

# weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

1/18

## Arbeitswelt 2025

### Energie

Das größte Windrad der Welt

### Digitalisierung


Blockchain-Technologie

### Life Sciences

Die Allergie-Detektive

# Wo die Zukunft der Arbeit beginnt





In der neuen Microsoft-Deutschland-Zentrale in München sind die offenen Arbeitslandschaften der Zukunft schon heute Realität. Konzipiert wurden sie vom Fraunhofer IAO.  
© Microsoft Deutschland

Die Innovationen, die die Arbeitswelt von morgen prägen, entstehen jetzt. Wir haben Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher gefragt, wie ihre Entwicklungen den Arbeitsalltag eines Ingenieurs in den nächsten Jahren verändern könnten. Ihre Antworten und Zukunftsszenarien bilden die Basis für die fiktive Geschichte von Jens Kowalski. Sie spielt im Jahr 2025 in der Arbeitswelt einer Forschungs- und Entwicklungsabteilung der deutschen Industrie.

Text: Christine Broll

## Die neuen Arbeitswelten

Die Technologien, die in Zukunft unsere Arbeitswelt prägen, werden jetzt entwickelt. Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher tragen mit einer breiten Palette an Projekten dazu bei.

### Arbeitsumgebung

**Workspace Innovation Lab** | Die Bürowelt des Zentrums für Virtuelles Engineering ZVE des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO dient als Experimentierraum, um die Wirkungen innovativer Arbeitsumgebungen zu erforschen. | <http://s.fhg.de/wv1>

### Visualisierungs-Technologien

**Multi-Biometrische Gesichtserkennung** | Durch die Nutzung von 3D- und 2D-Gesichtserkennung können Personen besser identifiziert werden. Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, BiometrieLab <http://s.fhg.de/wv2>

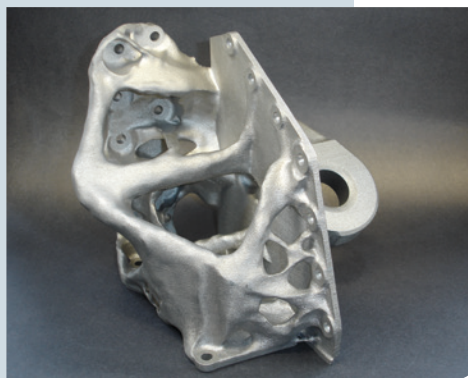
**Extended Workdesk** | Die gesamte Oberfläche des Schreibtischs ist ein Oled-Multi-Touch-Bildschirm, auf dem 2D-Anwendungsfenster und 3D-Objekte frei angeordnet werden können. Fraunhofer IAO, Visual Technologies Lab | <http://s.fhg.de/wv4>

**ProTable** | Durch hochauflösende Aufprojektion wird ein normaler Konferenztisch zu einer interaktiven Oberfläche, auf der 3D-Objekte dargestellt werden, als ob sie auf dem Tisch stünden. Fraunhofer IAO, Visual Technologies Lab | <http://s.fhg.de/wv7>

**Immersive Video Communication** | Spezielle Kamerasysteme und komplexe Algorithmen ermöglichen es, dass das virtuelle Abbild eines Menschen in voller Größe und dreidimensional in einem Raum erscheint. Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI | <http://s.fhg.de/wv8>

### Additive Fertigung

**Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung** | Die Allianz koordiniert die Fraunhofer-Aktivitäten auf dem Gebiet der generativen Fertigung, die auch als additive Fertigung oder vereinfacht als 3D-Druck bezeichnet wird. Der Allianz gehören 17 Fraunhofer-Institute an. Sie bildet die gesamte Prozesskette ab. Dies umfasst die Entwicklung, Anwendung und Umsetzung generativer Fertigungsverfahren und Prozesse sowie die dazugehörigen Materialien. | <http://s.fhg.de/wv9>



Diskussion mit dem Crowd-Worker am Extended Workdesk. Die gesamte Oberfläche des Schreibtischs ist ein Multi-Touch-Bildschirm. © Fraunhofer IAO, Ludmilla Parsyak

