Die Themen für die Kongressausgabe 2012 entwickeln wir zur Zeit. Die MINTiFF-Konferenz befasst sich traditionell mit dem Zusammenspiel von Wissenschaft und fiktionalen Inhalten.

Welche anderen Bereiche der Medienbranche – neben dem Rundfunk – werden von den Aktivitäten profitieren?

Ziegler: Alle Bereiche natürlich, denn im digitalen Zeitalter hängen alle Medien in gleicher Weise vom technologischen Fortschritt ab.

■ **Medienboard Berlin-Brandenburg GmbH**

August-Bebel-Str. 26-53
14482 Potsdam-Babelsberg
Telefon +49 331-743 87 0
Fax +49 331-743 87 99
www.medienboard.de

Wie aus Schnipseln Daten werden – Digitalisierung made by arvato



Die arvato AG ist ein international vernetzter Outsourcing-Dienstleister und gehört zum Bertelsmann Konzern. Mehr als 65 000 arvato-Mitarbeiter konzipieren und realisieren für Geschäftskunden aus aller Welt maßgeschneiderte Lösungen für unterschiedlichste Geschäftsprozesse entlang integrierter Dienstleistungsketten. Diese umfassen sämtliche Services rund um die Erstellung und Distribution von Druckerzeugnissen und digitalen Speichermedien ebenso wie Datenmanagement, Customer Care, CRM-Dienstleistungen, Supply Chain Management, digitale Distribution, Finanzdienstleistungen, qualifizierte und individualisierte IT-Services sowie den Direktvertrieb von Wissensmedien.

Im Auftrag zahlreicher Kunden ist arvato auch als richtungsweisender Anbieter für Massendigitalisierung und professionelles Dokumentenmanagement tätig. Allein am Standort in Wilhelmshaven werden jährlich mehrere Millionen Dokumente unterschiedlichster Art und Beschaffenheit gescannt und weiterverarbeitet. Die Dienstleistungsexperten verfügen über umfangreiches Prozess-Know-how im Bezug auf das Scannen, die elektronische Speicherung, die manuelle Nachbearbeitung sowie die Übermittlung von Dokumenten in elektronisch aufbereiteter Form.

Die Dienstleistungen im Bereich Dokumentenmanagement umfassen ein großes Leistungsspektrum. So bringt arvato beispielsweise als wichtiger Industriepartner des Fraunhofer IPK das für die virtuelle Rekonstruktion elementare Scan- und

Logistik-Know-how in die verschiedensten gemeinsamen Projekte ein. Dank ähnlich gelagerter Dienstleistungen in anderen Industrieprojekten verfügt arvato über umfangreiche und langjährige Prozess-erfahrungen.

Die Besonderheit in der Zusammenarbeit mit dem IPK besteht in der Digitalisierung von inhaltlich sensiblen, jedoch zerrissenen oder geschredderten Unterlagen – einem bisher einzigartigen Projekt im Bereich des Dokumentenscannings. Eine verantwortungsvolle Aufgabe, die von den Mitarbeitern von arvato mit viel Engagement und unter Wahrung strengster Datenschutzvorgaben durchgeführt wird. Die Digitalisierung stark in Mitleidenschaft gezogener Dokumente und sehr kleiner Papierschnipsel, die hohen Qualitätsvorgaben bezüglich der Bildqualität sowie große logistische Ansprüche stellen das Team immer wieder vor besondere Probleme, die arvato seit Jahren als Partner und exklusiver Scandienstleister des IPK zuverlässig löst. Zudem tragen Flexibilität bei der Prozessabwicklung, der Einsatz eines effizienten



arvato Hochleistungsscanner für die Digitalisierung der Akten (oben); auch geschredderte Dokumente können wiederhergestellt werden (unten).

