

MASCHINEN LERNEN VERSTEHEN

3D-Technologien für die Mensch-Maschine- Interaktion



Strategiebericht 2021

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Seit dem Jahr 2013 arbeitet die Forschungsallianz 3Dsensation an der Herausforderung, Durchbruchinnovationen für eine sichere und effiziente Interaktion zwischen Mensch, Maschine und Umwelt zu entwickeln.

Für das Gelingen des Vorhabens wurde von Anfang an ein starkes Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft aufgebaut. So treffen bei 3Dsensation Experten aus dem Bereich der Physiologie, Ethik und des Rechts auf hochqualifizierte Technologen. Aktuell arbeiten 74 Partner interdisziplinär an benutzerfreundlichen und anwendungsorientierten Lösungen für die Bereiche Gesundheit, Produktion, Mobilität und Sicherheit und konnten weitreichende Erkenntnisse gewinnen.

Dass die Arbeit von 3Dsensation wichtige Bedarfssfelder adressiert, zeigt sich am hohen Medieninteresse sowie an der positiven Resonanz zu Messeauftritten. Auf der weltweit größten Fachmesse für Consumer Electronic »CES« in LAS Vegas sowie der Hannovermesse präsentierte 3Dsensation seit 2018 Demonstratoren aus verschiedenen Vorhaben, die durch ihren Neuheitsgrad und innovative technologische Ansätze überzeugen.

Wie können wir das Konsortium 3Dsensation in seinen etablierten Strukturen in unser Zukunftsbild weiterführen? Diese Frage stellen sich Koordinierungsstelle, Beirat, Lenkungskreis und natürlich auch das Ministerium für Bildung und Forschung seit Beginn des Jahres 2019. Innerhalb eines internen Strategieprozesses wurden in Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern konkrete Zukunftsthemen erarbeitet und Handlungsempfehlungen zusammengestellt.

Im letzten 3Dsensation Strategiebericht werden so nicht nur alle Vorhaben und deren Ergebnisse präsentiert, sondern auch dargelegt, wie die Forschungsallianz die Weiterentwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion vorangetrieben hat. Aus 3Dsensation sind über die Jahre neue Netzwerke, Partnerschaften und Forschungsverbünde entstanden. Nachwuchs- und Graduiertengruppen haben ihre Vorhaben nicht nur erfolgreich abschließen können, sondern sind zum Teil bereits jetzt mit ihren eigenen Gründungsvorhaben in der Startphase. Auch die aufgebauten Forschungsinfrastrukturen, wie die HMI-Labs und das 3DTech-Lab, sind ein Beleg für die Zukunftsgewandtheit und die intensive Nachwuchsförderung innerhalb der Allianz. Aus interdisziplinären Zusammenarbeiten zwischen Unternehmen und Forschenden sind Partnerschaften entstanden, die gemeinsam Lösungen für verschiedenste Bedarfssfelder entwickelt haben, die zum Teil jetzt schon auf dem Markt verfügbar sind. Um die Erfolge von 3Dsensation an die Öffentlichkeit zu bringen, erfolgte die Ausschreibung zum Innovationspreis 2020, bei dem die Leuchtturmvorhaben FOLLOWme und ROTATOR ausgezeichnet wurden. Mit ihrem Preis – einem professionell hergestellten Image-Video ihrer Entwicklungen – soll der Transfer von der Forschung in die Praxis und später die schlussendliche Markteinführung forciert werden. All dies war und ist nur durch ein starkes Netzwerk möglich, auf das 3Dsensation zurückblicken kann.

Unser Dank gilt den Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft für die aktive und rege Beteiligung an der stetigen Weiterentwicklung von 3Dsensation. Ebenfalls möchten wir uns bei den Mitgliedern des Lenkungskreises und des Beirats für ihre langjährige konstruktive Beratung bedanken.

Gemeinsam blicken wir jetzt auf eine erfolgreiche Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion.

| | |
|--|-----------|
| Analyse und Monitoring | 05 |
| Erfolgsmonitoring - Befragung aus 2021 | 06 |
| Strategieprozess | 08 |
| Die Forschungsallianz im Überblick | 10 |
| Bedarfsfelder | 12 |
| Land der Lösungen - Unsere Partner | 16 |
| Strategische Roadmap | 18 |
| Unsere TOP 5 | 22 |
| Forschungsinfrastrukturen | 25 |
| Innovationspreis 2020 | 32 |
| Gemeinsamer Weg, Gemeinsame Zukunft - 3Dsensation im Gespräch | 38 |
| Begleitende Forschungsmaßnahmen | 44 |
| Innofo3D - Innovationsforschung 3Dsensation | 46 |
| Innofly3D - Innovations- und Technologietransfer | 47 |
| MeGest-3D - Methodenforschung zur Gestaltung von MMI für 3D-Technologien | 48 |
| ITA3D - Innovations- & Technikanalyse für die Innovationsallianz 3Dsensation | 49 |
| Basisvorhaben | 50 |
| BASE - 3D-Sensorprinzipien - Studie zur branchenübergreifenden Anwendbarkeit von 3D-Sensorprinzipien - Round Robin Experiment 3D-Sensoren | 52 |
| Faktor Mensch | 53 |
| 3D-GestFus - 3D-Gesteninteraktion und Fusion von 3D-Bildern | 54 |
| Verbundvorhaben | 55 |
| 1.Call Muse3H - Grundlegende Musterprojektionsbasierte Sensorkonzepte für die hochauflösende, hochdynamische 3D-Erfassung | 58 |
| 1.Call FOLLOWme ILS - Intralogistiksystem mit Fahrerlosen-Transport-System | 59 |
| 1.Call ComfyDrive - Integration von 3D-Fahrzeuginnenraum- und -umfelderfassung zur Steigerung des Nutzererlebnisses beim hochautomatisierten Fahren | 60 |
| 1.Call cSoC-3D - Echtzeitfähige 3D-Datenverarbeitung auf kaskadierten, analog-digitalen customized System on a Chip (cSoC)-Architekturen | 61 |
| 1.Call MOVA3D - Multimodaler Omnidirektionaler 3D-Sensor für die Verhaltensanalyse von Personen | 62 |
| 2.Call ROTATOR - Dreidimensionale Out-of-Stock-Erfassung mittels autonomer mobiler Roboter | 64 |
| 2.Call FASTER - Modulare Sensoren für natürliche Mensch-Maschine-Interaktion und kontinuierliche Prozesse | 65 |
| 2.Call EASY COHMO - Ergonomics Assistance Systems for Contactless Human-Machine-Operation | 66 |
| 2.Call 3D-Montageassistent - 3D-basierte Assistenztechnologien für variantenreiche Montageprozesse - Menschzentrierter Arbeitsplatz der Zukunft | 67 |

| | |
|--|----|
| 2.Call Uro-MDD - Endoskopische Panoramabildgebung und faseroptische Spektroskopie in der Urologie zur multidimensionalen Diagnostik | 68 |
| 2.Call AssiQ - Assistenzsystem zur Qualitätsüberwachung | 69 |
| 2.Call 3DFinder - Robuste Generische 3D-Gesichtererkennung für Authentifizierung und Identitäts-Prüfung | 70 |
| 3.Call 3DIMiR - Von der Angst zum Vertrauen: 3D-Interaktion zwischen Mensch und industriellen Robotern | 72 |
| 3.Call 3DKosyma - Kollaboratives, ortsflexibles Prüfsystem mit Mensch Maschine Interaktion für die 3D-Qualitätssicherung | 73 |
| 3.Call 3D4F - Berührungslose Personenidentifikation mittels fälschungssicherem 3D-4-Finger-Scanner | 74 |
| 3.Call MaMek - Projektionssysteme für die Maschine-Mensch-Kommunikation | 76 |
| 3.Call RoboAssist - Modulares Assistenzsystem für sichere 3D-Navigation und Mensch-Maschine-Interaktion von autonomen mobilen Robotern in Indoor- und Outdoor-Anwendungen | 78 |

| | |
|---|-----------|
| Strategische Einzelmaßnahmen | 80 |
| 3DLivingLab - Demonstrator 3D-LivingLab für die Allianz 3Dsensation | 82 |
| ROMIN - Interaktiver Demonstrator für die Mensch-Roboter-Wechselwirkung | 83 |
| 3D-HapTisch | 84 |
| NeoVital - Kontaktlose Überwachung der Vitalparameter Neu- und Frühgeborener durch multispektrale 3D-Messung in Echtzeit | 86 |

| | |
|---|-----------|
| Idee-Inventions-Innovationsvorhaben (I³-Projekte) | 88 |
| HBS - Haptics by Sound | 90 |
| 3D-Lippenableser - Studie zur Spracherkennung mittels visueller 3D-Bilderfassung der Sprechbewegungen | 91 |
| Acti3D - Intelligenter 3D-Aktivitätssensor für das aktive und selbstbestimmte Leben in den eigenen vier Wänden | 92 |
| MILIDAK - Miniaturisierte lineare 3D-Array-Kameras | 93 |
| W3D - Wärmebildbasierter 3D-Scanner | 94 |
| GeriaBall - Interaktive Bestimmung physischer Leistung und motorischer Gefährdungspotenziale | 95 |
| DiRLas - Untersuchungen zur Visualisierung von 3D-Objekten im freien Raum mittels Laser | 96 |
| OMNIdetect - Redundanzfreie omnimodale 3D-Detektionstechnologie | 97 |
| 4D-HTS | 98 |
| Hydra - Ybride 3D-Multiapertur-Kameras | 99 |
| FreiD - Freiform-Projektionssystem mit einem deformierbaren adaptiven Spiegel für die 3D-Sensorik | 100 |
| LichtPro3D - Räumlich verteilte Licht-Projektionen für schnelle und robuste 3D-Messungen | 101 |
| EiM3D (3D-Strukturen) - Eigen-haptische Manipulation ausgedehnter 3D-Strukturen im Raum | 102 |
| Rainbow3D - Aktives Single-Shot-3D durch Spektralmultiplexing | 103 |
| UVLAS - Laserbasierte Stereophotogrammetrie zur Vermessung im UV-Bereich | 104 |
| 1 Moment - Interaktive Hygienestation | 105 |

| | |
|--|------------|
| HoloSurf - Visuelle 3D Oberflächeneigenschaften mittels mikro- und nanostrukturierter Schichtsysteme | 106 |
| EndoS3D - Endoskopische, speckle-basierte 3D-Vermessung | 108 |
| SS3D++ - Single Sensor 3D++ | 110 |
| 3DGhost - Plenoptisches 3D Messsystem auf der Basis korrelierter Lichtstrahlen | 112 |
| TaktilFeedback3D - Taktil Feedback für die berührungslose Gesteninteraktion | 114 |
| 3Dim-Hapt - 3D Image to Haptic Device | 116 |
| Qualifizierung und Nachwuchsförderung | 118 |
| Graduiertenforschungskolleg | 120 |
| 3DPersA - Hybride Verfahren zur 3D Personenwahrnehmung für die soziale Assistenzrobotik in öffentlichen und häuslichen Einsatzszenarien | 122 |
| Spec3D - Beitrag zur hyperspektralen 3D-Oberflächenerfassung und -verarbeitung für die industrielle Bildverarbeitung | 123 |
| Vitalkam - Kontaktfreie kamerabasierte Messung von Vitalparametern mit verbesserter Störsicherheit | 124 |
| geMAAP3D - Geometric Modeling of a multi-aperture array projector | 125 |
| INIT3D - Entwicklung und Aggregation von Handlungsempfehlungen zur gebrauchstauglichen Entwicklung visueller 3D-User-Interfaces | 126 |
| 3D-FastFeedback - Methoden zur ultraschnellen Detektion und Manipulation von ultrakurzen Lichtpulsen | 127 |
| StressSense - Anwendung optischer und textilbasierter Sensoren zur Detektion von Ermüdungs- und Stressparametern in ausgewählten Arbeitsszenarien | 128 |
| 3DGIM - 3D Gesichtsanalyse für Identifikation und Mensch-Maschine-Kommunikation | 129 |
| 3D-NanoVisual - Dreidimensionale Visualisierungssysteme auf der Basis photonischer Nanomaterialien | 130 |
| MOD3D - Modellierung von Verhaltens- und Handlungsintentionsverläufen aus multimodalen 3D-Daten | 131 |
| Graduiertenforschungsverbund | 132 |
| HyperSense - Automatische kontaktlose Stresserfassung in Echtzeit | 133 |
| Nachwuchsgruppen | 134 |
| 3DSWIR - Augensichere 3D-Messtechnik im SWIR | 135 |
| Hyper3D - Hochdynamische 3D-Sensorik in erweiterten Spektralbereichen | 136 |
| 3Dtransform - Transformationsoptik für multidimensionale Detektion | 137 |
| HuBA - Human Behavior Analysis | 138 |
| Publikationen und Patente | 140 |
| Kennzahlen | 148 |
| Förderprogramm Zwanzig20 | 150 |

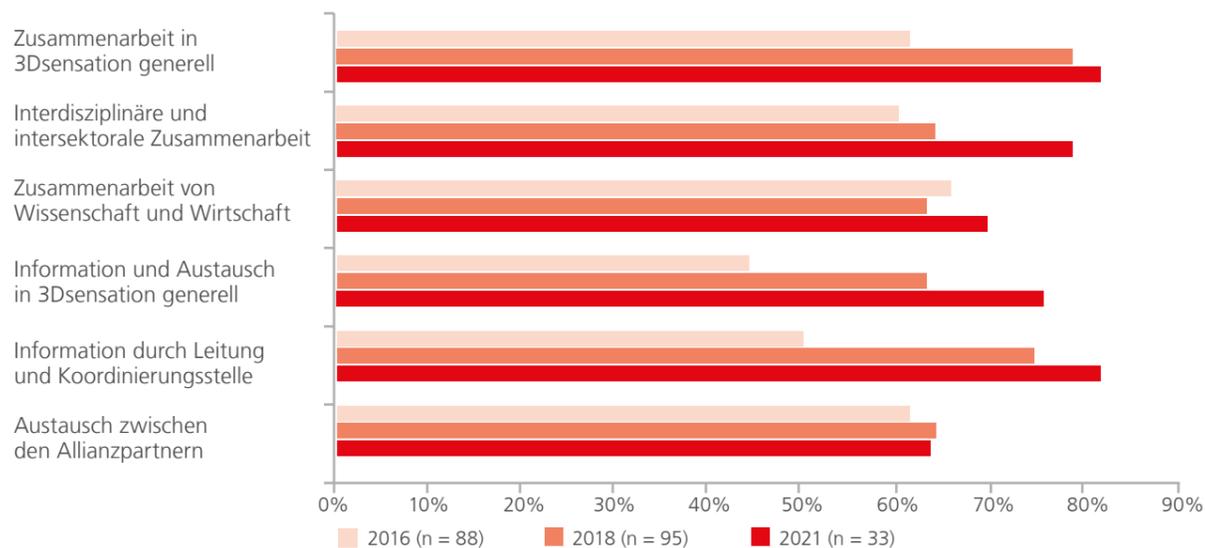
ANALYSE UND MONITORING

Seit 2016 wird die Umsetzung der Strategie von 3Dsensation durch ein internes Erfolgscontrolling begleitet. Dessen Aufgabe ist es, die Zweckmäßigkeit und Wirksamkeit der entwickelten Maßnahmen zur Erreichung der angestrebten Ziele zu überprüfen. Ein zentrales Element bildet dabei die jährliche Befragung der Vorhabenleiter. Sie erfasst den Arbeitsfortschritt und die erreichten Ergebnisse der im jeweiligen Berichtsjahr laufenden FuE-Projekte, die als über 200 Teil- oder Einzelvorhaben in der Umsetzungsphase von 3Dsensation gefördert werden. Über diese Vorhabenspezifische Ebene hinaus nimmt sie Einschätzungen der Zusammenarbeit im Bündnis insgesamt auf, denn gerade die neue interdisziplinäre und grenzüberschreitende Kooperation für tragfähige Innovationsstrukturen, die den Kern des Zwanzig20-Programmansatzes des

Bundesministeriums für Bildung und Forschung ausmacht, stellt zugleich Chance und Herausforderung für die Innovationsallianz dar.

Mit Blick auf die Kooperation in 3Dsensation hat sich die Vorhabenleiterbefragung als Instrument bewährt. Bei einer durchschnittlichen Rücklaufquote von 81% in den insgesamt sechs Erhebungen dient sie nicht nur als Gradmesser für die Qualität der Zusammenarbeit, sondern zeigt konkrete Nachsteuerungsbedarfe und Optimierungspotenziale auf. Auf dieser Grundlage konnte die Zusammenarbeit in der Innovationsallianz durch gezielte Maßnahmen von Lenkungsreis und Koordinierungsstelle konsequent verbessert und ausgebaut werden. Der Vergleich der Einschätzungen von verschiedenen Dimensionen der Zusammenarbeit durch die Vorhabenleiter im Zeitverlauf macht diese Entwicklung deutlich.

Bewertung der Zusammenarbeit in der Allianz 3Dsensation insgesamt 2016, 2018 und 2021
(Bewertung nach Schulnoten; jeweils Summe aus Bewertungen „sehr gut“ und „gut“)



Outputgrößen im Jahresvergleich und kumuliert 2016–2021
(jeweils Summe aller im Berichtszeitraum laufenden Vorhaben)

| Anzahl | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | kumuliert |
|---|------|------|------|------|------|------|------------|
| <i>Im Berichtszeitraum laufende Vorhaben</i> | 58 | 97 | 118 | 108 | 101 | 42 | – |
| <i>Veröffentlichte wissenschaftliche Publikationen</i> | 31 | 40 | 46 | 74 | 86 | 39 | 316 |
| <i>Vorträge und Präsentationen (3Dsensation-extern)</i> | 56 | 69 | 85 | 102 | 74 | 42 | 428 |
| <i>(Inter-)nationale Konferenz- und Messebesuche</i> | 46 | 53 | 97 | 102 | 79 | 18 | 395 |
| <i>Betreute wissenschaftliche Abschlussarbeiten</i> | 34 | 33 | 65 | 53 | 23 | 26 | 234 |
| <i>Neu gestellte Drittmittelanträge</i> | 33 | 24 | 23 | 25 | 26 | 19 | 150 |
| <i>Patentanmeldungen</i> | 1 | 6 | 9 | 10 | 8 | 6 | 40 |

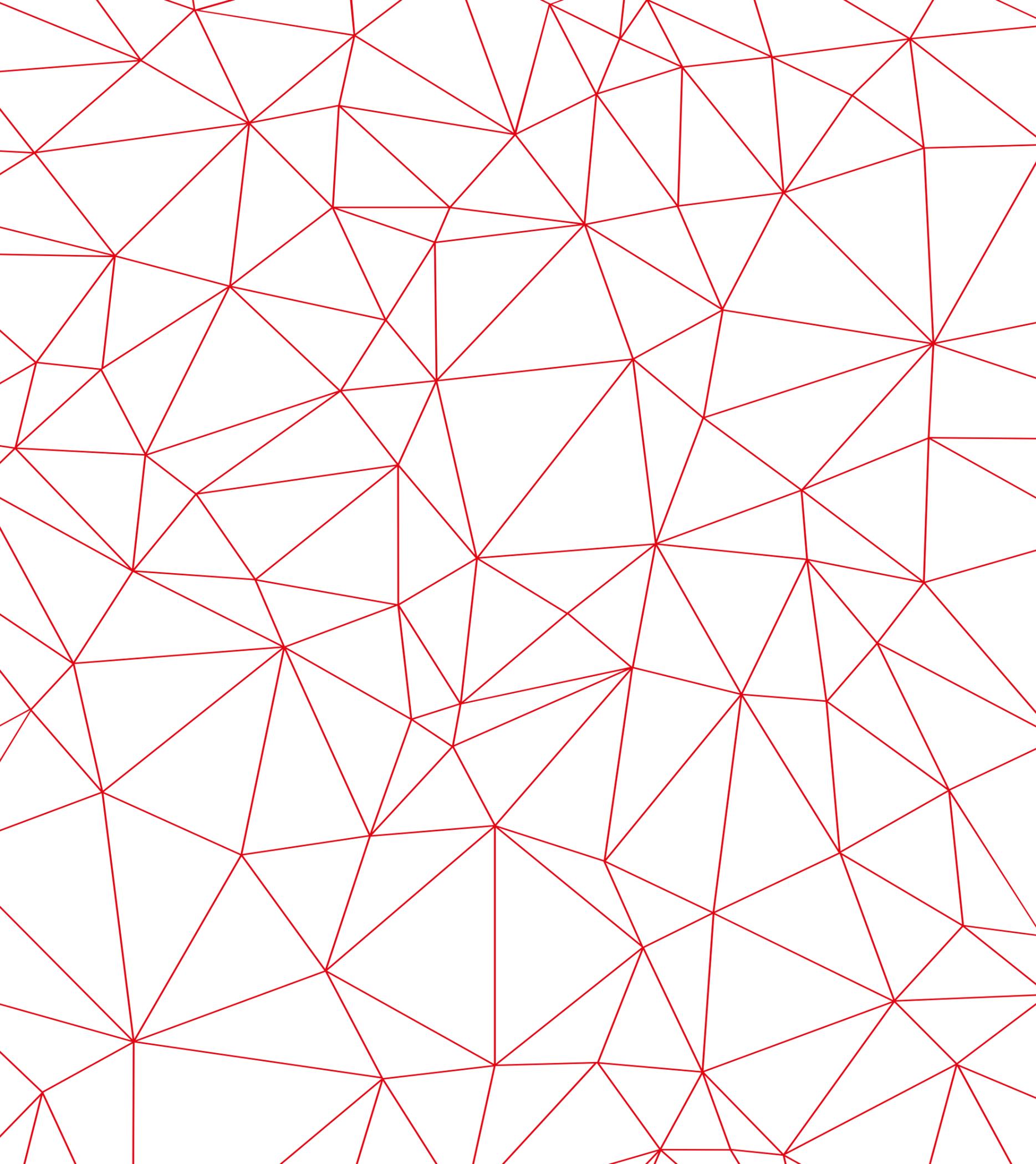
Die Qualität der Zusammenarbeit hat sich in den verschiedenen Dimensionen aus Sicht der Vorhabenleiter auf jeweils hohem Niveau stabilisiert. Lediglich in Bezug auf den Austausch zwischen den Allianzpartnern selbst sind Verbesserungen weiter möglich. Verglichen mit der Zusammenarbeit innerhalb der verschiedenen Verbundvorhaben, die durchgehend als grundsätzlich gut bis sehr gut bewertet wird, steht der Kontakt zu weiteren Partnern in der Allianz über die einzelnen Projekte hinaus noch leicht zurück. Zur Unterstützung der Partner und Intensivierung des Austauschs sind im Zeitverlauf durch die Bündnisleitung bereits verschiedene Formate entwickelt und z.B. eine Plattform auf der 3Dsensation-Website etabliert worden. Um diese Kontakte und damit die Grundlage für weitere interdisziplinäre und transsektorale Kooperationen zu sichern, wird die Website der Innovationsallianz auch über das Ende der BMBF-Zwanzig20-Förderung hinaus weitergeführt werden. In der Befragung 2021 geben rund zwei Drittel der Vorhabenleiter an, dieses Angebot zur Vernetzung auch zukünftig nutzen zu wollen.

Zusätzlich zur Qualität der Zusammenarbeit erfasst die Befragung die Erfolge aus den Projekten anhand von ausgewählten Outputgrößen. Neben

den eigentlichen Projektergebnissen spiegeln diese die Leistungsfähigkeit der Kooperationen als auch von 3Dsensation insgesamt wider. Gerade mit zunehmender Zahl bereits abgeschlossener Projekte in den letzten Jahren konnte der Output in weiten Bereichen nochmals gesteigert werden und bildet nicht zuletzt das auch hohe Transferpotenzial der in der Innovationsallianz verfolgten Ansätze ab. Über die Kennzahlen hinaus bekräftigen die Partner in jedem Jahr positive Effekte auf das eigene Unternehmen, die eigene wissenschaftliche Einrichtung oder auch die eigene Person. Immer wieder genannt werden die intensivierte Vernetzung, eine verbesserte Positionierung in Markt und/oder wissenschaftlicher Gemeinschaft, der Ausbau von Kompetenzen oder des Produktportfolios, die Entwicklung neuer Technologien sowie insbesondere der Aufbau von neuen Kooperationen, die Durchführung neuer Projekte und Einwerbung von neuen Aufträgen und Fördermitteln. Der grundlegende Ansatz des Zwanzig20-Programms, als auch die konkrete Strategie von 3Dsensation zur Umsetzung, haben sich damit auf Ebene der Innovationsallianz insgesamt, wie auch der einzelnen Kooperationspartner gleichermaßen, bestätigt.



STRATEGIEPROZESS



STRATEGIEPROZESS

Die Forschungsallianz im Überblick

Bedarfsfelder

Quelle: Fraunhofer IOP

Die Mensch-Maschine-Interaktion ist für viele Lebens- und Arbeitsbereiche von zentraler Bedeutung. 3Dsensation konzentriert sich konsequent auf Bedarfsfelder mit großer gesellschaftlicher und ökonomischer Relevanz, die durch eine hohe technologische Durchdringung gekennzeichnet sind und in denen die Interaktion einen wesentlichen Wettbewerbsfaktor darstellt.

Bedarfsfeld Produktion

Fabriken werden immer weiter virtualisiert. Smart Factories ermöglichen eine autonomisierte sowie flexibilisierte und damit individualisierte Fertigung von Produkten. Losgrößen werden immer weiter reduziert. Der Mensch wird mit seinem Erfahrungswissen und seiner intuitiven Handlungsfähigkeit jedoch weiter als zentral für den Produktionsprozess angesehen. Daher wird vermehrt auf hybride Systeme gesetzt, die Mensch und Maschine miteinander kooperieren lassen. Für die Zukunft wird sich eine hundertprozentige Inline-Inspektion erhofft, bei der Prozesse lediglich überwacht werden; einzelne Qualitätskontrollen werden überflüssig. Kollaborative Roboter interagieren mit Menschen und reagieren intuitiv auf ihr Verhalten.

Im Rahmen von 3Dsensation soll auf Grundlage des 3D-Sehens eine sinnvolle Mensch-Maschine-Interaktion ermöglicht werden, die diese Zukunftsszenarien

ein Stück näherbringt. In den nächsten Jahren soll weiter in den Bereichen der Smart Sensors sowie der multimodalen Datenerfassung, -verarbeitung und -darstellung geforscht werden. Smart Sensors erfassen nicht nur Messgrößen, sondern kümmern sich auch um die komplette Signalaufbereitung und -verarbeitung. Es gilt, die Intelligenz der Sensoren zu verbessern und eine eigenständige Anpassung an Umwelteinflüsse zu erreichen. Intelligente Sensoren sollen sich an verändernde Bedingungen wie Objekt, Material oder Abstand selbstständig anpassen können. Daraus ergeben sich Forschungsthemen wie die spektrale Oberflächenerfassung, adaptive optische Systeme (Zoom) oder Anforderungen an Schärfentiefe. Weiterhin sollte die Robustheit der Sensoren gegenüber Umwelteinflüssen (Licht, Interferenzen usw.) optimiert, eine Echtzeitverarbeitung ermöglicht und das Messvolumen vergrößert werden. Zudem wird die Miniaturisierung der Technologien als erstrebenswert erachtet.



Quelle: Verbundprojekt 3DIMIR (Fraunhofer IWI)

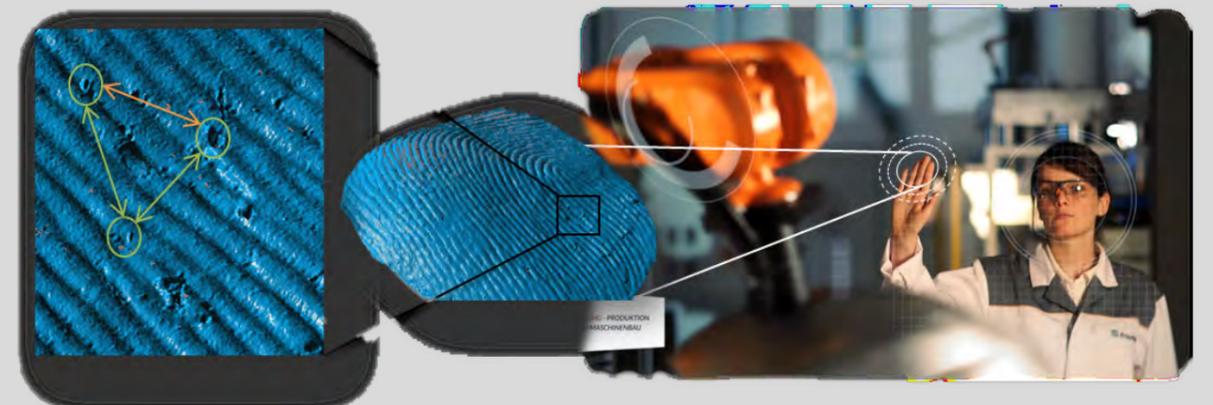
Bedarfsfeld Sicherheit

Im Laufe der Globalisierung wachsen Güterverkehr, Personenmobilität und Geldtransfer rapide an. Durch die steigende Mobilität und eine zunehmende internationale Vernetzung wächst jedoch auch die allgemeine Wahrnehmung von Krisen und Unsicherheiten. Dies bringt als Konsequenz ein gesteigertes Sicherheitsbedürfnis in der Bevölkerung mit sich. So spricht das Zukunftsinstitut bereits von einer „Super-Safe Society“. Zur frühzeitigen Erkennung von Gefahrenpotentialen werden zunehmend Überwachungssysteme zur Beobachtung von Personenströmen oder zur Identitätsprüfung angewandt. Hierfür werden insbesondere mit Hilfe von 3D-Technologie immer schnellere, sichere und zuverlässigere Tools entwickelt. Privacy und Datenschutz sind keine Grundvoraussetzung mehr, sondern müssen aktiv erzeugt werden.

Durch eine autonome erfahrungsbasierte 3D-Analyse von Personen- und Bewegungsmerkmalen erhofft sich die Forschungsallianz 3Dsensation eine zuverlässige Identifikation von Auffälligkeiten und Gefahren. Es gilt, weiter an der Funktionsweise von Smart Sensors zu forschen sowie den Umgang mit Daten zu optimieren. Die Selbstdiagnose, -kalibrierung und -konfiguration von Sensoren sowie eine verbesserte optische Erfassung von Daten stellen die Hauptthemen dar. Sensoren sollen robuster gegen Umwelteinflüsse werden und im Laufe einer Miniaturisierung immer kompakter designt werden können. Die Verarbeitung von Daten muss dynamisch und in Echtzeit ermöglicht werden; riesige Datenmengen und die Fusion von Informationen aus verschiedenen Sensoren dürfen keine Probleme mehr darstellen. Vor allem die 3D-Erfassung von Menschenmassen sowie die Erklärbarkeit von Künstlicher Intelligenz stellen noch Probleme dar. Durch die Klärung dieser Probleme wird sich eine schnellere und zuverlässigere Erkennung von Gefahrenpotentialen versprochen.



Quelle: Fraunhofer IOP



Quelle: Verbundprojekt 3DAF (Jenetric)



Bedarfsfeld Mobilität

Mobilität wird individualisierter, flexibler, geteilter, digitaler, vernetzter und postfossiler. Dennoch bleibt das Auto der Treiber des Megatrends Mobilität – nur unter anderen Voraussetzungen. Schon jetzt werden erhebliche Ressourcen und Kapazitäten für die Entwicklung von autonomen Fahrzeugen aufgewendet. Es entstehen neue Geschäftsmodelle, die vor allem geprägt sind durch die Bewegung der Sharing Economy: weg vom Besitz, hin zur gemeinsamen Nutzung. Automobilhersteller investieren Milliarden in alternative Antriebskonzepte und Mobilitätslösungen für den urbanen Raum. Sie gehen weitreichende Kooperationen ein, um die Elektrifizierung aber auch Digitalisierung und Vernetzung des Autos voranzutreiben. Doch auch andere Transportmittel wie Busse oder E-Roller verlieren nicht an Beliebtheit.

Für die Zukunft lässt sich ein Mobilitätssystem erahnen, das von einem Mischverkehr aus autonomen und manuell betriebenen Transportmitteln geprägt

ist. Das Automobil nimmt die Eigenschaften eines Third Place ein, also eines Ortes, der die gleiche Funktionalität wie das Zuhause oder der Arbeitsplatz hat. Dafür muss es mit den Menschen und anderen Transportmitteln sowie Informationsstellen kommunizieren können. 3Dsensation sieht in einer Kopplung von 3D-Informationen mit Assistenzsystemen sowie der Erarbeitung interaktiver Wiedergabesysteme neue Wege für die individuelle Mobilität im ländlichen und urbanen Umfeld. Es gilt, die „Sehfähigkeit“ von Autos weiter zu verbessern. Die Car to Human-Kommunikation stellt eine weitere Herausforderung dar. Das Auto soll intuitiv bedienbar sein, über eine sichere Zugangskontrolle verfügen und den Zustand der Insassen erkennen können. So müssen Smart Sensors optimiert werden. Zudem muss an der Erkennung von Gesten und Bewegungen gearbeitet werden, damit Handlungen vorhergesagt und angepasst werden können. Für all das ist eine robuste Echtzeiterkennung und -verarbeitung von Daten unabdingbar.



Bedarfsfeld Gesundheit

Der Fachkräftemangel in der Pflege verschärft das Problemfeld des demographischen Wandels zusätzlich. Senioren wollen tendenziell so lange wie möglich in ihrer gewohnten Umgebung bleiben. Ein Problem stellt hier das hohe Gefahrenpotential durch Stürze oder andere Notfälle am Wohnort dar. Zudem kann beispielsweise durch Demenzerkrankungen eine Einschränkung der Alltagsfähigkeit auftreten. Als Lösungsansatz erscheint die Idee der technologischen Assistenz mit Künstlicher Intelligenz plausibel, die mit Fähigkeiten der Verhaltens- und Notfallerkennung sowie Interaktionsmöglichkeiten ausgestattet ist. Digital Health oder Telemedizin meint sowohl den Einsatz von Technologien für Ferndiagnosen und -überwachung von Patienten als auch die Nutzung informationstechnologischer Mittel zur individuellen Recherche. Um bereits jetzt körperliche Leistungen oder Gesundheitswerte und Vitaldaten aufzeichnen und auswerten zu können, wird auf Selftracking-Tools zurückgegriffen. Diese sind häufig als digitale Anwendungen für Smartphones, Sportarmbänder oder andere tragbare Geräte verfügbar.

Auch für die Zukunft spielen digitale Medien in der Gesundheitsversorgung eine große Rolle. Wenn notwendig, werden selbstgemessene Vitaldaten schnell an Ärzte weitergeleitet. So stellen Diagnosen auf Entfernung eine weniger große Herausforderung dar. Im Eigenheim hilft Technologie mit Künstlicher

Intelligenz dabei, Gefahren und Notfälle zu erkennen und zu vermeiden. Die Kommunikation mit Notfall Helfern, Angehörigen und Ärzten kann reibungslos erfolgen. Künstliche Intelligenz unterstützt Ärzte bei ihrer Arbeit und übernimmt verschiedene konkrete Aufgaben wie die Analyse von gesammelten Daten. Eine insgesamt größere Vernetzung führt zu einer besseren gesundheitlichen Versorgung.

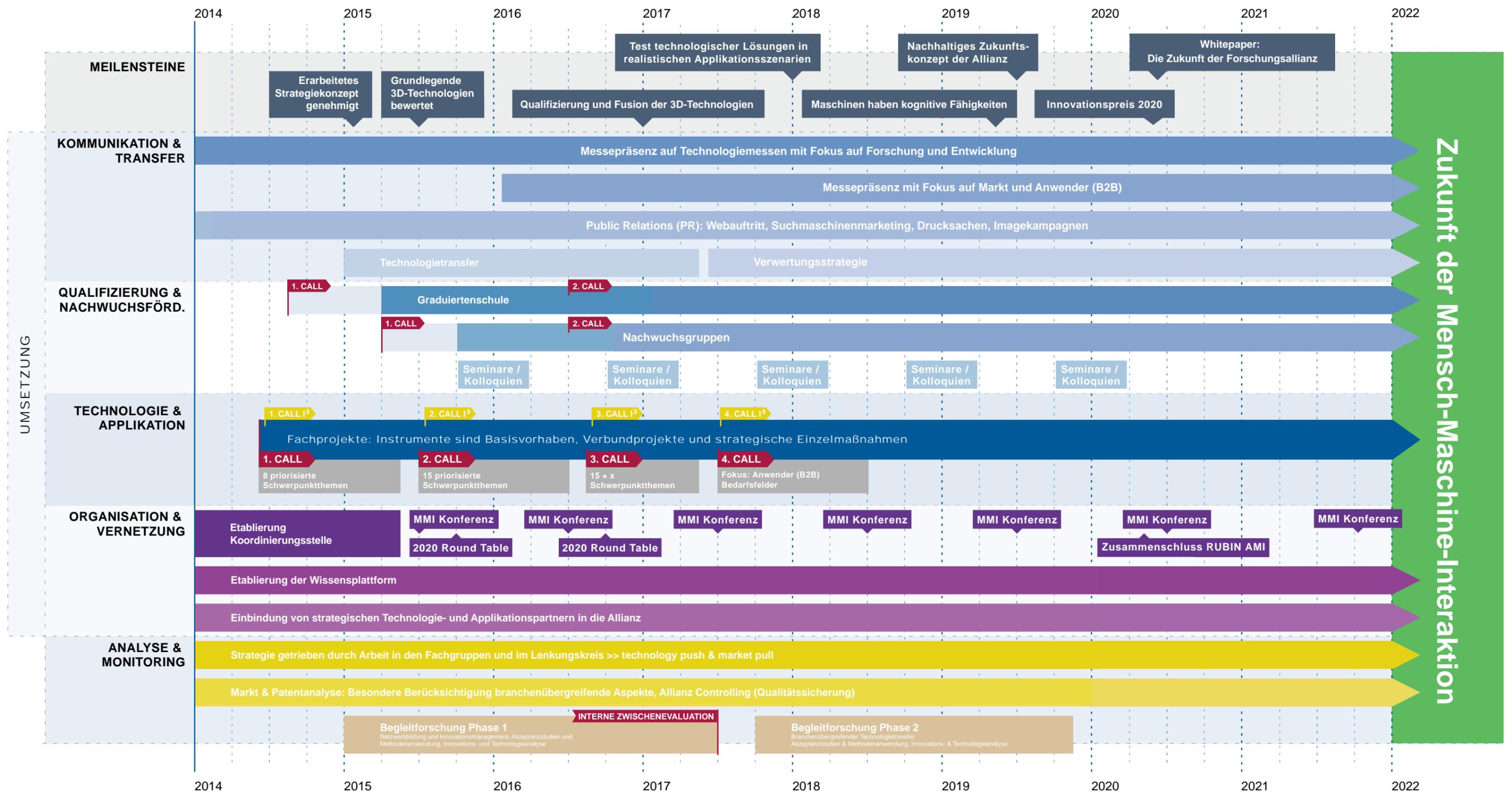
Für die folgenden Jahre gilt es zu ermöglichen, dass die Entscheidungsprozesse und Ergebnisse von Künstlicher Intelligenz für Mediziner transparent präsentiert werden können. Als weiterer wichtiger Schwerpunkt gilt die 3D-Visualisierung von Menschen. So soll auch die Detektion und Analyse von Gesten, Mimik und Bewegungen vorangetrieben werden. Um Ressourcen zu sparen und kürzere Signalwege sicherzustellen, erscheint eine fortgesetzte Miniaturisierung der Sensorik sinnvoll. Zudem wird die Arbeit an einer kontaktlosen Erfassung von Vitalparametern als erstrebenswert erachtet. Ebenfalls ist im Trend der Digitalisierung und der Generierung von Big Data die multimodale Fusion von Daten als Themenstellung zu erkennen. Eine große Frage stellt sich dahingehend, wie viel Arbeit Maschinen dem Menschen letztendlich in der Medizin abnehmen können. Grenzen könnte bspw. die notwendige Empathiefähigkeit sein, mit der ein Arzt einem Patienten bei der Übermittlung von Diagnosen gegenüberreten können sollte.