Durch additive Fertigung lassen sich ultraleichte und extrem stabile Bauteile herstellen, wie dieses Getriebeteil eines Helikopters. © Fraunhofer IFAM

\* Namen von der Redaktion geändert

München, 7. Februar 2025. Nach der Mittagspause geht Jens Kowalski\* in die lichtdurchflutete Lounge des neuen Bürogebäudes. Seit die Einzelbüros von einer offenen Arbeitslandschaft abgelöst wurden, checkt er seine Nachrichten am liebsten in den bequemen Entspannungssesseln in der Nähe der Cafeteria. Ein Serviceroboter begrüßt ihn: »Hallo Jens, möchtest du wie immer einen doppelten Espresso?« Jens bejaht und der Roboter fährt zum Kaffeeautomaten, um ihm das gewünschte Getränk zu holen. Dann legt der Ingenieur die Füße hoch und klappt das Touch-Display aus der Armlehne des Sessels. Genau wie der Serviceroboter arbeitet auch das IT-System mit Gesichtserkennung und zeigt Jens gleich seine neuesten Nachrichten an. Mit Spannung öffnet er die Mail des Flugzeugherstellers, für den seine Projektgruppe mehrere Bauteile entwickelt hat. Enttäuscht lässt er das Display sinken. Es gibt schlechte Nachrichten.

**Einzelbüros werden abgelöst von offenen Arbeitslandschaften.**

Mitja Jurecic, Fraunhofer IAO

Jens' Firma hatte den Auftrag, für den Flugzeughersteller die Türrahmen und die Sitzhalterungen für ein neues Flugzeugmodell zu entwickeln. Mit den Türrahmen ist der Kunde zufrieden, mit der Sitzhalterung allerdings nicht. Der Prototyp hat bei der äußerst strengen Qualitätsprüfung nicht alle Anforderungen bestanden. Wo die Schwachstelle liegt, sieht Jens in den animierten Grafiken.

Die Firma, bei der der 45-Jährige seit zwölf Jahren arbeitet, begann als kleines Start-up für additive Fertigung, bei der Bauteile durch einen schichtweisen, dreidimensionalen Auftrag von Werkstoffen hergestellt werden. Im Gegensatz zu Konkurrenzunternehmen, die nur auf additive Fertigung setzen, hat die Firma additive Fertigungsverfahren mit konventionellen Technologien kombiniert und damit den Durchbruch geschafft. Mit der hybriden Bauweise kann sie Leichtbauteile äußerst kostengünstig produzieren.

Nach dem Lesen der schlimmen Nachricht ist die mittägliche Entspannung dahin. Jens geht in eines der kleinen Büros, die für konzentrierte Arbeiten zur Verfügung stehen. In der neuen Arbeitslandschaft zieht er sich eigentlich nur noch selten in ein abgeschlossenes Büro zurück. Er schätzt die Möglich-

**Gute biometrische Erkennungssysteme können zukünftig viele Passwörter ersetzen.**

Dr. Andreas Braun, Fraunhofer IGD

keiten zur zwanglosen Kommunikation, die ihm die offenen Bereiche bieten. Doch jetzt braucht er erst einmal Ruhe und ruft die Daten des Projekts auf. Seit Langem arbeitet er nicht mehr an dem klassischen Desktop-Arbeitsplatz mit Monitor, Tastatur und Maus, der über Jahrzehnte die Bürowelt prägte. Ihm steht ein Extended Workdesk zur Verfügung. Die gesamte Schreibtischoberfläche ist ein Touchscreen, auf dem er gleichzeitig an Texten, Grafiken und Tabellen arbeitet. Zusätzlich stehen auf dem Schreibtisch zwei Monitore, mit denen er 3D-Objekte visualisieren kann.

Jens' Firma hatte den Auftrag, für den Flugzeughersteller die Türrahmen und die Sitzhalterungen für ein neues Flugzeugmodell zu entwickeln. Mit den Türrahmen ist der Kunde zufrieden, mit der Sitz-

halterung allerdings nicht. Der Prototyp hat bei der äußerst strengen Qualitätsprüfung nicht alle Anforderungen bestanden. Wo die Schwachstelle liegt, sieht Jens in den animierten Grafiken.