Workflowmanagements und eines eigens programmierten Logistiksystems dazu bei, der fortschreitenden Dynamik des Projekts erfolgreich zu begegnen. Mit Know-how und Leidenschaft arbeitet arvato an Innovationen im Bereich der Digitalisierung und liefert seinen Kunden effiziente Dokumentenmanagementleistungen. ■

■ arvato AG

Carl-Bertelsmann-Straße 161
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 80-40600
Fax +49 5241 80-3315
🌐 www.arvato.de

Ihre Ansprechpartnerin

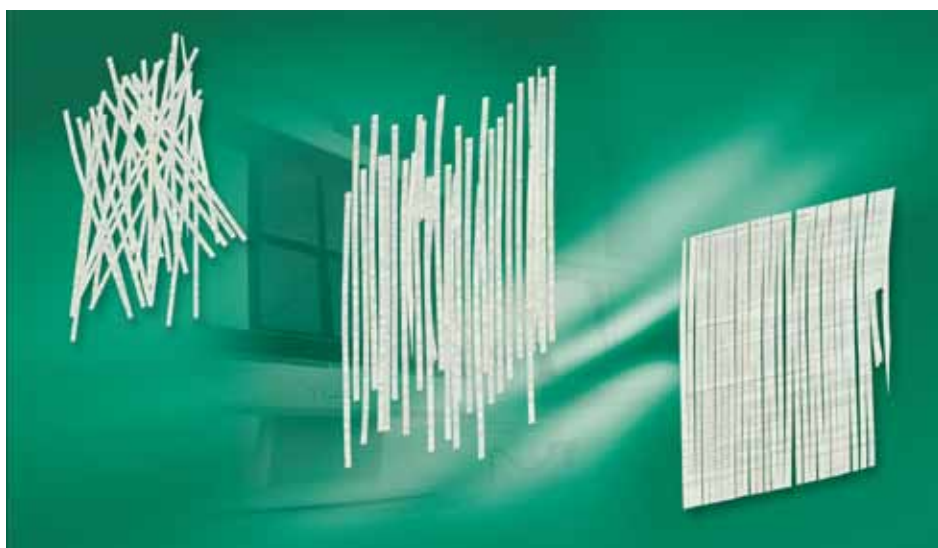
Kathrin Barzik

Telefon: +49 4421 76-84174

Kathrin.Barzik@bertelsmann.de

Security Verification Lab – Sicherheit für Dokumente und Objekte

Das Security Verification Lab Berlin ist eine gemeinsame Initiative der Bundesdruckerei GmbH und des Fraunhofer IPK. Ziel der Kooperation ist es, Systeme für die universelle Dokumentenidentifikation und (Ver-) Fälschungserkennung zu entwickeln und einzusetzen. Im Auftrag von Sicherheitsbehörden aus dem In- und Ausland sollen Dokumente untersucht und vorvernickelte und beschädigte Wertdrucke virtuell rekonstruiert werden.



Virtuelle Rekonstruktion geschredderter Dokumente

► Dokumentenrekonstruktion

Das Fraunhofer IPK hat vor über zehn Jahren begonnen, Technologien zur automatisierten virtuellen Rekonstruktion vorvernickelter Dokumente zu entwickeln. Diese Technologien sind weltweit einzigartig und werden in der Pilotphase zur Rekonstruktion zerissener Stasi-Unterlagen eingesetzt. Diverse Anfragen von vorwiegend staatlichen Behörden aus Osteuropa, Lateinamerika und nicht zuletzt von den deutschen Strafverfolgungsbehörden zeugen von dem großen Potenzial der Technologie. Einige Erfolge der Zoll- und Steuerfahndung aus der letzten Zeit gehen auf die Entwicklung dieses Produkts aus Berlin zurück. Als Adaption aus der vorgenannten Entwicklung besteht beim Fraunhofer IPK

eine weltweit einzigartige Kompetenz zur gerichtsfesten Rekonstruktion geschredderter Unterlagen. Im Rahmen des Security Verification Labs werden diese Technologien den Nachfragern von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) zur Verfügung gestellt und im Rahmen von Projekten mit den Anwendern weiterentwickelt.