Land der Lösungen - Unsere Partner



- Universitätsmedizin Greifswald
- Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI Berlin
- Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz DFKI
- Charité – Universitätsmedizin Berlin
- Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam
- Universität Potsdam
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Fraunhofer IFF Magdeburg
- Institut für Automation und Kommunikation IFAK Magdeburg
- Technische Universität Chemnitz
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU Chemnitz
- Fraunhofer IOF Jena
- Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Universitätsklinik Jena
- Institut für Photonische Technologien IPHT Jena
- Bauhaus Universität Weimar
- Technische Universität Ilmenau
- Fraunhofer IIS Erlangen
- Technische Universität München
- Universitätsklinikum Freiburg



LEGENDE

Bildung (Seminare/Kolloquien)

- Veranstaltungen mit thematischer Zielstellung (Motto)
- Impulsreferate (Keynotes) durch Meinungsführer, Leaduser oder Zukunftsforscher
- Thematisch: rechtliche Rahmenbedingungen z.B. Produkthaftung, Akzeptanz, Best-Practice

MMI-Konferenz:

- Mitgliederversammlung
- Fachgruppentreffen
- Vorstellung von Forschungsergebnissen durch Doktoranden der Graduiertenschule
- Zwischenbericht der aktuell geförderten I³-Projekte

Ideen- und Kreativitätsworkshops

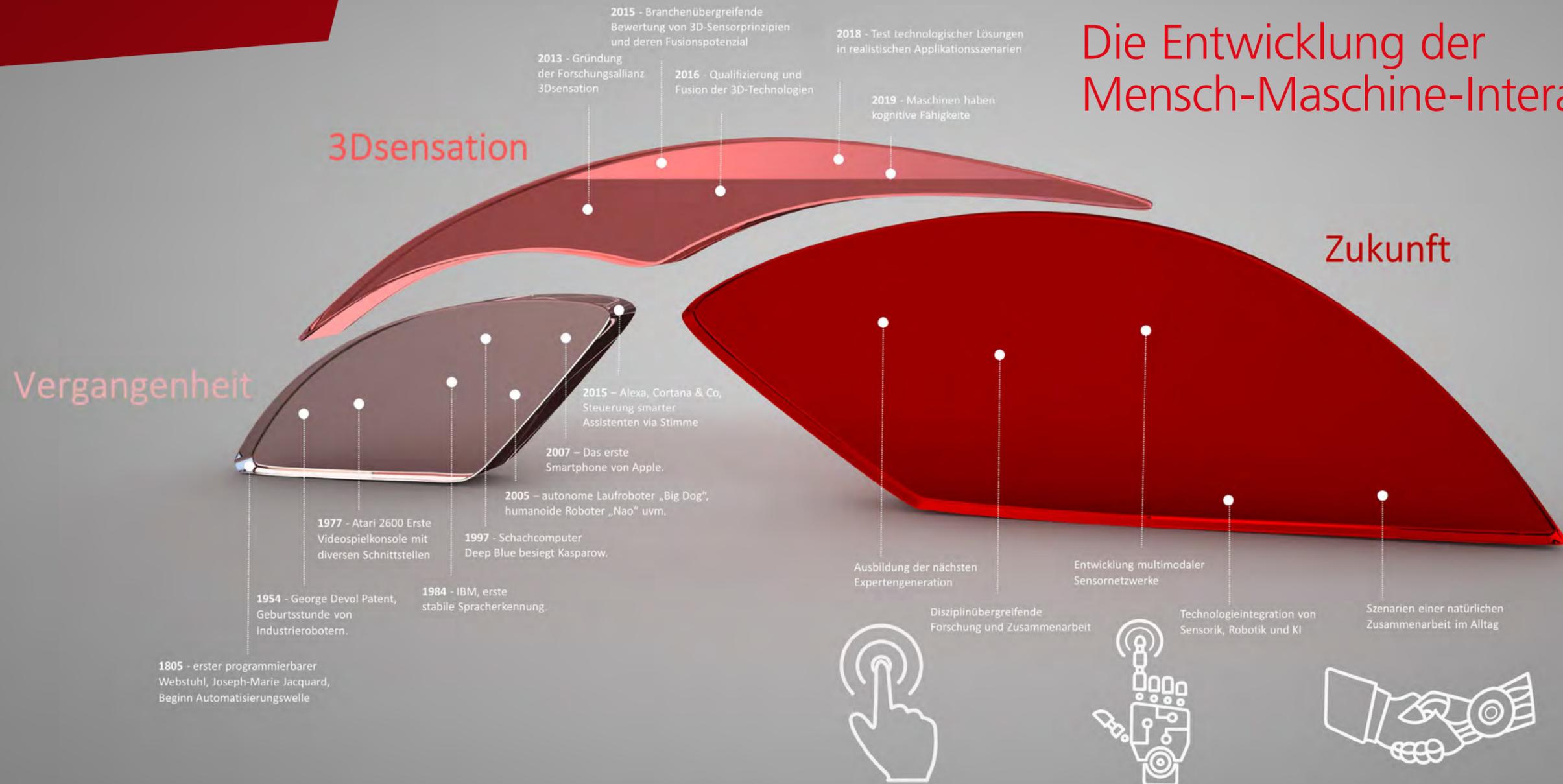
- Impulsvorträge durch externe Referenten
- Social Events zur weitergehenden Vernetzung

2020 Round Table:

- Konsortienübergreifende Veranstaltung

Zukunft beruht auf Herkunft.

Die Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion



Zukunft beruht auf Herkunft. Bahnbrechende Erfindungen der Vergangenheit prägen unsere heutigen Lebenswelten. Im Alltag und in der Industrie übernehmen automatisierte Systeme bereits wichtige Aufgaben. Durch die Nutzung von Smartphone, VR-Brillen oder digitale Sprachassistenten erlernen wir die Interaktion und Kommunikation mit Maschinen. Durch das Internet der Dinge sind zunehmend mehr Geräte miteinander vernetzt. Das treibt wiederum die Automatisierung voran. In der Forschungsallianz 3Dsensation arbeiten wir gegenwärtig an der Gestaltung der Zukunft. Auf Basis unserer Erfahrungen aus vielen interdisziplinären Innovationsprojekten und der Erprobung zahlreicher

Sensorprinzipien mit rund hundert Partnern aus Forschung und Industrie, möchten wir einen Vorausblick in die Zukunft in Form von fünf Handlungsempfehlungen geben. Was wird zukünftig notwendig sein, um die voranschreitende Mensch-Maschine-Interaktion in echten Lebenswelten voranzubringen? Wie können Mensch und automatisierte Systeme natürlich miteinander interagieren? Was passiert, wenn die Roboter zunehmend aus ihren Käfigen entlassen werden? Welche Rolle soll der Mensch in der MMI spielen, um Hand in Hand in die Zukunft zu gehen?

Unsere TOP 5 Handlungsempfehlungen

1. Ausbildung der nächsten Expertengeneration

Für eine erfolgreiche Zukunft ist die Ausbildung der nächsten Expertengeneration immanent wichtig. Hier gilt es, sowohl die akademische als auch die berufliche Ausbildung weiter voranzutreiben, und vor allem die MINT-Fächer zu stärken. Dabei sind die notwendigen Fähigkeiten zu vermitteln, die es braucht, um Potentiale erfolgreich in praktische Anwendungen zu bringen. Lebenslanges Lernen passiert nicht nur an Universitäten, sondern sollte auch verstärkt in Unternehmen praktiziert werden. Entsprechende Bildungsprogramme sollten vermehrt in Kooperation mit Hochschulen zustande kommen, so dass auch kleinere Organisationen davon profitieren können, die häufig nicht die Mittel haben, um interne Trainings anzubieten. Forschung sollte weiter an



die technologischen Bedürfnisse und Herausforderungen der Industrie angepasst werden. Eine aktive Kooperation zwischen Theoretikern und Praktikern ist unerlässlich und sollte in Zukunft noch weiter in verschiedenen Kooperationsformaten gestärkt werden. Insbesondere sollte die Zusammenarbeit der MINT-Fächer mit den Sozial- und Geisteswissenschaften integraler Bestandteil einer ganzheitlichen Ausbildung sein. Denn ethische Fragestellungen und Aspekte der Akzeptanz sowie Auswirkungen von Innovationen auf das gesellschaftliche Zusammenleben müssen noch stärker voraus- und mitgedacht und berücksichtigt werden. Nur so können gewünschte Zukunftsbilder zu einer positiven Zukunftsrealität werden.

2. Disziplinübergreifende Forschung und Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit verschiedenster Disziplinen hat sich in den vergangenen Jahren in der Allianz 3Dsensation als sehr erfolgreich erwiesen. Vor allem die Verbindung von Markt und Forschung sollte weiter gestärkt werden, um erfolgreich Innovationen in Anwendung zu bringen. Durch die vielseitigen Perspektiven verschiedener Fachrichtungen kann eine ganzheitliche und somit sinnvolle Bearbeitung von Problemstellungen ermöglicht werden. Es gilt, auch weiterhin den Faktor Mensch als letztendlichen Nutzer der Technologien zentral mit einzubeziehen.

Die Akzeptanz der breiten Gesellschaft für fortschrittliche Technologien als Assistenz im Alltag bleibt weiterhin ein wichtiges Thema. Eine Zusammenarbeit der Technologieträger mit Psychologen und Geistes- sowie Sozialwissenschaftlern ist daher besonders zu empfehlen. Es gilt, auch weiterhin auf kollaborative Projekte sowie Arbeiten in Netzwerken und Clustern zu setzen, um Kompetenzen zu bündeln und Synergieeffekte zu erzeugen. Durch gemeinsame Plattformen können Skalierungseffekte genutzt und unnötige Kosten vermieden werden,

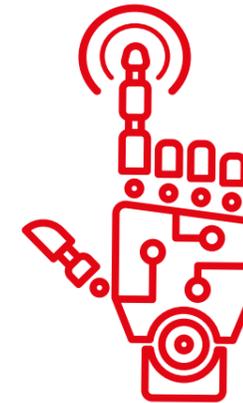
in dem Forschungsarbeiten aufeinander abgestimmt werden. Um die Innovationen der Zusammenarbeit von 3Dsensation und ähnlichen Netzwerken für alle möglichen Nutzer zugänglich zu machen, erscheinen

Plattformen im Sinne einer *Open Source-Verfügbarkeit* sinnvoll. Nachhaltige Pilotlinien können die praktische Umsetzung von Innovationen unterstützen.

3. Entwicklung multimodaler Sensornetzwerke

Eine programmierbare Netzwerk-Infrastruktur bildet das zentrale Nervensystem einer digitalen Gesellschaft. Industrie und Wirtschaft nutzen vermehrt Sensorsysteme statt Einzelsensoren. Eine vernetzte Kommunikation von Sensor zu Sensor schafft ein Internet der Dinge. Die fortschreitende Miniaturisierung und die damit immer einfacher werdende Einbettung von Technologien in entsprechende Produkte unterstützen diesen Prozess. Im Sinne der *Industrie 4.0* können *Smart Factories* durch eine komplett digitale und vernetzte Wertschöpfungskette erreichen, dass Produktionsprozesse reibungslos ablaufen, und flexibel zwischen

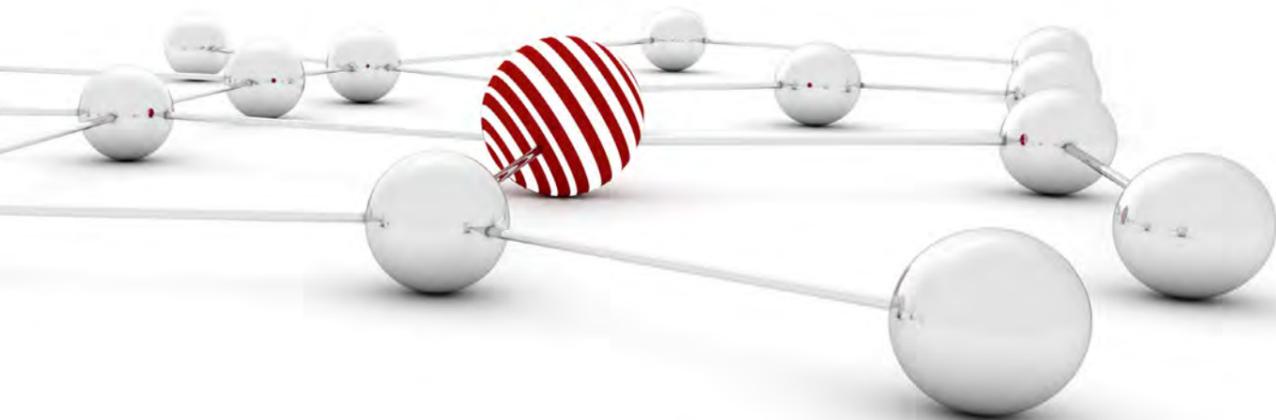
Massenfertigung und individualisierter Produktion gewählt werden kann. Mit der neuen Generation des Mobilfunks 5G wird eine immer schnellere und zuverlässigere Kommunikation möglich. Daten können ohne Latenz übermittelt und verarbeitet werden. Quantenkommunikation erhöht die Sicherheit der Datenübermittlung und schafft nicht abhörbare Kommunikationskanäle. Durch die fortschreitende Vernetzung einer steigenden Anzahl von Geräten wächst die entstehende Masse an Daten enorm. Herausforderungen stellen hier die Leistungsfähigkeit und Resilienz der Sensoren, Datensicherheit und Nachhaltigkeit der Technologien dar.



4. Technologieintegration von Sensorik, Robotik und Künstlicher Intelligenz

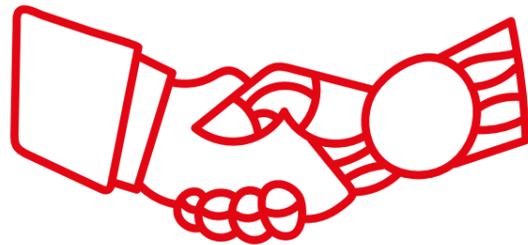
Um von der korrekten Erfassung der Umwelt durch effektive Sensorik zu einer erfolgreichen Interaktion von Mensch und Maschine zu gelangen, braucht es weitere Forschung in den Gebieten der Robotik und der Künstlichen Intelligenz (KI). Maschinelles Lernen stellt weiterhin eine Herausforderung dar. Insgesamt ist es wichtig, die internen Prozesse von KI transparent und verständlich zu kommunizieren. Durch die zunehmende Vernetzung intelligenter Systeme, können Technologien immer sicherer in Echtzeit handeln. *Seeing Machines* erfassen mithilfe verschiedener Sensoren ihre Umgebung, verarbeiten und analysieren simultan die erlangten Informationen. Neue KI-Algorithmen ermöglichen autonomes Fahren, Fertigungsprozesse im Sinne einer Industrie 4.0 und

ein umfassendes Verständnis unseres Klimas sowie bahnbrechende Innovationen in den Bereichen Medizin und Pflege. Im Sinne von sogenannten *Smart Cities* wird KI dazu verwendet, den Verkehrsfluss zu regulieren. Mit Sensorik und KI ausgestattete Roboter können zu sinnvollen Begleitern und Unterstützern des Menschen auch im Alltag werden. Bei all diesen Vorhaben gilt es, die Systeme sinnvoll zu koordinieren und die Schnittstellen mit dem Menschen zu optimieren. Eine Anpassung an den Nutzer, Absichtserkennung, effektive Dialogsysteme sowie eine simple Anweisung statt Programmierung der Anwendungen stellen typische Herausforderungen dar. Nur so kann eine echte und zielführende Interaktion ermöglicht werden, die im Alltag akzeptiert wird und die Lebensqualität des Menschen verbessert.



5. Szenarien einer natürlichen Zusammenarbeit im Alltag

des Alltags in gewohnten Lebensräumen miteinander kooperieren. So wird sich erhofft, dass Menschen sinnvolle Unterstützung erhalten, die ein sichereres und flexibleres Leben ermöglicht. Wenn die Menschen Klarheit über ihre ethischen Vorstellungen in Bezug auf die Mensch-Maschine-Interaktion erlangt haben und bereit sind für eine sichere, natürliche und damit echte Zusammenarbeit, und die technologische Forschung die aktuellen Herausforderungen gemeistert hat, dann steht diesem Zukunftsbild nichts mehr im Wege. Damit es sich jedoch in keinen Albtraum verwandelt, ist es wichtig, heute bereits Klarheit darüber zu schaffen, welche Szenarien realistisch, welche wünschenswert und welche als unbedingt zu vermeiden sind. Hierfür empfiehlt es sich im Sinne

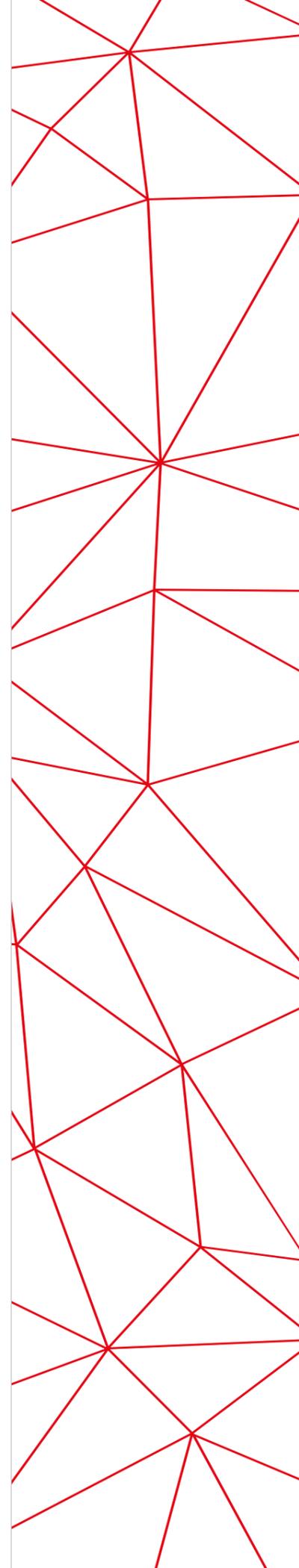


eines *Storytelling* Narrative der Zukunft zu entwickeln. Vorstellungen von menschenleeren Räumen, in denen Maschinen beispielsweise Operationen am menschlichen Körper durchführen, kann so entgegengewirkt werden. Ethische Fragestellungen werden berücksichtigt, wenn die gewünschten Zukunftsbilder in Forschung und Technologieentwicklung mit bedacht werden. Neue Technologie muss zudem immer in realen Lebenswelten erprobt werden, um die tatsächliche Nützlichkeit für den Menschen zu testen. Der Mensch soll auch weiterhin im Fokus stehen. Es gilt, das größtmögliche positive Interaktionspotential zu ermitteln, um die Zukunft fortschrittlich und sinnvoll zu gestalten.

Verantwortung für die Zukunft übernehmen

Dem Aufruf zu Handeln folgt auch eine Verantwortung: Die Forschungsallianz 3Dsensation hat bereits während ihrer Förderlaufzeit nach ihren TOP 5 Handlungsempfehlungen gelebt, gearbeitet und geforscht. Dem Anspruch gerecht zu werden, bereits jetzt den Grundstein für eine erfolgreiche Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion zu legen,

war von Beginn an eines der fundamentalen Ziele der 3Dsensation. In den folgenden Abschnitten des Strategieprozesses, werden verschiedene Initiativen und Infrastrukturen aufgezeigt, Glanzlichter und Leuchtturmvorhaben präsentiert, durch die sich die Forschungsallianz ihrer Verantwortung über die Jahre gestellt hat.



STRATEGIEPROZESS Forschungsinfrastrukturen

HMI-Lab

HUMAN-MACHINE-INTERACTION LABS – LABORE ZUR SIMULATION UND EVALUATION FÜR ANWENDUNGEN DER MENSCH-TECHNIK-INTERAKTION

Virtuelles Modell des neuen HCD-Labs der TU Chemnitz

Problembeschreibung

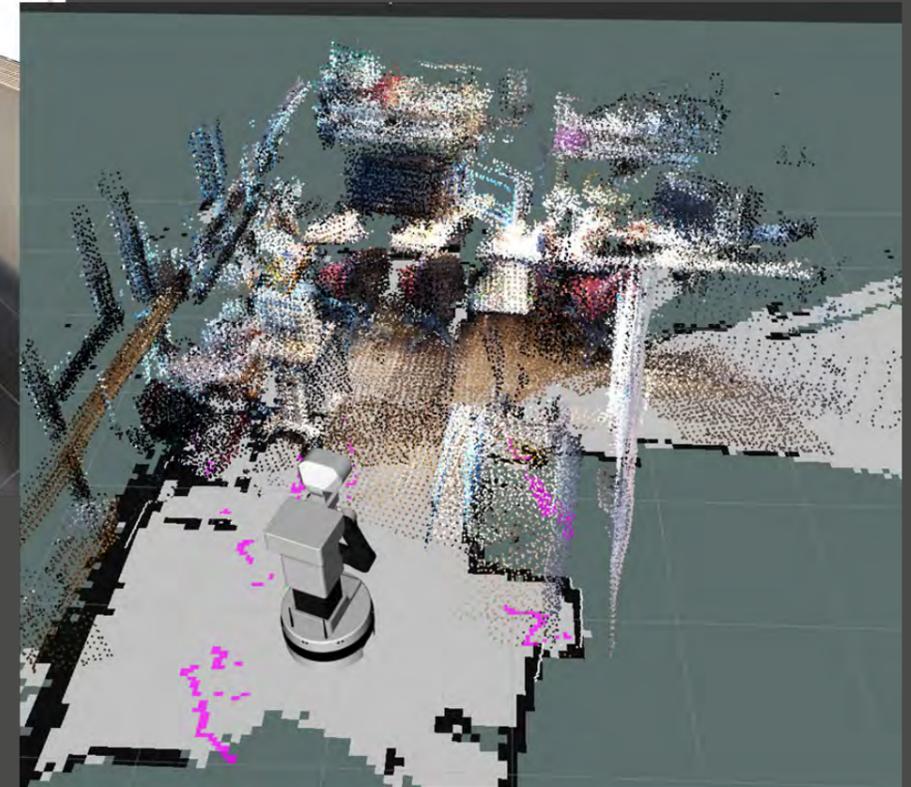
Aktuell werden innerhalb der Forschungsallianz 3Dsensation in verschiedenen Projekten spezifische Fragestellungen für begrenzte Anwendungsszenarien untersucht und entwickelt. Eine besondere Rolle nehmen dabei Verfahren zur sensorischen Umgebungs- und Nutzererfassung sowie die Evaluierung von realitätsnahen Szenarien der Mensch-Maschine-Interaktion innerhalb kontrollierter Laborumgebungen ein. Im Rahmen der durchgeführten Bedarfsanalyse musste allerdings festgestellt werden, dass die derzeit vorliegenden Labore und Aufbauten ausschließlich für spezifische Situationen, d.h. mit einem klaren Projektfokus, aufgebaut wurden.

Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist es daher, ein gesamtheitliches Simulations- und Evaluationslabor für die 3D-Mensch-Technik-Interaktion an der TU Chemnitz sowie zwei inhaltlich daran anknüpfende Labore für spezifische Anwendungsfälle, der Mensch-Roboter-Interaktion sowie der Aus- und Weiterbildung, an der OVGU Magdeburg und der FSU Jena aufzubauen. In den Laboren soll es möglich werden, die Anwendungsszenarien innerhalb der Bedarfsfelder der Innovationsallianz 3Dsensation und darüber hinaus unter möglichst realitätsnahen

Bedingungen zu simulieren, und unter Einbezug der Nutzer zu evaluieren und nutzerzentriert zu entwickeln sowie daran anknüpfend Maßnahmen zur Qualifizierung und zur Weiterbildung durchzuführen. Zusammengesetzt sollen insgesamt drei miteinander vernetzte Labore an den Standorten Chemnitz, Magdeburg und Jena entstehen. Diese sollen sich sowohl synergetisch ergänzen, aber auch spezielle Charakteristika adressieren:

- So fokussiert sich das **Human-Centered-Design (HCD) - Lab der TU Chemnitz** auf die frühzeitige Erprobung von Anwendungskonzepten und Forschung an daran knüpfende Fragestellungen zur Sicherstellung von menschenbezogenen Kriterien, wie der Usability, der Akzeptanz und des Vertrauens. Mit neusten Technologien der Virtual Reality und Augmented Reality wird es möglich, realitätsnahe Umgebungen virtuell und immersiv für den Menschen zu simulieren, insbesondere im Kontext der Mensch-Maschine-Interaktion.
- Ziel des **Robo-Labs an der Otto-von-Guericke Universität** ist es, das bisher erarbeitete Wissen zu kanalisieren und in ein gemeinsames System zur Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Interaktion zu integrieren. Die Erforschung und Umsetzung von Methoden zur Mensch-Maschine-Interaktion mittels künstlicher Intelligenz bedürfen großer Rechenkapazitäten und großer Datenmengen. Mit Hilfe eines



Mobiler Roboter mit u.a. RGB-D-, Sonar- und Laser-Sensorik, sowie Mikrofon und Lautsprechern. Dazu ein Greifarm mit 5 Fingerhand. Zur Orientierung in einer unbekanntem Umgebung wird ein SLAM-Verfahren angewendet, welches aus den Eingangsdaten der Sensorik eine Umgebungskarte erzeugt und gleichzeitig den Roboter in dieser zu lokalisiert.

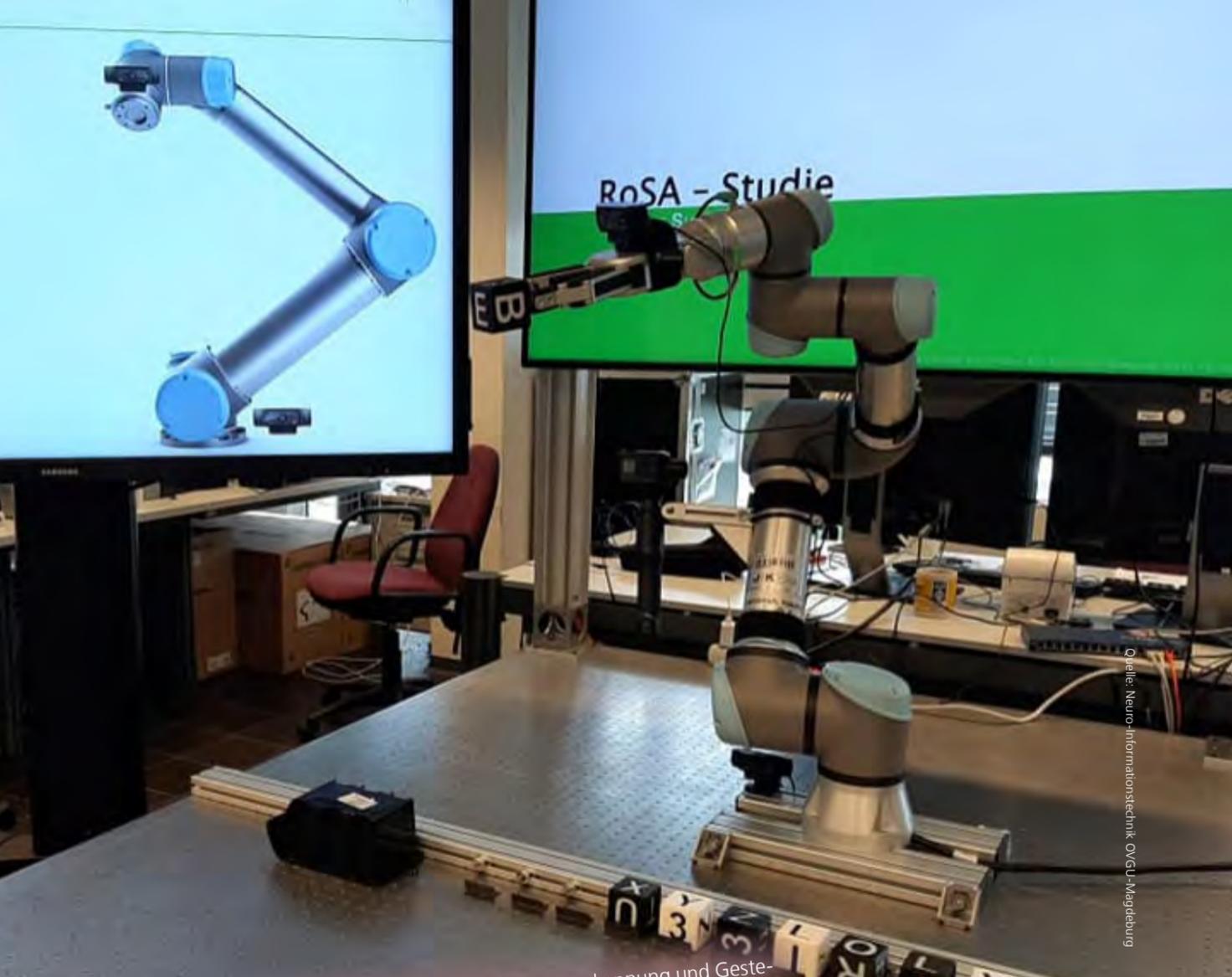
Deep-Learning Rechners soll genügend Rechenkapazität geschaffen werden, um auch in Zukunft international konkurrenzfähig zu bleiben. Um den gleichzeitig weiter steigenden Datenbedarf zu decken, soll eine Laborumgebung geschaffen werden, die eine multimodale Datenaufnahme in der Mensch-Roboter-Kollaboration erlaubt.

- Im Rahmen des **Teaching-Labs an der FSU Jena** soll eine Infrastruktur entstehen, welche die Möglichkeiten von 3D-Technologien zur Mensch-Maschine-Interaktion sowohl in die Gesellschaft transferiert, aber auch Schulungen von Nachwuchswissenschaftlern und -ingenieuren erlaubt. Mit dem Teaching-Lab sollen neue Wege bei der Hochtechnologieausbildung gegangen werden. 3D-Technologie wird hierbei direkt im Laborkontext zugänglich und nutzbar gemacht. Als offenes Labor mit enger Anbindung an die Universität und die etablierten

Graduiertenschulen, wie beispielsweise das 3Dsensation-Graduiertenkolleg oder die Max-Planck-School of Photonics, erlaubt die thematische Heranführung des akademischen Nachwuchses an 3D-Technologien.

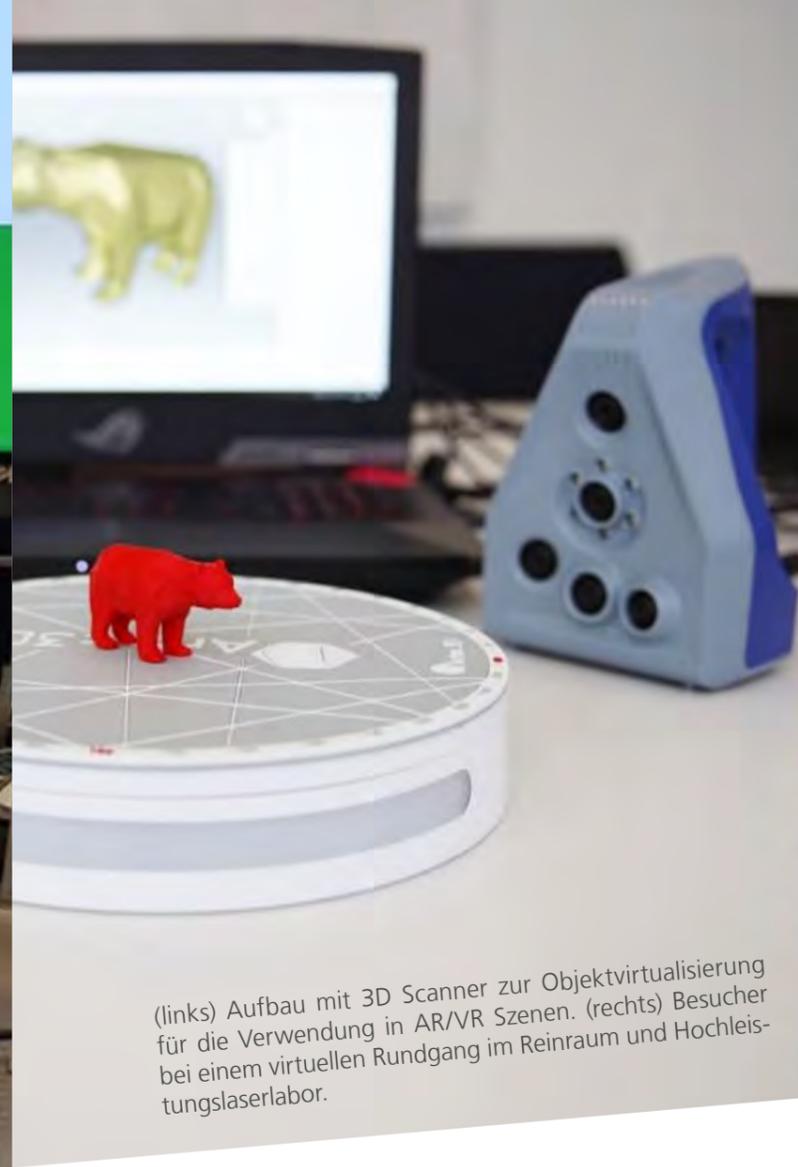
Aktueller Stand und Nutzungsmöglichkeiten

- Das Human-Centered-Design(HCD)-Lab der TU Chemnitz befindet sich aktuell noch im Aufbau. In diesem Rahmen werden drei Labore der TU Chemnitz umgestaltet und für den neuen Einsatz als HCD-Labor umgebaut. Die beschaffte Ausstattung befindet sich jedoch schon in der kontinuierlichen Testung und wird somit auch schon in ersten Studien verwendet. Das Gesamtlabor wird voraussichtlich ab Ende 2020 zugänglich sein.
- Das Robo-Lab an der Otto-von-Guericke Universität befindet sich noch im Aufbau



Quelle: Neuro-Informationstechnik OVGU-Magdeburg

Stationäre und kollaborative Roboter RoSA für Personenerkennung und Gesterkennung sowie Spracherkennung.



(links) Aufbau mit 3D Scanner zur Objektvirtualisierung für die Verwendung in AR/VR Szenen. (rechts) Besucher bei einem virtuellen Rundgang im Reinraum und Hochleistungslaserlabor.



Quelle: FSU/LehrwerkstattJena

in den Räumen des Fachgebietes Neuro-Informationstechnik der Otto-von-Guericke Universität. Die im Rahmen des Projekts beschafften Roboter werden teilweise bereits in Betrieb für die Studien und Datengewinnung eingesetzt. Der Deep-Learning-Rechner wird für das Training der größeren CCN und LSTM Netze verwendet. Die angeschafften Geräte werden im zur Datengewinnung und Analyse in der RoSA-Studie eingesetzt, welche Fragen der Mensch-Roboter-Interaktion durch Gestik und Mimik sowie Sprache zum Inhalt hat.

- Das Teaching-Lab an der FSU Jena wurde in den Räumen des Abbe Zentrum Beutenberg eingerichtet und befindet sich damit in unmittelbarer Nähe zum Abbe Center of Photonics und dem Institut für Angewandte Physik der FSU Jena sowie dem Fraunhofer IOF. Die im Rahmen des Projekts beschafften Geräte und Werkzeuge werden teilweise bereits für die digital unterstützte Aus- und Weiterbildung eingesetzt. AR/VR Technologien für die praktische Ausbildung werden aktuell in Betrieb genommen und können ab dem Wintersemester getestet werden. Für den breiten Einsatz dieser Technologien im Sinne der Projektziele und insbesondere praxisbezogener Aus- und Weiterbildung werden Best-Practice Beispiele erarbeitet, die einen effizienten Einsatz der beschafften Infrastruktur ermöglichen.

Vernetzungsperspektive:

Mit dem Aufbau der entsprechenden Labore soll eine Infrastruktur entstehen, welche mittel- und langfristig die Sichtbarkeit der Innovationsallianz – insbesondere im Zusammenhang mit menschenzentrierten optischen Systemlösungen für die Mensch-Maschine-Interaktion, gewährleistet.

Beteiligte Partner



Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement - Technische Universität Chemnitz
Prof. Dr. Angelika C. Bullinger (Koordinatorin)



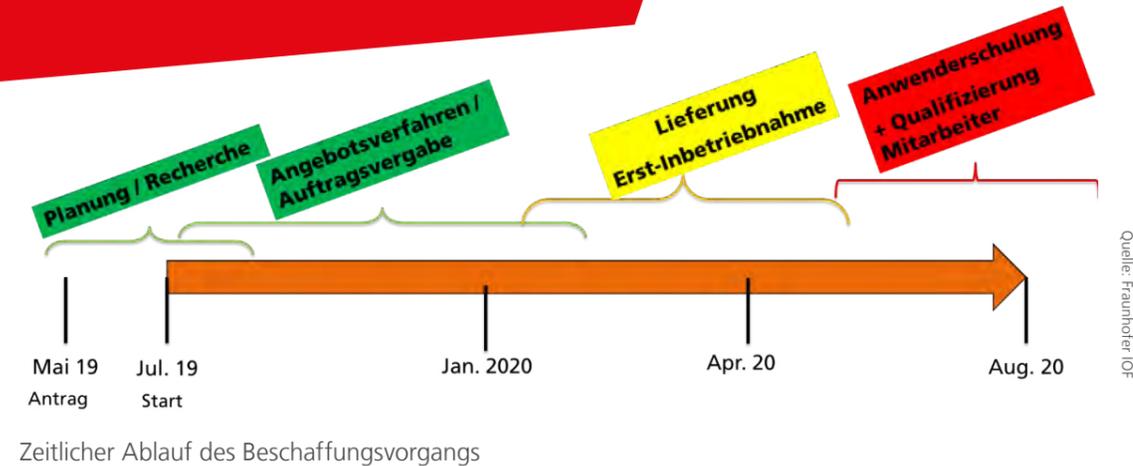
Neuro-Informationstechnik - Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi



Institut für angewandte Physik - Friedrich-Schiller-Universität Jena
Prof. Dr. Stefan Nolte

Autor

Dr.-Ing. André Dettmann;
Prof. Dr.-Ing. Ayoub Al-Hamadi;
Dr. Reinhard Geiss



Problembeschreibung

Alle Hersteller von optischen 3D-Sensoren und die Forschungsinstitutionen haben Kalibrierlabore und -hilfsmittel, die speziell auf die dort entwickelten 3D-Sensoren zugeschnitten sind, wobei die Messungen unter Standard-Laborbedingungen erfolgen. Eine experimentelle Nachbildung der typischen Einsatz-/Umgebungsbedingungen erfolgt hierbei i.A. nicht, so dass deren Einfluss auf die Sensor- und/oder Informationswiedergabesysteme nicht bewertet werden kann. KMUs sind aus Kostengründen i.A. nicht in der Lage, die dafür notwendige technische Systemausstattung vorzuhalten. Ausgewählte Untersuchungen zum Einfluss von Einsatzbedingungen werden von der Großindustrie in Fremdlaboren durchgeführt.

Ziel des Vorhabens

Idaher soll als Projektziel eine Infrastruktur in Form einer Laborlösung realisiert werden, die solche Untersuchungen mit qualifiziertem Fachpersonal ermöglicht.

Ähnliche/vergleichbare spezielle Labore wie das beantragte Prüflabor sind nicht verfügbar. Das gilt insbesondere für Untersuchungen bzgl. Umwelteinflüssen und anderen Einflüssen wie Beschleunigungen/Erschütterungen, aber auch für die Bewertung neuartiger Beleuchtungs- und Projektionssysteme

unter Normalbedingungen und unter o.g. Umwelteinflüssen.

Ein derartig umfassend ausgestattetes Labor ist ein Alleinstellungsmerkmal für die Verstärkung der Aktivitäten der Allianz 3Dsensation.

Das Labor mit der aufgeführten Ausstattung (s.u.) wird eine direkte weitere Kooperation und Zusammenarbeit der Forschungspartner deutlich befördern.