Die Firma, bei der der 45-Jährige seit zwölf Jahren arbeitet, begann als kleines Start-up für additive Fertigung, bei der Bauteile durch einen schichtweisen, dreidimensionalen Auftrag von Werkstoffen hergestellt werden. Im Gegensatz zu Konkurrenzunternehmen, die nur auf additive Fertigung setzen, hat die Firma additive Fertigungsverfahren mit konventionellen Technologien kombiniert und damit den Durchbruch geschafft. Mit der hybriden Bauweise kann sie Leichtbauteile äußerst kostengünstig produzieren.

Nach dem Lesen der schlimmen Nachricht ist die mittägliche Entspannung dahin. Jens geht in eines der kleinen Büros, die für konzentrierte Arbeiten zur Verfügung stehen. In der neuen Arbeitslandschaft zieht er sich eigentlich nur noch selten in ein abgeschlossenes Büro zurück. Er schätzt die Möglich-

keiten zur zwanglosen Kommunikation, die ihm die offenen Bereiche bieten. Doch jetzt braucht er erst einmal Ruhe und ruft die Daten des Projekts auf. Seit Langem arbeitet er nicht mehr an dem klassischen Desktop-Arbeitsplatz mit Monitor, Tastatur und Maus, der über Jahr-

Für die Sitzhalterung hatte Jens eine hybride Struktur entwickelt. Die Bodenplatte, die am Flugzeugrumpf festgeschraubt wird, ist im Spritzgussverfahren hergestellt. Die Befestigungselemente für die Sitze hat er nach dem Vorbild eines menschlichen Knochens konstruiert – als feines und trotzdem äußerst stabiles Gerüst, das optimal auf Druck- und Zugbewegungen reagiert. Produziert wird dieses bionische Element in additiver Fertigung aus einer leichten Titanlegierung. Gerade bei den Sitzen – rund 500 werden in ein Flugzeug eingebaut – zählt jedes Gramm Gewichtseinsparung, um den Treibstoffverbrauch zu reduzieren.

Noch am gleichen Nachmittag trifft sich Jens Kowalski mit Martin Kramer\* und Laura Schneider\* aus seinem Team zur Besprechung an dem Projection Table. Durch ein spezielles Projektionssystem an der Decke können sie das Bauteil auf dem Tisch als virtuelles Modell so darstellen, als ob es tatsächlich dort stünde. Es lässt sich sogar drehen und damit von allen Seiten betrachten. Gemeinsam spielen die drei eini- ge Optimierungen durch und lassen an dem Modell gleich die Simulationen laufen. Doch eine zündende Idee haben sie nicht. Daher beschließen sie, die Konstruktion der Sitzhalterung auf einer Crowd-Engineering-Plattform im Internet auszuschreiben.

In den letzten Jahren haben sich die Crowd-Working-Plattformen als wichtiger Wirtschaftsfaktor etabliert. Dort bieten Unternehmen Arbeitsaufträge an – vom Erstellen einfacher Kurztexte bis hin zu anspruchsvollen Engineering-Aufgaben. Möglich wurde diese Art der Arbeitsteilung durch die Digitalisierung, mit der sich Wertschöpfungsprozesse in kleine Schritte zerlegen und auslagern lassen.

Den ausgeschriebenen Aufträgen steht ein immer größer werdendes Heer von Solo-Selbstständigen gegenüber, die sich für die Arbeitspakete bewerben und auf den Plattformen bewertet werden. Sie arbeiten ohne Mindestlohn und ohne soziale Absicherung. Forderungen der Gewerkschaften, die Crowd-Worker in die gesetzliche Kranken- und Rentenversicherung einzubeziehen, werden seit Langem diskutiert – bislang aber ohne Erfolg.