► Dokumentensicherheit

Echt oder gefälscht? Diese Frage kann mit »VisionID« dank neuer Methoden der Echtheitsprüfung eindeutig beantwortet werden. Seitdem es Dokumente von hohem Wert gibt, gibt es menschliche Bemühungen diese zu fälschen oder zu manipulieren. Das Fraunhofer IPK hat in

gemeinsamer Arbeit mit der Bundesdruckerei GmbH neue Erkenntnisse zur Entwicklung innovativer Sicherheitsmerkmale für schützenswerte Dokumente erarbeitet. VisionID als integriertes Erkennungs- und Verifikationssystem nutzt spezielle Sensortechniken für die Dokumentendigitalisierung, die Charakterisierung physikalischer Scan- und Druckverfahren sowie die Verfahren der Mustererkennung und Bildverarbeitung. ■

Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Bertram Nickolay

Telefon +49 30 39006-201

bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

► Großereignis im Doppelpack

Der 25. November ist für das PTZ ein bedeutender Tag. Am 25. November 1986 wurde das Produktionstechnische Zentrum mit seiner markanten Architektur eingeweiht. Auf den Tag genau 25 Jahre später, am 25. November 2011, öffnete das Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik AMP, ein Spezialbau für die Mikrofertigung, seine Tore – und vervollständigte das Gebäudekonzept.

Optimale Bedingungen für feinste Bearbeitungstechnologien und perfekte Voraussetzungen für Spitzenleistungen in Forschung und Entwicklung – das bietet das neue Anwendungszentrum Mikroproduktionstechnik AMP seinen Kunden und Partnern. Das hochmoderne Laborgebäude, das am 25. November feierlich eröffnet wurde, ist speziell auf die besonderen Bedürfnisse von Hoch- und Ultrapräzisionstechnologien abgestimmt. Mit Unterstützung der Fraunhofer-Gesellschaft, des Berliner Senats, des BMBF und schließlich auch der TU Berlin konnten die benötigten knapp 5 Millionen Euro mobilisiert werden. Dafür, dass sich das neue AMP-Gebäude lückenlos in die bestehende Architektur des Produktionstechnischen Zentrums PTZ einfügt, sorgte der Architekt Professor Peter Bayerer. Er war bereits in den 1980er Jahren an der Planung des preisgekrönten PTZ-Hauptgebäudes beteiligt und hat auch den hochmodernen Komplex aus Labor- und Büroflächen entworfen, der das PTZ nun um 2400 m² erweitert.

Hier arbeiten Wissenschaftler des Fraunhofer IPK und des IWF der TU Berlin gemeinsam an der Entwicklung von Mikrokomponenten und mikrostrukturierten Bauteilen, der Optimierung von Prozessketten für die Serien- und Massenfertigung, an dem

Test komplexer Mikrosysteme sowie an der Entwicklung ganzer Werkzeugmaschinen.

Bis zu 100 Nanometer klein sind die Bauteile und Strukturen, die moderne Maschinen heute bearbeiten können. Das entspricht 10⁻⁷ m oder dem Zehntel der Dicke eines Spinnenfadens. Entsprechend klein sind die Werkzeuge der Mikroproduktionstechnik – und entsprechend empfindlich reagieren sie auf Umgebungseinflüsse. Würde man beispielsweise ein Auto exakt im Verhältnis 1:100 nachbauen, würde es sich mit Sicherheit nicht proportional verhalten wie das große Vorbild, denn Materialausdehnungen aufgrund von leichten Temperaturschwankungen wirken sich überproportional stark auf die winzigen Teile aus.

Dasselbe gilt für Werkzeugmaschinen. Mit einem veränderten Maßstab ist es auch hier nicht getan. Jede Präzisionsmaschine für die Mikroproduktionstechnik muss deshalb weitgehend neu erfunden werden. Der Präzisionsmaschinenbau ist eine der Kernkompetenzen im AMP. So wurden mit mittelständischen Partnerunternehmen Multitalente unter den Präzisionsmaschinen geschaffen: Sie kombinieren Schrupp- und Schlichtfräser,



AMP-Eröffnung (v. l. n. r.): Prof. Bayerer (Architekt), Prof. Gossner (Fraunhofer-Vorstand), Prof. Uhlmann (Institutsleiter Fraunhofer IPK), Frau Dr. Ulrike Gutheil (Kanzlerin TU Berlin), SenR Bernd Lietzau, MinR Hermann Riehl.