Aktueller Stand und Nutzungsmöglichkeiten

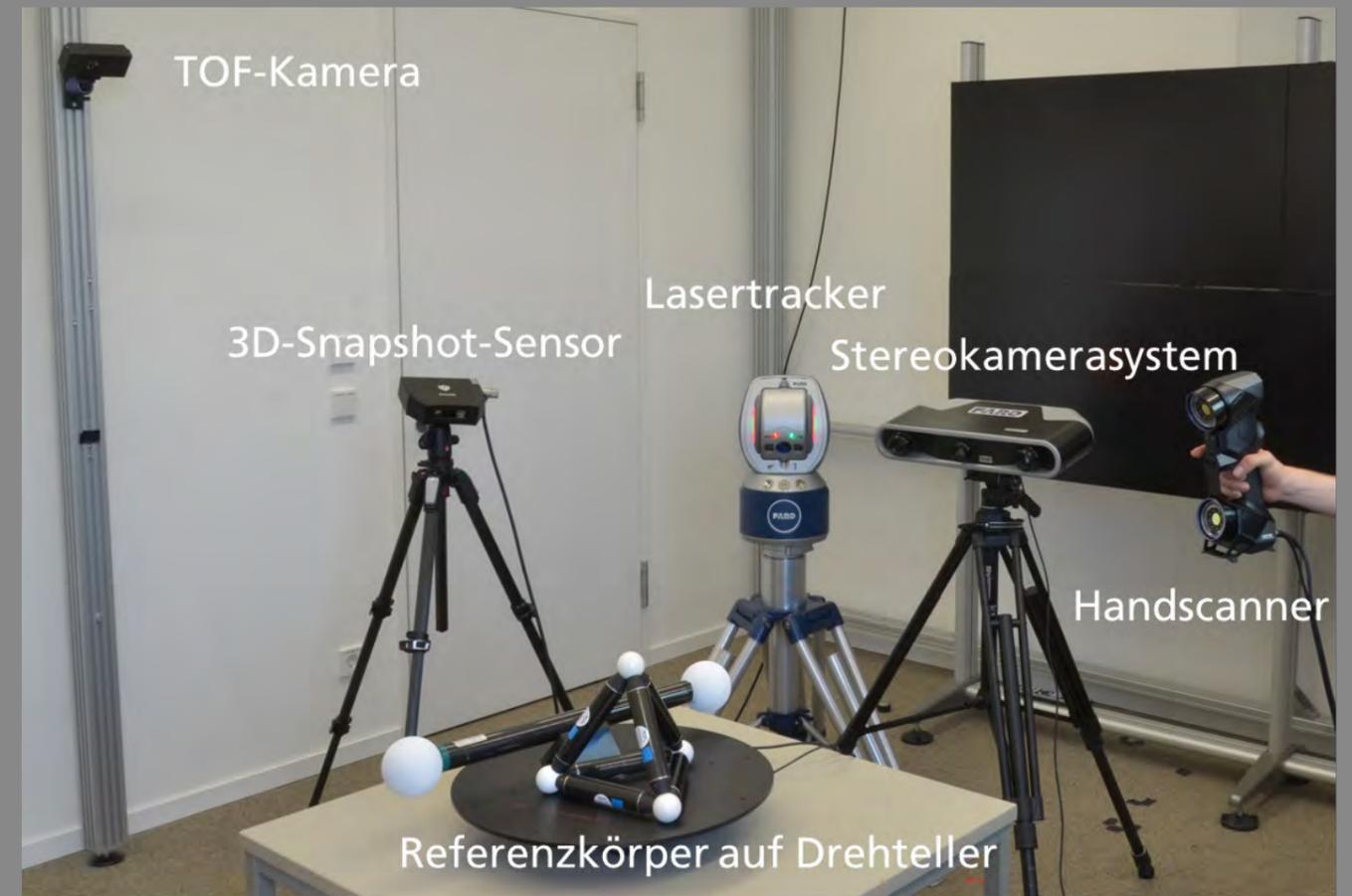
Im Projekt wurden ca. 50 verschiedene Komponenten (Prüfanlagen und Infrastruktur) beschafft. Der Aufbau des Prüflabor erfolgt am Fraunhofer Standort MEOS in Erfurt und wird im Oktober beendet werden.

Verwertungsperspektive

Das Prüfzentrum stellt seine Kapazitäten und Möglichkeiten allen Allianzpartnern sowie weiteren Anwendern entgeltlich zur Verfügung.

Dies kann in unterschiedlichen Formaten erfolgen:

1. Serviceleistungen im Bereich Sensorcharakterisierung:
2. Bereitstellung der technischen Kapazität für Sensorcharakterisierungen:
3. Schulung und Beratung zu den Möglichkeiten der Sensorcharakterisierungen:

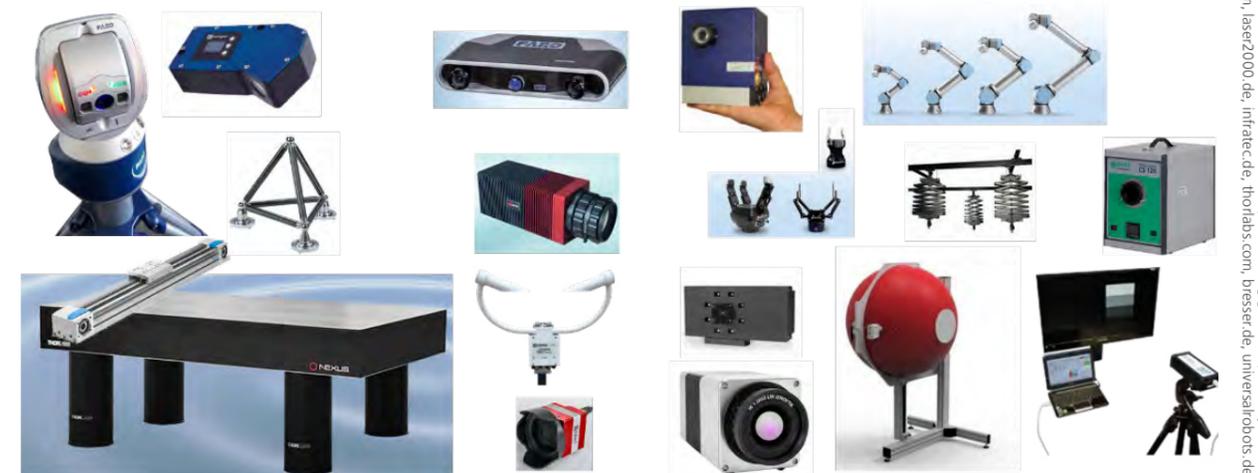


Beispielfoto für eine Messszene zur Bewertung verschiedener 3D-Sensoren

4. Serviceleistungen bei Lichtquellen- und Projektionssystemcharakterisierung
5. Bereitstellung von technischer Kapazität zur Lichtquellencharakterisierung

Beteiligte Partner

Fraunhofer IOF
Prof. Gunther Notni
(Koordinator)



Beispiele Komponenten im Prüflabor

STRATEGIEPROZESS

3Dsensation Innovationspreis 2020 für »FOLLOWme ILS« und »ROTATOR«



Im Zuge der Mitgliederversammlung 2020 konnte erstmals der »3Dsensation Innovationspreis« verliehen werden. In einer Ausschreibung im Frühjahr 2020 wurden die Konsortialpartner dazu eingeladen, passende Projekte für die Produktion eines Imagevideos zur Kommunikation der Forschungserfolge der Allianz an die Öffentlichkeit vorzuschlagen.

Voraussetzung für die Teilnahme waren ein hoher Innovationsgrad sowie, dass das Vorhaben bereits bis zur Anwendungsreife vorgerückt ist und durch Messeauftritte, Konferenzbeiträge oder Veröffentlichungen öffentlich bekannt gemacht wurde. Aus fünf Bewerbungen wurden zwei Projekte für eine Prämierung ausgewählt.

Die Community der Forschungsallianz entschied sich für das Vorhaben FOLLOWme ILS mit einem Fahrerlosen Transport-System. Die Jury, bestehend aus dem 3Dsensation Lenkungskreis wählte das Projekt ROTATOR als Gewinner, bei dem es sich um eine dreidimensionale Out-of-Stock-Erfassung mittels Roboter handelt, die die mobile und autonome Erfassung des Warenbestandes im Einzelhandel ermöglicht.

Die Gewinner-Projekte konnten erfolgreich einen Imagefilm unter professioneller Marketing-Begleitung produzieren. Ziel dabei war es, die Vorhaben zu unterstützen, um die Projektergebnisse langfristig zu verankern und den Transfer der Forschung in die Praxis zu fördern.

Beteiligte Partner:



Community-Preisträger „Innovationspreis 2020“:

FOLLOWme

INTERVIEW MIT DR. MICHAEL KÄMPF

iFD GmbH, Research Manager,
Verbundkoordinator FollowMe ILS

Was waren die Startimpulse für „FOLLOWMe?“

Wir haben überlegt, wie wir am besten in den Rahmen von 3Dsensation passen, ohne krampfhaft nach einem Projekt suchen zu müssen. Zuvor haben wir mit solch großen Konsortien die Erfahrung gemacht, dass die Zusammenarbeit etwas schwer und träge verläuft. Daher wollten wir nicht allzu viele Partner. Getriggert wurde das Projekt im Wesentlichen durch die Universität in Chemnitz. Das, was wir uns dann ausgedacht haben, war dann doch sehr umfangreich. Deswegen sind wir dann in der ersten Förderperiode direkt mit gestartet. Der Start hat sich dann leider etwas verzögert. Wir hätten gerne in der letzten Phase noch die Überführung des Ganzen in die Anwendung durchgeführt. In dem Projekt war sehr viel Forschungsvorarbeit notwendig, daher war absehbar, dass wir am Ende nur einen Prototypen haben würden. Den haben wir bereits vorgestellt und sind damit auch sehr zufrieden.

Gibt es einen herausragenden Moment in der Zusammenarbeit des Konsortiums?

Das Highlight war natürlich, als am Ende das Fahrzeug stand. Wir haben erreicht, was wir erreichen wollen. Da sind wir auch wirklich stolz drauf. Unser Fahrzeug hat einen Folgemodus, mit dem er Personen hinterherfährt, es kann aber auch autonom fahren. Es kann mit dem Menschen kooperieren, aber auch autark arbeiten. Da gibt es aktuell keine Konkurrenz.

Was gab es für Hürden im Projekt?

Die Sensorik war vorher noch nicht im praktischen Umfeld erprobt worden. Das war eine Herausforderung, dass die Sensoren dann auch reibungslos funktionieren und das Fahrzeug eine Person korrekt erkennen kann, um ihr zu folgen. Da wir vier Partner aus verschiedenen Richtungen sind, war die Kopplung der einzelnen Systeme auch eine Hürde. Jeder hat da



Quelle: FollowMe



Quelle: FollowMe



Quelle: FollowMe



Quelle: FollowMe

etwas entwickelt und das musste zusammengebracht werden. Das haben wir gut gemeistert. Ich kann mich nur positiv über das Konsortium äußern. Wir kannten uns vorher nur bedingt. Die Zusammenarbeit hat wirklich sehr reibungslos funktioniert.

Wie begründen Sie Ihre Bewerbung für den Innovationspreis 2020?

Wir sind der Meinung, dass unser Ergebnis etwas ist, das vielseitig einsetzbar und bisher so in der Art einmalig ist. Das Fahrzeug hat viel Potential, um sich in verschiedenen Bereichen durchzusetzen. Wir waren von Anfang an eines der Leuchtturmprojekte des Konsortiums und haben unsere Ziele erreicht. Auf unser Ergebnis sind wir sehr stolz.

Was sind mögliche Anwendungsfelder?

Gut vorstellbar ist eine Anwendung im Gesundheitswesen. Da wird bereits viel auf die Beine gestellt in Hinblick auf medizinische Transportfahrzeuge. Die können dann zum Beispiel Pflegemittel zum Patienten ans Bett fahren und so das Pflegepersonal unterstüt-

zen. Eigentlich gibt es in allen Anwendungsfeldern Querschnittsbereiche, in denen wir das Fahrzeug platzieren können. Auch als Lieferfahrzeug wäre unser Produkt anwendbar. Die Logistik war bisher nur der Hauptanwendungsfall.

Wir werfen einen Blick in die Zukunft: Aus „FOLLOWme“ ist eine erfolgreiche Innovation geworden. Was ist auf dem Weg dorthin passiert?

Noch arbeiten wir an dem Transfer in die Praxis und auf andere Anwendungsfelder. Im Lager wurde das Fahrzeug bereits getestet, aber das muss nun noch in den anderen Bereichen geschehen. Jedes Anwendungsfeld hat seine Besonderheiten. Es geht jetzt darum, die Werbetrommel zu rühren und mit den entsprechenden Personen in Kontakt zu treten. Wir müssen die Bedarfe konkret ermitteln und Möglichkeiten untersuchen. Da suchen wir momentan noch nach Unterstützung.

Weitere Informationen zum Vorhaben finden Sie auf Seite 59.

Was waren die Startimpulse für das Projekt?

Wir waren schwerpunktmäßig recht lange mit Robotern im Einzelhandel unterwegs. Innerhalb dessen waren wir Mitglieder der „METRO Future Store Initiative“. Die testen solche Innovationen für den Einzelhandel auf der Verkaufsfläche. Infolge der Zusammenarbeit innerhalb der Initiative sind neue Ideen dafür entstanden, was mit Robotern in dem Kontext noch so gemacht werden könnte. Eine Idee war eben die automatische Regallückenerkennung, also eine Prozessoptimierung im Einzelhandel durch den Einsatz von Robotern. In der Zwischenzeit hatten wir bereits Roboter entwickelt, die Bestandsaufnahmen über RFID durchführen konnten. Diese RFID-Tags sind jedoch nicht überall vorhanden, vor allem nicht im Lebensmittelgeschäft. Da bietet eine sensorische Erfassung der Bestände eine tolle Alternative. Für diese Idee haben wir Forschungsmittel gesucht und sind darüber auf den Call von 3Dsensation gestoßen.

Was war ein herausragender Moment der Zusammenarbeit im Konsortium?

Wir haben die Ziele im Projekt erreicht. Im letzten Jahr haben wir live-Tests in Real-Stores von EDEKA gemacht. Da konnten wir die verschiedenen Plattformen der Partner testen und miteinander vergleichen. Dass das dann alles so gut funktioniert hat, war schon ein schöner Moment.

Was war eine Hürde, die im Projekt gemeistert werden musste?

Wir hatten viel Arbeit mit der Integration der Kameras. Für die Regallückenerkennung ist es wichtig, dass der Roboter gute Bilder von den Regalen bekommt. Da

haben wir viel Zeit damit verbracht, die geeigneten Modelle herauszusuchen, zu integrieren und zu bewerten. Ein anderer großer Punkt war die Performance. Solche Roboter sind besonders hilfreich, wenn der Markt besonders groß ist. Die Zeitspannen für die Regalaufnahme sind jedoch sehr kurz, da die Roboter nur bei geringer Kundenzahl effektiv agieren kann. Bei zu vielen Menschen kommt er nicht mehr vorbei und kann seine Arbeit nicht erledigen. Der Roboter muss das also idealerweise in ein bis zwei Stunden schaffen. Da haben wir also viel Arbeit in die intelligente Regalaufnahme gesteckt. Die andere große Herausforderung ist, dass sich solche Märkte häufig sehr stark wandeln. Es kommen Regale hinzu und es wird umgebaut. Das muss der Roboter selbstständig erkennen, um sich daran anzupassen.

Wie begründen Sie die Bewerbung für den Innovationspreis 2020?

Die Allianz 3Dsensation hat ja zum Ziel, die Mensch-Maschine-Kommunikation zu revolutionieren. Mit unserem Vorhaben Rotator haben wir einen sehr großen Beitrag dafür geleistet, dass autonome Roboter in öffentlichen Einsatzumgebungen verwendet werden können. Das Miteinander zwischen Mensch und Roboter wurde also optimiert. Darüber hinaus haben wir sehr viele Präsentationen und Veröffentlichungen zu dem Vorhaben gemacht. Sowohl aus Anwender-Sicht als auch wissenschaftlicher Perspektive haben wir unsere Ergebnisse vielfach vorgestellt. So wurde unser Fortschritt auch in die Wissenschafts-Community getragen. Als drittes Argument können wir ein sehr hohes Absatzpotential nennen. Wir haben gerade drei Pilotprojekte mit unserer Technologie am Laufen. Wenn das erfolgreich ist, können in den Folgejahren sehr viele unserer Roboter gebaut werden.

Inwiefern sind auch andere Verwertungsperspektiven denkbar?

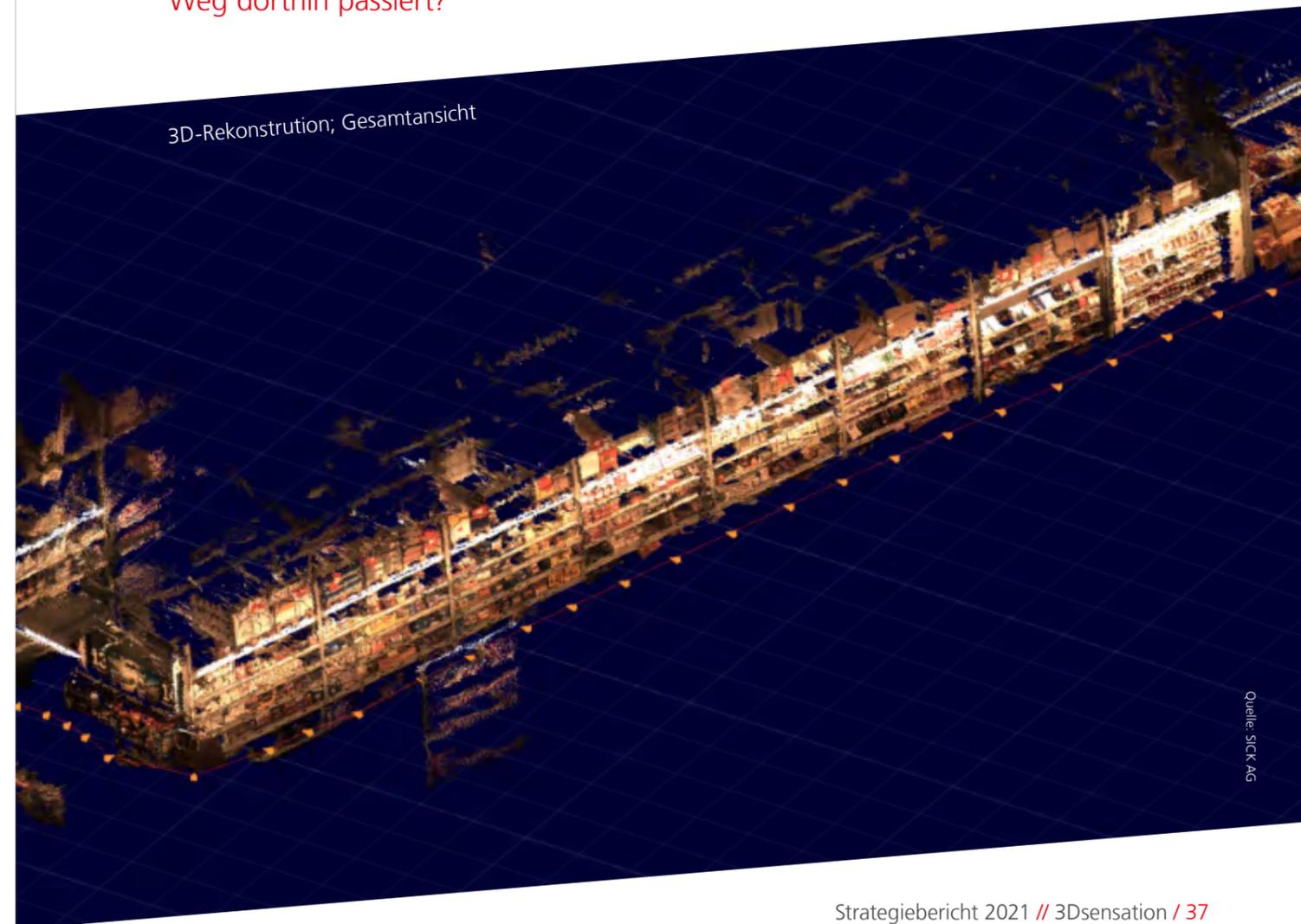
Die von uns entwickelten Technologien wie das autonome Mapping eines Areals lässt sich auch bei fahrerlosen Transportsystemen einsetzen. So wäre ein Technologietransfer auf die Industrie-Logistik gut möglich.

Wir werfen einen Blick in die Zukunft: Aus „Rotator“ ist eine erfolgreiche Innovation geworden. Was ist auf dem Weg dorthin passiert?

Auch im Einzelhandel gibt es einen Digitalisierungstrend. Der Roboter legt da mit seinen bisherigen Funktionen die Basis. In Zukunft wäre über eine Inventurarbeit hinaus auch das automatisierte Verräumen der Produkte in die Regale möglich. Auch dafür legen wir mit die Grundlage, denn unsere Roboter liefern die dafür notwendigen Daten.

Weitere Informationen zum Vorhaben finden Sie aus Seite 64.

3D-Rekonstruktion; Gesamtansicht



Gemeinsamer Weg, Gemeinsame Zukunft - 3Dsensation im Gespräch

Die Förderlaufzeit der Forschungsallianz neigt sich dem Ende entgegen: Ein guter Zeitpunkt, um zu reflektieren. Im gemeinsamen Gespräch mit der Koordinierungsstelle ziehen Andreas Tünnermann, Peter Kühmstedt, Jan Sperrhake und Andreas Bley ihr Resümee nach über acht Jahren 3Dsensation. Die Glanzlichter des Konsortiums beleuchten dabei die Herausforderungen und Erlebnisse der letzten Jahre und skizzieren, was für eine erfolgreiche Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion nötig ist.



Prof. Dr. Andreas Tünnermann

Der Institutsleiter des Fraunhofer IOF Jena ist als Vorsitzender des Lenkungskreises und Sprecher der Forschungsallianz 3Dsensation maßgeblich an deren strategischer Ausrichtung beteiligt.

Quelle: Fraunhofer IOF

Dr. Peter Kühmstedt

Der Abteilungsleiter des Fachbereichs Bildgebung und Sensorik am Fraunhofer IOF Jena ist seit Beginn der Förderung Zwanzig20 bei der Forschungsallianz 3Dsensation dabei und konnte sich in zahlreichen Vorhaben der Forschungsallianz einbringen.



Quelle: Fraunhofer IOF



Jan Sperrhake

Als Speerspitze der Graduierten- und Nachwuchsgeförderten der Forschungsallianz 3Dsensation ist er an den Vorhaben 3D-NanoVisual (S. 130) und HyperSense (S. 133) beteiligt. Zusammen mit seiner Kollegin Maria Nisser steht er bei der strategischen Einzelmaßnahme NeoVital (S. 86) kurz vor der erfolgreichen Ausgründung.

Quelle: Sperrhake

Dr. Andreas Bley

Der Mitgründer und Geschäftsführer der MetraLabs GmbH ist zusammen mit seinem Team und dem Vorhaben ROTATOR (S. 64) Preisträger des 3Dsensation Innovationspreises 2020.



Quelle: Metralabs

Herr Tünnermann, vielleicht können Sie uns noch einmal einen groben Abriss geben zur Evolution und den Ursprüngen der Forschungsallianz 3Dsensation.

Andreas Tünnermann: Begonnen hat 3Dsensation mit dem Anspruch, dass wir die Maschinen befähigen wollten, dreidimensional zu sehen, Tiefenkarten zu erstellen und damit auch eine breite Anwendung treiben zu können. Wir haben dann im Laufe der Zeit gelernt, dass dieses Thema eigentlich nicht von konkreten Anwendungen in unterschiedlichsten Bereichen zu trennen ist. Die Allianz hat daraufhin Fragestellungen adressiert, die zum einen die Grundlage bilden für eine sichere und effiziente Mensch-Maschine-Interaktion und zum anderen diesen ursprünglichen technologischen Aspekt, der letztendlich eine Frage der Sensorik ist, beibehalten und weiterentwickelt. Immer gepaart mit dem Anspruch, dass Maschinen sich zu wahren Assistenten für einen Menschen in unterschiedlichsten Szenarien entwickeln können. Wir haben uns also von einer fokussierten technologischen Herausforderung zu einem Konsortium entwickelt, das extrem anwendungsorientiert und forschungsfeldübergreifend arbeitet und, ja, letztendlich gleichzeitig gesellschaftlich relevante Fragestellungen adressiert hat. Ein Beispiel ist auch die Ausgründung die Jan Sperrhake repräsentiert, die auf der Basis einer gesellschaftlich relevanten Fragestellung und der Lösung dieser hervorgeht.

Viele Innovationsprojekte sind nach Ablauf des Förderzeitraums noch lange nicht innovationsreif. Was brauchen wir, um an diesen Stellen weiterzumachen?

Andreas Tünnermann: Nun, es ist im Allgemeinen ein langer Weg zwischen einer Invention, das heißt dem Zeitpunkt einer Wissensgenerierung, bis hin zu einer Innovation, dem Zeitpunkt der wirtschaftlichen Verwertung. Und je nachdem in welchen Märkten man hier unterwegs ist, ist der Zeitraum zwischen diesen beiden Punkten unterschiedlich

lang. Betrachtet man etablierte Märkte im Bereich der Messtechnik, Qualitätssicherung oder Logistik, dann können wir hier einen Ersatz von existierenden Lösungen beobachten. Es ist aber so, dass diese Unternehmen bereits im Markt etabliert sind, damit über einen Marktzugang verfügen und diese neuen Möglichkeiten, die verbesserte Performance der Einzelkomponente, auch gegenüber dem Kunden besser zu kommunizieren wissen und als Mehrwert darstellen können. Das heißt, der Weg zur Innovation lag bei einigen dieser Themen tatsächlich nur im Bereich von zwei bis drei Jahren.

Schwierig wird es dort, wo zum einen die Unternehmen nicht über einen direkten Marktzugang verfügen, zum anderen aber auch die Einführung der Innovation mit gewissen Implikationen im Bereich Gesellschaft und im Bereich Sicherheit verbunden sind. Dann also, wenn es über ein klassisches, organisches Verändern eines Produktes hinausgeht und die Innovationen an vielen Stellen einen disruptiven Charakter haben, sowohl auf der Seite des Produktes, aber auch auf der Seite der Anwendung. Und hier zeigt sich, dass die Zeit zwischen Invention und Innovation dort typischerweise im Bereich von sieben Jahren und mehr liegt. Das haben wir auch in unserem Konsortium beobachtet. Das Projekt endet eben nicht mit der Identifikation von potenziellen Anwendungen in neuen Bereichen. Was wir hier brauchen ist, die Produkteinführung durch Begleitforschungsmaßnahmen zu ergänzen, die die Usability und die Produktsicherheit untersuchen und zusätzlich die Frage adressieren, wie an dieser Stelle der Marktzugang zu gestalten ist.

Der lange Weg, von dem Herr Tünnermann gerade gesprochen hat, ist ein gutes Stichwort: Die Forschungsallianz 3Dsensation existiert nun seit über acht Jahren. Was ist rückblickend der eklatante Vorteil einer solchen Allianz im Vergleich zu klassischen Einzelförderungen?



Quelle: Fraunhofer OF

Andreas Tünnermann: Der konkrete Vorteil der speziellen Förderung im Programm Zwanzig20 war, dass wir nicht ein typisches Projekt mit einem sehr konkreten Detailthema adressiert oder das in einer Community unter Einbeziehung von Partnern verwirklicht haben, die sich bereits seit vielen Jahren kennen und die gemeinsame Interessenlagen haben. Wir hatten über dieses spezielle Programm die Möglichkeit, unterschiedliche Disziplinen zusammenzubringen und gleichzeitig auch spezifische Anwendungsszenarien perspektivisch zu betrachten, die auch außerhalb der aktuellen organischen Marktentwicklung liegen. Es gibt Themenstellungen, die wir aufgrund von Aspekten der Entwicklung unserer Gesellschaft, zum Beispiel im Bereich Demografie, Mobilität oder Umwelt, antizipiert haben.

Peter Kühmstedt: Ein wichtiges Element dieser Förderung gegenüber klassischen Förderungen, war aus meiner Sicht der deutlich längere Zeitra-

men und ein deutlich höherer Anspruch, in einem größerem Kontext zusammenzuarbeiten innerhalb der großen, jährlichen Runden der Allianz. Das war aus meiner Sicht ein sehr nützlicher Faktor. Und der intensiv getriebene Wunsch, dass Partner aus verschiedenen Interaktionsfeldern oder verschiedenen Zielrichtungen durch diese Allianz zur Zusammenarbeit ermuntert wurden. Diese breitere Vernetzung und dieses breitere Zusammenspiel von Akteuren sind für mich ein ganz zentrale Elemente jenseits der inhaltlichen Ergebnisse.

Wie beeinflussen Sie diese Partnerschaften oder Netzwerke auch für die Zukunft?

Peter Kühmstedt: Diese Netzwerke und Partnerschaften sind ein Schlüsselement für weitere gemeinsame Projektthemen. Dort sind Netze aus Partnern zusammengekommen, die generisch nicht vor dieser Allianz in der Form existierten, beziehungsweise nicht in einer solch engen Form, dass man gemeinsam Forschungsprojekte und Entwicklungsprojekte hätte durchführen können.

Gibt es bereits neue Forschungsschwerpunkte oder Bündnisse, die aus den Partnerschaften und Netzwerken der 3Dsensation hervorgegangen sind?

Peter Kühmstedt: In der Forschung sind das die multispektralen Themen. Hier stehen wir im Forschungsverbund RUBIN AMI¹ jetzt unmittelbar wieder vor dem Start eines Projektes mit größerem Rahmen, bei dem auch wieder mehr Partner beteiligt sind, hier in dem Falle jetzt 13, die dann über drei Jahre

gemeinsam dort arbeiten. Das sehe ich als Zwischenstufe zwischen Einzelprojekten klassischer Themen und dem sehr großen Rahmen von 3Dsensation.

Was war für Sie ein besonderes Erfolgserlebnis in der Laufzeit der 3Dsensation?

Peter Kühmstedt: Wir konnten verschiedene Sensorsysteme im Rahmen dieser Projekte entwickeln und auch sehr öffentlichkeitswirksam präsentieren. Das war für mich immer eine sehr angenehme Sache, diese Messsysteme dann auch zu zeigen und demonstrieren zu können. Ein Exponat stand ein halbes Jahr im Ministerium als vollautomatisches, allein laufendes System. Das hätte ich vor der Allianz nicht erwartet, dass wir ein solch öffentlichkeitswirksames Präsentieren hinkriegen und das tatsächlich ein halbes Jahr ohne Betreuer im öffentlichen Bereich vorgeführt wird.

Herr Sperrhake, Sie waren mit unterschiedlichen Förderinstrumenten bei der 3Dsensation dabei. Wie haben Sie die letzten Jahre mit 3Dsensation erlebt und wo stehen Sie auf dem Weg von der Invention zur Innovation?

Jan Sperrhake: Wenn man das mal aus meiner Sicht historisch aufzieht, ich habe ja als Doktorand angefangen, war die erste Perspektive, im Konsortium meine Stelle zu finanzieren und die zweite, dass man die Nano-Optik als Forschung passfähig macht. Für Graduierten-Projekte ist es immer eine sehr wichtige Challenge, sich erstens in einen größeren Kontext einzusortieren und Zweitens, auch eigene Projekte zu planen. Das gilt für jede Art von Konsortium, bei dem man sich andockt und selbständig agieren muss. Und was ich rückblickend besonders fruchtbar fand, war die Formierung eines Graduiertenkollegs, bei dem sich alle Doktoranden und Doktorandinnen aus unterschiedlichsten Fachbereichen zusammengesetzt haben und in einem

Seminarformat erst einmal darüber geredet haben, wie sind die Projekte aufgebaut und wo wollen wir hin? Wo gibt es vielleicht überlappende Möglichkeiten? Das war etwas seltsam am Anfang, wenn man mit Physikern, Informatikern, Sportwissenschaftlern und Menschen aus allen möglichen Fachbereichen dazwischen zusammenarbeitet. Man spricht eben nicht die gleiche Sprache, das war schon eine besondere Challenge. Aber das spricht auch für die Interdisziplinarität innerhalb der 3Dsensation und hat letztlich dazu geführt, dass ich zu meiner Kollegin und vielleicht auch demnächst Mitgründerin Maria Nisser Kontakt aufbauen konnte.

Was ich aber sehr besonders fand, und das hat eigentlich den größten Impact auf meine Forschungsarbeit und Zukunft gehabt, war der Aufruf für Graduiertenverbundprojekte. Da gab es die Idee, dass sich die Graduiertenprojekte, diese Promotionen, neue Projektideen überlegen und dort relativ kompetitiv Anträge schreiben, um erstens die Stellen ein bisschen aufzustocken und zweitens eine großartige Idee, die man vorher nicht gehabt hat, gemeinsam zu pushen. Das hat ein Incentive gegeben, der uns dazu gebracht hat, das Projekt HyperSense mitzuformulieren, mit Chen Zhang von der TU Ilmenau, Michal Rapczynski von der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und Maria Nisser vom Universitätsklinikum Jena. Und ich empfinde das als einer der stärksten Resultate aus diesem Rahmen, weil sich dort jeder sehr präzise Gedanken machen musste, wie ich meine Forschungsideen inventiv mache. Das hat rückblickend am meisten gefördert. Ja, es hat natürlich auch enorm viel Zeit rausgenommen aus der eigenen Promotion, aber man muss klar sagen, dass das das Wertvollste an so einem Konsortium ist, vor allem für junge Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen. Ich würde mir auch für die Zukunft wünschen, dass solche Sachen in neuen Konsortien oder Verbänden gemacht werden und man interdisziplinäre Projekte anbietet und fördert. Durch HyperSense haben wir Projektideen weiterentwickelt, die dann auch in die aktuellen Arbeiten mit NeoVital eingeflossen sind.

1. RUBIN (Regionale unternehmerische Bündnisse für Innovation) ist ein Förderprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Ziel des Programms ist es, die strategische Zusammenarbeit von Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen zu stärken. Nicht zuletzt durch das bestehende Netzwerk der 3Dsensation, konnten sich 13 Partner zum Bündnis AMI (Advanced Multimodal Imaging) innerhalb von RUBIN zusammenschließen. AMI entwickelt multimodale bildgebende Verfahren, die durch multispektrale Bildverarbeitung eine erweiterte Objekt- und Szenebeschreibung ermöglichen werden.

Wo stehen Sie gerade auf dem Weg zur Ausgründung?

Jan Sperrhake: Wir sind noch fleißig für NeoVital unterwegs und das ist auch noch eine sehr schöne Sache. Und auch da muss man perspektivisch zurückgreifen: Ich bin Physiker, und da ist es dann ziemlich cool, etwas mit echten Menschen zu machen, auch wenn die Menschen Babys sind (lacht). Nein wirklich, das ist richtig cool. Also nicht nur mit jemandem reden, sondern im wahrsten Sinne des Wortes etwas sehr humanes tun. Das ist nach wie vor eine treibende Kraft bei NeoVital. Aber es sieht so aus, als wären wir dabei uns freizuschwimmen, als gäbe es quasi auch noch ein „nach 2021“, dass das Leben weitergeht und man nicht in die akademische Arbeitslosigkeit verfällt (lacht). Aber Spaß beiseite: Wir arbeiten auf einen guten Abschluss von NeoVital zu und damit auch auf eine hoffentlich erfolgreiche Gründungsphase.

Herr Bley, Sie hatten innerhalb der 3Dsensation auch „quite a journey“: MetraLabs und das Vorhaben ROTATOR waren Preisträger des Innovationspreises 2020. Können Sie uns eine persönliche Perspektive auf Ihre Reise in der Forschungsallianz geben?

Andreas Bley: In dem Projekt ROTATOR ging es ja darum Regallücken im Supermarkt zu entdecken, also im Vergleich zu den anderen Vorhaben etwas exotischer. Wir hatten aber eine gewisse Anwendungsnotwendigkeit, bei der wir dann letztendlich Technologien entwickelt haben, die eigentlich genau wie die Faust aufs Auge in 3Dsensation passen. Die Digitalisierung der Umgebung, 3D-Wahrnehmung der Umgebung, aber natürlich auch Mensch-Roboter Interaktion. Nicht unbedingt mit dem hohen Anspruch interaktiv mit dem Nutzer zu sein, aber den Roboter dennoch so zu gestalten, dass er den Shopper nicht stört. Das hat gut zusammengepasst und wir haben durch die Allianz auch die Partner gefunden, die dafür sehr gut zusammengespielt haben und die Kompetenzen hatten, diese Anforderungen umzusetzen. Wir haben Zusammenarbeiten mit der SICK AG aufgebaut, die sich um 3D-Wahrnehmung und -Umgebung gekümmert haben. Wir konnten in diesem Vorhaben etliche Demonstratoren umsetzen. Wir sind in große Supermärkte gegangen und hatten die Roboter dort mehrere Monate im Einsatz. Das war ein schönes Gefühl zu sehen, dass das funktioniert. Kommerziell hat uns das auch vorangebracht: Die Technologien, die wir hier entwickelt haben, insbesondere die Kartografierung von sehr großen Umgebungen bis zu 18.000qm, haben uns mehrere

Rollouts beschert und wir verkaufen viele Roboter, die mit dieser Technologie ausgestattet sind.

Eine Frage abschließende Frage in die Runde: Was ist ihr Wunsch für die Zukunft, für das Netzwerk und die Weiterentwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion?

Andreas Tünnermann: Ich finde es für die Zukunft wichtig, dass sich aus der 3Dsensation Innovationen erfolgreich am Markt platzieren und wir mit dem generierten Wissen auch wertschöpfend agieren können. Zu zeigen, dass es einen Transfer gibt in die Gesellschaft. Zweitens wäre mir noch wichtig, dass man sich Gedanken darüber macht, wie man dieses Thema der Mensch-Maschine-Interaktion und der Assistenzsysteme, die eine gesamtgesellschaftliche Bedeutung haben, strategisch weiterentwickelt. Aus meiner Sicht ist es so, dass es nicht tragfähig ist, dieses Thema im Rahmen von Einzelprojekten voranzutreiben, sondern man sollte sich an der Stelle genau überlegen, ob man hier vielleicht ein Leitprojekt aufsetzt, das durch die Bundesregierung als spezifische Initiative getragen wird und bei der man die verschiedenen Player in Deutschland, in Europa und in der Welt zusammenbringt, um dieses wichtige Thema für die Menschheit adressieren zu können. Dabei reicht es nicht, wenn nur Naturwissenschaftler und Ingenieure an diesen Themen arbeiten, sondern es wird auch wichtig sein, dass wir mit Geisteswissenschaftlern zusammenarbeiten, um Fragen der Akzeptanz und der Usability zu untersuchen. Gerade hier sind strategische Initiativen, beispielsweise mit Japan, zu entwickeln, also mit Volkswirtschaften, die in ähnlichen gesellschaftlichen Gesamtherausforderungen stehen. Diese Lösungen können wir nur gemeinsam vorantreiben.

Peter Kühmstedt: Ich hatte ja schon das Projekt RUBIN AMI als Verbundprojekt mit Einzelprojekten erwähnt, wo wir inhaltlich weiter zusammenarbeiten. Und meine Erwartung und Hoffnung ist, dass die geknüpften Netzwerke auch zukünftig eine

Zusammenarbeit zwischen den Partnern ermöglichen, insbesondere im Bereich der Medizintechnik. Zukunftslösungen mit unserer Sensorik umsetzen: das ist das, was ich mir für die nächsten Jahre wünsche.

Andreas Bley: Robotik ist ein Thema, bei dem die Forschung und Entwicklung nie enden wird. Man will die Umgebung besser sehen, neue Sensoren verwenden und Kosten senken. Wir sind also nie fertig mit unserer Arbeit (lacht). Aber die geknüpften Netzwerke erhalten und die Kommunikation stärken, halte ich für essenziell. Die eben angesprochene Forschung und Entwicklung können wir so gemeinsam meistern und finanzieren.

Jan Sperrhake: Ich möchte mich Andreas Tünnermann anschließen, dass man die Vernetzung national und international anstreben sollte, weil es eben eine länderübergreifende Relevanz hat. Auch die interdisziplinäre Verknüpfung mit den Geisteswissenschaften halte ich für sehr sinnvoll, um Forschungsfragen auch nochmal nachzusteuern. Wo gibt es Querschnittsthemen, die man vielleicht noch nicht gesehen hat? In diesem Kontext ist Wissenschaft als solches auch ein gewisser gesellschaftlicher Prozess. In solch einem Konsortium hat man gewisse Inseln von Kompetenzen und es hängt vom Kommunikationsprozess ab und wie man sich austauscht. Das ist etwas, das technische Wissenschaften von selbst nicht beleuchten. Wir können also alle von so einem Prozess profitieren. Ohne das bestehende Netzwerk wäre ich diesen Weg wahrscheinlich nicht gegangen.