Jens' Firma hat durch das Crowd-Engineering schon Kontakt zu äußerst kreativen Köpfen gefunden – und damit auch Geld für die Finanzierung der eigenen Entwicklungsabteilung gespart. Für das Projekt mit der Sitzhalterung haben sich Hanna Keller\* und Lukas Schweizer\* mit guten Ideen beworben.

**Interaktive Flächen werden den klassischen Bildschirmarbeitsplatz verdrängen.**

Dr. Matthias Bues, Fraunhofer IAO

**Additive Fertigung wird mit konventionellen Technologien wie Gießen oder Fräsen kombiniert.**

Dr. Kristian Arntz, Fraunhofer IPT

**In der digitalen Wirtschaft werden immer mehr Arbeitsschritte ausgelagert.**

Dr. Simone Kimpeler, Fraunhofer ISI



Durch Aufprojektion wird ein normaler Konferenz-tisch zur interaktiven Fläche. Eine Spezialbrille ermöglicht die Arbeit mit 3D-Objekten. © U. Völ-ker, Fotoagentur FOX

Über eine Gehirn-Computer-Schnittstelle kommuniziert der Werker direkt mit dem Roboter, der sich dadurch sensibel auf seinen menschlichen Kollegen einstellen kann. © Fraunhofer IAO, Ludmilla Parsyuk



### **Aachen Center for Additive Manufacturing ACAM |**

In dem Zentrum für additive Fertigung arbeiten das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie zusammen. Ziel ist es, produzierende Unternehmen in die Lage zu versetzen, diese Technologie sinnvoll und gewinnbringend für ihre Produktionsprozesse einzusetzen. | <http://s.fhg.de/wv10>

**AGENT-3D |** Das Konsortium formiert eine strategische Allianz für Forschung, Innovation und Wachstum im Bereich der additiv-generativen Fertigung mit über 120 Partnern aus Forschung und Industrie. Ziel ist es, Deutschland die Technologieführerschaft in den zentralen Bereichen der additiv-generativen Fertigung zu sichern. Die Leitung liegt bei der Fraunhofer-Gesellschaft. | <http://s.fhg.de/wv11>

### **Arbeitsorganisation und sozialer Wandel**

**Zukunftsstudie 2027, #ICHINZEHNJAHREN |** Wie aktuelle Technologien und Entwicklungen unsere Lebenswelten verändern, untersuchte das Fraunhofer IAO in einer Online-Befragung von rund 3000 Menschen. Ein Ergebnis: Der typische Acht-Stunden-Tag gehört 2027 der Vergangenheit an. Arbeit und Freizeit werden verschmelzen, es kommt zum Work-Life-Blending. | <http://s.fhg.de/wv12>

### **Foresight-Studie zum digitalen Wandel der Arbeitswelt |**

Die Studie für die Vodafone Stiftung ergab unter anderem, dass die Unternehmen zukünftig immer mehr Arbeitsschritte auslagern. Um die Aufträge müssen sich Click- und Crowd-Worker auf Internet-Plattformen jedes Mal wieder neu bewerben. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI | <http://s.fhg.de/wv13>

**Mobile Arbeit |** Eine Befragung von ca. 680.000 Beschäftigten des verarbeitenden Gewerbes ergab, dass örtlich flexible Arbeit zu ausufernden Arbeitszeiten führen kann. Die positiven Wirkungen der mobilen Arbeit auf die Work-Life-Balance scheinen diesen Nachteil allerdings zu kompensieren. Fraunhofer IAO | <http://s.fhg.de/wv14>

**SANDRA – intelligentes betriebliches Erreichbarkeitsmanagement |** Ein digitaler Erreichbarkeitsassistent klassifiziert E-Mails nach ihrer Wichtigkeit. Der Nutzer entscheidet, welche Priorität Mails haben müssen, damit sie ihm auch nach Feierabend oder am Wochenende zu-gestellt werden. Fraunhofer IAO | <http://s.fhg.de/wv15>

**Zukunftsfähige Führung |** In der Studie für die Bertelsmann Stiftung wird deutlich, dass Hierarchien an Bedeutung verlieren. Die Projektarbeit rückt in den Vordergrund, die Führungskraft orchestriert die Projektteams, sucht Synergien und Kompetenzen. Fraunhofer IAO | <http://s.fhg.de/wv16>  
Weitere Publikationen zum Thema »Führung in der grenzenlosen Arbeitswelt«: <http://s.fhg.de/wv17>