Abtraglaser und optische Inprozessmeßtechnik oder Abtraglaser und eine rotierende, hochfrequent oszillierende Stiftelektrode zur Funkenerosion.

Wo produzierte Teile oder Strukturen mit dem Auge kaum erkennbar sind, entgehen Produktionsabweichungen von wenigen Prozent der Wahrnehmung allemal. Kein Hersteller kann es sich leisten, jedes einzelne Teil von seinen Mitarbeitern unter dem Mikroskop auf Fehler prüfen zu lassen – eine ohnehin sehr ungenaue Methode der Qualitätssicherung. Im AMP werden deshalb auch Messtechniken entwickelt, die mit höchster Genauigkeit automatisiert bestimmen, ob ein winziges Produkt Gutteil oder Ausschuss ist. Die optischen und taktilen Messgeräte des AMP helfen bei der raschen Parameterbestimmung. Für eine kontinuierliche Prozessüberwachung werden die Sensoren direkt in den Arbeitsraum der Präzisionsmaschinen integriert. Sie sammeln permanent Informationen etwa zu Genauigkeit, Geschwindigkeit und Verschleiß im Fertigungssystem.

Im AMP wird in einem Highlight-Projekt außerdem die Verknüpfung der Biotechnologie mit den klassischen Ingenieurwissenschaften vorangetrieben. In der interdisziplinär aufgestellten Nachwuchsguppe »PrE-BioTec« greifen Kompetenzen der Mikrobiologie und Genetik mit produktionstechnischem Know-how ineinander: Wissenschaftler der Fachgebiete Fertigungstechnik, Werkstoffwissenschaften, Biologie und Mikrobiologie entwickeln innovative biotechnologische Verfahren zur Anwendung im industriellen Kontext. Im Zentrum der Arbeit steht die sogenannte zellfreie Biotechnologie. Wichtigster Forschungsgegenstand sind die Entwicklung und Optimierung

von Bioreaktoren im Mikroliterbereich, in denen die Synthese ablaufen kann. So kann der Materialverbrauch signifikant verringert und der Probendurchsatz erhöhen werden.

So viel wissenschaftliche Exzellenz verlangt nach einer gebührenden Einweihung. An ein internationales Publikum aus Forschung, Industrie und Politik richteten sich die Grußworte der Gastredner, unter ihnen Ministerialrat Hermann Riehl, die Kanzlerin der TU Berlin Dr. Ulrike Gutheil und der Hauptgeschäftsführer der Vereinigung der Unternehmensverbände in Berlin und Brandenburg Christian Amsinck.

»Heute schließt sich nicht ein Kreis, aber ein Halbkreis«, sagte Professor Eckhard Uhlmann in seiner Festansprache. Denn mit dem AMP wurde der architektonische Bogen vollendet, den die Architekten bereits mehr als 25 Jahre zuvor bei der Planung des Hauptgebäudes als mögliche Erweiterung des PTZ vorgesehen hatten. Indem einer der damals beteiligten Architekten, Peter Bayerer, nach einem viertel Jahrhundert auch die Planung des AMP übernahm, setzt sich die mit dem Deutschen Architekturpreis ausgezeichnete Gebäudesprache auch in dem Anbau fort.

25 Jahre Kooperation, 25 Jahre wissenschaftliche Höchstleistungen, das ist die Tradition, an die im AMP angeknüpft wird. So war der Tag der Eröffnung des zukunftsweisenden Spezialbaus auch ein Tag der Rückschau, der Erinnerung und der Würdigung der ereignisreichen Geschichte des Doppelinstituts. Rund 250 Freunde des PTZ nahmen an dem Festkolloquium zu Ehren des Jubiläums teil. Unter ihnen waren politische Förderer und wissenschaftliche Kollegen, Industriepartner und Mitarbeiter der PTZ der vergangenen Jahrzehnte. Professor Jörg Steinbach, Präsident der TU Berlin, und Professor Rainer Stark, Geschäftsführender Direktor des IWF, begrüßten die Festgesellschaft, bevor sich das Kolloquium inhaltlichen Themen der Produktionstechnik zuwandte. Bei einem Festessen im winterlich beleuchteten Versuchsfeld des PTZ klang der Tag der Großereignisse aus.