Vielen Dank für das Gespräch.



Dr. Andreas Bley mit Roboter



Jan Sperrhake (2. v. l.) und Kollegin Maria Nisser (1. r.) mit einem Demonstrator für das Vorhaben HyperSense



BEGLEITENDE
FORSCHUNGS-
MAßNAHMEN

Innofo3D

INNOVATIONSFORSCHUNG
3DSENSATION

Formate des Austauschs fördern

Problembeschreibung

Das Vorhaben InnoFo3D unterstützte die Vision der Allianz 3Dsensation, welche auf die kollaborative Entwicklung von Innovationen für eine sichere und effiziente Interaktion von Mensch, Maschine und Umwelt abzielt. Die Aufgabe lag darin, Innovationsprozesse dergestalt weiterzuentwickeln, dass innovative Produkte auf den gesellschaftlich relevanten Wachstumsmärkten Produktion, Gesundheit, Sicherheit und Verkehr erfolgreich geschaffen werden können.

Ziele des Vorhabens

Das Ziel von InnoFo3D war es daher zu untersuchen, wie Innovationsprozesse, welche einerseits ergebnisoffen und kreativ und andererseits effizient und zielgerichtet und mit hoher Innovationsgeschwindigkeit gestaltet werden sollen, realisiert und befördert werden können.

Ergebnisse des Vorhabens

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Open Innovation-Strategie in Forschungskonsortien Zugang zu fehlendem Wissen bietet, die Entwicklungskosten pro Akteur senkt, Möglichkeiten zur Risikoteilung schafft und den Technologieentwicklungsprozess verbessern kann. Die Innovationsleistung lässt sich noch weiter steigern, indem der Innovationsprozess mit angepassten Innovationsinstrumenten, welche die Kundenzentrierung, Kreativitätsleistung und Zusammenarbeit fördern, unterstützt wird. Aus diesem Ergebnis heraus konzipierte das Projekt-

team die Webseite www.innofo3d.de, in welcher gezielt verschiedene Methoden und Werkzeuge zur Durchführung von Workshops für alle Phasen des Innovationsprozesses angeboten werden.

Eine innovationsfördernde Kultur und Struktur, vor allem aber eine auf Erneuerung von Produkten, Zielgruppen und Märkten ausgerichtete Strategie, insbesondere der beteiligten Unternehmen, sind von besonderer Relevanz. Es zeigte sich, dass Unternehmen, welche offen für Erneuerungen sind und diese fördern, den Innovationsprozess verbessernde Merkmale aufweisen:

- Höhere Bereitschaft Wissen zu teilen und ergebnisoffene und kreative Kollaborationen einzugehen
- Höhere Motivation zur Suche und zur Internalisierung von externem Wissen, Technologien und Informationen
- Höhere Verarbeitungsfähigkeit / Absorbationsfähigkeit von externem Wissen

Zudem konnte festgestellt werden, dass innovative Unternehmen die Innovationsfähigkeit von eher konservativen Partnern erhöhen können und als „Kapitän“ fungieren, welcher Forschungsverbünde durch den Nebel der technologischen Unsicherheit lenkt.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer IOF
Dr. Reinhold Pabst (Projektleiter)
-  Bauhaus-Universität Weimar
Marcel Drescher

Quelle: Innofo3D

Innofly3D

INNOVATIONS- UND
TECHNOLOGIETRANSFER

Gruppenarbeit zur Ideenfindung

Problembeschreibung

Seit der Formierung der Allianz 3Dsensation im Jahr 2013 ist die Entwicklung von kognitiven Systemen, die den Menschen in seinen Lebens- und Arbeitswelten als echten Assistenten und Partner unterstützen, hoch dynamisch. Maschinen werden durch die Kombination von maschinellem Lernen und Machine Vision intelligenter, kooperativer und autonomer. Die Digitalisierung von Technologien und Produktionsumgebungen, Vernetzung von Systemen oder die Fusion von einer Vielzahl an Daten in einem System, teilweise unterstützt durch künstliche Intelligenz, verändern mit zunehmender Geschwindigkeit Märkte, Branchen und die Gesellschaft.

Ziele des Vorhabens

Innofly3D stellt sich der Fragestellung, „Wie kann eine nachhaltige Zukunftsperspektive der Allianz 3Dsensation gestaltet werden?“, um neue Chancen und Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion in den Blick zu nehmen. Dazu wurde sowohl das Innenleben der Allianz als auch ihre äußere Umwelt überprüft, bewertet und zukünftige technologische, ökonomische, aber auch gesellschaftliche Anforderungen erhoben und wesentliche strategische Implikationen als Whitepaper veröffentlicht. Durch die Identifizierung von neuen Themenstellungen soll die Fortführung des sehr erfolgreich verlaufenden Konsortiums unterstützt werden. Die Entwicklung von Strategieoptionen fördert, dass entstandene Technologien weitergeführt sowie einer Verwertung zugeführt und neue Technologien erforscht werden können.

Ergebnisse des Vorhabens

Durch die Konzeptentwicklung Technologietransfer validiert Innofly3D anwendungsorientiert die Innovationsmethodik. Das im Vorhaben erworbene Wissen, welches durch qualitative und quantitative Studien sowie anwendungsspezifischen Workshops generiert wurde, lässt sich auf die konkreten Anforderungen der Allianz 3Dsensation und ähnliche Innovationskonsortien übertragen. Hervorzuheben sind hierbei die raschen Projektfortschritte in laufenden Verbundvorhaben von 3Dsensation, welche durch die Prozessunterstützung in Form der Erprobung der iterativen, nutzerzentrierten und feedbackgeleiteten „Design Thinking“ Innovationsmethode erzielt wurden.

Weiterhin wurden innerhalb der Allianz 3Dsensation zwei vielversprechende Transferoptionen identifiziert.

- 1) Neue Geschäftsmodelle für neue Technologien und
- 2) Ausgründung von Spin-offs. Ziel war es, für beide Optionen zu sensibilisieren und zu qualifizieren. Dazu wurden erfolgreich zwei Leitfäden erstellt.

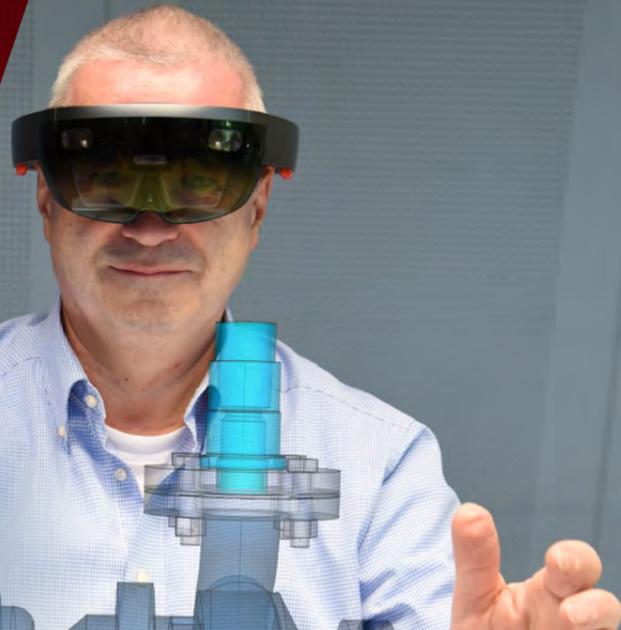
Beteiligte Partner

-  Fraunhofer IOF
Dr. Reinhold Pabst (Projektleiter)
-  Bauhaus-Universität Weimar
Marcel Drescher

MeGest-3D

METHODENFORSCHUNG ZUR GESTALTUNG VON MMI FÜR 3D-TECHNOLOGIEN

3D-Interaktion in der Augmented Reality mittels Datenbrille.



Quelle: Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, TU-Chemnitz

Problembeschreibung

Zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) ist es neben den technischen Herausforderungen immanent wichtig, nichttechnologische Aspekte zu untersuchen.

Bei der 3D-Informationsaufnahme, -verarbeitung und -ausgabe sowie der Interaktion spielt der Mensch mit seinem soziotechnischen Arbeits- und Lebenskontext eine ganz zentrale Rolle. Jeder Endnutzer hat spezifische Anforderungen an ein 3D-System, welche nicht allein durch technische Herangehensweisen gelöst werden können. Wichtig ist es, diese Spezifika zu erkennen, eine möglichst optimale Handlungsempfehlung zu ermitteln, und diese in den Technologieprojekten zu berücksichtigen. Nur so ist es möglich, eine Position zu erreichen, in welcher der Mensch die Maschine als Partner akzeptiert. Dazu ist der Nutzer in seinen verschiedenen Rollen innerhalb der verschiedenen Bedarfssfelder zu differenzieren und der Entwicklungsbedarf für die 3D-Technologien abzuleiten.

Ziele des Vorhabens

Die Entwickler von 3D-Technologien sollen für die menschengerechte Gestaltung sensibilisiert werden, um bspw. die Handhabung technischer Systeme zu vereinfachen, Unfallrisiken zu senken, oder Produktionsprozesse sowie Sicherheitsstandards zu verbessern.

Ergebnisse des Vorhabens

Um diesem Ansinnen gerecht zu werden, wurde im Teilprojekt 1 die modular erweiterbare MeGest-3D-Tool-Box entwickelt. Die Grundlage für die Tool-Box bilden ein Szenario-Gerüst sowie ein daraus abgeleiteter Fragebogen. Dabei impliziert jede Antwort eine 3D-Technologie-Szenario-Eigenschaft. Zwischen den Szenario-Eigenschaften bestehen Zusammenhänge, mit denen vorhandene Methodensammlungen zum „Faktor Mensch“ individuell für die Anforderungen der jeweiligen 3D-Technologie gefiltert werden und folglich, unter Einhaltung bestehender Gesetze, Normen, Richtlinien, etc., praxisnahe Gestaltungsempfehlungen gegeben werden können.

Die Regelungen und Methoden werden den Antworten über festgelegte Filter zugeordnet und der Nutzer der Tool-Box erhält, nach der Beantwortung aller Fragen, ein auf seine Anforderungen zugeschnittenes 3D-Technologie-Szenario sowie eine kompakte Auswertung in Form einer Liste mit den relevanten, bei der Entwicklung seiner Technologie zu beachtenden, Regelungen und Methoden.

Beteiligte Partner



Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz
Sabine Krause (Projektleiter)



Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, Technische Universität Chemnitz

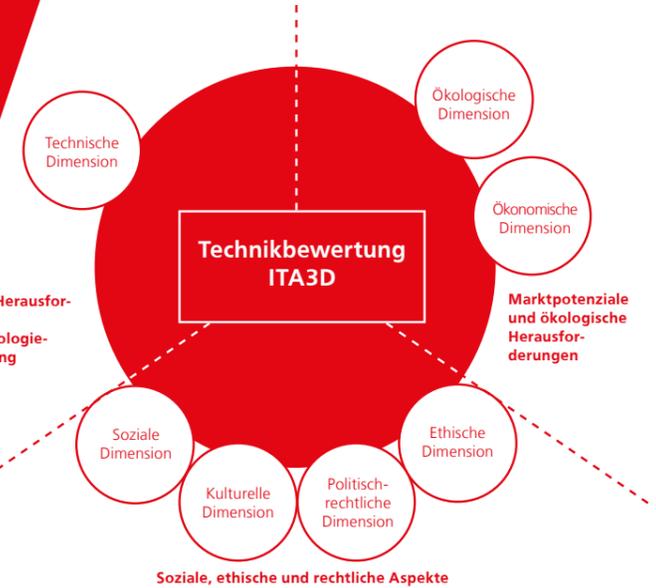
ITA3D

INNOVATIONS- & TECHNIKANALYSE FÜR DIE INNOVATIONSALLIANZ 3DSENSATION



Komponentenmodell der Technikbewertung von Scheffczik (2003) und Zweck (2002), erweitert um inhaltliche Dimensionen des ITA3D-Projektes

Trends & Herausforderungen der Technologieentwicklung



Problembeschreibung

Das Forschungsvorhaben ITA3D fokussiert als Technikfolgenabschätzung (TA) die Implikationen ausgewählter Innovationsvorhaben der Innovationsallianz 3Dsensation. Die Folgen soziotechnischer Innovationen sind weitreichender, als es im konkreten Innovationsprozess abzusehen ist. Die TA dient als Instrument der reflexiven Identifikation und Analyse potentieller Implikationen soziotechnischer Innovationen, die neben technologischen und ökonomischen auch soziale, ethische und rechtliche Dimensionen adressiert. Entlang der Bedarfssfelder Mobilität, Sicherheit, Gesundheit und Produktion wurden fünf Teilvorhaben der Innovationsallianz 3Dsensation ausgewählt, in welchen die TA als »Vermittlungsinstrument« zwischen divergierenden Rationalitäten technologischer Entwicklung und prospektiver Folgen sozialer, politischer, ethischer und ökonomischer Natur eingesetzt wurde.

Ziele des Vorhabens

Auf der Grundlage gegenwärtiger, wissenschaftlicher Analysen wurden projektspezifische Leitfäden entwickelt, welche die gesellschaftlichen Implikationen entwickelter Technologien beschreiben. Die Einbettung der Innovationsprojekte in disziplinübergreifende Forschungskontexte und prospektive Entwicklungslinien half zu reflektieren, welche gesellschaftlichen Anforderungen neue Technologien erfüllen müssen. Im Zentrum der Analyse stand das Bestreben, den sich

| Bedarfssfeld | Mobilität | Sicherheit | Gesundheit | Produktion |
|--------------|------------|--------------------|------------|-----------------|
| Projekt | ComfyDrive | Mova ^{3D} | UroMDD | 3DKosyma Assi-Q |

Darstellung der Bedarfssfelder und der betrachteten Projekte

abzeichnenden Wandlungsprozess des menschlichen Verhältnisses zur Technik so zu gestalten, dass Technik sich an menschlichen Anforderungen orientiert, um den Nutzen neuer Technologien für die Gesellschaft möglichst risikoarm und chancenreich zu entfalten. ITA3D diene somit der Weiterentwicklung der Ziele der Innovationsallianz 3Dsensation.

Ergebnisse des Vorhabens

Auf Basis der VDI-Richtlinie 3780, des Komponentenmodells der Technikfolgenabschätzung sowie den „Dimensionen der Technikbewertung“ wurden projektspezifische Leitfäden entwickelt, die entlang der gegenwärtigen Forschungslandschaft Risikopotenziale und Chancen der betrachteten Technologien aufzeigen. Die Leitfäden wurden den Verbundpartnern als Reflexionsanstoß übergeben, in einem partizipativen Prozess weiterentwickelt und in einem projektübergreifenden Leitfaden zusammengeführt. Ein Ergebnis der innovationsübergreifenden Betrachtung ist, dass ökologische Implikation digitaler Technologien systematisch vernachlässigt werden. Auch datenschutzrelevante Faktoren spielten zum Zeitpunkt der Untersuchung eine untergeordnete Rolle.

Beteiligte Partner



RWTH Aachen Innovations- und Zukunftsforschung
Prof. Dr. Dr. Axel Zweck (Projektleiter)
Nicole Büschgens
Tim Franke



BASISVORHABEN



Abbildung des Sensordatenblattes mit Beispielsensor

Ziele des Vorhabens

Das Verbundvorhaben ist ein *Basisvorhaben* der Allianz 3Dsensation. Es erfasst, analysiert, strukturiert und bewertet die gesamte Kompetenz zur 3D Datenerfassung innerhalb der Allianz 3Dsensation. Die Ergebnisse ermöglichen den Allianzmitgliedern die zielgerichtete Auswahl von Partnern und Methoden zur Umsetzung Ihrer Vorhaben innerhalb der Allianz und zeigen Potenziale für die Optimierung bestehender sowie die Entwicklung neuer 3D Mess- und Aufnahmeverfahren auf. Im Verbund- und den Teilvorhaben wird der technologie- und bedarfsfeldübergreifende F&E Bedarf auf dem Gebiet der 3D-Sensorik identifiziert, um die vollständige 3D-Erfassung und 3D-Interaktion durch Maschinen zu verbessern. Dazu ist eine rigorose wissenschaftliche Analyse und Bewertung unterschiedlichster vorhandener 3D-Sensortechnologien erforderlich, unter Einbeziehung möglichst vieler Partner mit unterschiedlichsten Kompetenzen. Aufbauend auf dieser Grundlage gilt es, das Potenzial möglicher 3D-Sensorinnovationen zu analysieren. Die auf dem Gebiet der 3D-Sensortechnologien bereits vorhandenen Kompetenzen der Mitglieder werden im Basisvorhaben zusammengestellt, verständlich aufbereitet, hinsichtlich des abgedeckten Parameterraumes experimentell evaluiert und die Entwicklungspotenziale und synergetischen Lösungen mit völlig neuen Anwendungspotenzialen aufgezeigt.

Ergebnisse des Vorhabens

Das Projekt liefert entscheidungsrelevante Systembeschreibungen für die optischen, projektiven 3D-Verfahren: LED-Array, statistische Muster, Streifenprojektion, plenoptische 3D-Kamera, und Verfahren von

10 weiteren Studienteilnehmern. Dazu wird deren extremer und robuster Parameterraum bestimmt. In einer Gesamtübersicht können die Verfahren mit den Ergebnissen anderer Teilverbundprojekte verglichen werden. Die Ergebnisse befähigen damit die Fachgruppe 3D-Informationserfassung und die 3Dsensation Allianz Fusions- und Innovationspotentiale der 3D-Messverfahren zu benennen und zu bewerten.

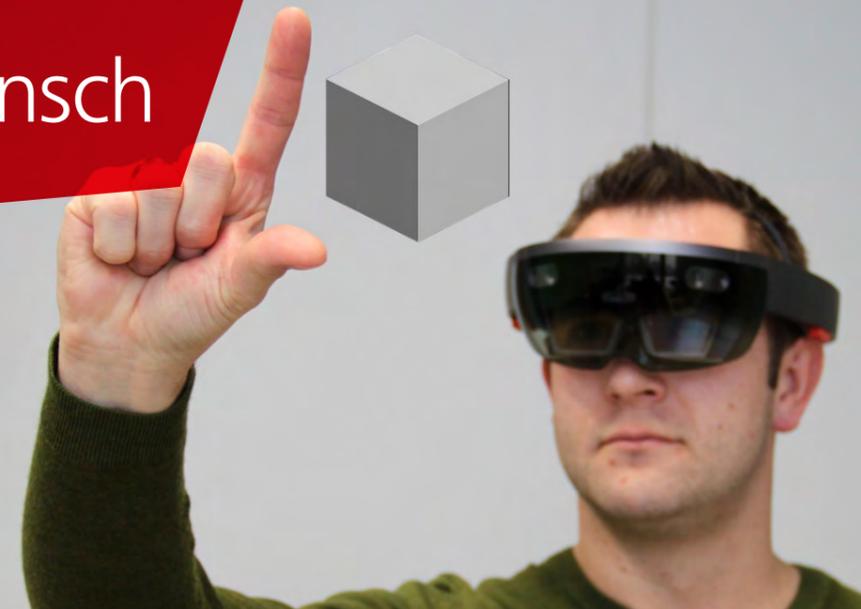
Die Ergebnisse sind: eine Version des Sensordatenblattes, die ausführliche Kenngrößenbeschreibung, eine Liste mit möglichen Prüfkörpern und ein Template „Kundenproblem“, welches Prüfscenarien beschreibt und in Beziehung zu den Sensorkenngrößen setzt. Aus der zuvor genannten Liste extrahierte das IOF, zusammen mit den Partnern, Prüfkörper, mit denen die eigenen Sensoren (IOF) und die der oben genannten, durch das IOF betreuten Studienteilnehmer, evaluiert werden konnten.

Das Sensordatenblatt und weitere Veröffentlichungen des Vorhabens sind abrufbar unter: https://www.3d-sensation.de/de/Projekte/Basisvorhaben_Sensor.html

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer IOF (Koordinator)
Dr. Peter Kühmstedt
-  Fraunhofer IIS (Koordinator)
Dr. Joachim Keinert
-  Otto-von Guericke Universität – OVGU
-  INB Vision GmbH
-  VIALUX GmbH
-  Jenetric
-  Siemens

Faktor Mensch



Virtuelle Interaktion

Problembeschreibung

Wie alle anderen neuen technologischen Lösungen setzt sich auch die 3D-Technologie in der Gesellschaft nur durch, wenn sie nützlich ist und vom Endanwender gewünscht und verstanden wird. Deshalb ist es essenziell, bereits zu Beginn der Technologieentwicklung die Wünsche, Bedürfnisse und Fähigkeiten des Menschen in den Mittelpunkt des Entwicklungsprozesses zu stellen. Der „Faktor Mensch“ als Anwender und Nutznießer technologischer Systeme ist wesentliche Einflussgröße für den Innovationserfolg.

Auf Basis der Anforderungsanalyse zur Bedarfsqualifizierung in der Allianz 3Dsensation konnte ermittelt werden, dass die Akzeptanz und Akzeptabilität sowie eine nutzergerechte Mensch-Technik-Interaktion für 3D-Technologien in den Bedarfsfeldern Produktion, Sicherheit, Gesundheit und Mobilität unbedingt in einer möglichst frühen Entwicklungsphase beachtet werden müssen.

Ziele des Vorhabens

Durch die bedarfsfeld- und projektübergreifende Bereitstellung von Werkzeugen sollten zum einen Entwickler der Forschungs- und Entwicklungsprojekte von 3Dsensation bezüglich der Relevanz des Faktors Mensch sensibilisiert und zum anderen die Berücksichtigung des Faktors Mensch in der Technologieentwicklung durch eine Methodenanwendung unterstützt werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Als Ergebnis wurde ein Handbuch für Entwickler erarbeitet, welches die Integration des Faktors Mensch in die Entwicklung von 3D-Technologien beschreibt. Eine umfangreiche Methodensammlung mit ca. 100 Methoden und Messinstrumenten unterstützt zudem die Umsetzung einer nutzerzentrierten Entwicklung und sorgt für eine menschengerechte Gestaltung der 3D-Technologien.

Beteiligte Partner

-  Technische Universität Chemnitz, Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Prof. Dr. Angelika C. Bullinger-Hoffmann (Projektleiterin)
-  TU Ilmenau, Fachgebiet Medienproduktion
Prof. Dr. Heidi Krömker
-  Fraunhofer HHI, Abteilung Human Factors Interactive Media
-  ATB Arbeit, Technik und Bildung GmbH

GestFus

3D-GESTENINTERAKTION UND FUSION VON 3D-BILDERN



Nutzer steuert einen fusionierten 3D-Hautscan per 3D-Handgesten.

Ziele des Vorhabens

Für 3Dsensation Allianz und Ihre F&E Projekte soll Basiswissen aufgebaut den Partnern für die folgenden Projekte bereitgestellt werden. Im Vorhaben GestFus werden einerseits die für 3Dsensation relevanten Grundlagen zur Nutzung von Gesten in der Mensch-Technik-Interaktion und zur Fusion von 3D-Bildern (inklusive Augmented-Reality-Content) aufbereitet. Der Know-how-Transfer an andere Partner der 3Dsensation-Allianz soll in Form von Ergebnispräsentationen sowie praxisnahen Guidelines und Checklisten erfolgen.

Ergebnisse des Vorhabens

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Teilvorhabens sind:

- Ein praxistaugliches Notationssystem zur Beschreibung von 3D-Gesten
- Zusammenstellung von Basiseingaben und Definition der dazugehörigen Basisgesten mittels des o.g. Gestenbeschreibungssystems
- Entwicklung von Proof of Concept - Beispielalgorithmen zur Erfassung von Gesten im Kontext der Mensch-Maschine-Interaktion
- Entwicklung eines interaktiven Demonstrators zur 3D-Anzeige und Manipulation von korrigierten und fusionierten Hautscans mit 3D-Gesteninteraktion
- Zusammenstellung der für 3Dsensation relevanten wahrnehmungspsychologischen Grundlagen für die Fusionierung von 3D-Bildern und deren technische Randbedingungen

- Verfahren zur Anzeige, Evaluation und Lösung von geometrischen und fotometrischen Registrierungsproblemen
- Empfehlungen zur Darstellung von AR-Informationen in 3D-Bildern, insb. zur Darstellung von augmentiertem Text und Zeigern in 3D-Benutzerschnittstellen

Die oben genannten Ergebnisse wurden auf unterschiedlichen 3Dsensation Veranstaltungen, insbesondere der großen GestFus Abschlussveranstaltung im Fraunhofer HHI vorgestellt. Das zusammengetragene Basiswissen liegt in Form der Meilensteinberichte vor welche über die Projektwebseite <https://gestfus.wordpress.com> bezogen werden können.

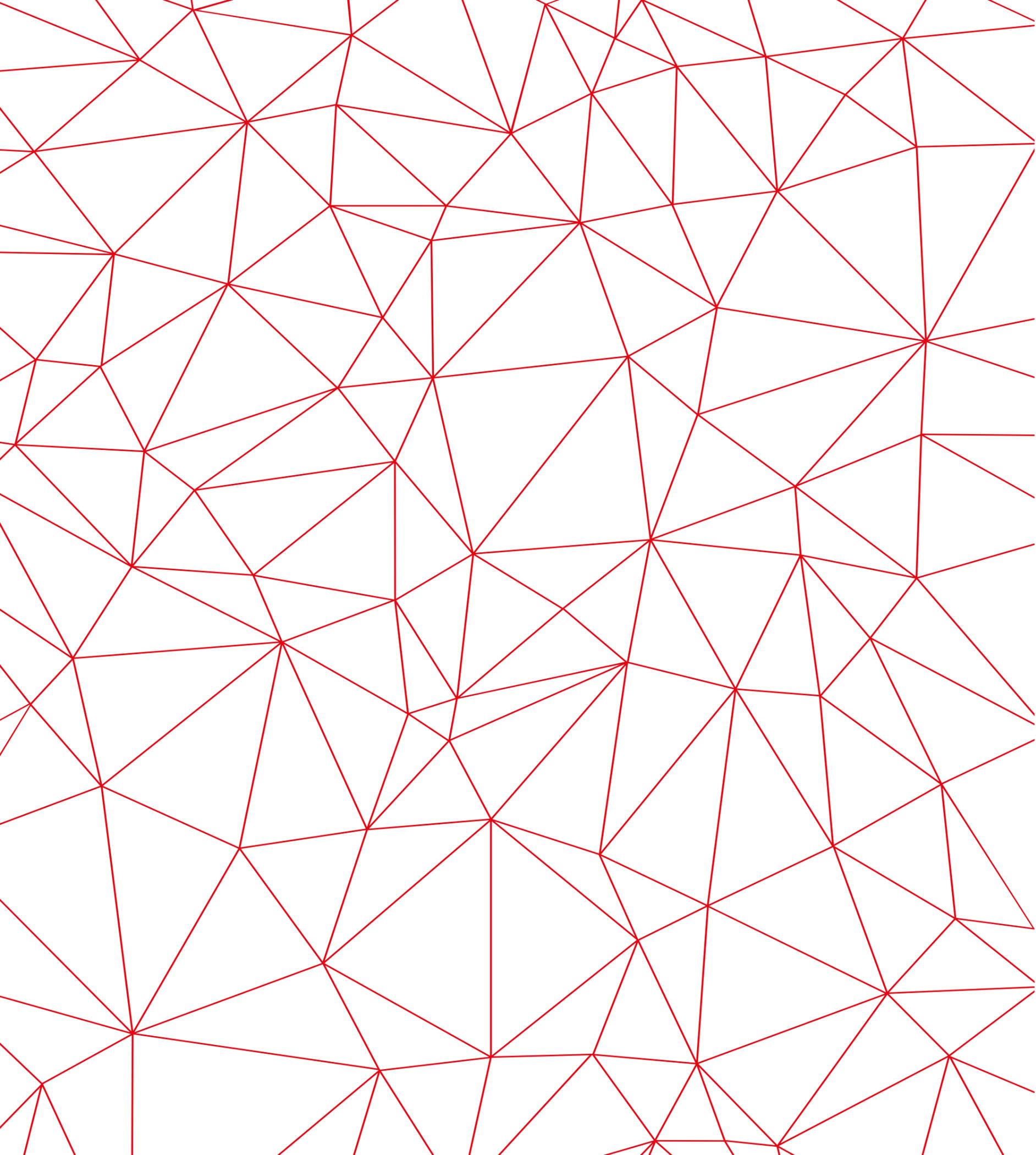
Quelle: Fraunhofer HHI

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI
Paul Chojceki (Koordinator)
David Przewozny
-  Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik
Prof. Dr.-Ing. Peter Eisert
-  Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi
Ferk Saxen
-  Charité Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie
Prof. Dr. rer. nat. Martina Meinke
-  Gesellschaft für Bild- und Signalverarbeitung mbH
PD Dr.-Ing. habil. Karl-Heinz Franke
-  Carl Zeiss AG
Dr. Thomas Ruppel

VERBUNDVORHABEN

1. Call
2. Call
3. Call



VERBUNDVORHABEN

1.Call

MuSe3h

GRUNDLEGENDE MUSTERPROJEKTIONS-BASIERTE SENSOR-KONZEPTE FÜR DIE HOCHAUFLÖSENDE, HOCHDYNAMISCHE 3D-ERFASSUNG

3D Zeilensensor Laboraufbau

Problembeschreibung

Ausgehend von den im Rahmen des Strategieprozesses priorisierten Anforderungen wurden Kenngrößen identifiziert, deren Verbesserung einen entscheidenden Sprung in der 3D-Datenqualität, -quantität und -rate ermöglichen sollen. In Tabelle 1 sind die wesentlichen Zielkenngrößen des Projekts der Parameter Auflösung und Dynamik dargestellt.

| Parameter | Zielgröße |
|-----------------|---|
| Höhenauflösung | im Bereich weniger Mikrometer |
| Geschwindigkeit | 100 3D-Bilder/s mit > VGA-Auflösung d.h. > 30 Mio. 3DPunkte/s |
| Bewegung | Sensoren und/oder Messobjekt, kontinuierliche Messungen |

Tabelle 1: Zielparameter für eine hochaufgelöste, dynamische 3D-Erfassung

Ergebnisse des Vorhabens

Als Ergebnis des Projektes wurden wesentliche methodische und technologische Grundlagen für eine hochauflösende, hochdynamische 3D-Erfassung geschaffen. Die entwickelten Verfahren fallen in die Kategorie der aktiven, triangulierenden Verfahren.

Es wurden verschiedene Ansätze für das Projektionsprinzip, die 3D-Datenberechnung und die Sensoranordnung weiterentwickelt. Die jeweiligen Vorteile dieser unterschiedlichen, z.T. komplementären Ansätze wurden herausgearbeitet und einzelne Technologien durch gezielte Maßnahmen verbessert. Durch unterschiedliche Kombination der Einzeltechnologien wurden dann im Projekt MuSe3h mehrere neue Sensorverfahren entwickelt:

- 3D-Zeilensensor

- DLS-Sensor
- 3D-Sensor mit LCOS-Projektor und aperiodischen Mustern
- 3D-Messung mit Speckleprojektion

Diese Verfahren dienen nun als Basis für spezifische Sensorentwicklungen in tragenden, von 3Dsensation adressierten Schwerpunktthemen bzw. Bedarfsfeldern.

Basierend auf den Ergebnissen wurden bei den beteiligten Anwendern folgende beispielhafte Laboraufbauten erstellt und in unterschiedlichen Anwendungsgebieten getestet:

- 3D-Zeilensensor zur Inspektion von Karosserieteilen (INB)
- DLS-Sensor für Körperscan im medizinischen Einsatzbereich (ViALUX)
- 3D-Scanner für Fingerabdrücke (JENETRIC), Pin-Vermessung (OTTO) und Zahnräder (Mahr)

Beteiligte Partner

-  INB Vision AG, Magdeburg
Dr. Tilo Lilienblum (Koordinator)
-  ViALUX GmbH, Chemnitz
-  OTTO Vision Technology GmbH, Jena
-  Mahr GmbH, Göttingen/Jena
-  JENETRIC GmbH, Jena
-  HOLOEYE Photonics AG, Berlin
-  IIKT, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
-  Institut für Angewandte Optik, Friedrich-Schiller-Universität Jena
-  Fraunhofer-Institut IOF, Jena

FOLLOWme ILS

INTRALOGISTIKSYSTEM MIT FAHRERLOSEN-TRANSPORT-SYSTEM

Aktueller Prototyp

Problembeschreibung

Fahrerlose Transport-Systeme (FTS) sind seit vielen Jahren in Produktion und Logistik im Einsatz. Fast alle FTS fahren dabei auf optisch oder induktiv fixierten, vorgegebenen Routen. Hierdurch wird zwar die Unfallgefahr reduziert, jedoch auch die Flexibilität stark eingeschränkt.

Ziele des Vorhabens

Das Projekt FOLLOWme verfolgt zur Erhöhung von Flexibilität, Produktivität und Ergonomie im Bereich der Produktion und Intralogistik folgende ganzheitliche technologische Zielstellungen:

- Entwicklung von neuartigen, intelligenten, fahrerlosen Transport-Fahrzeugen (FTF)
- Entwicklung eines neuartigen 3D-Modellbasierten Steuerungs-, Überwachungs- und Simulations-Systems
- Gestaltung einer sicheren und intuitiv bedienbaren Mensch-Transportroboter-Interaktion

Im Projekt werden die 3D-Informationsaufnahme, -verarbeitung sowie deren -ausgabe mit geeigneten Interaktionsmöglichkeiten für den Menschen entwickelt.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Rahmen des Projekts wurde ein Fahrerloses Transportfahrzeug (FTF) entwickelt, welchen einen Lagermitarbeiter beim Prozess der Kommissionierung

unterstützen soll. Die Sicherheits-Sensorik des FTF wurde hierfür um 3D-Kameras erweitert, welche die Steuerung des FTF dazu befähigen, dass es in der Lage ist, dem Kommissionierer zu folgen. Hierbei kann das FTF sowohl auf einer statischen Route agieren sowie auf sich dynamisch ändernde Umgebungsbedingungen selbstständig reagieren.

Der Prozess der Kommissionierung wird mittels Augmented Reality (AR) unterstützt. Die Visualisierung der AR umfasst u. a. die Unterstützung bei der effizienten Routenfindung für den Kommissionierer sowie die Assistenz für die Bestimmung der korrekten Behälter zur gezielten Entnahme der benötigten Artikel.

Die Möglichkeiten der Mensch-Maschine-Interaktion zur Minimierung von auftretenden körperlichen Belastungen für den Kommissionierer wurden mittels Simulationstechnik, welche auf der Assistenz durch Virtual Reality (VR) aufbaut, untersucht.

Beteiligte Partner

-  IFD GmbH
Dr. Michael Kämpf (Koordinator)
-  LIVING SOLIDS GmbH
Dr. Axel Hintze
-  SICK AG
Dr. Thorsten Pfister
-  IWP der Technischen Universität Chemnitz

ComfyDrive

INTEGRATION VON 3D-FAHRZEUGINNENRAUM- UND -UMFELDERFASSUNG ZUR STEIGERUNG DES NUTZERERLEBNISSES BEIM HOCHAUTOMATISIERTEN FAHREN

Aufbau der Imagerplatten IR

Problembeschreibung

Die Veränderung der Fahrerrolle im hochautomatisierten Fahren vom aktiven Lenker zum zunehmend passiven Systemüberwacher wirft neue Fragen der Mensch-Technik-Interaktion auf:

- Wie interagiert das automatisierte Fahrzeug mit anderen Verkehrsteilnehmern?
- Wie erkennt das automatisierte Fahrzeug, dass der Fahrer weiter in der Lage ist, bei Bedarf die Fahrfunktion zu übernehmen?
- Wie kann sichergestellt werden, dass eine automatisierte Fahrweise vom Fahrer bzw. Passagier als komfortabel erlebt wird?

Ziele des Vorhabens

Eine Grundfunktion zur Erfüllung dieser Anforderungen ist die maschinelle Wahrnehmung des unmittelbaren Fahrzeugumfeldes und Fahrzeuginnenraums. Das automatisierte Fahrzeug muss dabei nicht nur die unmittelbare Umgebung (z. B. Verkehrsschilder oder Fußgänger) erfassen, sondern sollte zudem erkennen, ob der Insasse auf dem Fahrersitz interessiert das Verkehrsgeschehen beobachtet und sich bei vom Fahrzeug durchgeführten Manövern unwohl bzw. unkomfortabel fühlt. Nur so ist gewährleistet, dass die neue Technologie dauerhaft von einer breiten Bevölkerungsschicht akzeptiert und genutzt wird.

Ergebnisse des Vorhabens

Für die 3D-Fahrzeuginnenraumerfassung wurde ein System bestehend aus zwei plenoptischen Kameras und einem Musterprojektor entwickelt. Für die Echtzeitdatenverarbeitung dieser stereoskopischen

Anordnung wurde ein Sensor-System entwickelt. Die informationsverarbeitende Einheit dient neben der Bildübertragung auch zur Synchronisierung der Kameras sowie den notwendigen Vorverarbeitungsschritten, um aus den plenoptischen Einzelkanälen ein zusammengesetztes Bild zu rekonstruieren. Im Anschluss daran wurden die zusammengesetzten Bilder anhand des projizierten Musters zu einer 3D-Punktwolke verrechnet. Diese enthält die gewünschten 3D-Informationen des Fahrzeuginnenraumes und des Fahrers. Das Optikdesign der jeweiligen Abbildungskanäle ist dabei speziell an die jeweilige Blickrichtung angepasst. Optisches Übersprechen zwischen benachbarten Abbildungskanälen wird durch ein Crosstalk-Modul verhindert. Beide Teilkomponenten müssen hochpräzise zueinander montiert und mit einem speziellen Klebstoff fixiert werden.

Beteiligte Partner

| | |
|---|---|
|  | Technische Universität Chemnitz, Interdisziplinäres Zentrum für Fahrerassistenzsysteme Prof. Dr. Angelika C. Bullinger-Hoffmann (Kordinatorin) |
|  | AIM Micro Systems GmbH Dr.-Ing. Andreas Fischer |
|  | FusionSystems GmbH Dr.-Ing. Ullrich Scheunert |
|  | Fraunhofer IOF Prof. Dr. Gunther Notni |
|  | FORTech Software GmbH Dr.-Ing. Egmont Woitzel |
|  | SQB GmbH Steffen Lübbecke |

cSoC-3D

ECHTZEITFÄHIGE 3D-DATENVERARBEITUNG AUF KASKADIERTEN, ANALOG-DIGITALEN CUSTOMIZED SYSTEM ON A CHIP (CSOC)-ARCHITEKTUREN

Neuartiger Sensor mit digitaler und analoger Vorverarbeitung

Problembeschreibung

Für die Produktionstechnologien der kommenden Jahre ist eine schnelle Datenakquirierung, Signalverarbeitung und Signalaufbereitung, von 3D-Daten zur Ermittlung qualitativer und quantitativer Merkmale entscheidend. Zerstörungsfreie und berührungslose Verfahren sind hierbei Schlüsseltechnologien für die Anforderungen an die moderne Industrie und Prüftechnik, bis hin zu einer 100%-Prüfung während der Produktion.

Ziele des Vorhabens

Im Rahmen dieses Projektes wird ein Ansatz der Datenverarbeitung nahe des Sensors verfolgt. Hierzu sollte ein neuartiger CMOS Bildsensor entworfen werden, welcher eine hybride Architektur aus Sensoren sowie analoger und digitaler Vorverarbeitung enthält. Dabei sollten Bildverarbeitung und Merkmalsextraktion so nah wie möglich am Pixel durchgeführt werden, um die dadurch mögliche massive Parallelität zur Erzielung hoher Verarbeitungsgeschwindigkeiten auszunutzen.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Projekt konnten mehrere Revisionen des angepassten Chips prozessiert und in mehreren Kameras montiert werden. Die hochspezialisierten Kameras wurden von Projektpartnern in Demonstratoren verbaut, die zum Projektende funktionsfähig vorliegen.

Für die Weißlichtinterferometrie arbeitet der Sensor in einem komprimierenden Auslesemodus, d.h. es werden nur die Pixelinformationen ausgegeben, welche für die 3D-Rekonstruktion relevante Daten enthalten. Mit dem final verbauten Chip konnten auf diese Art und Weise bis zu 500 Bilder/s ausgegeben werden. Zudem wurde ein stark parallelisierbarer und

hochportabler Algorithmus entworfen, mit dem die Auswertung der Grauwertdaten durchgeführt wird. Mit Hilfe einer automatisierten Testumgebung konnte eine erste Evaluation durchgeführt werden, mit der das Potenzial des Sensors weitgehend bestätigt wurde.