Hanna Keller, 25, ist seit dem Ingenieurstudium als digitale Nomadin auf Weltreise und arbeitet unterwegs gemeinsam mit Webdesignern, Journalisten oder Architekten in Co-Working Spaces. Vor zehn Jahren waren die digitalen Nomaden noch eine exotische Minderheit, heute nutzen viele diese Möglichkeit, um nach dem Studium oder während eines Sabbaticals Geld zu verdienen.

**Mit dem Crowd-Engineering werden Firmen die dynamische SchwachmIntelligenz von Entwicklern weltweit nutzen.**

Michael Hertwig, Fraunhofer IAO

intensiv an ihrem digitalen Profil arbeitet, schätzt Lukas die an Exhibitionismus grenzende Selbstvermarktung auf den Crowd-Working-Portalen nicht und nimmt dafür in Kauf, weniger Aufträge zu erhalten. Er kann sich damit gerade so über Wasser halten.

Auch in den Unternehmen ist die Arbeit flexibler geworden. Hierarchien verlieren an Bedeutung. Es zählt der Erfolg in der Projektarbeit. Die Mitarbeitenden sind in wechselnden Projektteams organisiert und werden von den jeweiligen Projektleitern geführt. Die disziplinarischen Vorgesetzten sind meist nur noch für das Mitarbeitergespräch und die berufliche Weiterentwicklung zuständig. Für die meisten Angestellten ist es nicht mehr erstrebenswert, in der Hierarchie eines Unternehmens aufzusteigen.

Vor zehn Jahren musste Jens noch einen schriftlichen Antrag stellen, wenn er einen Tag pro Woche im Homeoffice oder unterwegs arbeiten wollte. Heute kann er seine Arbeitszeit weitgehend flexibel gestalten. Der klassische Acht-Stunden-Tag gehört bei Wissensarbeitern wie ihm der Vergangenheit an. Und damit auch das früher sehr beliebte Gleitzeitkonto. Für die 35 Arbeitsstunden, die er dem Arbeitgeber wöchentlich schuldet, gilt die Vertrauensarbeitszeit. Das heißt: Die Arbeitszeit wird nicht mehr durch ein System erfasst.

**Die hierarchische Stellung verliert an Bedeutung. Was zählt, ist der Erfolg in der Projektarbeit.**

Dr. Josephine Hofmann, Fraunhofer IAO

schätzung für persönliche Treffen, was der Meeting-Kultur in den Unternehmen sehr gutgetan hat. Jens nutzt die Freiheit und arbeitet gerne abends zu Hause. So kann er nachmittags auch mal joggen oder sich um seinen Sohn kümmern. Aus der Work-Life-Balance, in der Arbeit und Freizeit strikt

Lukas Schweizer, 36, war bis vor fünf Jahren mit einem Zeitvertrag in Jens' Unternehmen beschäftigt. Nachdem der Vertrag nicht verlängert wurde, konnte er sich die Miete in München nicht mehr leisten und zog nach Niederbayern. Im Gegensatz zu Hanna, die

voneinander getrennt und gut ausbalanciert waren, ist das Work-Life-Blending geworden. Dieses Verschmelzen von Arbeit und Privatleben geht Jens in stressigen Zeiten aber auch an die Substanz. Dann arbeitet er wesentlich mehr als die vereinbarten 35 Stunden und wälzt Probleme aus der Arbeit auch nachts im Bett.

Um an seinen freien Tagen auch mal abschalten zu können, benutzt Jens seit Kurzem einen Erreichbarkeitsassistenten. Das intelligente Programm kann mithilfe einer speziellen Textverarbeitung, dem Natural Language Processing, feststellen, wie wichtig eine Mail für ihn ist, und sie nach Prioritäten ordnen. Jens kann festlegen, zu welchen Zeiten ihn Nachrichten mit welcher Priorität erreichen.