► Botschafter von Guatemala zu Gast am Fraunhofer IPK



Carlos Jiménez Licona, Botschafter von Guatemala, informiert sich über die Technologie zur Akten-Rekonstruktion

Am 22. August 2011 besuchte der Botschafter der Republik Guatemala, Carlos Jiménez Licona, das Fraunhofer IPK, um sich über die Bilderkennungssoftware der Abteilung Sicherheitstechnik zu informieren. 2005 wurde in Guatemala ein Polizeiarchiv wiederentdeckt, in dem u. a. die Menschenrechtsverletzungen durch Militärs während des Bürgerkrieges Anfang der 1980er Jahre dokumentiert sind. Der Bürgerkrieg kostete rund 200 000 Menschen das Leben. Die Aufarbeitung dieses Kapitels der guatemalischen Geschichte erfordert sehr viel Zeit und Einsatz – ähnlich der Aufarbeitung der Stasiunterlagen in Deutschland. Die Fraunhofer-Technologie zur automatisierten virtuellen Rekonstruktion zerschnittener Dokumente ist deshalb auch für Guatemala interessant.

■ Ihr Ansprechpartner

Dr. Bertram Nickolay
 Telefon +49 30 39006-201
 bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

► Außenminister Ecuadors zu Gast im PTZ

Große Ehre für das PTZ: Während seines Deutschlandbesuchs schaute der ecuadorianische Außenminister Ricardo Patino am 13. Oktober 2011 auch am Charlottenburger Spreebogen vorbei und informierte sich über Forschung und Entwicklung von Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin. Gemeinsam mit Ecuadors Botschafter in Deutschland, Jorge Jurado, testete er neuestes Produktdesign im Virtual Reality Solution Center und überzeugte sich höchstpersönlich von der leistungsfähigen Reinigungstechnologie der Fraunhofer-Forscher.



Haben alles im Blick: Ecuadors Außenminister Ricardo Patino (2. v. r.) und Botschafter Jorge Jurado (3. v. r.)



Hat alles im Griff: Außenminister Ricardo Patino beim Trockeneisstrahlen

► Ingenieur, Kunstliebhaber, Chronist

Nur wer über den Tellerrand schaut, kann die Welt begreifen und sie verbessern. Dr. Bertram Nickolay, Leiter der Abteilung Sicherheitstechnik am Fraunhofer IPK, ist ein solcher Tellerrandspäher. Für ihn ist Technik niemals ein Selbstzweck, sondern dient immer auch der Gesellschaft, in der wir leben. Die Rekonstruktion der zerrissenen Stasiakten etwa ist mehr als eine wissenschaftliche Herausforderung für ihn. Sie ist Teil der DDR-Geschichte, mit der er sich über enge Freunde und deren Vergangenheit verbunden fühlt. Seine jüngstes Engagement jenseits von Bilderkennung und Software-Fragen galt einem Gedenkband zu Ehren des jüdischen Schriftstellers Adam Zielinski. Als Koautor verfasste er einen Beitrag für das kürzlich im Wieser-Verlag erschienene Buch »Galizien existiert in unserern Herzen«. Darin erinnert Nickolay an seine Pläne für einen Lese- und Diskussionsabend, auf dem der Autor Zielinski und sein Werk erstmals in Berlin vorgestellt werden sollten. Durch den unerwarteten Tod Zielinskis im Juni 2010 wurde daraus ein Gedenkabend für den Schriftsteller in der ufaFabrik Berlin, der jetzt noch einmal in dem Gedenkbuch auflebt.

■ Ihr Ansprechpartner

Dr. Bertram Nickolay
Telefon +49 30 39006-201
bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

Bialek/Busek/Schleicher/Wieser (Hg.)