Beim Laserlichtschnitt-Verfahren konnten im Rahmen des Projekts ca. 4000 Profile/s bei voller Sensorhöhe erreicht werden. Dazu wurde der Bildinhalt um die Laserlinie in einem on-chip befindlichen Analog-Speicher abgelegt und anschließend nur dieser digitalisiert und mit Koordinaten versehen ausgegeben.

Aufgrund des erfolgreichen Projektverlaufs ist eine vielschichtige Verwertung der Ergebnisse geplant. Insbesondere Teile der Basistechnologie wurden durch mehrere angemeldete Patente geschützt. Für Produktentwicklungen der industriellen Partner soll die im Projekt begonnene Evaluation der Technologie anhand der entstandenen Demonstratoren fortgesetzt werden.

Beteiligte Partner

| | |
|---|---|
|  | Mahr GmbH Dr. Andreas Beutler (Kordinator) |
|  | CE-SYS Engineering GmbH, Ilmenau |
|  | Fraunhofer IIS, Dresden |
|  | TU-Ilmenau/Fachgebiet Qualitätssicherung, Ilmenau |
|  | X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt |
|  | GÖPEL electronic GmbH, Jena |
|  | MRB Automation GmbH, Ilmenau |
|  | LIVING SOLIDS GmbH Magdeburg |

MOVA^{3D}

MULTIMODALER OMNIDIREKTIONALER 3D-SENSOR FÜR DIE VERHALTENSANALYSE VON PERSONEN

3D-Punktwolke

Problembeschreibung

Durch die Überalterung der Bevölkerung, speziell in den neuen Bundesländern, entstehen neue Herausforderungen für die Gesellschaft. Mithilfe von Technik kann es Menschen mit altersbedingten Einschränkungen zukünftig ermöglicht werden, länger in ihrer gewohnten Umgebung – der eigenen Wohnung, zu verbleiben. Auch die COVID-19 Pandemie hat offensichtlich gemacht, wie wichtig die Unterstützung von allein wohnenden Menschen durch Technik ist.

Ziele des Vorhabens

Hierfür kommen Assistenzsysteme auf Basis der Erkennung einer Vielzahl sogenannter Aktivitäten des täglichen Lebens zum Einsatz. Mithilfe eines Smart-Sensor-Netzwerkes, basierend auf optischen 3D-Sensoren, soll eine Person zuverlässig erkannt und ihre Interaktion mit Alltagsgegenständen erfasst werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Das Projekt Mova3D hat eine multimodale omnidirektionale 3D-Sensorplattform zur Verhaltensanalyse von Personen entwickelt. Diese Plattform ermöglicht mittels optischer und akustischer Messprinzipien eine 3D-Erfassung von Räumen mit nur einem einzigen intelligenten Sensor pro Raum.

Das Vorhaben wurde im Dezember 2019 beendet. Dabei wurde die Sensorplattform erfolgreich entwickelt und in einem Notfall Szenario getestet. Dabei gelingt es, durch die Kombination von Video- und Audiosignalen eine Notfall-Situation zu erkennen, diese zu evaluieren und entsprechend zu reagieren. Die Evaluation und Interpretation eines Szenarios benötigt

eine Interaktion mit dem Nutzer, die die Erkennung der Person sowie deren Körperhaltung, Sprache und Emotionen berücksichtigt. Darüber hinaus ist der Sensor zu einem Smart Home System verbunden, was die Manipulation von Licht, Telefon, etc. erlaubt.

Die Erfassung von Tiefeninformationen mittels optischer omnidirektionaler Sensorik konnte im Laufe des Projektes deutlich verbessert werden. Dies hat zu einer Verbesserung in der Qualität die extrahierten Merkmale geführt, was zur Leistungssteigerung in der Detektion und Klassifikation beitrug.

Durch die Fusion von Audio und Video hat das Projekt Mova3D Algorithmen zur Situationserfassung und Verhaltensanalyse entwickelt. Somit gelingt es eine kompletten Raum nur mit einem omnidirektionalen Sensor zu erfassen. Mit der Entwicklung, dem Aufbau und der Evaluierung der Sensorplattform in realen Umgebungen wurde das Projekt erfolgreich abgeschlossen.

Beteiligte Partner



Technische Universität Chemnitz
Prof. Digital- und Schaltungstechnik
sowie Prof. Arbeitswissenschaft
und Innovationsmanagement
Prof. Dr.-Ing. Gangolf Hirtz (Kordinator)



design:lab weimar GmbH, Weimar



Vitracom AG, Karlsruhe



voice INTER connect GmbH, Dresden



NSC GmbH, Lichtenstein



Pattern Expert, Rostock



Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg, Prof. Kognitive Systeme



Fraunhofer IIS, Standorte
Dresden und Erlangen

Quelle: MOVA3D (TU Chemnitz)

VERBUNDVORHABEN
2.Call

ROTATOR

DREIDIMENSIONALE OUT-OF-STOCK-ERFASSUNG MITTELS AUTONOMER MOBILER ROBOTER

3D-Rekonstruktion eines Warenregals im METRO-Markt Hamburg-Rahlstedt mithilfe der SICK Visionary-S

Problembeschreibung

Leer- und Fehlbestände in der Intralogistik erzeugen Kosten und führen zum Umsatzverlust im Einzelhandel.

Ziele des Vorhabens

Das Vorhaben ROTATOR entwickelte Sensorik und Algorithmen, damit autonome mobile Roboter die Umgebung in Echtzeit abbilden und daraus Regallücken erkennen. 3D-Daten sind auch die Basis für neuartige Verfahren der Mensch-Maschine-Interaktion, damit typische Situationen, die den Einsatz der Roboter einschränken würden, kooperativ gelöst werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Das Verbundprojekt ROTATOR konnte planmäßig nach 36-monatiger Projektlaufzeit zum 31.10.2019 erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei wurden u.a. die Demonstratoren der technischen Partner im EDEKA-Sander in Ilmenau vorgestellt.

Durch die MetraLabs GmbH wurden neben einer geeigneten Roboterplattform Verfahren zur Kartierung sehr großer Umgebungen sowie Fahrstrategien entwickelt, wie sich der Roboter entlang des Regals bewegen muss, um möglichst gute Aufnahmen der Regale zu bekommen. Von der SICK AG wurde eine neue 3D-Kamera eingeführt, die im Messkern auf einer neueren Generation der Time-Of-Flight Technologie beruht und darüber hinaus eine synchronisierte RGB-Kamera bietet, so dass die erfasste Geometrie mit natürlichen Farbinformationen ergänzt wird. Das Fachgebiet Neuroinformatik und Kognitive Robotik der TU Ilmenau forschte an einer nutzerzentrierten

Roboternavigation. Ein Schwerpunkt war dabei die Detektion von Personen sowie die Schätzung von Oberkörperorientierungen mithilfe moderner Verfahren des maschinellen Lernens. Damit lässt sich für jede Person im Umfeld des Roboters ein asymmetrischer „Social Space“ berechnen. Dieser sorgt dafür, dass der Roboter bevorzugt hinter Personen vorbeifährt, ohne deren Blicke auf die Waren im Regal zu kreuzen. Zudem wird damit ein Rechtsfahrverhalten realisiert. Zur Mensch-Maschine-Kommunikation kommen dabei neben Sprach- und Displayausgaben auch RGB-LEDs und ein neu entwickelter Laserprojektor zum Einsatz.

Die YOUSE GmbH hat in Testschleifen die Evaluation des Roboters teils im realen Umfeld durchgeführt. Es wurden über 60 größere und kleinere ethisch relevante Aspekte (ELSI) identifiziert und Lösungsvorschläge für deren Berücksichtigung entwickelt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Akzeptanz der Kund*innen gegenüber den getesteten Roboterplattformen sehr hoch ist und aus Kundensicht einer effektiven Markteinführung eines solchen Systems wenig entgegensteht.

Beteiligte Partner



MetraLabs GmbH Neue Technologien und Systeme, Ilmenau
Dr. Andreas Bley (Koordinator)



SICK AG, Waldkirch
Markus Böhning



Technische Universität Ilmenau
Prof. Dr. Horst-Michael Groß



YOUSE GmbH, Berlin
Dr.-Ing. Sebastian Glende

Quelle: SICK AG

FASTER

MODULARE SENSOREN FÜR NATÜRLICHE MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION UND KONTINUIERLICHE PROZESSE

3D-Körperscanner BodyLux



Problembeschreibung

Kommen für die Wechselwirkung von Mensch und Maschine hochauflösende 3D-Sensoren zum Einsatz, so erfolgt diese Interaktion bis heute suboptimal. Technisch bedingt unnatürliche Abläufe der Maschinen stehen einem intuitiven, natürlichen Verhalten des Menschen gegenüber. Aufgrund seiner Fähigkeiten wird der Mensch gezwungen, sein Verhalten der Maschine anzupassen oder unterzuordnen. Ursächlich für diese Situation sind unter anderem hohe Latenzen der Sensorik als wesentliches Glied einer Verarbeitungskette. Obwohl für das optische Erfassen von 3D-Daten geeignete Hardwarekomponenten verfügbar sind, die die Projektion und Aufnahme schnell umsetzen, verursachen bandbreitenbegrenzende Schnittstellen merkliche Verzögerungen. Die 3D-Messdaten können somit nicht in der Geschwindigkeit und Flexibilität erzeugt und verarbeitet werden, die die eingesetzten Hardwarekomponenten selbst zulassen würden. Verfügbares Potenzial geht verloren und in der Folge entstehen Akzeptanzschwellen durch verzögerte Mensch-Maschine-Interaktionen.

Ziele des Vorhabens

Die Forschungsergebnisse der Partner im Verbund haben gezeigt, dass die zentrale Zielstellung des Vorhabens, durch eine direkte hardwareseitige Kopplung zwischen Projektion, Aufnahme und Auswertung signifikant kürzere Mess- und Latenzzeiten zu erzielen, sicher erreicht wird.

Ergebnisse des Vorhabens

In der Umsetzung des Projektergebnisses sind die ersten Produktentwicklungen auf Basis des neuartigen Sensordesign erfolgreich abgeschlossen worden und mit der Markteinführung wurde begonnen.

So reduzieren zum Beispiel die Hardware Assists im Direct-Link-Sensor des Projektpartners ViALUX die Auswerte-Latenz signifikant und berechnen 1 Million entfalteter Phasenwerte aus den aufgenommenen Streifenmustern innerhalb von 3 ms. Die ersten Anwendungsfelder zielen auf das Bedarfsfeld Gesundheit, wie z.B. die 3D-Körperscanner BodyLux® und Turn3D. Generell steht die neue Sensorik bedarfsfeldübergreifend zur Entwicklung weiterer Applikationen im 3Dsensation Konsortium zur Verfügung.

Beteiligte Verbundpartner



ViALUX Messtechnik + Bildverarbeitung GmbH, Chemnitz (Koordinator)



AVT GmbH Automatisierungs- und Verfahrenstechnik, Ilmenau



Vision & Control GmbH, Suhl



INB Vision AG, Magdeburg



Fachgebiet Qualitätssicherung und Industrielle Bildverarbeitung, TU Ilmenau



Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena

EASY COHMO

ERGONOMICS ASSISTANCE SYSTEMS FOR CONTACTLESS HUMAN-MACHINE-OPERATION

ZBS-Demonstrator für eine MRK.

Problembeschreibung

Zukünftig können Roboterassistenzsysteme und intelligente Automatisierungslösungen einen entscheidenden Beitrag zur Entlastung der erwerbstätigen Menschen leisten, indem sie körperlich anstrengende, ergonomisch ungünstige und monotone Arbeiten weitgehend übernehmen. Die neuen Herausforderungen für den Menschen im Umgang mit komplexen Maschinen, steigende Funktionsvielfalt und Spezialisierung erfordern neue, an Benutzeranforderungen angepasste und in den Arbeitskontext integrierte, Bedienkonzepte für die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) und Mensch-Maschine-Kooperation (MMK).

Ziele des Vorhabens

In den Bereichen Produktion und Gesundheit wird eine Verbesserung der Interaktion und Kooperation mit Robotern durch neuartige, einfach bedienbare, aber dennoch sichere Assistenzsysteme erstrebt.

Ergebnisse des Vorhabens

Das Fraunhofer HHI hat auf Basis von 3D- und 2D-Sensorsystemen, robuste und echtzeitfähige Erfassungsalgorithmen zur Körper- und Handgesteninteraktion weiterentwickelt und in die Usecases der Mensch-Roboter-Interaktion bzw. der VR-gestützten Analyse von 4D-Mikroskopiedaten integriert.

Die Applikation zur Szenenaugmentierung der Humboldt-Universität zu Berlin, lässt sich flexibel an verschiedene AR-Szenarios anpassen, erfasst dynamische Objekte im Arbeitsraum in Echtzeit und reichert sie mit Zusatzinformationen an.

Als Evaluierung der neu entwickelten berührungslosen Interaktionskonzepte (Carl Zeiss AG) wurde eine abschließende Benutzerstudie mit 11 Neurochirurgen an der Charité durchgeführt. Die neu entwickelte Kopfsteuerung zur Positionierung des Operationsmikroskops war schon nach wenigen Minuten Einarbeitungszeit signifikant schneller, als die derzeit übliche händische Steuerung des Mikroskops.

Beteiligte Partner



Carl Zeiss AG
Dr. Lucian Stefan (Koordination)
Dr. David Dobbstein
You Fang



Carl Zeiss Microscopy GmbH
Dr. Ingo Kleppe



Charité Universitätsmedizin Berlin,
Neurochirurgische Klinik
Prof. Dr. med. Peter Vajkoczy
PD Dr. Thomas Picht



Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik,
Heinrich-Hertz-Institut, HHI
Paul Chojecki
David Przewozny



Humboldt-Universität zu Berlin,
Institut für Informatik
Prof. Dr.-Ing. Peter Eisert
Niklas Gard



Pilz GmbH
Ingo Tammer
Jürgen Pullmann



Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik
und Informationstechnik
Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi
Ferk Sachsen



Volkswagen AG
Dominykas Strazdas



Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e.V.
PD Dr.-Ing. habil. Karl-Heinz Franke
Darko Vehar

3D-Montageassistent

3D-BASIERTE ASSISTENZTECHNOLOGIEN FÜR VARIANTENREICHE MONTAGEPROZESSE - MENSCHENTRIERTER ARBEITSPLATZ DER ZUKUNFT

Visualisierte Beispiele für Handlungs- und Objekterkennung

Problembeschreibung

Bei industriellen Montageprozessen ist das wachsende Maß an erforderlicher Flexibilität oft nur durch eine teilautomatisierte oder gar manuelle Montage wirtschaftlich umsetzbar. Ein hohes Maß an erforderlicher Konzentration und Verantwortung für ein fehlerfreies Montageergebnis führen zu hohen Arbeitsbelastungen. Darüber hinaus wirken sich menschliche Faktoren wie Tagesform, Ermüdung etc. mindernd auf die Qualität des Arbeitsergebnisses und die Produktivität aus. Hieraus begründet sich die Motivation für das vorliegende Vorhaben.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Projekt wurden die Use Cases aus den Endanwenderunternehmen analysiert und die Anforderungen abgeleitet. Während der eine Use Case auf vollständig digital dokumentierte Produktdaten zurückgreift und somit die Datenbasis für die Assistenzfunktionen mittels einer Algorithmenbasierten Datenaufbereitung umgesetzt werden konnte, weicht der andere Use Case in seiner Ausgangssituation stark davon ab. Neben reinen Montagetätigkeiten erfordert der Arbeitsprozess hier auch teilweise Demontagen, Lötverbindungen, Justagen und Kabelverlegung. Zudem findet der Arbeitsprozess nicht Losweise parallel statt, sondern häufig in Stückzahl 1 und auch nicht ortsfest in einer Vorrichtung, sondern auf einem Arbeitstisch, den sich der Mitarbeiter selbst nach seinen Bedürfnissen arrangiert.

Auf Grund der besonderen Anforderungen des zweiten Use Case wurde ein Tablet als Instrument für die Erstellung der Assistenzhilfe sowie für die Assistenzfunktion ausgewählt. Für die Assistenzfunktion wird

das Tablet mit einer flexiblen Halterung am Arbeitstisch befestigt und für Prüfaufgaben findet eine über dem Arbeitsplatz festinstallierte Kamera Verwendung, die mit dem Tablet via USB-Kabel verbunden ist.

Hier wurden vom Partner ZBS folgende Komponenten integriert:

- Kombination aus markerbasiertem System zur Verortung eines Arbeitsraums und einem 3D-Hand-Tracking-System

Anwendungsmöglichkeiten/-beispiele:

- Überprüfung von Pick-/Put-Vorgängen bei Montage- und Kommissioniertätigkeiten
- Bzgl. Parker-Demonstrator: Überprüfung von Aktivitätsorten des rotatorisch gelagerten Drehmomentenschraubers. Die Berechnung der Position des Werkzeugkopfs erfolgt hierbei aus der Position der rechten Hand (Hand-Tracking) sowie der Drehachse der Werkzeughalterung (markerbasierte Verortung).

Beteiligte Partner



LIVING SOLIDS GmbH
(Kordinator)



Parker Hannifin GmbH



piezosystem jena GmbH



Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF



Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF



Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg, Medizinische Fakultät,
Arbeitsmedizin IAM

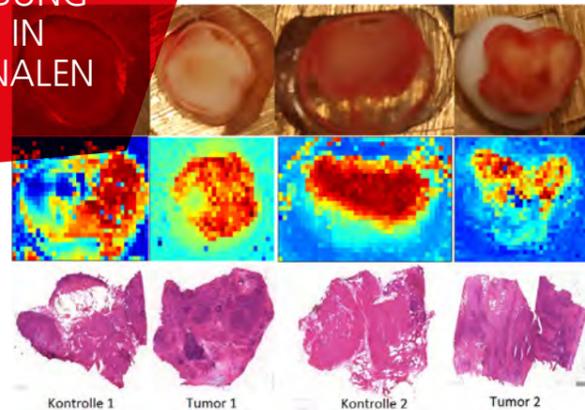


ZBS Zentrum für Bild- und
Signalverarbeitung e.V.

Uro-MDD

ENDOSKOPISCHE PANORAMABILDGEBUNG UND FASEROPTISCHE SPEKTROSKOPIE IN DER UROLOGIE ZUR MULTIDIMENSIONALEN DIAGNOSTIK

Fotos (oben), Raman-Images (Mitte) und Hämatoxylin und Eosin gefärbte Dünnschnitte (unten) von Kontroll- und Tumorproben aus einer Blasen Gewebebank. Rot hervorgehobene Bereiche in Raman-Images von Kontrollproben entsprechen normalen Blasen Geweben, während die rot hervorgehobenen Bereiche in Raman-Images von Tumorproben Nekrosen entsprechen.



Quelle: Uro-MDD

Problembeschreibung

Im Bereich der von 3Dsensation adressierten Schwerpunktthemen nichtinvasive Diagnostik und Assistenz/Navigation im OP soll das Vorhaben Uro-MDD durch einen multidisziplinären Ansatz zu Lösungen beitragen. Bisher liefern Endoskope mit Weißlichtbeleuchtung eine Schlüssellochperspektive mit sequentieller Punkt-zu-Punkt Abtastung. Konkret wird Uro-MDD ein Problem in der Urologie bearbeiten.

Ziele des Vorhabens

Das Urothelkarzinom des menschlichen Harntraktes gehört zu den häufigsten Krebserkrankungen. Bei Verdacht auf pathologische Veränderungen wird die Blasenwand mittels Zystoskopie (Blasenspiegelung) systematisch inspiziert. Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden ein im Zystoskop integrierter Stereosensor und eine digitale Bildverarbeitung entwickelt, um die Blasenoberfläche als 3D-Panoramanübersicht darzustellen. Für eine genauere endoskopische Karzinomdiagnostik in der Blase sollen erstmalig markerfreie optische Verfahren auf Grundlage von Fluoreszenzlebenszeit und Raman-Spektroskopie angewendet werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Der Stereozystoskop-Prototyp besitzt einen Durchmesser von 4 mm mit zwei integrierten miniaturisierten Digitalsensoren am distalen Ende. Die Stereoansicht von anatomischen Strukturen in einem Kniegelenk erlaubt zusammen mit dem Imagepanorama, auf Grundlage von Stereoinformationen in Videosequenzen auch ein Tiefenprofils zu rekonstruieren. Neben einer verbesserten Karzinomdetektion ermöglicht

der Ansatz auch eine umfassende Dokumentation der Befunde, was an einem 3D-gedruckten Blasenphantom mit eingedruckten anatomischen Strukturen demonstriert wurde. Im Gegensatz zu früheren Phantomen besaß das neue Phantom die korrekte Form sowie eingefärbte Blutgefäße und Läsionen. Diese Details wurden im Panoramabild auf Basis von zystoskopischen Aufnahmen mit einem 0-Grad und einem 30-Grad Endoskop rekonstruiert. Das damit erzeugbare Sichtfeld kann damit partiell auf bis zu 45 Grad in die proximale (hintere) Hemisphäre erweitert werden. Fluoreszenzlebenszeit-Imaging (FLIM) an frisch resezierten Blasenproben lieferte einen vielversprechenden Tumormarker. Raman-Imaging von Kontroll- und Tumorproben aus einer Blasen Gewebebank lieferten einen Kontrast, der mit histopathologisch gefärbten Präparaten korreliert wurde. Die auf diese Weise trainierten Klassifikationsmodelle sollen auf Raman-Spektren angewendet werden, die mit Fasersonden aufgenommen werden.

Beteiligte Partner

-  Leibniz Institut für Photonische Technologien
PD Dr. Christoph Krafft (Koordinator)
-  Universitätsklinikum Freiburg
PD Dr. Dr. Arkadiusz Miernik
-  Leibniz Institut für Astrophysik Potsdam
Prof. Dr. Martin Roth
-  Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen (IIS)
PD Dr. Thomas Wittenberg
-  Schölly Fiberoptic GmbH
Nils Lemke
-  Oberon GmbH Fiber Technologies
Dr. Mo Zoheidi
-  Becker&Hickl GmbH
Dr. Lukas Braun

ASSIQ

ASSISTENZSYSTEM ZUR QUALITÄTSÜBERWACHUNG

3D-Vermessung eines Gewindes

Problembeschreibung

Die Qualitätskontrolle in der Produktion komplexer Blech- und Massivbauteile ist häufig sehr aufwendig und benötigt verschiedene Messsysteme, die jeweils unterschiedliche Leistungsparameter und Merkmalsklassen erfassen. Die Vermessung auf den unterschiedlichen, jeweils spezialisierten Messanlagen ist zeit- und arbeitsintensiv.

Der Einsatz neuer 3D-Sensorsysteme auf Basis der Weißlichtinterferometrie in Verbindung mit spezifischen digitalen Werkzeugen der Datenanalyse und -bereitstellung bietet für diese Anwendungen große Potentiale zur Ressourceneinsparung durch die Vereinheitlichung und Automatisierung von Messprozessen in der Qualitätskontrolle.

Ergebnisse des Vorhabens

Die GBS Ilmenau hat ein Messsystem mit einem Sensor entwickelt, das zur Vermessung von langförmigen Komponenten mit rotationssymmetrischen Merkmalen und Verzahnungen oder Gewinden eingesetzt werden kann. Die realisierte Messstation ist ein Mehrachsensystem, das den Sensor mit einem Präzisionskreuztisch und einer vierten Rotationsachse kombiniert und ein flexibles Einspann- und Positioniersystem für die Messobjekte besitzt. Mit dem System können dreidimensionale Merkmale eines Bauteils aufgenommen werden, die mit einem speziellen Weißlichtinterferometer der GBS eine Auflösung im Submikrometerbereich zulassen und dabei Messobjektängen bis zu 900 mm bei Durchmessern bis zu 200 mm realisieren können.

Eine eigens entwickelte Software steuert die gesamte motorische Anlage, das Messprogramm und die sequenziellen Messprozesse. Mechanisch ist es möglich, jede beliebige Stelle des Objektmantels anzufahren und zu vermessen. Durch definierte Messprozeduren ist das System in der Lage, das Gewinde vollständig 3-dimensional zu vermessen und die Ergebnisse als Punktwolke bereit zu stellen. In weiteren Softwaremodulen werden die Daten anforderungsgesteuert analysiert und die Ergebnisse in spezifisch nutzbaren Formen bereitgestellt.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF
Dr. Peter Schreiber (Koordinator)
-  Sternberg GmbH
Norman Müller
-  Siemens AG
Department of Corporate Technology (CT)
Dr. Andreas Hutter
-  MARKATOR Manfred Borries GmbH
Michael Preyl
-  TU Ilmenau
Fachgebiet Medienproduktion
Prof. Dr. phil. Heidi Krömker
-  MA Automotive Deutschland GmbH
Dr. Lutz Klose
-  Gesellschaft für Bild- und Signalverarbeitung (GBS) mbH
Torsten Machleidt
-  TRsystems GmbH
Ulrich Hauser
-  Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
Sören Scheffler

3D-FINDER

ROBUSTE GENERISCHE
3D-GESICHTERERFASSUNG FÜR
AUTHENTIFIZIERUNG UND
IDENTITÄTS-PRÜFUNG

Lokale Blutflussanalyse zur Lebenddetektion

Problembeschreibung

Das menschliche Gesicht ist eine wichtige Informationsquelle über Identität, Zustand oder Intentionen eines Menschen, weshalb die kamerabasierte Erfassung des Gesichts in vielen technischen biometrischen Anwendungen genutzt wird. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Gesichtserfassung ist die automatisierte Identitätsprüfung (z.B. Grenzverkehr, Überwachung öffentlicher Räume, Finanzen, Legitimationsprüfung), die zunehmend in Selbstbedienung erfolgt. Dabei muss zuverlässig festgestellt werden, dass die erfassten biometrischen Merkmale tatsächlich von der richtigen Person und nicht von einer Attrappe oder dergleichen stammen.

Ziele des Vorhabens

Ziel von 3DFinder ist es, die Robustheit biometrischer Vergleichsalgorithmen gegenüber Störungen durch Umgebungseinflüsse und insbesondere gegenüber gezielten Angriffen, deren Intention das Vortäuschen einer anderen Identität durch künstliche Veränderung des Gesichts ist, zu erhöhen. Durch die Entwicklung eines neuartigen 2D / 3D Sensors, der dynamische 3D Geometrien zusammen mit hochauflösenden Bildern liefert, soll eine Täuschungsabwehr und zuverlässigere Authentifizierung erzielt werden. Lebenderkennung, Verhaltensanalyse und Analyse neuer biometrischer Merkmale sollen Presentation Attacks zuverlässig detektieren.

Ergebnisse des Vorhabens

Dazu werden die unterschiedlichsten Informationen aus den 3D Videos extrahiert und für eine Gesamtscheidung fusioniert. So wird das dynamische Krümmungsverhalten der Gesichtsoberfläche genutzt, um Masken zu erkennen. Anhand von minimalen Farbveränderungen im Gesicht während des Herzschlags ist eine Lebenderkennung und Schätzung der Pulsfrequenz möglich. Durch örtliche Analyse des Blutflusses im Gesicht lassen sich dadurch (Teil-)Masken und starkes Make-up detektieren. 3D Klassifikation der Gesichtsgeometrie ermöglicht die Erkennung von Angriffen über vorgezeigte Bilder oder Tablets. Die Verfahren wurden in zwei Demonstratoren für die automatische Grenzkontrolle (abc Gate) und einem Selbstbedienungsterminal (eGovernment) integriert und evaluiert.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)
Prof. Dr. Peter Eisert (Koordinator)
-  Friedrich-Schiller-Universität Jena
-  Bundesdruckerei GmbH
-  JENETRIC GmbH
-  Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF)

VERBUNDVORHABEN

3.Call

3DIMiR

VON DER ANGST ZUM VERTRAUEN:
3D-INTERAKTION ZWISCHEN MENSCH
UND INDUSTRIELLEN ROBOTERN

Visualisierung der MRK-Versuchszelle mit Feedbacksystem am Fraunhofer IWU

Problembeschreibung

Industrieroboter sind in heutigen Produktionsanlagen allgegenwärtig. Jedoch gelten für ihren Betrieb strenge Sicherheitsvorschriften. Die Roboter arbeiten deshalb in der Regel räumlich getrennt vom Menschen. Jedoch bedingt die zunehmende Nachfrage nach individualisierten Produkten eine steigende Variantenzahl und damit zunehmende Anforderungen an eine flexible Produktion. Langfristig erwächst daraus die Notwendigkeit einer Zusammenarbeit zwischen Mensch und industriellen Robotern.

Ziele des Vorhabens

Ziel des Projektes 3DIMiR war die Untersuchung von Angst und Vertrauen während der realen Interaktion mit industriellen Schwerlastrobotern in MRK Situationen deren positive Beeinflussung durch die Entwicklung eines Kommunizierenden Systems zur besseren Vorhersagbarkeit der Aktionen des Roboters.

Ergebnisse des Vorhabens

Für den Bereich der industriellen Schwerlastrobotik konnte gezeigt werden, dass die Probanden in allen Versuchen ein Angstniveau von circa 30% sowie ein hohes Vertrauen in die Automation aufwiesen. Folglich zeigte sich im Verhalten der Probanden, dass diese die Aufmerksamkeit vom Roboter abwendeten und Lichtschranken außerhalb der Kollaborationszeiten überschritten. Im Falle von Systemfehlern kann dieses Verhalten schwerwiegende Folgen für die Gesundheit von Mitarbeitern haben.

Mit dem Projektziel der Reduktion von Angst und Steigerung von Vertrauen in industrielle Schwer-

lastrobotik, wurde innerhalb des Projektes ein Feedbacksystem entwickelt und im Rahmen eines Prototypens umgesetzt. Das Kommunizierende System wurde iterativ im Projekt entwickelt und besteht aus einem allgemein anwendbaren, benutzersensitiven LED-Bedien- und Anzeigekonzept sowie einem Informationsdisplay. Während Angst aufgrund ihres geringen Auftretens nicht reduziert werden konnte, zeigte das Feedback Relevanz für die Arbeitssicherheit. Während eines Versuchs missachteten 45% aller Probanden ohne vs. 2,5% mit Kommunizierendem System einen simulierten Systemfehler.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)
Dr.-Ing. Mohamad Bdiwi
-  Otto von Guericke Universität, Institut für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)
Sebastian Handrich
-  Friedrich-Schiller-Universität Jena
Paul Winkler
-  Technische Universität Chemnitz
Prof.-Dr. Bullinger-Hoffmann
-  Intenta GmbH
Roman Weissflog
-  Plavis GmbH
André Heller
-  YOUSE GmbH
Susann Klemcke
-  Sikom Software GmbH
Ronny Egeler
-  design:lab weimar GmbH
Carmen LinB
-  ifm software GmbH (ehem.NSC GmbH)
Edgar Liebold

Quelle: DesignLab

3DKosyma

KOLLABORATIVES, ORTSFLEXIBLES
PRÜFSYSTEM MIT MENSCH
MASCHINE INTERAKTION FÜR DIE
3D-QUALITÄTSSICHERUNG

Interaktives Prüfsystem auf mobiler Plattform mit einem Sensor für die Erkennung der Lage des Prüfteils und des Fingerzeigs sowie einem zweiten Sensor für die Prüfung des Prüfteils

Problembeschreibung

Die komplexen Anforderungen der Wirtschaft können nicht allein durch Automatisierungstechniken adressiert werden. Sie betreffen Prozesse, die weder sinnvoll noch wirtschaftlich automatisierbar sind, weil sie ein Maß an Flexibilität und kreativer Problemlösungsintelligenz erfordern, die Maschinen überfordern. Dies ist besonders in den Bereichen der industriellen Produktion relevant, wo Prüfaufgaben die Produkt- und Prozessqualität sichern.

Wenn an einem Bauteil eine Prüfung notwendig ist, kann man zwischen zwei grundsätzlichen Situationen unterscheiden. In der ersten sind Bauteil und Prüfaufgabe vorher klar bekannt. Die Prüfung kann infolgedessen mit Softwarelösungen vorab geplant und mit einem Messsystem automatisiert durchgeführt werden. In der zweiten Situation ist die konkrete Prüfaufgabe vorab nicht bekannt. Es liegen jedoch Kenntnisse über das zu messende Bauteil vor und ein Mensch entscheidet über die Notwendigkeit einer Prüfaufgabe und die Position des Prüfgerätes. Hier liegt eine unerwartete, irreguläre Situation vor, in der die menschliche Fähigkeit zur flexiblen Reaktion auf eine neue Situation mit den technischen Fähigkeiten von Sensoren zur hochgenauen Prüfung kombiniert werden müssen.

Ziele des Vorhabens

Zielstellung im Projekt „3D-KOSYMA“ ist deshalb die Entwicklung eines mobilen, interaktiv lernenden Prüfsystems. Dies wird in Form einer Prüfmaschine umgesetzt, die am Prüfort interaktiv oder teilautonom nach Anleitung Prüfaufgaben an beliebigen Werkstücken durchführt.

Ein Mensch erkennt an einem Bauteil eine zu untersuchende oder problematische Stelle und zeigt z.B.

mit seinem Finger auf diese Position. Das interaktive Prüfsystem erkennt die Zielposition des Fingers auf dem Bauteil, führt die Messung und Datenauswertung durch und stellt die Ergebnisse dar.

Ergebnisse des Vorhabens

Gemäß dieser Zielstellung wurde von den Verbundpartnern der Demonstrator „Interaktives Prüfsystem“ aufgebaut. Zentrales Element ist ein kollaborativer Roboter, der sich auf einer mobilen Plattform befindet. Die Sensorik für die Messung des Bauteils basiert auf der Streifenprojektion.

Der Demonstrator wurde bei den Anwendungspartnern im Projekt an die unterschiedlichen Einsatzbedingungen und Anwendungen angepasst. Durch modulare Bauweise konnten auch andere Mess- und Auswerteprozesse wie Externes Tracking, Augmented Reality, Farbprüfung oder 2D/3D Sichtprüfung integriert werden.

Beteiligte Partner

-  INB Vision AG, Magdeburg (Koordinator)
-  SQB Steinbeis Qualitätssicherung und Bildverarbeitung GmbH, Ilmenau
-  3plusplus GmbH, Suhl
-  KOLBUS GmbH & Co. KG, Rahden
-  Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz
-  Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg
-  Fraunhofer-Institut für angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena
-  Siebenwurst Werkzeugbau GmbH, Zwickau

Quelle: Fraunhofer IWU und Fraunhofer IOF

3D4F

BERÜHRUNGSLOSE PERSONENIDENTIFIKATION MITTELS FÄLSCHUNGSSICHEREM 3D-4-FINGER-SCANNER

Nutzerfeedback während des Aufnahmeprozesses

Problembeschreibung

In Zeiten globaler Pandemien, welche sich durch Tröpfchen- und Schmierinfektionen ausbreiten, ist die berührungslose Durchführung biometrischer Identifizierungs- und Authentifizierungsaufgaben ein zentrales Thema, um neben der globalen Gesundheit auch die in den vergangenen Jahren aufgebauten Sicherheitssysteme, zum Beispiel bei Grenzkontrollen, zu erhalten.

Die Aufnahme und Verwendung zweidimensionaler biometrischer Fingerabdrücke ist heute die gebräuchlichste und eine der sichersten Formen der Identitätserfassung und Erkennung für hoheitliche Aufgaben. Vor allem durch die gestiegene globale Mobilität ergeben sich neue Anforderungen an eine schnelle, nutzerfreundliche und hygienische Erfassung an Flughäfen, Einwohnermeldeämtern oder im mobilen Einsatz.

Ziele des Vorhabens

Ziel von 3D4F war die Entwicklung eines intuitiv bedienbaren Demonstrators „4-Finger-Scanner“ auf Basis der berührungslosen 3D-Erfassungstechnologie. Dieser berührungslose Scanner soll erstmals die Vorgaben des weltweit anerkannten FBI Standards EBTS Appendix F bzw. der deutschen Behörde BSI erfüllen. Hauptmerkmal soll eine schnelle, robuste, intuitive und kontaktlose Erfassung von vier Fingern bzw. der Daumen sein. Diese soll ohne Vorwissen und Hilfestellung von Personen unterschiedlicher Kulturkreise intuitiv erfolgen. Gleichzeitig soll die Hygiene gewahrt und die Weitergabe von Mikroorga-

nismen wie Bakterien und Viren unterbunden werden. Diese Anforderungen setzen einen hohen Grad an Automatisierung voraus, bei dem trotzdem – ggf. von einer Maschine – entschieden werden muss, ob nicht ein Täuschungsversuch vorliegt.

Ergebnisse des Vorhabens

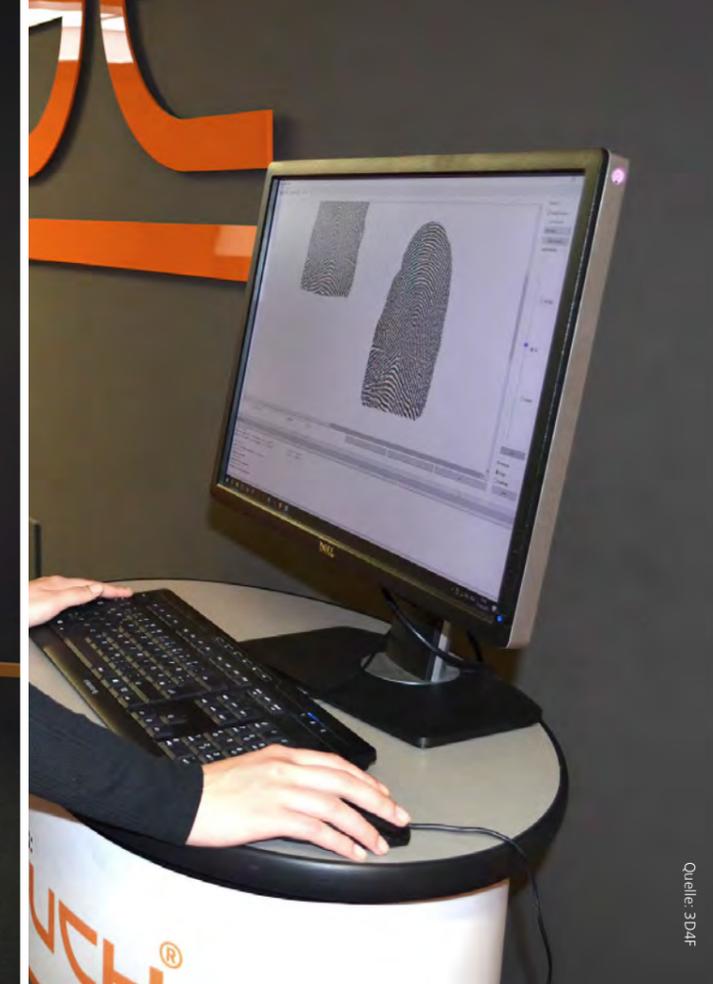
Das Projekt 3D4F konnte mit einem Online-Event erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei wurde die finale Ausbaustufe des Demonstrators vorgeführt. Dem interdisziplinären Projektteam ist es nicht nur gelungen die technischen Herausforderungen zu



meistern, sondern durch die durchgeführten Nutzerstudien und Usability Untersuchungen darüber hinaus einen Ansatz für eine zukünftige Produktentwicklung aufzuzeigen. Die Anwender werden bei der kontaktlosen Aufnahme ihrer Finger durch ein



Finale Version des Demonstrators



Quelle: 3D4F

visuelles Feedback per Bildschirm und Leuchtband geleitet. Fehlbedienung und Hautkontakt werden vermieden, die richtige Position der Hand unterstützt.

Die Herausforderung eine hinsichtlich der Auflösung und Bildqualität zum FBI Standard konformen Aufnahme sicherzustellen wurde durch eine schnelle und hochauflösende Kamera in Kombination mit einer eigens entwickelten Objektiv-Projektor-Kombination erreicht. Letztere stellt durch eine patentierte Projektion mit 2 Wellenlängen die notwendige Tiefenschärfe für das notwendige Messvolumen sicher. Eine weitere Besonderheit sind die entwickelten Algorithmen zur 3D Rekonstruktion und Wandlung in ein 2D Bild um den aufgenommenen Fingerabdruck mit den heute existierenden Datenbanken vergleichbar zu machen.