Nachdem Hanna und Lukas ihre ersten Entwürfe am Wochenende geschickt haben, optimiert Jens mit ihnen in einem virtuellen Workspace die Sitzhalterung. Um den Kraftfluss in diesem bionischen Bauteil zu berechnen, sind komplexe Simulationen notwendig, die hohe Anforderungen an die Digital-Engineering-Software stellen. In einem wiederholten Austauschprozess finden sie eine Lösung: Die poröse, einem Knochen nachempfundene Struktur ist nun stabiler – bei gleichem Gewicht.

Alle Schritte des iterativen Prozesses sind in der Datenbank festgehalten, damit sie später nachvollziehbar sind, um etwa Fragen aus der Fertigung zu klären. Früher gab es für die einzelnen Anwendungen in der Entwicklung und Fertigung jeweils unterschiedliche Datensilos. Durch die Digital-Engineering-Software sind alle Daten des Bauteils von der Idee bis zu dessen Wartung in einer Plattform verfügbar.

Um sich in die neue Software für das Digital Engineering einzuarbeiten, nutzt Jens ein Tutorial. Bevor er das Programm startet, setzt er ein Stirnband mit einer neuronalen Schnittstelle auf, über die sein Gehirn direkt mit dem Computer kommuniziert. Im Stirnband sind elektrische Sensoren, die wie bei der Elektroenzephalographie EEG die elektrischen Potenzialveränderungen des Gehirns registrieren. Zusätzlich wird über Nahinfrarotspektroskopie gemessen, welche Hirnareale gerade besonders aktiv sind. Beide Informationen werden über einen Algorithmus verarbeitet und geben zum Beispiel Auskunft darüber, wie konzentriert Jens gerade ist. Das Lernprogramm passt aufgrund der Messwerte selbstständig Schnelligkeit und Schwierigkeitsgrad der Aufgaben seiner individuellen Tagesform an.

**Über Gehirn-Computer-Schnittstellen werden Menschen direkt mit Maschinen kommunizieren.**

Dr. Mathias Vukelic, Fraunhofer IAO

Auch in der Produktionshalle tragen viele Werker solche Sensoren. Über die Gehirn-Computer-Schnittstellen können die Werker während der Montage direkt mit den Robotern kommunizieren, mit denen sie gerade zusammenarbeiten. So kann sich der kollaborative Roboter immer feinfühlicher

## Digital Engineering

**Smart Factory** | Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung IFF ist Technologiepartner bei der Umsetzung der Smart Factory. Wichtiger Schritt ist das Digital Engineering, mit dem die digitalen Konstruktionsdaten eines Produkts auf allen Stufen seines Entwicklungs- und Produktionsprozesses genutzt werden können.

<http://s.fhg.de/wv18>

**Engineering Collaboration Lab (E-Co-Lab)** | Im E-Co-Lab erhalten Unternehmen einen unkomplizierten Testzugang für eine durchgängige Engineering-Lösung und können am Beispiel eines eigenen Projekts den Nutzen verschiedener Anwendungen für die eigene Entwicklungsarbeit testen und validieren. Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM | <http://s.fhg.de/wv19>

**Digital Engineering Lab** | In dem »lebenden Labor« wird die Prozesskette von der Idee für ein neues Produkt bis hin zur Planung der Fertigung und Montage erlebbar gemacht. Fraunhofer IAO <http://s.fhg.de/wv20>

**Digitaler Zwilling** | Die reale Produktionsstätte wird vollständig auf digitaler Ebene nachgebildet. Es entsteht ein virtueller Zwilling, der den Ablauf der Fertigung in Echtzeit wiedergibt. Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK | <http://s.fhg.de/wv21>

## Mensch-Roboter-Kollaboration

**Care-O-bot 4** | Der mobile Roboterassistent verfügt nicht nur über beste soziale Umgangsformen. Mit seiner mobilen Plattform und seinen zwei Roboterarmen kann er auch als Kellner, für Hol- und Bringdienste oder als Lotse in öffentlichen Gebäuden eingesetzt werden. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA <http://s.fhg.de/wv22>