Galizien existiert in unseren Herzen

Ein Adam-Zielinski-Gedenkbuch

Wieser



Gedenkband zu Ehren Adam Zielinakis

► Truck-Event am PTZ

19 Meter ist er lang – der Showtruck der Firma Trumpf, der im Rahmen einer Roadshow am 5. September 2011 Station auf dem Parkplatz des PTZ gemacht hat. Im Innern des Trucks erwartete Besucher Laser-Life-Anwendungen wie das CO₂-Lasern und der »High-Power-Festkörperlaser«. Parallel dazu informierten Wissenschaftler und Anlagenhersteller im PTZ über das breite Feld der Lasermaterialbearbeitung.

Die Tour führte den Showtruck im September durch ganz Deutschland. Nach Hamburg und Berlin standen unter Anderem Leipzig, Saarbrücken und Wuppertal auf dem Plan.

■ Ihr Ansprechpartner

Steffen Pospischil
Telefon +49 30 39006-140
steffen.pospischil@ipk.fraunhofer.de



Der Trumpf-Truck auf dem Parkplatz des PTZ

► Parlamentarischer Abend



Parlamentarischer Abend im Kaisersaal

Am 8. September 2011 luden das Fraunhofer IPK und die Deutsche Parlamentarische Gesellschaft in den Kaisersaal des Jakob-Kaiser-Hauses ein. Etwa 20 Abgeordnete des Bundestages sowie der Botschafter von Chile nutzten das Angebot und informierten sich über die Möglichkeiten der virtuellen Rekonstruktion.

Entwickelt wurde das System, um eine automatisierte Rekonstruktion zerrissener Akten des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen DDR zu ermöglichen. Auch Bundestagsvizepräsident Wolfgang Thierse und der Bundesbeauftragte für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes Roland Jahn waren zu Gast. Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger, Leiter des Geschäftsfeldes Automatisierungstechnik am IPK moderierte die Veranstaltung. Im Anschluss genossen Gäste und Vortragende die stilvolle Atmosphäre und diskutierten angeregt.

■ Ihr Ansprechpartner

Steffen Pospischil
Telefon +49 30 39006-140
steffen.pospischil@ipk.fraunhofer.de

► Hoher Besuch aus Kanada

Am 9. November 2011 besuchte der Kanadische Minister für Wissenschaft und Technologie, Gary Goodyear, mit einer Delegation das Fraunhofer IPK. Begrüßt wurde er von Prof. Ulrich Buller, Forschungsvorstand der Fraunhofer-Gesellschaft, und Institutsleiter Prof. Eckart Uhlmann. Nach einer Einführung zur Arbeit und Organisation der Fraunhofer-Gesellschaft durch Prof. Buller und der Vorstellung des Fraunhofer IPK durch Prof. Uhlmann konnte sich der Minister an konkreten Projekten ein Bild von der Entwicklungsarbeit am IPK machen. Im Secure Verification Lab demonstrierte Projektleiter Jan Schneider die Herausforderungen des »Stasi-Schnipsel-Projekts«. Arne Dethlefs führte im Versuchsfeld die Roboterzelle zur flexiblen Fertigung vor. Zum Stichwort »Elektromobilität« konnte Minister Goodyear selbst aktiv werden: Unter der sachkundigen Anleitung von Projektleiter Werner Schönewolf transportierte er mit Hilfe eines am IPK entwickelten Micro Carriers wie ein Paketbote der Zukunft Waren durch das Versuchsfeld.



Prof. Dr. Ulrich Buller, Minister Gary Goodyear und Prof. Dr. Eckart Uhlmann

■ Ihr Ansprechpartner

Steffen Pospischil
Telefon +49 30 39006-140
steffen.pospischil@ipk.fraunhofer.de

Zur Wissenschaft gehört die Wissenschaftskommunikation. Unsere Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung präsentieren wir regelmäßig auf Messen, Tagungen und in Seminaren. Wo und wann Sie mit uns ins Gespräch kommen können, verrät Ihnen unser Terminkalender.