Beteiligte Partner

-  JENETRIC GmbH
Dirk Morgeneier
-  ART-KON-TOP Produktentwicklung GmbH
Dirk Haase
-  Docter Optics SE
Markus Winkler
-  Linguwerk GmbH
Volker Wintsche
-  ZBS e.V.
Dr. Karl-Heinz Franke
-  Technische Universität Chemnitz
Anne Goy
-  Fraunhofer IOF
Dr. Peter Kühmstedt



MaMeK Prinzip Demonstrator

Problembeschreibung

Das Automobil entwickelt sich gegenwärtig vom reinen Beförderungsmittel hin zu einem mobilen Medien-, Navigations- und Assistenzzentrum, das sowohl mit dem direkten Nutzer als auch mit der umgebenden Umwelt stetig aktiv kommunizieren muss. Eine Vielzahl von Sensoren erfassen Abstände, Fahrzeugzustand und die Umgebung des Autos. Sie erhöhen nicht nur den Komfort des Fahrers, sondern sorgen mit ihrer Funktionsvielfalt zu einer deutlichen Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Eine zentrale, bisher aber nur unzureichend adressierte Fragestellung, betrifft die Kommunikation von teilautonomen oder hochautonomen Fahrzeugen mit ihrer Umwelt.

Wie signalisiert ein Fahrzeug beispielsweise einem Passanten seine geplanten Aktivitäten, kritische Situationen oder die Erkennung der Person? Bei einem aktiven Fahrer erfolgt dies durch den direkten Blickkontakt, Gestik und teilweise Mimik.

Eine zentrale Rolle bei der Lösung dieser Fragestellung werden angepasste optische Systeme einnehmen, welche eine direkte und möglichst intuitive Kommunikation zwischen Maschinen und Menschen ermöglichen – sie übernehmen den Blickkontakt zwischen Personen und Fahrern. Hierbei ist eine variable und situationsangepasste Funktionalität der kommunizierenden optischen Systeme essentiell. Diese Kommunikation muss sowohl zielgerichtet sein und gleichzeitig für nicht betroffene Verkehrsteilnehmer möglichst wenig störend oder verwirrend, im besten Fall unsichtbar.

Das Verbundvorhaben MaMeK stellt sich der Herausforderung konkrete Lösungen für die Fragestellung zu entwickeln und damit die situationsangepasste Car2Human Kommunikation zu ermöglichen.

Ziele des Vorhabens

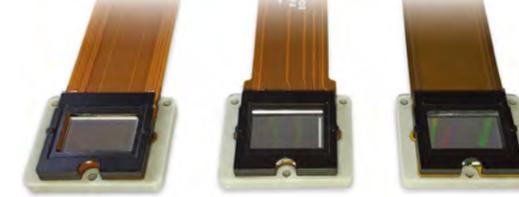
Das Gesamtziel des Verbundes besteht in der Erforschung und Entwicklung zweier technologischer Ansätze für Displays, sowie deren Analyse und Evaluation für die Integration in ein Car2Human-Kommunikationskonzept. Dabei sollen holografische direct view-Displays und beugungsbasierte Projektionssysteme entstehen, welche eine dynamische Informationswiedergabe ermöglichen. Bereits im frühen Stadium der Forschungsarbeiten gilt es Nutzerbedarfe zu ermitteln und diese konsequent an die technologischen Arbeiten zu koppeln. Die erarbeiteten Systeme sollen am Ende des Projektes in ein Vorführfahrzeug integriert und mit den entsprechenden Sensoren eines teil- bzw. hochautonomen Fahrzeuges vernetzt sein.

Ergebnisse des Vorhabens

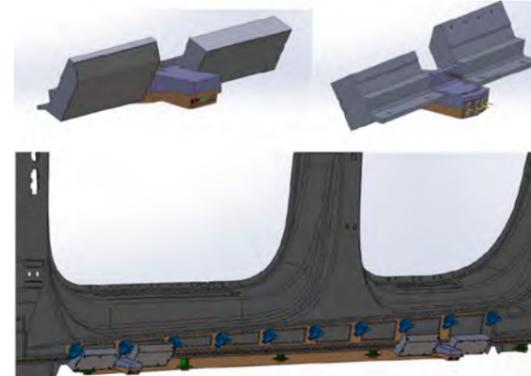
Spezifikationen für Bodenprojektion und Holografischem Display sind erstellt; Szenarien für die Anwendung beider Technologien sind ermittelt und durch Probandentests überprüft und dienen nun als Basis für die weitere Entwicklung.

Ein Demonstrator Aufbau mit reduzierten Funktionalitäten wurde gebaut, um das Konzept der beugungsbasierten Projektion zu validieren und Voruntersuchungen bzgl. Inhalt durchzuführen.

Quelle: MaMeK



Neues Package des SLM LCOS



MaMeK Demonstrator für den Einbau im Schweller Bereich eines Audi A6

Ein Demonstrator Fahrzeug ist ausgewählt und die prototypischen Umsetzungen von Bodenprojektoren und der Beleuchtung des Hologramms sind in Arbeit. Zu diesen gehören die Auslegung der Optiken, die Konstruktion der erforderlichen Bauteile und die Beschaffung aller Kaufteile. Bei den Konstruktionen wird ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, die Toleranzanforderungen so zu gestalten, dass die Anforderungen an die Fertigung so niedrig wie möglich gehalten werden. Weiter werden in diesem Rahmen für die Erstellung von geeigneten Optiken Polymere mit hohen Brechungsindizes entwickelt sowie LCOS basierende Phasenmodulator (sogenannten SLM – Spatial Light Modulator) optimiert und für die Anwendung im Fahrzeug konditioniert.

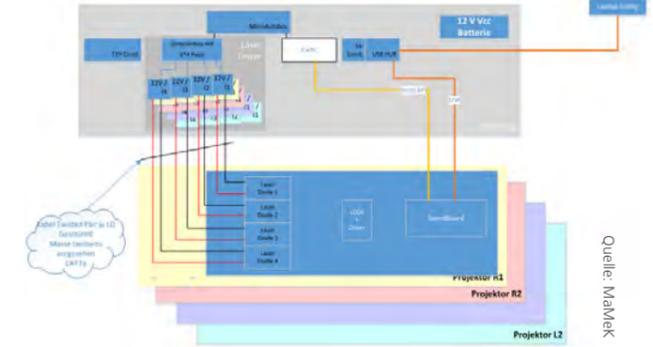
Parallel laufen die Arbeiten zur Integration dieser prototypischen Umsetzungen in das Fahrzeug. Bau- raumuntersuchungen, Möglichkeiten der Verkabelung und die Anbindung der Bausteine an die Technik des Fahrzeugs sind derzeit Hauptarbeitspakete.

Im nächsten Schritt wird das Demonstrator Fahrzeug mit der Infrastruktur ausgestattet, die es erlaubt, Projektoren aus dem Fahrzeug heraus anzusteuern und basierend auf der eignen Fahrzeug Sensorik des erkannten Umfeldes anzusteuern.

Nachfolgende Arbeitsschritte werden die Programmierung der Software sein, die die Ansteuerung der Projektoren und des holografischen Displays für die



3D-Modell MaMeK Gehäusekonzept von Docter Optics



Ansteuerung der Projektoren

ausgewählten Szenarien ermöglicht. Schlussendlich wird die Montage der zwischenzeitlich erstellten Prototypen erfolgen sowie der abschließende Test. Zuletzt kann dann die Demonstration stattfinden.

Damit eine spätere Verwertung möglich ist, ist die Einhaltung von rechtlichen Vorgaben essentiell. Diese Grundlagen werden in den Sitzungen der GRE festgelegt; die Demonstration der geplanten Systeme dort ist ein entscheidender Beitrag hierfür.

Beteiligte Partner

-  AUDI AG
Johannes Scheuchenpflug (Verbundkoordinator)
-  ZEISS
Carl Zeiss Jena GmbH
Dr. Michael Helgert
-  micro resist technology GmbH
Jan Jasper Klein
-  HOLOEYE Photonics AG
Markus Metz
Jean-Christophe Olaya
-  brose
Brose Fahrzeugteile GmbH & Co
Maik Rienecker
-  docter optics
Docter Optics SE
Thomas Hilbert
-  Fraunhofer IOF
Dr. Peter Schreiber

RoboAssist

MODULARES ASSISTENZSYSTEM FÜR SICHERE 3D-NAVIGATION UND MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION VON AUTONOMEN MOBILEN ROBOTERN IN INDOOR- UND OUTDOOR-ANWENDUNGEN

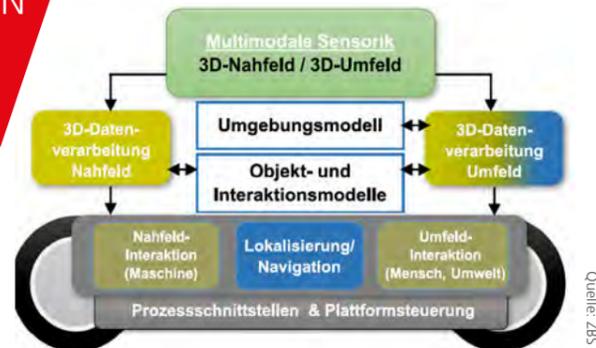


Abb. 1: Schema des Zusammenwirkens der Komponenten von RoboAssist-Indoor

Problembeschreibung

Im Mittelpunkt des Vorhabens steht die sichere Navigation (inkl. Andock-, Rendezvousmanöver) und Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) autonom mobiler Roboter in dynamischen 3D-Räumen, in denen Indoor z.B. robotergestützte Bearbeitungs- und Logistik-Tätigkeiten in menschlicher Gegenwart stattfinden oder Outdoor z.B. gezielte Interaktionen auch in größeren Menschenansammlungen möglich sein sollen.

Gegenwärtig eingesetzte mobile Plattformen mit im Wesentlichen nur logistischen Funktionen, nutzen unterschiedliche Technologieansätze zur sicheren Bewegung, die in sicherheitskritischen Anwendungen auch noch optische Marker oder elektromagnetische/mechanische Zwangsführungen einbeziehen. 3D-Umfeld- und Nahfeldsensoren, z.B. Laserscanner, erfassen meist nur sehr kleine Abschnitte der Umgebung. Dynamische Umgebungen stellen für mobile Systeme mit gelernten Umgebungsmodellen ein großes Problem dar. Das verbleibende hohe Gefährdungspotential wird daher durch zusätzliche, unflexible Sicherungstechniken, wie Schutzgitter, externe Lichtvorhänge o.ä. oder durch Limitierung des Roboterhaltens bzw. Einsatz „berührungssensitiver“ Roboter reduziert. Die Gewährleistung hoher Sicherheit, Kooperationsfähigkeit und flexibler Integrationsfähigkeit in bestehende Prozesse ist mit diesen Systemen heutzutage noch nicht durchgängig gelungen.

Die wissenschaftlich-technischen Arbeitsziele des Vorhabens RoboAssist sind:

- automatisierte kontinuierliche Erfassung der 3D-Umgebung und deren Abbildung auf geeignete Modelle mit hoher zeitlicher Verfügbarkeit
- szenenbasierte Verortung / Orientierung in variablen Outdoor- oder Indoor-Räumen bzw. in einem teilvariablen Aktionsfeld ohne Eingriff in das Umfeld (Landmarken), ohne externe Beobachtung
- (irritationsfreie) 3D-Sensorik zur Erfassung des Fernumfeldes (> 1m) und hochauflösenden Erfassung im Nahbereich auf der mobilen Plattform
- einfache und plausible Gestaltung der Mensch-Roboter-Kooperation
- Zusatz-Ziele des Teilprojekts „Outdoor-Anwendungen“ bestehen darin, Methoden zu erforschen, die es einem mobilen Robotersystem ermöglichen, im Außenbereich autonom zu navigieren, potentielle und spezifische Interaktionspartner zu identifizieren, ihre Interaktionsbereitschaft zu erkennen, mit ihnen zu interagieren und die Interaktionspartner zum Aufrechterhalten der Kooperation mittels Bewegungsanalyse in dichten Räumen zu verfolgen.

Aktueller Stand Indoor

Gegenwärtig werden die Einzelkomponenten konzipiert und die Kommunikationsstrategien festgelegt. Auf der Basis eines 6-Achsroboters der sich auf einem fahrerlosen Transportsystem befindet, wird das mobile System entstehen (Abb. 2). Für die Fertigungs-szenen werden auf mehreren Arbeitstischen diverse Montage-, Bearbeitungs- und Lager-Prozesse vom Robotersystem ausgeführt. Sowohl die Navigation in der Zelle als auch die Prozesse an und auf den Arbeitstischen sind mittels verschiedener 3D-Systeme kamerageführt.

Im Bereich der Fernfeld-Orientierung (ab Entfernun-



Abb. 2: Entwurf mobiler Roboter am Arbeitstisch

Quelle: MM

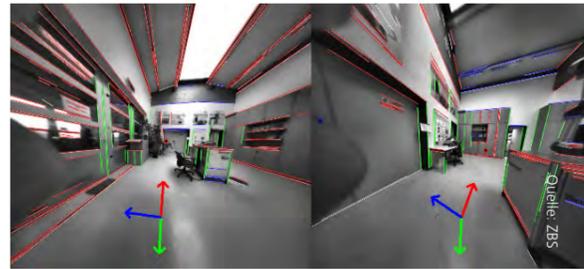


Abb. 3: Szenenbezogene Ableitung der Orientierung einer mobilen Roboterplattform aus Bildsequenzen

Quelle: ZBS



Abb. 4: Beispielwerkstück

Quelle: MM / IOF

gen von größer 1m) werden aktuell Arbeiten zur Snapshot-3D-Erfassung ausgeführt und Verfahren zur szenenbezogenen Ableitung der Orientierung der mobilen Roboterplattform (Abb. 3) entwickelt.

Damit der Roboter in der Lage ist, die Bearbeitung des Werkstücks selbständig durchzuführen, soll er im Nahfeld (< 1m) mit intelligenter 3D-Sensorik ausgestattet werden. Diese ermöglicht es, auch unkooperative Werkstücke, wie solche aus gefrästem Aluminium (siehe Abb. 4), in ihrer Lage exakt zu erfassen, zu greifen, zu positionieren und zu bearbeiten. Dazu wertet die sensoreigene KI 2D- und 3D-Messdaten hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit aus und schlägt neue Messpositionen zur vollständigen Erfassung vor. Messsenen die größer als das field of view der 3D-Sensorik sind, werden aus Teilmessungen zusammengefügt.

Auch mit angebrachter 3D-Sensorik soll der Roboter seine Flexibilität und Arbeitskraft erhalten. Um das zu erreichen, wird die zu entwickelnde 3D-Sensorik kompakt und leicht ausgelegt. Ein erster, bereits funktionsfähiger Entwurf ist in Abb. 5 zu sehen. Das geringe Gewicht (<1kg) belastet den Roboter nur wenig und maximiert die zusätzliche Traglast, für Werkstücke oder eine breite Palette an Endeffektor-Tools. Geplant sind 1 Mio. Messpunkte und bis zu 20 Hz 3D-Messrate.

Aktueller Stand Outdoor

Im Rahmen des Vorhabens wurden unterschiedliche Implementierungen von Algorithmen zur autonomen



Abb. 5: Entwurf 3D Sensor Nahfeld

Quelle: IOF / Lucas



Abb. 6: Mobiles Robotersystem Tiago

Quelle: OVGU

Orientierung auf Basis optischer Kamera-Systeme getestet. Ein gemeinsamer Schwachpunkt der ausgewerteten Systeme stellt die Referenzierung dynamischer Bildpunkte dar, die zu Verzerrungen in der Umgebungskarte und in der Selbstlokalisierung führt.

Zur Verbesserung der Modellierungsgenauigkeit der Umgebung bei gleichzeitiger robuster Schätzung des eigenen Standortes wurde ein Vorverarbeitungsschritt entwickelt, welcher dynamische Bildelemente pixelweise segmentiert und aus der Referenzierung ausschließt. Auf diese Weise konnte die Genauigkeit der autonomen Orientierung in unterschiedlichen Versuchsreihen besonders in dynamischen Umgebungen optimiert werden. In weiteren Versuchen werden ausgewählte Algorithmen auf eine mobile Roboterplattform (Abb. 6) portiert, um deren Verhalten in Simulationen und realen Szenarien zu analysieren. Die Möglichkeit des Austausches von Indoor- und Outdoor-Algorithmen, u.a. zur szenenbezogenen oder modellbasierten Verortung, wird geprüft.

Beteiligte Partner

- MartinMechanic**
Friedrich Martin GmbH & Co KG
Dipl.-Ing.(FH), Dipl.-Wirtsch.Ing.(FH) Claus Martin
Dr.-Ing. habil. Bernhard Bock
- ZBS**
Zentrum für Bild- und Signalverarbeitung e.V.
PD Dr.-Ing. habil Karl-Heinz Franke
Dipl.-Inf. Darko Vehar
- Fraunhofer**
Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena
Dipl.-Inf. D. Höhne
Dr. Bräuer-Burchardt
- LUCAS**
LUCAS Instruments GmbH, Jena
Dipl.-Ing. M. Reuter
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi



STRATEGISCHE
EINZELMAßNAHMEN

3D-LivingLab

DEMONSTRATOR 3D-LIVINGLAB
FÜR DIE ALLIANZ 3DSENSATION

Interaktions-Demonstrator des 3D-LivingLab verdeutlicht die Echtzeitkopplung von 3D-Sensorik zur Erfassung der Szene und Aktoren. (Teildemonstrator Roboter-Aktor (links) und Kugelwand (rechts))

Ziele des Vorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens 3D-LivingLab war es, ein transportables und modular erweiterbares Demonstrator-System aufzubauen, in welchem eine intuitive Interaktion zwischen Mensch und Technik repräsentativ ermöglicht wird und das für weitergehende Forschungszwecke (z.B. Untersuchungen zur Wirkungsbewertung, Validierung von 3D-Sensoren, ...) dem Konsortium 3Dsensation zur Verfügung steht.

Roboter-Aktor

Der Teildemonstrator Roboter-Aktor präsentiert auf spielerische Weise die direkte Interaktion von Mensch und Maschine. Hierbei gibt der Mensch Handlungsanweisungen in Form von Spielzügen des Spiels „Türme von Hanoi“ vor, die mittels 3D-Sensorik in Echtzeit erfasst und in Ansteuerbefehle für den Roboter übersetzt werden. Der modulare Aufbau ermöglicht dabei den Einsatz verschiedenster 3D-Sensoren, wie dem Kinect-Sensor, dem NIR-3D-Sensor vom Fraunhofer IOF oder den Stereo-Systemen von SICK. Aus den 3D-Punktdaten der Spielobjekte vom Mensch und Roboter werden die exakten Position und Anordnungen der Spielobjekte errechnet. Ausgehend von diesen Daten erfolgt ein direkter Abgleich der beiden Spielfelder und ermöglicht so eine schnelle Reaktion des Roboters auf die Handlungen des Menschen, indem standardisierte G-Code-Programme erzeugt und direkt an die NC-Steuerung des Roboters übertragen werden.

Kugelwand

Das System „Kugelwand“ setzt sich aus mehreren Modulen zusammen: 3D-Sensorik, 3D-Datenverarbeitung, Bildfusion, Antwortgenerator (Gestenerkennung, Kugelsteuerung usw.) sowie dem Aktor-

system – der eigentlichen Kugelwand, die aus 150 Einzelaktoren besteht. Das Demonstrator-System reagiert auf das Verhalten des Menschen, erfasst komplexe Bewegungen wie Gestik und körperliche Aktionen mittels 3D-Sensorik und gibt in Realtime ein Feedback durch eine entsprechende Bewegung der Kugelwand. Das System zeigt damit schnelle Reaktionen in Echtzeit dank sehr schneller Messtechnik und latenzarmer Datenverarbeitung. In Produktionsumgebungen lässt sich die Technologie beispielsweise zur Überwachung der Mensch-Roboter-Kooperation einsetzen. Eine Übertragung der 3D-Sensorik und der Interaktionskomponenten in Anwendungsfelder wie Gesundheit oder Sicherheit ist genauso denkbar wie Bereiche der Montageassistenz und Qualitätskontrolle sowie zur Überwachung biometrischer Zugänge.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, IWU
Michael Hoffmann (Koordinator)
-  Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, IOF
Dr. Peter Kühmstedt
-  Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik – Heinrich-Hertz-Institut, HHI
Paul Chojecki
-  Technische Universität Chemnitz, Lehrstuhl Prozessinformatik und Virtuelle Produktentwicklung
Dr. Philipp Klimant
-  Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl Allgemeine Psychologie
Prof. Stefan Schweinberger
-  SICK AG
Frank Blöbbaum
-  FusionSystems GmbH
Dr. Ullrich Scheunert

Quelle: 3D-LivingLab

ROMIN

INTERAKTIVER DEMONSTRATOR
FÜR DIE MENSCH-ROBOTER-
WECHSELWIRKUNG

ROMIN-Demonstrator

Problembeschreibung

Das richtige Verstehen von Interaktionen zwischen Mensch und Roboter ist ein Kernelement für die Erfolgreiche Entwicklung von interaktiven Lösungen in Industrie, Medizin, wissenschaftlicher Forschung und nicht zuletzt im alltäglichen Leben. Dabei spielt die eindeutige Rückmeldung eines maschinellen Systems an den Menschen eine entscheidende Rolle für das Verständnis und die Akzeptanz durch den Anwender.

Ziele des Vorhabens

Das Ziel der Entwicklung bestand in der Realisierung eines Demonstrators, der durch spielerische Elemente die Möglichkeiten der direkten Interaktion zwischen Mensch und Roboter durch das gezielte Anstoßen von Kugeln wahrnehmbar macht. Dabei sollte insbesondere darauf Wert gelegt werden, dass durch den Demonstrator eine repräsentative Darstellung der Interaktionen für ein breites Publikum ermöglicht wird, um einerseits die technischen Möglichkeiten von Robotik und berührungsloser optischer Messtechnik zu vermitteln und andererseits als Lernobjekt zur Untersuchung der Nutzererfahrung im Umgang mit dem Demonstrator zu dienen.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Ergebnis des Vorhabens entstand ein Demonstrator in Form einer ca. 2 m x 2 m x 1,5 m großen transparenten Box, in der sich ein Roboterarm, ein optischer Sensor und hängende Kugeln unterschiedlicher Größe befinden. An der Außenseite der Box befindet sich vor den Kugeln eine elastische Membran, die zur Steuerung des Roboters durch den Menschen dient. Über dem Roboterarm sind zwei Monitore angebracht, die in Echtzeit 3D-Daten, die durch den optischen Sensor erfasst werden, darstellen. Die Anwendung des Demonstrators geschieht in folgender Weise: Der Mensch drückt die Membran mit einem Finger an einer bestimmten Stelle ein. Als Reaktion bewegt sich der Roboter mit dem Ende seines Arms gegenüber dieser Stelle auf die Membran zu und stößt dabei eine Kugel an, sofern sie sich an dieser Stelle befindet. Durch das Eindrücken der Membran an den entsprechenden Stellen, können so alle Kugeln angestoßen und zum Schwingen gebracht werden. Realisiert wird dies durch die dreidimensionale Erfassung der Membran durch den optischen Sensor in Echtzeit. Die Position und Tiefe des Eindrucks werden an die Steuerung des Roboters übermittelt, der dann die notwendige Position berechnet, ansteuert, und die Stoßbewegung ausführt.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, IOF
Dr. Peter Kühmstedt (Projektleiter)
Dr. Christian Bräuer-Burchardt
Ingo Gebhart

Quelle: ROMIN

3D-HapTisch

Test der Haptikmodule



Problembeschreibung

Die Corona-Pandemie hat aufgezeigt, dass in Zukunft eine berührungslose Steuerung hinsichtlich Hygiene eine wichtige Rolle spielen wird. Die Gestensteuerung findet derzeit bereits Einsatz in Infotainmentsystemen von Fahrzeugen oder in der Medizintechnik. Neben der schnellen Verwendbarkeit und der kontaktlosen Interaktion ist die Gestensteuerung intuitiv und wenig kognitiv belastend in ihrer Anwendung. Aufgrund des Abhandenseins von haptischem Feedback sind Interaktionen mittels Gestensteuerung jedoch ineffizient und fehlerbehaftet.

Ziele des Vorhabens

Zur Verbesserung der Effizienz und dem Aufzeigen der Vorteile der Gestensteuerung wird ein Demonstrator angestrebt, welcher dank innovativer Sensorik Körperbewegungen detektiert, haptisches Feedback für die Interaktion gibt und visuell auf Körperbewegungen reagiert. Der Fokus des Demonstrators liegt hierbei auf der gebrauchstauglichen Gestaltung der Interaktion. So soll sichergestellt werden, dass die Nutzer*innen möglichst verständlich und intuitiv die neuen Technologien erleben und begreifen.

Aktueller Stand

Mittels Expertenworkshops wurden exemplarische Anwendungen erarbeitet, welche zukünftigen Nutzern*innen eine möglichst eindrucksvolle Vorstellung der Leistungsfähigkeit bestehender Haptiksysteme vermitteln soll. So fühlt man unter anderem virtuelle Objekte in einer BlackBox oder verbindet verworrene

Kabel miteinander. Gerahmt wird der Demonstrator von einem handwerklich gefertigten Tischgestell, welches den historischen Bezug zur regionalen Industrie herstellt. Nach einer erfolgreichen Systemintegration, werden derzeit letzte Arbeiten abgeschlossen, um den Demonstrator ausstellen zu können.

Verwertungsperspektiven

Der Demonstrator soll in Zukunft dem Fachpublikum sowie der Bevölkerung zugänglich gemacht werden. Insbesondere soll der Demonstrator den Austausch zwischen Bürger*innen und Wissenschaftler*innen im Rahmen der Initiative Kulturhauptstadt 2025 Chemnitz gestärkt werden. Zudem wurde der HapTisch für den DIVR Science Award 2021 in der Kategorie „Best Tech“ nominiert, welcher dem Fachpublikum zur Schau gestellt wird.

Beteiligte Partner



Technische Universität Chemnitz,
Professur für Arbeitswissenschaft
und Innovationsmanagement
Prof. Dr. Angelika
C. Bullinger-Hoffmann



Technische Universität Chemnitz,
Professur für Werkzeugmaschinenkonstruktion
und Umformtechnik
Dr.-Ing. Philipp Klimant



Fraunhofer Institute for Applied Optics
and Precision Engineering IOF
Dr. Peter Kühmstedt

Quelle: TU Chemnitz



HapTisch

Quelle: Reulka



track region of interest

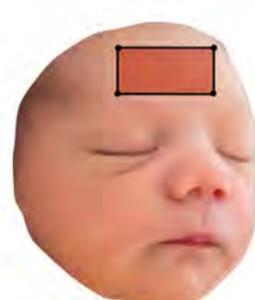


NIR image



map region of interest

RGB image



detect region of interest

Multimodales Messprinzip: In einem RGB-Bild wird eine region-of-interest (ROI; od. Landmarke) erfasst und auf ein NIR-Bild übertragen. Zur Nachkorrektur und Sicherheit wird die ROI in einer 3D-Karte verfolgt.

Problembeschreibung

Der klinische Kontext der Anwendung findet sich in den ersten Wochen nach der Geburt, wo sich Zustand und damit Physiologie der Neugeborenen, speziell bei Frühgeborenen, sehr schnell ändern. Mögliche Probleme und Krankheiten treten unmittelbar postnatal oder in den ersten Lebenstagen und -wochen auf, daher ist eine zeitnahe und lückenlose Überwachung des Gesundheitszustands der Neugeborenen unabdingbar, um Probleme zeitnah identifizieren und behandeln zu können. So sind viele Situationen für die Verwendung kontaktbasierter Messgeräte zur Aufzeichnung der Vitalzeichen Früh- und Neugeborener nicht fassbar – unmittelbar postnatal, bei Transportvorgängen, im MRT; NeoVital soll diese Lücken schließen.

Bereits entwickelte optische Komponenten zur multispektralen 3D-Erfassung müssen auf die Anforderungen in einer klinischen Umgebung angepasst werden. Darüber hinaus muss eine Präzision der Messung gewährleistet werden, die sichere und lebenskritische diagnostische Hinweise liefern kann.

Ziele des Vorhabens

In einem interdisziplinären Verbund wird basierend auf Fragen der neonatalen Medizin ein kontaktloser, multispektraler 3D-Sensor weiterentwickelt, der Vitalparameter von Neu- und Frühgeborenen in Echtzeit aufzeichnen kann und sich in die bestehende Infrastruktur einbinden lässt.

Dazu wurde aufbauend auf einen bereits bestehenden Sensor ein kontaktloser, multispektraler

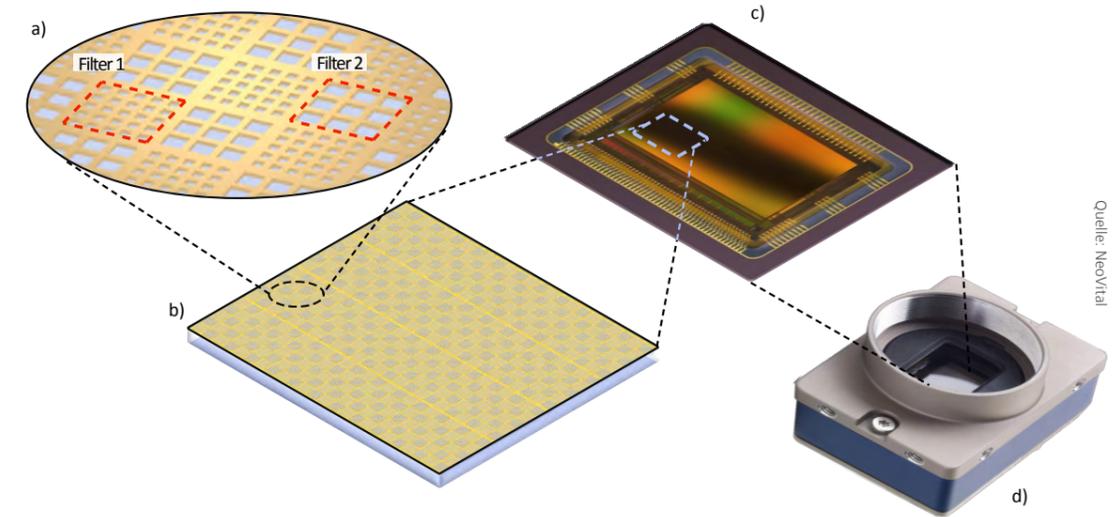
3D-Sensor (NeoVital) weiterentwickelt, der in einem kugelförmigen Gerät die kontaktlose, aber trotzdem sichere Überwachung mehrerer Vitalparameter von Früh- und Neugeborenen im klinischen Umfeld ermöglicht.

Dem Hauptziel des Vorhabens wurde Rechnung getragen, indem die Installation eines Demonstrators im laufenden Betrieb der Kinder- und Jugendklinik des Uniklinikums Jena installiert wurde. Die Auswertung der erhobenen Daten liefert mit einer mittleren Abweichung von 4 bis 8 Herzschlägen pro Minute gegenüber der standardmäßig eingesetzten Pulsoxymetrie ein verlässliches Ergebnis (bei durchschnittlich 120 Schlägen pro Minute). Weitere Untersuchungen werden aktuell geplant, um zusätzliche Parameter wie die Sauerstoffsättigung zu erfassen und das Anwendungsszenario von Neugeborenen auf Frühchen zu erweitern.

In laufenden Arbeiten wird der kugelförmige Sensor anhand der Erfahrungen aus der Kinderklinikstudie weiterentwickelt und stabiler gestaltet. Der Bau eines weiteren Sensors wird geplant. Parallel dazu werden nanooptische Filter zur Erweiterung der Funktionalität noch einzusetzender Kameras realisiert. Es wurde ein möglichst minimalistisches Design gewählt, um Hürden in der technologischen Realisierung vorzubeugen.

Verwertungsperspektiven

Primäres Ziel ist die Schaffung eines kontaktlosen Sensors zur Messung von Vitalparametern bei Säuglingen. Dieses Vorhaben adressiert das Zukunftspro-



Quelle: NeoVital

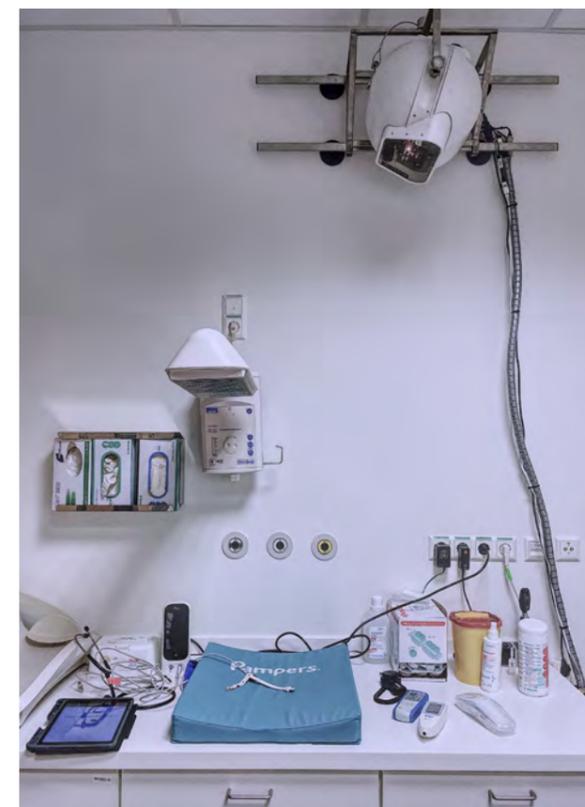
Nanophotonisches Sensorkonzept – Die Pixel (a) des Filter-Arrays (b) bestehen jeweils aus einer periodischen Anordnung nanoskopischer Löcher in einer dünnen Metallschicht. Das nanophotonische Schachbrettmuster (b) wird auf einen monochromatischen Kamerasensor (c) aufgebracht und fungiert dort als funktionale Pixelebene, die das Licht für jede Pixelgruppe des Sensors vorfiltert. Der Kamerasensor selber ist an einer Kameraplatine angebracht, die je nach Anwendungsszenario modularer Bestandteil eines Kamersystems (d) sein kann.

blem der Mensch-Maschine-Interaktion und schließt sich nahtlos an die wissenschaftlich-technologische Roadmap mit dem langfristigen Ziel der Umsetzung einer neuartigen Applikation an. Darin werden multimodale, optische 3D-Sensoren im medizintechnischen Sektor angewendet und verhindern nicht nur die unkomfortablen Situationen innerhalb der Versorgung

und Diagnostik von Säuglingen, sondern bieten ein Assistenzgerät für das medizinische Personal. Die hier entstehende Applikation kann darüber hinaus auf andere Teile des Bedarfsfeldes Gesundheit neben nicht-invasiver Diagnostik auf Psychologie und Nutzung von 3D-Technologien in der Ausbildung übertragen werden.

Beteiligte Partner

- 
 Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Sektion für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin des Universitätsklinikums Jena
 Prof. Dr. med. Hans Proquitté (Koordinator)
 Maria Nisser
- 
 Institut für Angewandte Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
 Prof. Dr. rer. nat. Thomas Pertsch
 Jan Sperrhake
- 
 Fachgebiet Qualitätssicherung und Industrielle Bildverarbeitung an der Technischen Universität Ilmenau
 Prof. Dr. Gunther Notni
 Chen Zhang
- 
 Steinbeis Qualitätssicherung und Bildverarbeitung GmbH (SQB) Ilmenau
 Steffen Lübbecke
 Dominik Schraml



Einsatz des NeoVital-Kugelsensors in der Kinderklinik des Universitätsklinikums Jena.



IDEE-INVENTIONS-
INNOVATIONSVORHABEN
(I³-PROJEKTE)



Test der berührungslosen Interaktion mit räumlichem Sound im TIME Lab des Fraunhofer HHI.

Problembeschreibung

Die Interaktion mit einem technischen Gerät ist immer mit akustischen und haptischen Signalen verbunden. In leisen Umgebungen ist selbst das Tippen auf einem Touchscreen hörbar. Der gemeinsame akustische und haptische Eindruck vermittelt dem Anwender ein Gefühl, ob seine Eingabe erfolgreich war. Die berührungslose Interaktion hingegen ist geräuschlos und kontaktlos, somit gefühlslos. Die Kontaktlosigkeit ist erwünscht, denn sie verhindert die Übertragung von Keimen bei medizinischen Geräten oder ermöglicht die Interaktion aus der Entfernung. Die Gefühlslosigkeit ist unerwünscht, denn Nutzer wollen eine Interaktion fühlen, damit sie ihr vertrauen. Einfache Töne geben eine einfache Rückmeldung. Doch ist es möglich mehr Gefühl zu vermitteln?

Ziele des Vorhabens

Im Projekt wurden zwei Ansätze verfolgt, um dieses mehr Gefühl zu vermitteln. Der erste Ansatz war die räumliche Verortung der akustischen Rückmeldung am Ort der Interaktion. Im zweiten Ansatz wurde versucht die verbesserte Rückmeldung durch einen tiefen, kaum hörbaren Basston zu erreichen. Benutzerversuche sollten zeigen, ob die berührungslose Interaktion mit einem der Ansätze schneller als die herkömmliche berührungslose Interaktion ist.

Ergebnisse des Vorhabens

Die räumliche Verortung der akustischen Rückmeldung wurde im TIME Lab des HHI getestet. Mit der ISONO Wellenfeldsynthese kann ein Geräusch direkt am Finger des Nutzers erzeugt werden. Die Benutzer waren der räumlich an der Hand platzierten Rückmeldung zufriedener als mit der einfachen akustischen Rückmeldung. Eine schnellere Bedienung konnte nicht erreicht werden.

Im zweiten Versuch wurde getestet, ob ein zusätzlicher Basston die berührungslose Interaktion verbessern kann. Die Versuchspersonen mussten im Abstand einer Armlänge vom Monitor die berührungslosen Knöpfe so schnell wie möglich drücken. Als Feedback wurden visuelle, normale akustische Signale und der tiefe Basston, sowie die Kombinationen getestet. Der Basston war dabei so abgestimmt, dass er zwar hörbar, aber vorwiegend als Luftzug, das heißt haptisch, wahrnehmbar war. Die Benutzer bewerteten subjektiv alle Feedbacks ähnlich gut. Die objektiven Messwerte zeigen Unterschiede zwischen den verschiedenen Feedbackarten. Reines akustisches Feedback ermöglicht die schnellste Bedienung,

Beteiligte Partner



Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI
David Przewozny (Projektleiter)

Quelle: Fraunhofer HHI

3D-Lippenableser

STUDIE ZUR SPRACHERKENNUNG MITTELS VISUELLER 3D-BILDERFASSUNG DER SPRECHBEWEGUNGEN



Abb. 1: Laboraufbau des NIR High-Speed 3D-Sensor basierend auf Musterprojektion

Problembeschreibung

Die Erkennung von Sprache geschieht überwiegend über den hörbaren Schall. Mit dem McGurk-Effekt /1/ wurde aber nachgewiesen, dass jeder Mensch zusätzlich visuelle Eindrücke in die Sprachwahrnehmung integriert und das Sprachverständnis erhöht. Professionelle Lippenleser sind sogar in der Lage, ausschließlich aus den Gesichtsbewegungen die Sprache zu erkennen. Die maschinelle Spracherkennung aus akustischen Signalen ist bereits kommerziell als Software verfügbar und in vielen Anwendungen integriert. Für Situationen, in denen das akustische Signal gestört oder gar nicht verfügbar ist (z.B. in lauten Umgebungen, stumme Personen), wird ein maschinelles Lippenlesen benötigt.

Ziele des Vorhabens

Im I³-Vorhaben „3D-Lippenableser“ wurden Untersuchungen zum maschinellen Lippenlesen mittels schnellen 3D-Messverfahren durchgeführt. Hierbei wird das Gesicht mit Kameras aufgenommen und mit einem NIR-High-Speed Musterprojektor irrationsfrei strukturiert beleuchtet (Abb. 1). Es ist dadurch möglich, zeitaufgelöste 3D-Punktwolken des Gesichtes mit einer Genauigkeit im μm -Bereich zu erfassen (Abb. 2). 240 Messreihen verschiedener Versuchspersonen beim Sprechen einfacher Laute wurden aufgenommen. Darauf aufbauend wurde eine Methodik entwickelt, mit der mittels kombinierter 2D/3D-Bildaufwertung die eigentlichen Sprechbewegungen extrahiert werden. Markante Punkte der Lippen werden identifiziert und deren Bewegungspfad (Trajektorie) über den zeitlichen Stapel der 3D-Punktwolken verfolgt (Abb. 3).