**NeuroLab** | Für eine Gehirn-Computer-Schnittstelle werden Hirnsignale mittels EEG (Elektroenzephalographie) und Nahinfrarotspektroskopie abgeleitet und in Echtzeit von einem Algorithmus analysiert. Die Daten geben Auskunft über die Konzentration oder die Emotionen einer Person und können für die Steuerung eines Roboters oder Computers genutzt werden. Fraunhofer IAO | <http://s.fhg.de/wv23>

auf seinen menschlichen Kollegen einstellen, indem er sensibel auf dessen Nutzerabsichten, Emotionen und seine Aufmerksamkeit reagiert, die ihm über die Gehirn-Computer-Schnittstelle mitgeteilt werden.

Die Digital-Engineering-Software unterstützt Jens auch bei der Erstellung der Daten für die Fertigung der Sitzhalterungen. Die Software hat berechnet, wie die möglichen Fertigungsverfahren bei der Herstellung kombiniert werden. Auf die untere Platte, die im Spritzgussverfahren produziert wird, werden die bionischen Strukturen aufgedruckt, bevor sie im letzten Schritt noch mechanisch nachbearbeitet werden.

Reale und virtuelle Produktion werden zu einem intelligenten Gesamtsystem verschmelzen.

Prof. Rainer Stark, Fraunhofer IPK

Den gesamten Produktionsablauf kann Jens vorab simulieren. Denn die reale Produktionstechnik ist vollständig auf digitaler Ebene nachgebildet – in einem digitalen Zwilling. Läuft die Produktion, geben zahlreiche Sensoren den

Betriebsstatus der einzelnen Arbeitsstationen kontinuierlich an das System weiter. Durch die Verschmelzung von realer und digitaler Produktion ist ein Gesamtsystem entstanden, das sich im laufenden Betrieb selbst überwacht, steuert und korrigiert.