► Termine

Mehr Können – Veranstaltungen 2012

26./27. Jan 2012	Seminar: Wissensbilanz-Moderator
23. Feb 2012	Workshop: Produktionstechnik für zellfreie Biotechnologie
27. Feb 2012	Seminar: Requirements Engineering
1. März 2012	Seminar: Integrierte Managementsysteme
14./15. März 2012	Workshop: desCRY
14./15. März 2012	Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference
15./16. März 2012	Workshop: Mikrofertigung
19./20. März 2012	Industrieller Arbeitskreis: Strahlverfahren
22./23. März 2012	Industrieller Arbeitskreis: Berliner Runde
22./23. März 2012	Workshop: Schweißsimulation
23. März 2012	Seminar: Wissensmanagement
29. März 2012	Industrieller Arbeitskreis: Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe
16./17. April	Workshop: Reverse Engineering
19. April 2012	Industrieller Arbeitskreis: Keramikbearbeitung
23. - 27. April 2012	Hannover Messe
25. April 2012	Forum Sichere Identität

Weitere Informationen zu den Veranstaltungen und Möglichkeiten zur Anmeldung finden Sie unter

🔗 www.ipk.fraunhofer.de/weiterbildung



TIPP

Mehr Können 2012

Das komplette Veranstaltungsprogramm »Mehr Können 2012« von Fraunhofer IPK und IWF der TU Berlin ist als Download im Internet verfügbar. Wenn Sie ein kostenloses Druckexemplar bestellen möchten, schicken Sie uns einfach eine E-Mail an:

weiterbildung@ipk.fraunhofer.de

■ Ihre Ansprechpartnerin

Claudia Engel

Telefon +49 30 39006-238

claudia.engel@ipk.fraunhofer.de

Kurzprofil

Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin

Das Produktionstechnische Zentrum PTZ Berlin umfasst das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der Technischen Universität Berlin und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. Im PTZ werden Methoden und Technologien für das Management, die Produktentwicklung, den Produktionsprozess und die Gestaltung industrieller Fabrikbetriebe erarbeitet. Zudem erschließen wir auf Grundlage unseres fundierten Know-hows neue Anwendungen in zukunftsträchtigen Gebieten wie der Sicherheits-, Verkehrs- und Medizintechnik.

Besonderes Ziel des PTZ ist es, neben eigenen Beiträgen zur anwendungsorientierten Grundlagenforschung neue Technologien in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zu entwickeln. Das PTZ überführt die im Rahmen von Forschungsprojekten erzielten Basisinnovationen gemeinsam mit Industriepartnern in funktionsfähige Anwendungen.

Wir unterstützen unsere Partner von der Produktidee über die Produktentwicklung und die Fertigung bis hin zur Wiederverwertung mit von uns entwickelten oder verbesserten Methoden und Verfahren. Hierzu gehört auch die Konzipierung von Produktionsmitteln, deren Integration in komplexe Produktionsanlagen sowie die Innovation aller planenden und steuernden Prozesse im Unternehmen.

Ihre Ansprechpartner im PTZ Berlin

Unternehmensmanagement

Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins
Telefon +49 30 39006-233, -234
kai.mertins@ipk.fraunhofer.de

Virtuelle Produktentstehung, Industrielle Informationstechnik

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark
Telefon +49 30 39006-243
rainer.stark@ipk.fraunhofer.de

Produktionssysteme, Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Telefon +49 30 39006-101
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

Füge- und Beschichtungstechnik (IPK)

Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier
Telefon +49 30 8104-1550
michael.rethmeier@ipk.fraunhofer.de

Füge- und Beschichtungstechnik (IWF)

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark (komm.)
Telefon +49 30 314-25415
rainer.stark@tu-berlin.de

Automatisierungstechnik, Industrielle Automatisierungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger
Telefon +49 30 39006-181
joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

Montagetechnik und Fabrikbetrieb

Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger
Telefon +49 30 314-22014
guenther.seliger@mf.tu-berlin.de

Qualitätsmanagement, Qualitätswissenschaft

Prof. Dr.-Ing. Roland Jochem
Telefon +49 30 39006-118
roland.jochem@ipk.fraunhofer.de

Medizintechnik

Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve
Telefon +49 30 39006-120
erwin.keeve@ipk.fraunhofer.de

Fraunhofer- Innovationscluster

Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in Energie und Verkehr

Dipl.-Ing. Markus Röhrner
Telefon +49 30 39006-279
markus.roehner@ipk.fraunhofer.de