Ergebnisse des Vorhabens

Die Analyse der Trajektorien zeigte, dass etwa ein Viertel der Sprechbewegungen in der Tiefe stattfindet. Mit den Trajektorien konnte ein Support-Vector-Machine Klassifikator trainiert werden. Es zeigte sich in der Gegenüberstellung von 2D und 3D, dass die 3D-Informationen zu einer ca. 6–8% höheren Erkennungsrate führen.

In weiteren Untersuchungen soll eine deutlich größere Anzahl von Messreihen, auch von gesprochenen Wörtern / Sätzen, untersucht werden. Zur Steigerung der Robustheit werden zusätzlich zu den 3D-Daten die Farbwerte einer zusätzlichen Kamera mit einbezogen.



Abb. 2: Zeitaufgelöste 3D-Punktwolken mit zusätzlichen Farbwerten beim Sprechen des Buchstabens „e“

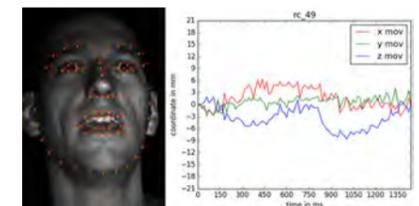


Abb. 3: Identifizierung von Gesichtsmarken und Extraktion der 3D-Trajektorie des rechten Lippenwinkels beim Sprechen des Buchstabens „e“

Beteiligte Partner



Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF
Roland Ramm (Projektleiter)

Quelle: 3D-Lippenableser

Acti3D

INTELLIGENTER 3D-AKTIVITÄTSSENSOR FÜR DAS AKTIVE UND SELBSTBESTIMMTE LEBEN IN DEN EIGENEN VIER WÄNDEN

Ausgabe des merkmalsbasierten Stereo-3D-Vordergrund-/ Hintergrund-Modells. (links: Stereo-Feature-Detektor, rechts: für die Detektion der Person herangezogene Punktwolken)

Problembeschreibung

Die Relevanz für die Unterstützung von Menschen verschiedenen Alters und unterschiedlicher Vorbildung beim Leben im heimischen Umfeld nimmt stetig zu. Auf der anderen Seite werden immer neue Haustechnik- bzw. Multimedia-Komponenten und Systeme entwickelt, deren Bedienung relativ komplex ist und viele potenzielle Nutzer überfordert.

Um dieser Herausforderung zu begegnen, wird eine Mensch-Maschine-Schnittstelle benötigt, die das Verhalten der Nutzer, wie z.B. die Lokalisation und Bewegung im Raum, berücksichtigt dabei jedoch nicht durch eine bildgebende Totalüberwachung in ihre Privatsphäre eindringt. In Vorprojekten wurde bereits eine Basistechnologie für die zweidimensionale merkmalsbasierte Präsenzsensoren entwickelt, die den Aspekt „privacy by design“ berücksichtigt, jedoch noch keine dreidimensionalen Informationen zum Aufenthalt der Nutzer im Raum liefert.

Ziele des Vorhabens

Unter Zuhilfenahme von dreidimensionalen Präsenz- und Bewegungsdaten von Personen wird die adaptive Steuerung haustechnischer Komponenten ermöglicht. Dies soll neben der Einsparung von Energie durch Deaktivierung nicht benötigter Geräte, vor allem zu einer Steigerung der Sicherheit und des Komforts für die Anwender ohne Bevormundung und Eingriffe in deren Privatsphäre führen.

Dementsprechend stehen Entwicklungsziele wie der Schutz der Privatsphäre durch Verhinderung der Ausgabe von Realbildern, ein geringerer Energieverbrauch durch hochparallele analoge / mixed-signal Verarbeitung in einem Bildsensor-VSoC bei einer dreidimensionalen Bewertung natürlicher Szenen sowie ein hohes Potenzial für Kosteneinsparungen bei einer späteren Massenproduktion im Mittelpunkt.

Ergebnisse des Vorhabens

Durch Einsatz des am Fraunhofer IIS/EAS entwickelten Bildsensor-VSoC und der damit möglichen, frühzeitigen Extraktion von Merkmalen, kann sowohl der Aspekt des Schutzes der Privatsphäre als auch eine Minimierung der Leistungsaufnahme des Gesamtsystems erreicht werden. Der geringe Speicherbedarf erlaubt grundsätzlich den Einsatz preisgünstiger Mikrocontroller.

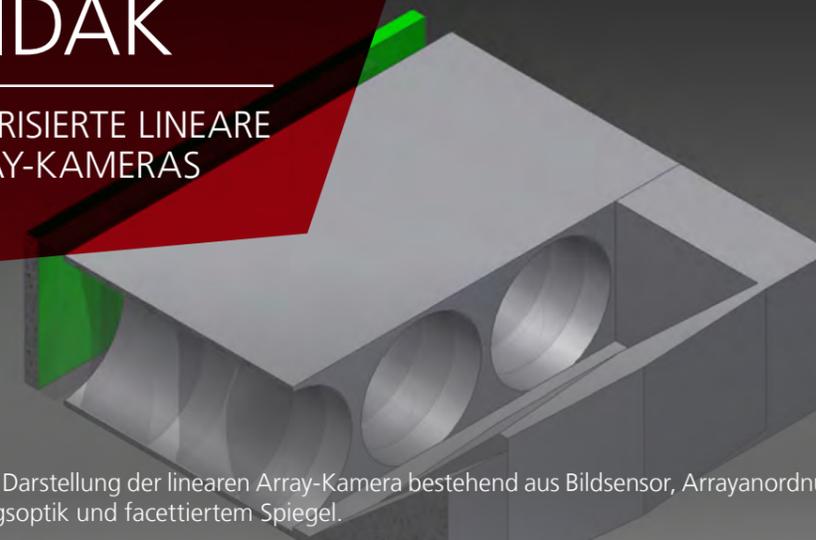
Beteiligte Partner und Projektleiter

 Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Institutsteil Entwicklung Adaptiver Systeme EAS
Dr.-Ing. Jens Döge (Projektleiter)

Quelle: Fraunhofer IIS/EAS, Foto: Andreas Reichel

MILIDAK

MINIATURISIERTE LINEARE 3D-ARRAY-KAMERAS



Schematische Darstellung der linearen Array-Kamera bestehend aus Bildsensor, Arrayanordnung der Abbildungsoptik und facettiertem Spiegel.

Problembeschreibung

Digitale Kameras haben die zuvor dominierenden analogen Modelle in revolutionärer Weise nahezu vollständig verdrängt. Ihre wesentlichen Vorteile liegen in der instantanen Bildverfügbarkeit, geringen Herstellungskosten und der extremen Miniaturisierung. Dies waren die Voraussetzungen für den Einzug von Kameras in mobile Geräte wie Smartphones, Notebooks und Tablets mit aktuell mehr als drei Milliarden gefertigten Systemen pro Jahr mit fortsetzendem Wachstum. Weiterhin wurden Applikationen im Bereich der Fahrzeug-, Automatisierungs- und Medizintechnik erschlossen. Die wesentliche Änderung von analog zu digital besteht dabei bisher im Austausch des Aufzeichnungsmediums vom analogen Film zum digitalen, siliziumbasierten Matrixbildgeber, wohingegen das Abbildungskonzept weitgehend unverändert blieb.

Das zugrundeliegende Einzelaperturprinzip, das seine biologische Entsprechung unter anderem in den Augen von Menschen hat, ist allerdings in seiner Miniaturisierung beschränkt und gestattet lediglich die Aufnahme zweidimensionaler Objektdaten.

Ziele und Ergebnisse des Vorhabens

Im Projekt wurde ein neuartiges miniaturisiertes 3D-fähiges Bildaufnahmesystem als universell einsetzbare Lösung zur Realisierung kleinbauender Kameras erforscht. Der Ansatz ermöglicht eine passive Gewinnung von 3D-Bilddaten, d.h. ohne Notwendigkeit einer zusätzlichen aktiven Beleuchtung. Die neuartige Array-Kamera mit optimierter Tiefenaufklärung, die durch eine neuartige, zeilenförmige Kameramorphologie erreicht wird, ermöglicht durch angepasste Bildauswertelgorithmen die Realisierung plenoptischer Funktionen wie Tiefenkarten, 3D-Darstellung, Refocusing und All-In-Focus-Bilder. Das untersuchte Prinzip stellt eine universell einsetzbare Lösung für optische und damit berührungslos arbeitende Bildaufnahmesysteme u.a. zur Realisierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen dar.

Beteiligte Partner und Projektleiter

 Fraunhofer IOF
Dr.-Ing. Frank Wippermann (Projektleiter)
A. Brückner
A. Oberdörster
A. Bräuer
A. Tünnermann

Quelle: MILIDAK

W3D

WÄRMEBILDBASIERTER 3D-SCANNER



Realisierter Versuchsaufbau mit CFIR-Strahler, Musterschablone und Silizium-Linse.

Problembeschreibung

Berührungsloses Messen als Teil der Mess- und Prüftechnik in der Produktion gewinnt auf Grund seiner Vorteile, wie Geschwindigkeit und Zerstörungsfreiheit, stetig an Bedeutung. Nachteil ist jedoch, dass spezifische Technologien häufig nur sehr begrenzte Anwendbarkeit haben.

Angeführt seien hier stark spiegelnde Oberflächen, welche nur mit deflektometrischen Verfahren vermessen werden können, mit der Limitierung auf leicht gekrümmte, bzw. plane Oberflächen und schwarze Objekte, die sehr stark absorbieren, so dass mit üblichen Musterprojektionsverfahren kaum nutzbares Streulicht von der Oberfläche zur Verfügung steht.

Ergebnisse des Vorhabens

Unter diesem Aspekt gibt es eine Lücke im Stand der Technik: Preiswerte Messsysteme für Objekte mit optisch unvorteilhaften Oberflächen. Statt Licht-Reflexion oder Streuung an der Oberfläche des Messobjektes zu nutzen, wurde in diesem Projekt die Re-Emission der Oberfläche genutzt. Die resultierende Emission wird mit einer Infrarotkamera erfasst. Über eine Bildverarbeitung mit Zuordnung der Muster und die trigonometrische Anordnung von Kamera zu Projektor werden 3D-Punkte der Oberfläche des Messobjektes berechnet.

Für die Projektion der Muster mittels thermischer Strahler musste ein abbildendes System mit Lichtquelle und Muster-Schablone konzipiert werden. Der Aufbau wurde realisiert und Vergleichsmessungen durchgeführt. Der Aufbau mit dem thermischen

Strahler benötigt mehr Zeit, um auf der Objekt-oberfläche für die Wärmebildkamera optimale Kontraste zu erzeugen, als der Vergleichsaufbau mit Laserlichtquelle. Dies ist hauptsächlich von zwei Faktoren abhängig: Die Bestrahlungsleistung auf dem Objekt und die Materialeigenschaften des Objektes. Kontraste für verschiedene Objekte unterscheiden sich maßgeblich durch die Absorption der Beleuchtungsstrahlung der Oberfläche sowie der Wärmeleitung im Volumen.

Im Projekt konnte erfolgreich gezeigt werden, dass mit Infrarotstrahlern und Wärmebildkamertechnik 3D-Vermessungen im IR-Bereich möglich sind. Generell sind folgende Materialeigenschaften für das Verfahren vorteilhaft/geeignet:

- Hohe Strahlungsabsorption zwischen 1,8 und 4 μm
- Geringe Wärmeleitfähigkeit
- Hohe Oberflächenrauheit

Blanke metallische Werkstücke sind schlecht für das Verfahren geeignet, bei transparenten Kunststoffen und Gläsern hängt es stark vom spektralen Absorptionsgrad ab.

Beteiligte Partner



Technische Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat Gunther Notni (Projektleiter)

Quelle: W3D

GeriaBall

INTERAKTIVE BESTIMMUNG PHYSISCHER LEISTUNG UND MOTORISCHER GEFÄHRDUNGSPOTENZIALE

Einzelteile der Würfelsensorik

Problembeschreibung

Ältere Menschen haben ein sehr hohes Sturzrisiko. Das Risiko, mindestens einmal im Jahr zu stürzen, liegt bei über 65-Jährigen bei 35%, bei 80-Jährigen bei annähernd 50%. Stürzt eine Person, so treten in der Hälfte der Fälle Verletzungen auf, jeder 20. erleidet dabei Frakturen. Das individuelle Sturzrisiko einer Person ermittelt sich dabei aus mehreren Faktoren. Einer davon ist laut Studien die Muskelschwäche bzw. die verminderte Handkraft der dominanten Hand. Eine sinkende Handkraft führt demnach zu einer steigenden Sturzgefahr. Die gezielte Stärkung der Muskelkraft der Hand ist somit eine sinnvolle Maßnahme zur Sturzprävention. Hier bieten sich technische Assistenzsysteme an, um die medizinische Versorgung ergänzen und frühzeitig Hinweise auf gesundheitliche Veränderungen geben zu können.

Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war es, die technischen Grundlagen für intuitive und günstige Handkraftmessgeräte zu erforschen und auf dieser Basis ein Umsetzungskonzept sowie einen Funktionsdemonstrator den häuslichen Einsatz zu entwickeln. Konkret wurde der Aufbau eines kugelförmigen Messsystems angestrebt. Dafür waren die Entwicklung und der Einsatz von Sensorik notwendig, die es aufgrund ihrer Bauweise ermöglicht, die ungleich auf Kugeln verteilte Kraft zu messen und ihre räumliche Auflösung zu bestimmen.

Von besonderer Bedeutung war in diesem Vorhaben, Messverfahren und Sensortechnologien zu konzipieren, die ohne aufwändige Kalibrierung stets überprüfbare Messergebnisse unabhängig von der

(Halte-)Position der Kugel liefern. Das Vorhaben verfolgte darüber hinaus das Ziel, dass der Patient selbst nicht mit aufwändiger IT-Technik interagieren muss. Das kugelförmige Messgerät kann allein durch die natürliche Handhabung automatisiert Messwerte erfassen und verarbeiten.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Ergebnis wurde eine Hardwarelösung entwickelt, die mittels Sensorik durch einfache Mensch-Technik-Interaktion die Handkraft eines Patienten messen und die Ergebnisse IT-gestützt an verbundene Geräte oder Systeme senden kann. Insgesamt erhält ein Patient mit dem GeriaBall ein System, das zuhause leicht zur Gesundheitsprävention eingesetzt werden kann. Gleichzeitig dient dieses System als Einstieg in die Vernetzung mit dem Arzt, der damit erweiterte medizinische Informationen seines Patienten erhält.



GeriaBall-Demonstrator

Beteiligte Partner

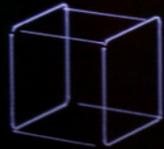


Institut für Automation und Kommunikation e.V.
Dipl.-Ing. René Hempel (Projektleiter)
Axel Hoppe
Christian Koker

Quelle: GeriaBall

DiRLas

UNTERSUCHUNGEN ZUR
VISUALISIERUNG VON 3D-OBJEKTEN
IM FREIEN RAUM MITTELS LASER



Mittels fokussierten, ultrakurzen fs-Laserpulsen lassen sich dreidimensionale, frei im Raum schwebende Objekte wie dieser 3D-Würfel erzeugen, die aus allen Raumrichtungen perspektivisch korrekt betrachtet werden können.

Problembeschreibung

Die bildliche Darstellung dreidimensionaler Objekte übt seit den Anfängen der Fotografie- und Filmtechnik eine große Faszination auf uns aus. Während jedoch im freien Raum schwebende „Hologramme“ bereits in frühen Science-Fiction-Filmen eine wesentliche Rolle einnahmen, stellt die Darstellung dreidimensionaler Inhalte in der realen Welt noch immer eine große Herausforderung dar. So basieren selbst aktuelle Ansätze der 3D-Darstellung zumeist auf einfachen stereoskopischen Techniken, bei denen dem rechten und linken Auge des Betrachters individuell angepasste Bilder präsentiert werden. Diese Technologie erfordert jedoch das Tragen spezieller Brillen und begrenzt den optimalen räumlichen Bildeindruck auf eine feste Betrachtungsposition oder auf einen einzelnen Beobachter.

Ziele des Vorhabens

Im Rahmen des Projektes DiRLas sollte ein innovatives Projektionssystem entwickelt werden, welches erstmalig die Erzeugung dreidimensional ausgedehnter, selbstleuchtender Strukturen im Raum ermöglicht.

Ergebnisse des Vorhabens

Zur Erzeugung der Strukturen werden ultrakurze Laserpulse genutzt, die die im Fokus befindliche Luft oder Prozessgase lokal zum Leuchten anregen. Wird der Laserfokus und damit der erzeugte Leuchtpunkt mittels schneller 3D-Laserscanner linienweise verfahren, können räumlich ausgedehnte, selbstleuchtende Strukturen generiert werden. Da diese Objekte im Raum schweben, kann sich ein Betrachter

frei um diese herum bewegen. Zudem können die laser-generierten 3D-Objekte von einer Vielzahl von Betrachtern zeitgleich aus unterschiedlichen Ansichten und perspektivisch korrekt betrachtet werden.

Diese innovative Methode der Darstellung dreidimensionaler Inhalte ermöglicht völlig neuartige Ansätze der Mensch-Maschine-Interaktion. Komplexe Daten wie technische Zeichnungen könnten ihrer Natur entsprechend dreidimensional im freien Raum dargestellt werden. Die Animation der dargestellten Strukturen mit Videobildrate gestattet zudem eine detaillierte Darstellung komplexer Bewegungen und Prozesse, die von der Analyse komplizierter Mechaniken bis zur Unterstützung hochsensitiver minimal-invasiver Operationsverfahren reichen.



Die Entwicklung eines innovativen Systems zur dreidimensionalen Bilddarstellung am Institut für Angewandte Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena zielt auf neuartige Anwendungen in Medizin und Industrie ab.

Beteiligte Partner



Institut für Angewandte Physik,
Abbe Center of Photonics,
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Prof. Dr. Stefan Nolte (Projektleiter)
Dr. Robert Kammel
Lisa Kaden

Quelle: DiRLas

OMNIdetect

REDUNDANZFREIE OMNIMODALE
3D-DETEKTIONSTECHNOLOGIE



Mikroskopbild eines hergestellten Filterarrays mit unterschiedlichen nanostrukturierten Filtern.

Problembeschreibung

Heutige Systeme zur Erfassung von 3D-Szenen sind durch eine gegenüber 2D-Systemen extrem hohe Redundanz der Bilddaten gekennzeichnet. In 2D-Systemen erfasst der 2D-Detektorchip das aufzunehmende Bild direkt in der Bildebene, dabei bestehen nahezu keine Redundanzen im generierten Datenstrom. Demgegenüber entsteht bei der Erfassung von 3D-Szenen mit heute etablierten Systemansätzen eine hohe Redundanz im Rohdatenstrom, da die 3D-Informationen ineffizient auf die 2D-Detektorarrays abgebildet werden, z.B. durch Mehrfachbildsequenzen bei der Musterprojektion, Mehrfachabbildungen bei plenoptischen Kameras und Zeitsampling bei Time-of-Flight Systemen. Abstrakte Ursache dieser Ineffizienz ist die nicht optimale Transformation der Bildinformationen von 3D zu 2D in dem jeweiligen Detektionsprinzip. Praktische Ursache ist, dass konventionelle optische Abbildungssysteme scheinbar keine solche optimale Transformation in die verfügbare zweidimensionale Ebene des Detektors ermöglichen bzw. bisher noch keine solche Transformation gefunden wurde.

Dieser Fakt wirkt sich in zweierlei Hinsicht limitierend auf die Leistungsfähigkeit heutiger 3D-Detektionssysteme aus. Einerseits führen die Redundanzen in den Rohdaten zu einer Verschlechterung des Signal-Rausch-Verhältnisses, da die schlecht konditionierten Rohdaten nicht vollständig in die zu erfassende 3D-Szeneninformation importiert werden können. Andererseits weisen verfügbare Detekortechnologien und Signalverarbeitungstechnologien eine Begrenzung des Gesamtdatenstroms auf, welche letztendlich die Systemleistung beschränkt.

Ziele des Vorhabens

Ziel des Innovationsprojektes OMNIdetect ist die Erforschung neuer 3D-Detektionstechnologien, die gegenüber dem Stand der Technik eine effizientere Abtastung von 3D-Daten und damit eine wesentlich höhere Informationsdichte der aufgenommenen Rohdaten ermöglichen. Grundidee des Projektes ist der Einsatz vielseitiger nanostrukturierter Filter, welche direkt auf dem Detektorarray aufgebracht werden können und jeweils nur die Detektion genau einer spezifische Information erlauben, z.B. die Intensität von Licht einer Farbe welches unter einem bestimmten Einfallswinkel auf den Detektor trifft.

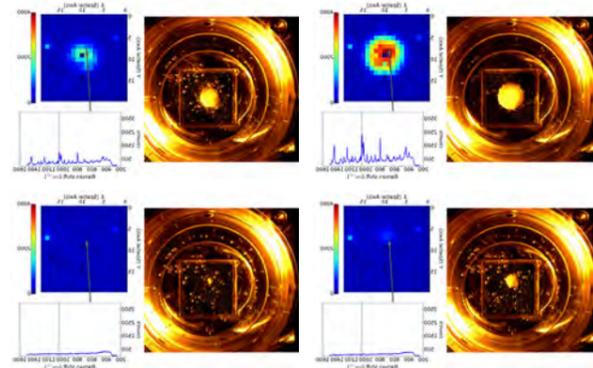
Dazu werden zuerst grundlegende theoretische Konzepte entwickelt, um die zur Rekonstruktion des Objektes notwendigen Informationen zu identifizieren. Danach werden entsprechende Filterstrukturen entwickelt und deren grundlegende Funktion experimentell gezeigt.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Abbe Center of Photonics
Thomas Pertsch (Projektleiter)
Dr. Frank Setzpfandt

Quelle: OMNIdetect



Quelle: innoFSPEC Potsdam

Mit 4D-HTS gelang weltweit erstmalig die Aufnahme einer Videosequenz, in der mit bildgebender Ramanspektroskopie der zeitliche Verlauf eines physikalisch-chemischen Prozesses analysiert wurde. Das Bild zeigt vier Ausschnitte einer solchen Sequenz, in der eine sich in Wasser auflösende Süßstofftablette zu sehen ist. Die linke Bildhälfte zeigt jeweils das direkte Kamerabild der Tablette in wässriger Lösung auf dem spektralen Bildaufnehmer. Rechts in Falschfarbendarstellung das im Computer ausgewertete Ramansignal eines für die molekulare Zusammensetzung charakteristischen spektralen Fingerabdrucks.

Problembeschreibung

4D-HTS adressiert als fundamentales Querschnittsproblem in der Prozesskette Bildaufnahme-Bildverarbeitung-Visualisierung die Echtzeitanforderungen in den Bedarfsfeldern Produktion, Mobilität, Gesundheit und Sicherheit. 4D-HTS ist als Pilotprojekt für Lösungen im Arbeitsraum von 3Dsensation konzipiert und liefert anhand einer Realisierung im Bedarfsfeld Gesundheit einen Benchmark, mit dem die Engstellen der heute verfügbaren Technologien identifiziert werden. Die während des Roadmap-Prozesses erkannten Herausforderungen hängen in den Bedarfsfeldern Produktion, Mobilität, Gesundheit und Sicherheit mit Echtzeitanforderungen zusammen, bei denen große Datenmengen entstehen, die weiterverarbeitet und visualisiert werden müssen. In allen Bereichen Bildaufnahme, Bildverarbeitung und Visualisierung sind anspruchsvolle Aufgaben zu lösen, die weit über den Stand der Technik hinausgehen.

Ziele des Vorhabens

Mit 4D-HTS soll ein Benchmark für neue Ansätze mit Hard- und Softwarelösungen der 3D-Prozesskette entwickelt werden, einschließlich Schnittstellendefinitionen, Datenformaten, Übertragungsprotokollen, Datenarchivierung und Datenbankkonzepten. Hierzu wurde ein vorhandener Prototyp zur mehrdimensionalen multimodalen Bildgebung aus der Astronomie eingesetzt, der durch eine Ergänzung mit einem leistungsfähigen Multiprozessorsystem für maximalen Durchsatz optimiert wurde. Mit einer medizinischen Anwendung für minimalinvasive Diagnostik (multimodale 3D-Bildgebung für den Operateur) war

die Entwicklung eines Demonstrators motiviert, an dem exemplarisch alle wesentlichen Funktionen implementiert sind (multimodale Bildaufnahme, Mustererkennung und 3D-Visualisierung). Stand der Technik war bisher ex vivo die sequentielle Punkt-zu-Punkt Abtastung von Gewebeproben durch Ramanspektren, aus deren mathematischer Auswertung ein diagnostisch nutzbares Bild entsteht. Dieser Abtastvorgang nimmt typischerweise eine Stunde Zeit in Anspruch, ist daher für die klinische Anwendung ungeeignet.

Ergebnisse des Vorhabens

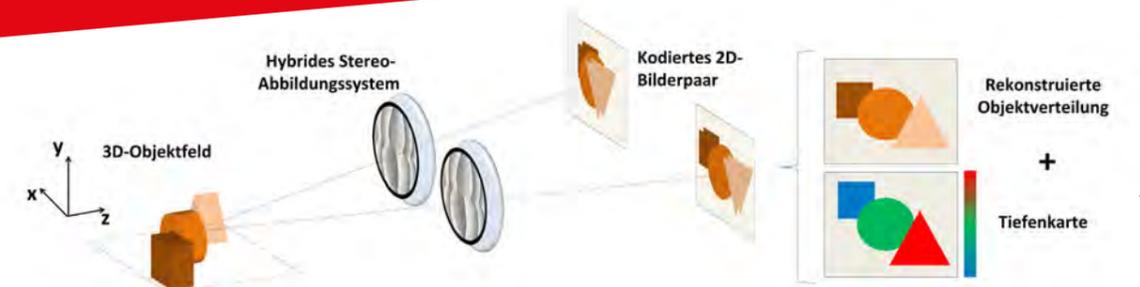
Mit dem Benchmark konnte durch Einsatz bildgebender Spektroskopie und eine Optimierung der Signalkette demonstriert werden, dass die Erfassungs- und Verarbeitungszeit von 1 Stunde auf weniger als 8 Sekunden pro Aufnahme reduziert werden kann. Mit jeder Aufnahme entsteht in diesem Verfahren ein Stapel von mehr als 4000 Bildern unterschiedlicher Wellenlänge (Datenkubus). Mit diesem Ergebnis ist der Einsatz in der klinischen Diagnostik in greifbare Nähe gerückt.

Durchführung am Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Zentrum für Innovationskompetenz innoFSPEC.

Beteiligte Partner



Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam,
Zentrum für Innovationskompetenz
innoFSPEC
Martin Roth (Projektleiter)
Daniel Bodenmüller
Elmar Schmäzlin
Benito Moralejo
Christer Sandin
Thomas Fechner



Quelle: HYDRA

Schematisches Layout eines hybriden Multiapertur-Kamerasystems zur Aufnahme einer 3D-Objektverteilung.

Problembeschreibung

Multiapertur- bzw. Stereokameras sind zur optischen 3D-Sensorik weit verbreitet und bereits großflächig in verschiedensten Anwendung etabliert. Diese Art konventioneller Lösungen bieten eine hohe Flexibilität, weisen jedoch durch den zugrundeliegenden Abgleich von Objektmerkmalen innerhalb verschiedener Teilbilder (Disparitätsmessung) inhärente Limitationen bezüglich einer robusten 3D-Aufnahme auf. Im Bereich von Verdeckungen sowie im unmittelbaren Nahfeld eines Einzelkanals ist eine Tiefenmessung auf Basis des aktuellen Standes der Technik nicht möglich.

Ziel des Vorhabens

Ziel dieses Vorhabens ist es diese Beeinträchtigungen zu überwinden, indem die herkömmliche Disparitätsmessung mit einem monokularen Ansatz zur Tiefenbestimmung auf Basis neuartigen Phasenelemente erweitert und synergetisch ergänzt wird.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde erstmalig ein numerisches Tool zum Design und zur Analyse eines hybriden Mehrkanalsystems erarbeitet und zur theoretischen Evaluierung des vorgeschlagenen Verfahrens angewendet. Auf Basis des Tools konnte ein Demonstrationssystem bestehend aus einer Kombination aus zwei konventionellen Bildsensoren, zwei konventionellen Abbildungsobjektiven und neuartigen, mikrooptischen Phasenelementen zur monokularen 3D-Bildaufnahme konzipiert werden. Ein weiteres wesentliches Ergebnis der durchgeführten Arbeiten stellt die Implementierung einer umfassenden Kalibrierroutine sowie einer

numerisch effizienten Bildnachverarbeitungskette dar. Mithilfe dieser beiden Aspekte konnten aus den beiden aufgenommenen Rohbildern zunächst drei unabhängige Tiefenprofile erstellt werden und schließlich zu einem gesamten 3D Profil vereinigt werden. Schließlich wurde das aus Hardware und Software bestehende Gesamtsystem des Hydra Demonstrators umfangreich getestet. Das System liefert bei einem Arbeitsabstand von etwa 1 m eine laterale Auflösung von 0.4 mm sowie eine Tiefenauflösung um Bereich von 2 mm. Es konnte gezeigt werden, dass das Gesichtsfeld im Nahbereich der 3D-Aufnahme um bis zu 40% gegenüber einer konventionellen Stereokamera erhöht werden kann.



Quelle: HYDRA

Fotos des integrierten Demonstrationssystems der hybriden Mehrkanaloptik mit austauschbaren Phasenelementen.



Beteiligte Partner

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF
M.Sc. René Berlich (Projektleiter)

FREI-D

FREIFORM-PROJEKTIONSSYSTEM MIT EINEM DEFORMIERBAREN ADAPTIVEN SPIEGEL FÜR DIE 3D-SENSORIK



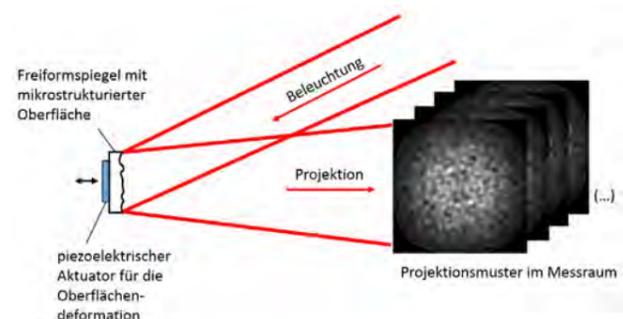
Problembeschreibung

Klassische Projektionssysteme unterliegen einigen Limitierungen. So fehlt eine Musterprojektions-technologie, die für einen großen Bereich des elektromagnetischen Spektralbereichs geeignet ist (UV bis IR), einen geringen optischen Leistungsverlust durch die Optikkomponenten und Mustererzeugung erfährt, sowie mit einer geringen Komplexität des optischen Systems auskommt. Weiterhin sollen Muster über einen großen Schärfentiefe-Bereich mit schnellen Musterprojektionsraten bis in den kHz-Bereich projiziert werden können, damit die 3D-Erfassung von hochdynamischen Prozessen und Baugruppen aus verschiedenen Materialien gelingen kann.

Ziele und Ergebnisse des Vorhabens

Im Vorhaben „Frei-D“ wird ein neues Projektionssystem basierend auf einem deformierbaren aktiven Freiformspiegel entwickelt. Dieser erzeugt ein Projektionsmuster durch die strahlen-optische Umverteilung des Lichtes einer Ausgangsbeleuchtung entsprechend seiner gegebenen Oberflächenform mit Mikrostruktur. Bisherige Arbeiten in der 3D-Messtechnik zeigten ein großes Potenzial, waren jedoch durch die starre Oberfläche der Spiegel hinsichtlich der erzeugbaren Muster limitiert. Wird nun, wie im Projekt geplant, die Freiformoberfläche mit piezoelektrischer Aktorik versehen, führen die gezielten Deformationen der Oberflächenform zu einer aktiven Änderung der Projektionsmuster im Messvolumen. Das hat gegenüber der klassischen Dia-Projektion den Vorteil, dass nun die gesamte Lichtenergie für die schnelle Mustererzeugung verwendet werden

kann, wobei zusätzliche abbildende Optik- und Mechanik-Komponenten entfallen. Für die Simulation der Freiformoberflächen können effiziente numerische Methoden verwendet werden. Durch die Metalloberfläche des Freiformspiegels wird die Musterprojektion über einen breiten Spektralbereich (von UV bis IR) ermöglicht.



Quelle: Fraunhofer IOF / Anika Brahm

Prinzipskizze des Vorhabens: Der aktive Freiformspiegel wird mit einem kollimierten Gaußstrahl beleuchtet und projiziert entsprechend der Oberflächen-deformation verschiedene Projektionsmuster in den Messraum.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF)
-  Institut für Angewandte Physik (IAP)

LichtPro3D

RÄUMLICH VERTEILTE LICHT-PROJEKTIONEN FÜR SCHNELLE UND ROBUSTE 3D-MESSUNGEN



Problembeschreibung

In industriellen Anwendungen stoßen die verwendeten Projektoren bezüglich ihrer maximalen Lichtintensität schnell an ihre Grenzen. Aus der geringen Lichtintensität resultieren verhältnismäßig lange Integrationszeiten zur Bildaufnahme, was zu langen Messzeiten und geringerer Messgenauigkeit führt. Wegen der konstanten Maximalleistung eines Projektors kann auch die maximale Messfläche nur auf Kosten einer geringeren Lichtintensität vergrößert werden. Der gleichzeitige Einsatz mehrerer Projektoren ist im Allgemeinen aus verfahrenstechnischen Gründen nicht möglich und zudem sehr kostenintensiv, so dass eine entsprechende Skalierung der Beleuchtungsstärke nicht praktikabel ist.

Ziel des Vorhabens

Das Vorhaben zielt darauf ab, ein neues aktives 3D-Messverfahren zu entwickeln, das ohne einen auf Zentralprojektion basierenden digitalen Musterprojektor auskommt. Idee des Vorhabens ist es, den zentralen Musterprojektor durch eine Vielzahl einfacher Lichtprojektionen aus verschiedenen Richtungen zu ersetzen. Die einfachen Lichtprojektionen werden dabei in großer Anzahl durch ein LED-Array und ein Linsen-Array erzeugt. Die Zusammensetzung der einzelnen Projektionen ergibt eine spezifische Helligkeitsverteilung im Raum und hinterlässt auf der Messobjektoberfläche ein statistisches Muster, das durch Korrelationsverfahren photogrammetrisch ausgewertet werden kann. Unterschiedliche Muster können ohne zusätzliche mechanische oder optische Bauelemente allein durch das ein- bzw. ausschalten verschiedener LED's in sehr schneller Abfolge erzeugt werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Rahmen der Hardwareentwicklung wurde ein LED-Feld mit 64 separat ansteuerbaren LEDs auf einer Fläche von 200 x 200 mm konstruiert, das mit Hilfe eines Mikrocontrollers programmiert werden kann. Zusätzlich wurden Linsenarrays konstruiert und mit unterschiedlichen Linsen getestet. Zur Verwendung des Linsenarrays wurde eine Rahmenkonstruktion geschaffen, die variablen Abstand zwischen LED-Array und Linsenfeld zulässt. Durch die direkte Projektion der LEDs auf die Messoberfläche entstehen kreisförmige Helligkeitsmuster mit hoher Intensität. Um eine optimale photogrammetrische Auswertung dieser runden Muster zu erzielen wurde als triokulares Bildaufnahmesystem aufgebaut. Da beim angestrebten korrelationsbasierten Berechnungsansatz die Helligkeitsgradienten auf den Epipolarlinien zwischen den einzelnen Kamera-paaren für die Messsicherheit entscheidend sind, sollte die Kombination von drei Kameras in jedem Fall gute Ergebnisse liefern. Die Bildaufnahme der drei Kameras wird über einen Framegrabber synchron gesteuert. Ein Triggersignal ist mit dem dem Mikrocontroller der Beleuchtung verknüpft, so dass mit jedem neu aufgenommenen Bildtripel ein neues Muster projiziert wird. Das Bildaufnahmesystem wurde mit einem markenbasierten 3D-Kalibrierfeld und Hellbeleuchtung (also ohne Linsenarray) kalibriert.

Beteiligte Partner

-  Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)
Fachgebiet Neuro-Informationstechnik (NIT)
Herr Erik Lilienblum (Projektmitarbeiter)
Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi (Projektleiter)

EIM3D

EIGEN-HAPTISCHE MANIPULATION AUSGEDEHNTER 3D-STRUKTUREN IM RAUM



Abb. 1: Lasergeneriertes, selbstleuchtendes 3D-Objekt.



Abb. 1b: Geste zur Bewegung der Laserstruktur.

Problembeschreibung

Die Darstellung von 3D-Objekten und Interaktion mit solchen Strukturen sind ein Grundstein für den Arbeitsplatz der Zukunft. Dabei stellen sowohl die Darstellung ausgedehnter Objekte im freien Raum als auch deren intuitive Manipulation bisherige Technologien vor große Herausforderungen. Bisherige Ansätze verwenden Gestenkommandos für einfache Interaktionsaufgaben, scheitern jedoch an Anforderungen in Bezug auf Genauigkeit und Zuverlässigkeit.

Ziele des Vorhabens

In diesem Projekt sollte ein System entwickelt werden, das selbstleuchtende 3D-Strukturen im Raum mit einer berührungslosen Interaktion kombiniert. Die 3D-Strukturen wurden mittels ultrakurzer Laserpulse generiert, die die Luft im Laserfokus zum Leuchten anregen. Ein wesentlicher Punkt war die Erweiterung um eine feinstufige Interaktion. Die „Eigenhaptik“ sollte die berührungslose Interaktion mit haptischem Feedback verbinden.

Ergebnisse des Vorhabens

Ultrakurze Laserpulse (~200 fs) mit einer Pulsenergie von ~1 mJ werden fokussiert. Die hohe Lichtintensität im Laserfokus führt zu einem Plasma, und die Luft wird zum Leuchten angeregt. Ein schneller Laserscanner bewegt den Fokus, um ausgedehnte Strukturen in einem cm-großen Volumen zu erzeugen (Abbildung 1).

Um den haptischen Kontakt der Finger des Benutzers zu erfassen, war die submillimeter-genaue Erfassung

der 3D Struktur der Finger bei möglichst geringer Latenz notwendig. Hierzu erfolgte die Datenfusion von low-speed 3D-Erfassung und high-speed 2D Tracking für eine deutliche Verkürzung der Latenz des Trackingsystems. Abbildung 1b zeigt beispielhaft eine Geste (Streichen über den Finger der Holzhand), die die Bewegung der Laserstruktur initiiert.

Vewertungsperspektiven

Ein wesentliches Ziel des Teilprojekts war die Darstellung von 3D Strukturen im Raum mittels fs-Laserpulsen. Hierzu wurde ein Ultrakurzpulslaser mit hoher Pulsenergie verwendet, der die Ionisierung von Luft und damit die Erzeugung eines Plasmas erlaubt. Die Projektergebnisse fließen unmittelbar in andere Projekte ein, z. B. die Gasspektroskopie mittels kohärenter Anti-Stokes-Ramanstreuung (CARS). Außerdem ist geplant, die Größe der darstellbaren Strukturen signifikant zu erweitern durch Verwendung eines neuartigen Scheibenlasers mit ca. 50-fach höherer Pulsenergie.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Physik
Abbe Center of Photonics,
Prof. Dr. Stefan Nolte
Dr. Roland Ackermann
Dr. Robert Kammel

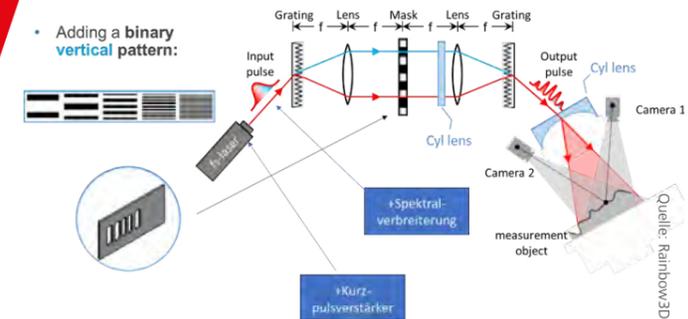


Fraunhofer Heinrich Hertz Institut
Vision & Imaging Technologies
D. Przewozny

Quelle: EIM3D

Rainbow3D

AKTIVES SINGLE-SHOT-3D DURCH SPEKTRALMULTIPLEXING



Schema der Musterprojektionseinheit mit Kurzpulsverstärker und nichtlinearer Spektralverbreiterung.