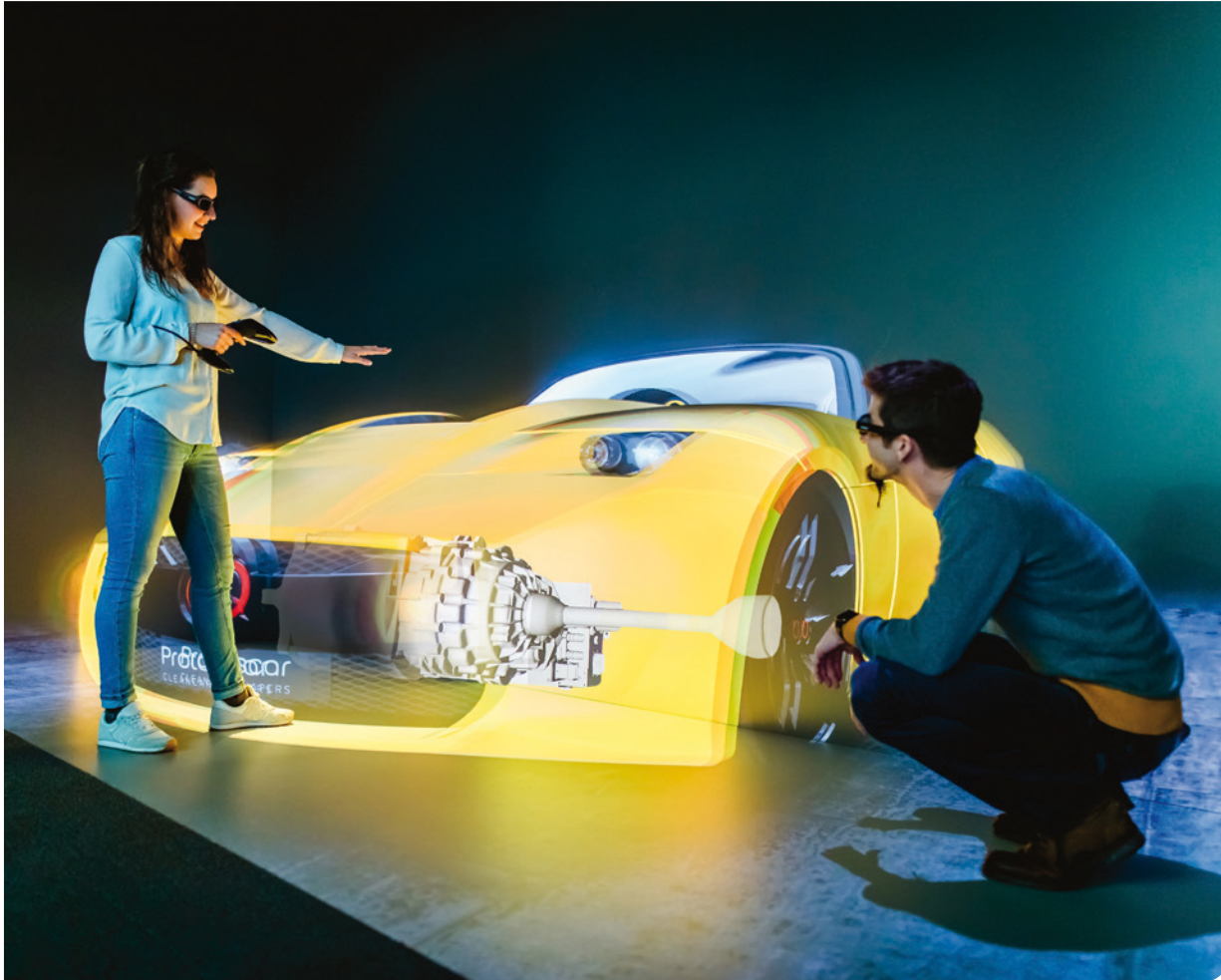
Doch bevor die Produktionsplanung anläuft, lässt Jens erst einmal wenige Prototypen fertigen. Zur Begutachtung lädt er die Ingenieure des Kunden persönlich ein. Um zu zeigen, wie die Sitzhalterungen und die Türrahmen in die Gesamtkonstruktion des Flugzeugs eingebettet sind, geht Jens mit dem Kunden in einen Präsentationsraum für virtuelle 3D-Modelle. Nachdem alle ihre 3D-Brillen aufgesetzt haben, erscheint vor ihnen das maßstabsgetreue dreidimensionale Abbild des Sitzes mit seiner Verankerung am Flugzeugrumpf. Die Ingenieure können die Konstruktion von allen Seiten betrachten, Teile virtuell abmontieren und sich beliebige Querschnitte ansehen. Von der Geometrie der Bauteile sind die Besucher nun überzeugt. Jetzt müssen die Prototypen nur noch die Belastungsprüfung im Qualitätslabor des Flugzeugherstellers bestehen.

Es ist wieder Mittagspause, als Jens die Videobotschaft des Flugzeugherstellers sieht. Die Arbeit hat sich gelohnt. Die Konstruktion der Sitzhalterungen ist akzeptiert. Jens ruft die Kolleginnen und Kollegen des Projektteams in der Cafeteria zusammen. Hier steht schon der

Serviceroboter für seinen nächsten Auftrag bereit. Er erkennt die erfreuten Gesichter und weiß, was in so einem Fall gewünscht wird: Er bietet an, aus der Cafeteria drei Gläser Sekt zum Anstoßen zu bringen. ■

Mobile Serviceroboter müssen komplexe Alltagssituationen erfassen und konkrete physische Unterstützung anbieten können.

Dr.-Ing. Birgit Graf, Fraunhofer IPA



Im Immersive Engineering Lab des Fraunhofer IAO lassen sich virtuelle 3D-Modelle maßstabsgetreu darstellen. © Fraunhofer IAO, Ludmilla Parsyak



Stets zu Diensten und immer höflich – der Serviceroboter Care-O-bot.  
© Fraunhofer IPA



Offen und lichtdurchflutet sind die Bürogebäude der Zukunft. Vorreiter ist das Zentrum für Virtuelles Engineering ZVE des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.  
© Fraunhofer IAO, Ludmilla Parsyak