Sichere Identität

Dipl.-Phys. Thorsten Sy
Telefon +49 30 39006-282
thorsten.sy@ipk.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianzen

AdvanCer

Hochleistungskeramik
Tiago Borsoi Klein M.Sc.
Telefon +49 30 39006-154
tiago.borsoi.klein@ipk.fraunhofer.de

Reinigungstechnik

Dipl.-Ing. Martin Bilz
Telefon +49 30 39006-147
martin.bilz@ipk.fraunhofer.de

Verkehr

Dipl.-Ing. Werner Schönewolf
Telefon +49 30 39006-145
werner.schoenewolf@ipk.fraunhofer.de

Arbeitskreise

Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe

Fiona Sammler, M.Eng.Sc.
Telefon +49 30 314-21791
fiona.sammler@iwf.tu-berlin.de

Keramikbearbeitung

Dipl.-Ing. Florian Heitmüller
Telefon +49 30 314-23624
heitmueller@iwf.tu-berlin.de

Trockeneisstrahlen

Dipl.-Ing. Martin Bilz
Telefon +49 30 39006-147
martin.bilz@ipk.fraunhofer.de

Mikroproduktionstechnik

Dr.-Ing. Dirk Oberschmidt
Telefon +49 30 39006-159
dirk.oberschmidt@ipk.fraunhofer.de

Berliner Runde (Werkzeugmaschinen)

Dipl.-Ing. Christoph König
Telefon +49 30 314-23568
ckoenig@iwf.tu-berlin.de

Kompetenzzentren

Anwendungszentrum

Mikroproduktionstechnik (AMP)
Dr.-Ing. Dirk Oberschmidt
Telefon +49 30 39006-159
dirk.oberschmidt@ipk.fraunhofer.de

Benchmarking

Dr.-Ing. Holger Kohl
Telefon +49 30 39006-168
holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

Elektromobilität

Dipl.-Ing. Werner Schönewolf
Telefon +49 30 39006-145
werner.schoenewolf@ipk.fraunhofer.de

Mehr Können – Veranstaltungen 2012

Claudia Engel
Telefon +49 30 39006-238
claudia.engel@ipk.fraunhofer.de

Methods-Time Measurement

Dipl.-Ing. Aleksandra Postawa
Telefon +49 30 314-26866
postawa@mf.tu-berlin.de

Modellierung technologischer und logistischer Prozesse in Forschung und Lehre

Dipl.-Ing. Sylianos Chiotellis M.Sc.
Telefon +49 30 314-23547
skernb@mf.tu-berlin.de

PDM/PLM

Dr.-Ing. Haygazun Hayka
Telefon +49 30 39006-221
haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

Rapid Prototyping

Dipl.-Ing. (FH) Kamilla Urban
Telefon +49 30 39006-107
kamilla.urban@ipk.fraunhofer.de

Simulation

Dipl.-Ing. Pavel Gocev
Telefon +49 30 39006-170
pavel.gocev@ipk.fraunhofer.de

Self-Organising Production (SOPRO)

Dipl.-Ing. Eckhard Hohwieler
Telefon +49 30 39006-121
eckhard.hohwieler@ipk.fraunhofer.de

Szenarien für die Produkt- entwicklung und Fabrikplanung

Dipl.-Ing. Marco Eisenberg
Telefon +49 30 314-25549
meisenberg@mf.tu-berlin.de

Virtual Reality Solution Center (VRSC)

Dr.-Ing. Johann Habakuk Israel
Telefon +49 30 39006-109
johann.habakuk.israel@ipk.fraunhofer.de

Wiederverwendung von Betriebsmitteln

Dipl.-Ing. Timo Fleschutz
Telefon +49 30 314-22404
tfleschutz@mf.tu-berlin.de

Wissensmanagement

Dr.-Ing. Dipl.-Psych. Ina Kohl
Telefon +49 30 39006-264
ina.kohl@ipk.fraunhofer.de

Zentrum für Innovative Produktentstehung (ZIP)

Dr.-Ing. Haygazun Hayka
Telefon +49 30 39006-221
haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