Problembeschreibung

Mimik oder Gestik sind ein essenzieller Bestandteil menschlicher Kommunikation und menschlichen Handelns. Um die gesamte Bandbreite menschlicher Expressionen technisch nutzbar zu machen, müssen diese Bewegungen in drei Raumdimensionen schnell, genau, umfänglich und kosteneffizient erfasst werden. Sowohl in Raum und Zeit sind dabei mehrere Größenordnungen abzudecken. Zudem müssen auch texturarme Oberflächen (z. B. Haut) erfasst werden können.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Rahmen des Vorhabens wurde eine technologische Lösung entwickelt, die erstmals geeignet ist, alle genannten Herausforderungen gleichzeitig zu bewältigen. Dazu wurde ein neuartiges Spektralmultiplexing-Verfahren in der aktiven Musterprojektion untersucht und demonstriert, bei dem 3D-Informationen nicht mehr aus einer zeitlich gestaffelten Serie unabhängiger Muster rekonstruiert werden, sondern aus einer spektral überlagerten Mustermenge, welche in einem einzelnen Kamerabild aufgezeichnet werden kann.

Es wurde untersucht, wie sich die Bandbreite eines Lasersystems so erhöhen lässt, dass einerseits Spitzenleistungen im Gigawattbereich ermöglicht werden und andererseits das resultierende Spektrum so manipuliert werden kann, dass Spektralbereiche verbleiben, die auf mit einem Infrarot-Hyperspektralarray versehene Detektoren abgestimmt sind. Nach ersten Versuchen mit mikrostrukturierten Normaldispersionsfasern konnten die angestrebten

Parameter mithilfe edelgasgefüllter Kapillarfaser erreicht werden. Mit einem aus einem Beugungsgitter, zwei sphärischen Linsen in 4f-Anordnung, einer Dia-Maske sowie zwei Zylinderlinsen bestehenden optischen System gelang so die Ausleuchtung von 9 Kanälen zweier Hyperspektralkameras mit paarweise verschiedenen aperiodischen Sinus-Mustern.

Die Rekonstruktion einer 3D-Punktwolke kann aus jedem 2D-Bild und daher einerseits mit hoher 3D-Bildrate erfolgen. Andererseits müssen deutlich weniger Daten ausgewertet werden, sodass die Anforderungen an Latenzzeiten, Datenbus sowie Speicher- und Rechenkapazität nachgeschalteter Systeme reduziert sind. Der Verzicht auf Hochgeschwindigkeitskameras senkt zudem die Kosten entsprechender 3D-Sensoren signifikant. Die Entkopplung der zeitlichen Eigenschaften erlaubt darüber hinaus die Nutzung gepulster, ultrakurzzeitiger Beleuchtungsmuster, sodass Belichtungszeiten im Bereich von wenigen hundert Femtosekunden erreichbar sind, und bietet daher das Potenzial, das bisherige Limit für die Messzeit von Musterprojektionssystemen um mehrere Größenordnungen zu unterbieten.

Beteiligte Partner



Fraunhofer IOF

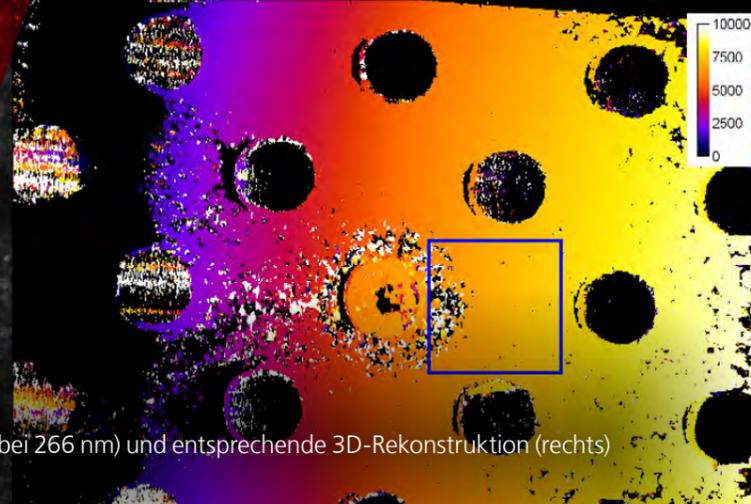


Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Physik

UVLAS

LASERBASIERTE STEREPHOTOGRAMMETRIE ZUR VERMESSUNG IM UV-BEREICH

Aufnahme einer Freiformedelstahlfläche (links) im UV (bei 266 nm) und entsprechende 3D-Rekonstruktion (rechts) (Farbskala in μm).



Quelle: UVLAS

Problembeschreibung

Die 3D-Vermessung von Objektoberflächen mit optischen Messsystemen ist maßgeblich nicht nur von der Form, sondern auch von den Materialeigenschaften des Objektes abhängig. Je nachdem, ob das Objekt transparent, streuend oder reflektierend wirkt, muss ein anderes Verfahren gewählt werden. Viele industrielle Produkte bestehen allerdings aus verschiedenen Komponenten mit unterschiedlichen Eigenschaften oder sind so geformt, dass herkömmliche 3D-Messverfahren nicht mehr mit der erforderlichen Genauigkeit arbeiten.

Ziele des Vorhabens

Die Zielstellung dieses Vorhabens war es, die bisher nur im sichtbaren Bereich des Lichtes eingesetzte 3D-Messmethode der auf Speckles basierenden Stereophotogrammetrie in den UV-Bereich zu übertragen und ihre Möglichkeiten für die dreidimensionale Vermessung entsprechender Objekte zu testen. Dabei sollte ausgenutzt werden, dass die im für das menschliche Auge sichtbaren Spektralbereich (VIS) reflektierenden Oberflächen im ultravioletten Bereich (UV) streuend wirken. Die bereits im VIS streuenden Oberflächenbereiche bleiben auch im UV streuend. So können Mess- und Auswertverfahren verwendet werden, die bereits eingesetzt werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Das 3D-Messprinzip und das Kalibrierungskonzept wurden erfolgreich vom VIS in den UV-Bereich übertragen. Es konnte gezeigt werden, dass sich

Oberflächen aus (poliertem) Edelstahl durch die Speckle-basierte Stereophotogrammetrie genauer im UV vermessen lassen als im VIS. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass auch von im VIS transparenten Objekten (Glas), die durch Stereophotogrammetrie im VIS nicht vermessen werden können, im UV 3D-Rekonstruktionen angefertigt werden konnten. Es war so möglich, auch Objekte aus verschiedenen Materialien mit demselben Aufbau zu vermessen.

Die erfolgreiche Durchführung des Vorhabens bietet die Möglichkeit, leistungsfähige optische 3D-Sensoren auf der Basis von UV-Beleuchtungen zu entwickeln, wobei diese Entwicklung auf keinen Fall auf kohärente Beleuchtungsquellen beschränkt sein muss. Diese können prinzipbedingt verschiedene Oberflächen untersuchen, die im VIS schwer oder gar nicht vermessbar sind. Auch können jetzt komplexe, also aus verschiedenen Materialkomponenten zusammengesetzte, Objekte mit einem einzigen Messsystem erfasst werden.

Ein Nachfolgeprojekt („UVLAS2“) über die IGF/AiF, als Teil der Forschungsgemeinschaft F.O.M., wird vorbereitet.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Optik und Biophysik
Prof. Dr. Richard Kowarschik (Projektleiter)
M. Sc. Eugene Wong
M. Sc. Andreas Stark



Fraunhofer Institut für Angewandte
Optik und Feinmechanik



Mahr GmbH

1 Moment

INTERAKTIVE HYGIENESTATION

Schematische Darstellung des Kommunikations-Konzeptes. Der Demonstrator reagiert mit abstandsabhängigem Lichtmuster auf sich nähernde Personen. Dies soll Aufmerksamkeit erregen, Interaktion ermöglichen und m.H. einer intuitiv zu verstehenden Ampelfunktion das Verhalten positiv beeinflussen.

Problembeschreibung

Die Verschleppung von Infektionserregern in öffentlichen Einrichtungen (z.B. Krankenhäusern) stellt ein zunehmendes Sicherheitsproblem dar und führt zu enormen gesamtwirtschaftlichen Kosten. Die effektivste Präventionsmaßnahme – eine einfache Händedesinfektion – wird trotz der örtlichen Bemühungen vor allem von Besuchern oft nicht genutzt und bleibt so weitestgehend unwirksam. Die bestehenden technischen Systeme sind unzureichend, da sie die Notwendigkeit einer Desinfektion dem ungeschulten Besucher nicht genügen kommunizieren und daher meist einfach übergangen werden.

Experimentelle, kameragestützte Lösungsansätze zur Erfassung und Interaktion mit den betreffenden Personen offenbaren in diesem Einsatzumfeld hingegen einige Probleme hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit. So stellen die vorher unbekannt, stark heterogenen Umgebungsbedingungen mit einer Vielzahl an Besuchern, wechselnden bzw. sehr hellen/dunklen Lichtverhältnissen, Reflexionen, Schattenwürfen und Änderungen im Bildhintergrund eine große Herausforderung für die Erkennung von Menschen dar. Zudem kann die Systemreaktion (z.B. Beleuchtung der Umgebung) das Erkennungssystem negativ beeinflussen und zu einer ungünstigen regelungstechnischen Rückkopplung führen.

Ziele des Vorhabens

Das Vorhaben verfolgt zwei wesentliche Ziele. Einerseits soll ein Demonstrator zur Händedesinfektion mit einem besseren und modernen Kommunika-

tions-Design entwickelt werden. Ziel ist es, Personen mit Hilfe einer Kamera zu detektieren und mit diesen abstandsabhängig visuell zu kommunizieren. So soll eine natürliche und ungezwungene Mensch-Maschine-Interaktion und eine deutliche Verbesserung im Hygieneverhalten erreicht werden. Das zweite Arbeitsziel konzentriert sich auf Probleme der Personenerkennung unter heterogenen und schwierigen Einsatzbedingungen. Hierbei soll insbesondere die Detektion bei schlechten Lichtverhältnissen und der Aspekt der Systemrückkopplung verbessert bzw. gelöst werden. Da Qualität bzw. die Messergebnisse des Erkennungssystems direkt für den Anwender erkennbar sind (aufgrund der abstandsabhängigen Reaktion), wird eine hohe Stabilität und Zuverlässigkeit angestrebt.

Ergebnisse des Vorhabens

Für das erste Arbeitsziel wurde bisher ein Kommunikationskonzept entworfen, welches verschiedene Muster von Lichtsignalen zur visuellen Rückmeldung verwendet. Um das Vorhaben technisch möglichst einfach zu halten, wurden weiterhin die relevanten verfügbaren Hardware-Standardkomponenten evaluiert und ausgewählt.

Beteiligte Partner



Bauhaus-Universität Weimar
Professur Bild-Text-Konzeption
Prof. Burkhard von Scheven
Dr. Christian Sohr (Projektverantwortlicher Mitarbeiter)

HOLOsurf

VISUELLE 3D OBERFLÄCHENERSCHEINUNGEN MITTELS MIKRO- UND NANOSTRUKTURIERTER SCHICHTSYSTEME

Elektronenmikroskopische Aufnahme von Silizium-Nanodiscs mit winkelabhängigem Farbeindruck für die Realisierung von effektiven dreidimensionalen Oberflächenanmutungen.

Problembeschreibung

Oberflächeneigenschaften von Maschinen werden durch vielfältige Anforderungen definiert. Dabei müssen häufig Kompromisse zwischen gegensätzlichen Anforderungen gefunden werden, wobei visuelle und haptische Eigenschaften, die sich an den Bedürfnissen des Maschinennutzers orientieren, meist gegenüber technisch-funktionellen Anforderungen in den Hintergrund treten. Neben Maschinenoberflächen treten auch für Einrichtungsgegenstände oder ganze Räume (Wände und Fußböden) in hochtechnisierten Umgebungen ähnliche Widersprüche auf. Die Auswahl an verwendbaren Oberflächenmaterialien ist auch dort durch die aus dem Anwendungskontext definierten funktionellen Gesichtspunkte vorgegeben. Beispielsweise können in Produktionsumgebungen nur einfach zu reinigende glatte Oberflächen oder in medizinischen Einrichtungen nur glatte, desinfizierbare Flächen verwendet werden. So wirken Industriemaschinen für Menschen als unnatürliche Umgebung und reduzieren das Wohlbefinden und die Produktivität. Ebenso hinterlassen medizinisch qualifizierte Oberflächen von Geräten und Einrichtungsgegenständen oftmals einen negativen Gesamteindruck in Krankenhäusern und Arztpraxen, welcher sich negativ auf das Wohlbefinden und den Heilungsverlauf von Patienten auswirken kann.

Multifunktionale Oberflächen auf der Basis neuer Materialien und Technologien bieten hier einen vielversprechenden Lösungsansatz. Durch die Trennung des visuellen Oberflächeneindrucks von der tatsächlichen Textur der Oberfläche kann sowohl den funktionalen Anforderungen der Einsatzumgebung

als auch den psychologischen Randbedingungen der Nutzer Rechnung getragen werden. Bisher ist dies nur sehr unvollkommen z. B. durch Farbgebung oder gedruckte Motive möglich. Durch Nanomaterialien können darüber hinaus dreidimensionale Oberflächeneindrücke hervorgerufen werden, die einen wesentlich realeren Oberflächeneindruck natürlicher und damit angenehmerer Materialoberflächen ermöglichen.

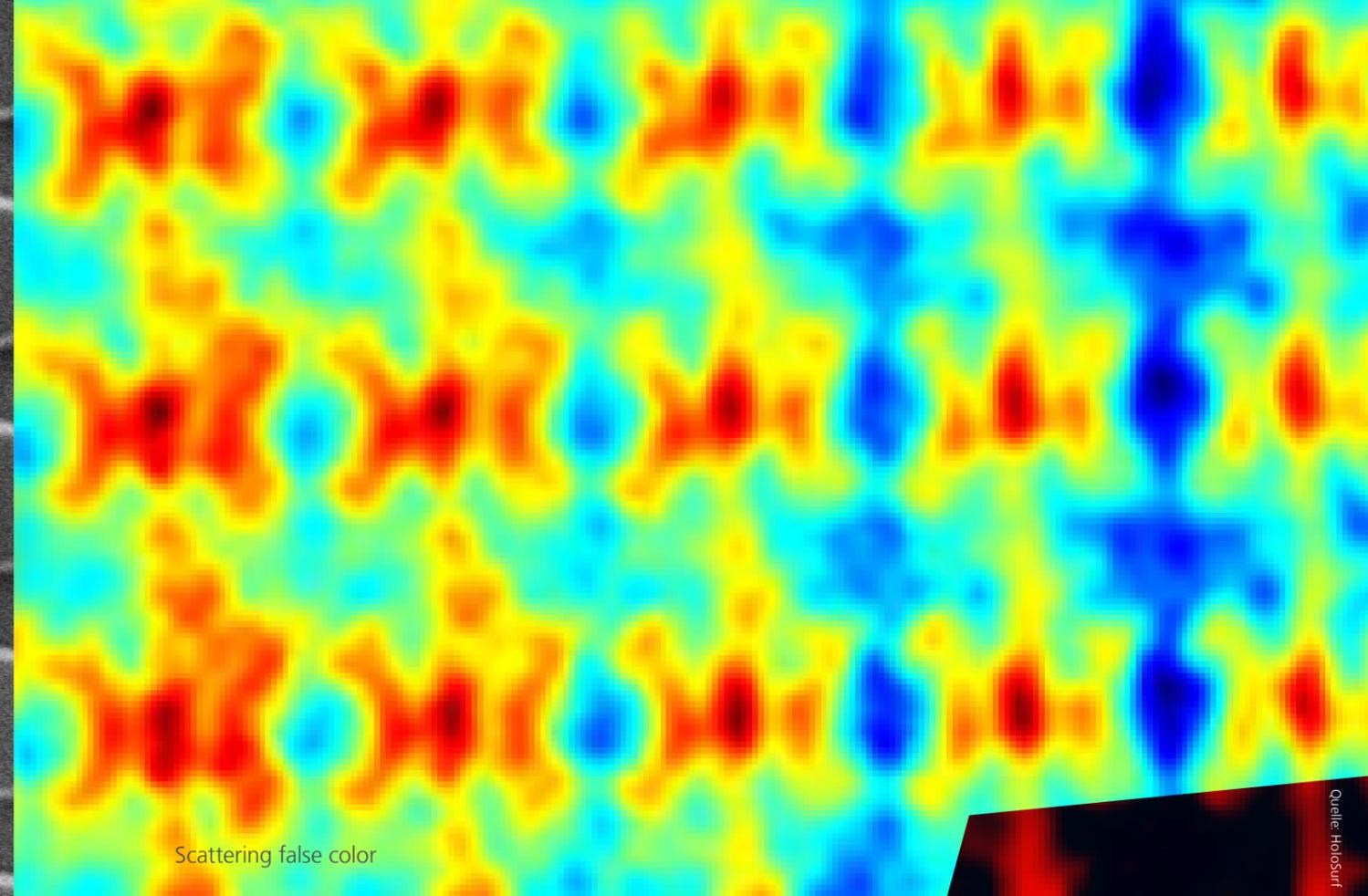
Ziele des Vorhabens

Die experimentelle Realisierung nanostrukturierter Oberflächen mit steuerbarem visuellem Eindruck der Oberflächenstruktur steht im Fokus der Arbeiten im Projekt HOLOsurf. Es sollen für den Menschen ansprechende visuelle Eindrücke bei gleichzeitig geometrisch glatter Oberflächenstruktur erreicht werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Die dabei untersuchten Lösungsansätze beruhen einerseits auf dreidimensionalen Hologrammen. Dabei werden oberflächennahe Strukturen mit kleinem Aspektverhältnis dreidimensional dargestellt, was die für die Verwendung in Anwendungsumgebungen notwendige Unabhängigkeit des visuellen Eindrucks von Betrachtungswinkel und spezifischer Beleuchtung ermöglicht. Andererseits werden blickrichtungsabhängige Farb- und Helligkeitseindrücke untersucht, um damit einen effektiven dreidimensionalen Eindruck zu erzielen. Beide im Projekt HOLOsurf untersuchten Lösungsansätze beruhen auf nanostrukturierten Oberflächen, die aufgrund ihrer

Quelle: HoloSurf



Scattering false color

Quelle: HoloSurf

großen Parametervielfalt ausreichende Freiheitsgrade für die Realisierung einer Vielzahl optischer Eindrücke bieten.

Bisherige realisierte Ergebnisse umfassen die Realisierung von makroskopischen Oberflächeneindrücken auf der Basis des Moiré-Magnifier-Prinzips. Dabei werden Schwebungseffekte von in mehreren Lagen angeordneten periodischen Nanostrukturen ausgenutzt, um aus mikroskopischen Strukturvariationen makroskopische optische Eindrücke zu erzielen. Weiterhin wurden auf nanostrukturierten transparenten dielektrischen Oberflächen beruhende Farbeffekte realisiert, die eine steuerbare Richtungsabhängigkeit aufweisen, was ebenfalls zur Realisierung von dreidimensionalen Oberflächeneffekten eingesetzt werden kann.

Beteiligte Partner



Institut für Angewandte Physik,
Abbe Center of Photonics,
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Prof. Dr. Thomas Pertsch (Projektleiter)

EndoS3D

ENDOSKOPISCHE, SPECKLE-BASIERTE 3D-VERMESSUNG

Abb. 1: Bild des Messobjektes (Büste, Höhe 5 cm) (links), Messaufnahme unter Speckle-Beleuchtung (Mitte) und Bild der Höhenverteilung aus der 3D-Rekonstruktion (rechts, Farbskala in Mikrometern).

Problembeschreibung

Systeme zur 3D-Messung finden in immer mehr Applikationsfeldern Anwendung. Insbesondere der industrielle Einsatz von berührungslosen, schnellen und präzisen optischen 3D-Messsystemen zeigt sich in ihrer weiten Verbreitung und Häufigkeit z.B. in der Produktkontrolle, beim Maschinensehen oder bei Pick-and-Place-Anwendungen. Oftmals sind die zu vermessenden Objekte jedoch nur schlecht oder schwer zugänglich, befinden sich in Innenräumen von Industriegütern, sind mitten in einem Gerät verbaut oder sind anderweitig nicht ohne Umbaumaßnahmen zugänglich. Gegenwärtig sind die meisten 3D-Messsysteme von ihrer Baugröße her nicht geeignet, auch diese Objekte direkt vermessen zu können.

Ziele des Vorhabens

Das Ziel dieses Projekts war deshalb die Entwicklung eines endoskopischen 3D-Messsystems, das mit einem Messkopfdurchmesser von etwa 2,5 cm an eben diesen schwer zugänglichen Orten eingesetzt werden kann (Abb. 2). Die Wiederholbarkeit und die Beibehaltung der Positionen von Kamera und Projektionszentren zueinander sind die Grundvoraussetzungen für die Verwendung eines im Projekt „geMAAP3D“ erstellten Kamerakalibrierungskonzeptes, durch das das von einem Ein-Kamerasystem beobachtete Messvolumen kalibriert werden kann. Diese neuartige Technik sollte im Rahmen dieses Projektes miniaturisiert und für die Anwendung mit einer Miniaturkamera nutzbar gemacht werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Ein Vergleich der Zielparameter mit den erreichten Werten ist in folgender Tabelle zusammengefasst:

| Parameter | Zielvorgabe | Zustand zum Abschluss des Projektes | Ziel erreicht?/ Begründung |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| Auflösung | VGA | VGA | erreicht |
| Messzeit | < 5 s | 4,8 s | erreicht |
| Messvolumen | 10 x 10 x 5 cm ³ | 10 x 10 x 5 cm ³ | erreicht |
| Arbeitsabstand | ~ 50 cm | 90 cm | Aufgrund der Erfahrungen aus geMAAP3D_2 angepasst |
| Messgenauigkeit/ Höhenauflösung | ~ 100 µm | Millimeterbereich | Nicht erreicht wegen ungeeigneter Strukturgröße und Arbeitsabstand |

Tabelle: Vergleich der avisierten Zielparameter mit den im Projekt erreichten Werten.

Der komplette Laboraufbau wurde abschließend an einem Freiformobjekt, einer Miniaturbüste des Dichters Johann Wolfgang von Goethe, getestet (Abb. 1) und damit die Verwendbarkeit Systems prinzipiell nachgewiesen. Ein Nachfolgeprojekt („NanoSpeck3D“), das auf diesen Ergebnissen beruht, über die IGF/AiF, als Teil der Forschungsgemeinschaft F.O.M., ist in Vorbereitung.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena
Institut für Angewandte Optik und Biophysik
Prof. Dr. Richard Kowarschik (Projektleiter)
M. Sc. Eugene Wong
M. Sc. Andreas Stark



Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik
Dr. Christian Bräuer-Burchardt
Dr. Stefan Heist

Abb. 2: Messkopf des Labordemonstrators. Fasern, Gehäuse, Kamera und Streuscheibe sind verbunden und funktionsfähig.

SS3D++

SINGLE SENSOR 3D++

Nutzung der Bewegungsunschärfe zur 3D Rekonstruktion

Problembeschreibung

Die 3D-Erfassung von realen Objekten wird üblicherweise entweder anhand von spezialisierten Geräten wie Laser-Scannern oder Structured-Light-Systemen oder mit kalibrierten Mehrkamerasystemen durchgeführt. Solche Systeme sind meist sehr komplex und teuer oder liefern geringe Qualität mit niedriger räumlicher Auflösung. Darüber hinaus haben selbst diese Verfahren Probleme bei Objekten mit sehr komplexen Form- und Oberflächeneigenschaften. Bezüglich der Form bezieht sich dies z.B. auf dynamische Objekte oder Objekte mit scharfen Kanten bzw. Verdeckungen, bezüglich der Oberflächeneigenschaften unter anderem auf stark reflektierende Objekte mit homogenen Oberflächen. Scanner-basierte Systeme bzw. Kamera-basierte Verfahren, die lediglich auf photogrammetrischen Korrespondenzen zwischen den Kamerabildern beruhen, sind zur Erfassung dieser Objekte nur bedingt geeignet.

Ziele des Vorhabens

Die Projekte SS3D und SS3D++ adressierten genau die oben genannten Probleme. Ziel ist die Entwicklung von Algorithmen zur detaillierten Textur- und Geometrieerfassung mit einem einzigen monokularen Sensor. Dabei sollten vor allem komplexe Objekte durch intelligente model-und/oder KI-basierte Algorithmen adressiert werden.

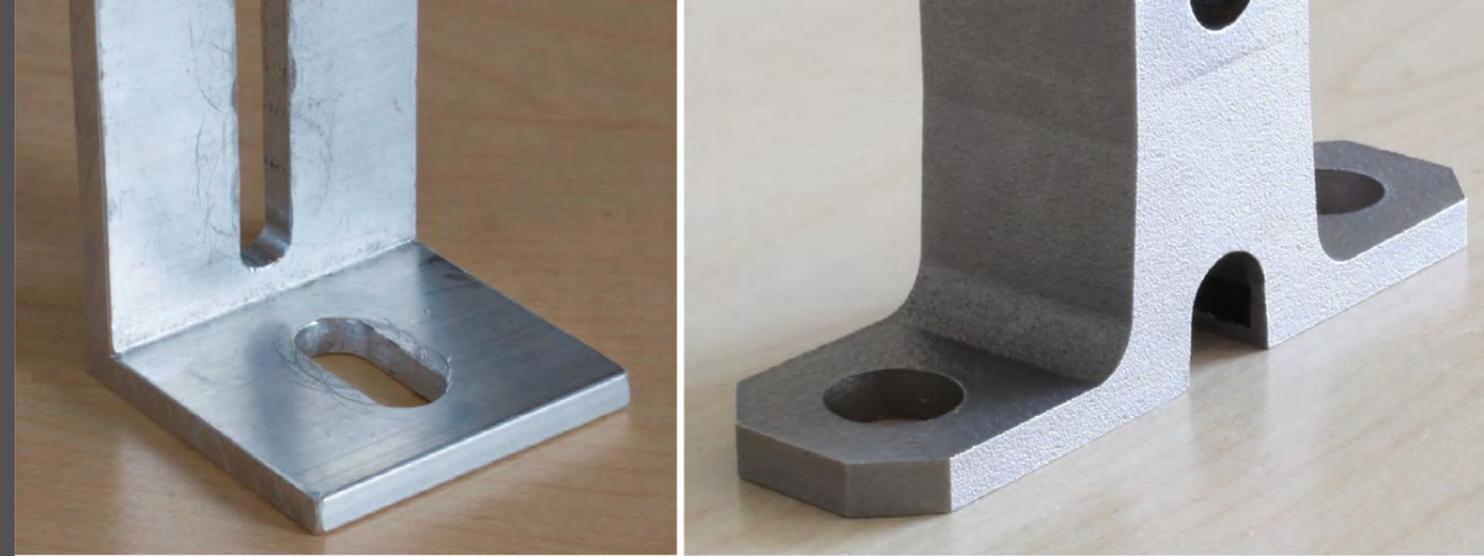
Ergebnisse des Vorhabens

In SS3D wurden übliche Structure-from-Motion Ansätze erweitert, indem explizit Faktoren wie Be-

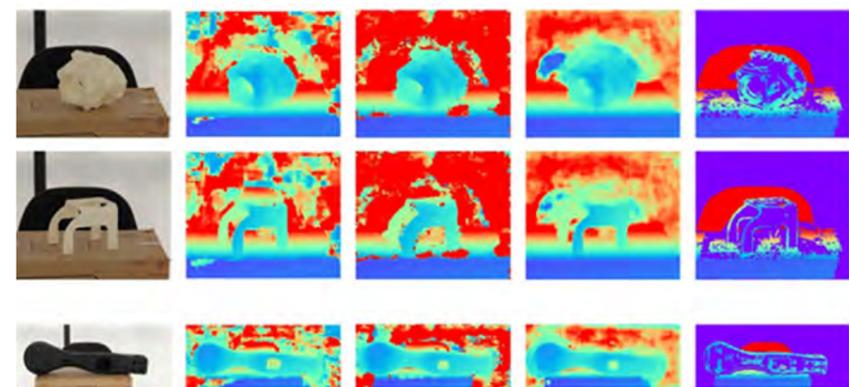
wegungsunschärfe und Beleuchtungsänderung zusätzlich zur photogrammetrischen Korrespondenz als Informationsträger modelliert wurden. Dadurch konnte die Rekonstruktionsqualität erheblich verbessert werden. In SS3D++ wurden Verfahren speziell für industrielle Objekte mit komplexen Eigenschaften untersucht. Dabei wurden insbesondere neuronale Netzarchitekturen zur 3D Erfassung strukturloser Objekte untersucht, sowie Deep Learning basierte Ansätze zur 3D Lageerkennung und Verfolgung von Objekten mit bekannter Geometrie entwickelt. Die entwickelten Verfahren sind Voraussetzung für die Umsetzung zahlreicher Anwendungen, bei denen komplexe Objekte mobil und in Echtzeit erfasst werden müssen, zum Beispiel in AR Assistenzsystemen für Industrie4.0 oder im Bauwesen. Insbesondere im Bereich Cyber Physical Systems ist eine schnelle Erfassung von Objekten von enormer Bedeutung z.B. für robotische Pick-and-Place Anwendungen, aber auch im Bereich Medizin, z.B. zur Echtzeiterfassung von Operationsbesteck in der Workflow Analyse. Ein weiteres Anwendungsgebiet für die Technologie ist die Nutzung im Bereich Multimedia Speziell für VR ist die einfache Generierung von 3D Modellen zur Interaktion eine wesentliche Voraussetzung für die Erzeugung virtueller Umgebungen mit realen Inhalten.

Beteiligte Partner

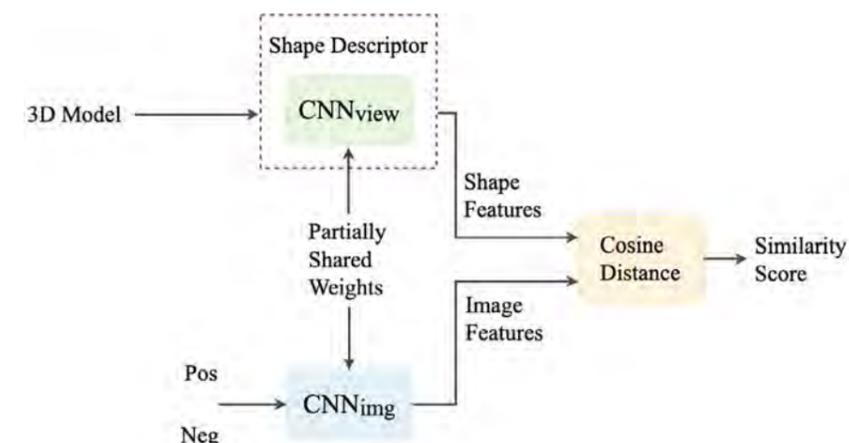
 Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)
Dr. Anna Hilsmann



Beispiele für Objekte mit herausfordernden Eigenschaften für die 3D Form- und Lageerkennung



Ergebnisse verschiedener CNN Architekturen zur 3D Erfassung strukturloser Objekte im Vergleich zu einem photometrischen Ansatz (rechts)



Netzwerkarchitektur zur Berechnung eines 2D/3D Ähnlichkeitsmaß

3DGhost

PLENOPTISCHES 3D MESSSYSTEM
AUF DER BASIS KORRELIERTER
LICHTSTRAHLEN



Problembeschreibung

Ziel des Projekts 3DGhost ist die Entwicklung eines 3D-Messsystems, welches die Technik des Ghost Imaging mit plenoptischer Bildgebung kombiniert. Ghost Imaging beruht, vergleichbar mit den meisten 3D-Triangulationsmessverfahren, auf der Nutzung von Lichtstrahlen mit räumlichen und zeitlichen Intensitätsfluktuationen. Durch Analyse dieser Fluktuationen des Lichts vor dem Objekt mit einer Kamera und Messung der Reflektion des Lichts vom Objekt mit einem integrierenden Einzeldetektor kann durch Korrelation der beiden Messungen ein 2D-Bild des Objekts gemessen werden, obwohl dieses nur mit einem Einzeldetektor beobachtet wird.

Ergebnisse des Vorhabens

Die Verwendung von zwei Kameras für Fluktuationsanalyse und Objektbeobachtung erlaubt nun, unter Beibehaltung der prinzipiellen Geometrie des Ghost Imaging, die Vermessung von zwei unabhängigen Eigenschaften des vermessenen Objekts. In 3DGhost wird ein System entwickelt, welches die zweidimensionale Intensitätsverteilung des einfallenden Lichts und das Winkelspektrum des vom Objekt reflektierten Lichts simultan vermisst. Mittels Korrelation zwischen den Messdaten beider Detektoren kann dann die plenoptische Funktion des vom Objekt kommenden Lichts bestimmt werden, aus der die 3D-Geometrie berechnet werden kann. Dieser Ansatz soll im Projekt 3DGhost experimentell umgesetzt und evaluiert werden.

Der dafür entwickelte und implementierte Messaufbau ist schematisch in Abb. 1 dargestellt. Die fluktuierenden Lichtverteilungen werden durch eine rotierende Streuscheibe realisiert, ein nachfolgender Strahlteiler erzeugt dann zwei miteinander korrelierte Kopien des räumlich und zeitlich fluktuierenden Lichtfeldes. Diese werden durch zwei CCD-Kameras synchron charakterisiert, so dass eine der Kameras nur den Ausgangslichtstrahl analysiert, während die andere das vom Objekt reflektierte Licht aufnimmt. Durch geeignete Linsen in den verschiedenen Strahlengängen kann sichergestellt werden, dass jeweils simultan die räumliche Lichtverteilung und das Winkelspektrum detektiert werden. Zur Messung eines Bildes werden dann viele Einzelmessungen mit jeweils zufällig geänderter Ausgangslichtverteilung durchgeführt, aus denen numerisch das Bild des vermessenen Objekts extrahiert wird. Dabei wurden zunächst zweidimensionale Objekte vermessen, um die Funktionsfähigkeit des Aufbaus nachzuweisen sowie geeignete numerische Auswertalgorithmen zu implementieren. Im Zuge dieser Arbeiten wurde ein im Hinblick auf die notwendigen Computerressourcen und die erreichbare Bildqualität optimaler Algorithmus identifiziert und realisiert. Ein Beispiel für ein zweidimensionales Bild eines Auflösungstests ist in Abb. 2 gezeigt. Im weiteren Projektverlauf soll die Vermessung der plenoptischen Funktion sowie deren Auswertung zur Realisierung von 3D Bildern experimentell demonstriert werden.

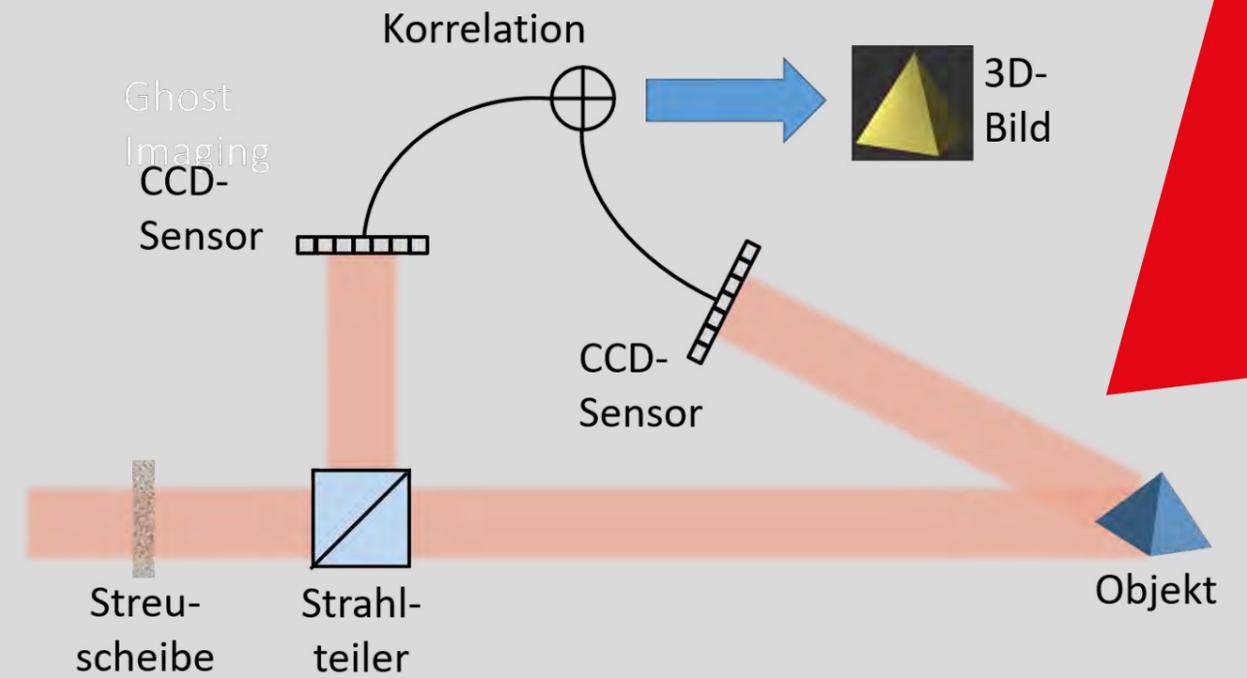


Abb 1: Schematische Darstellung des für plenoptisches Ghost Imaging notwendigen experimentellen Aufbaus.

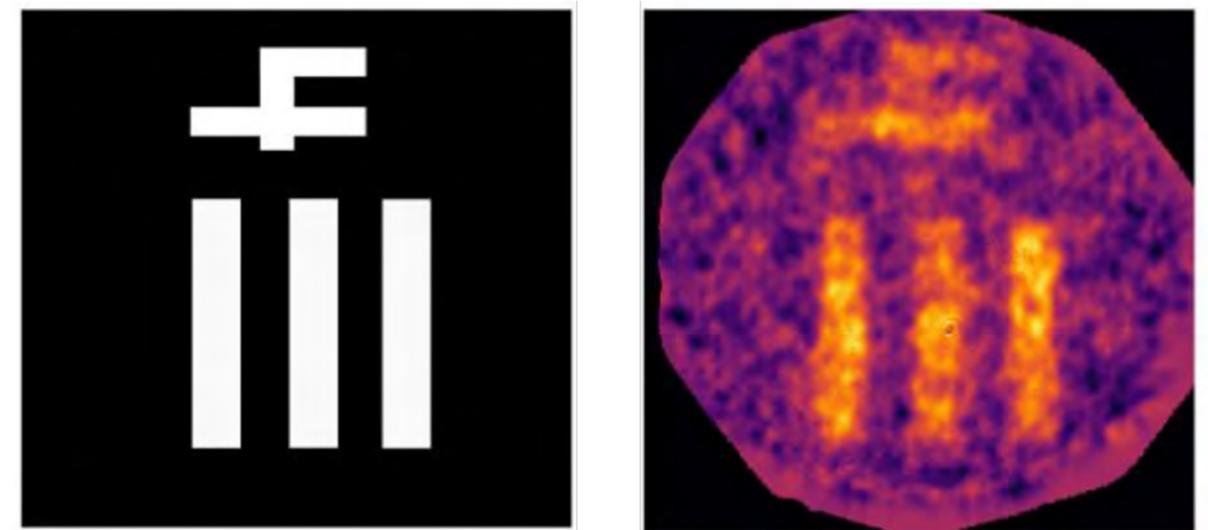


Abb. 2: (links) Binäre Maskenstruktur und (rechts) gemessenes Bild eines Testtargets.

Beteiligte Partner



Institut für Angewandte Physik
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Frank Setzpfandt

TaktilFeedback3D

TAKTILES FEEDBACK FÜR DIE BERÜHRUNGSLOSE GESTENINTERAKTION

Evaluation des Vortexgenerators im Kontext des automatisierten Fahrens im Fahrsimulator

Problembeschreibung

Die Gestensteuerung vereint die Vorteile einer schnellen Verwendbarkeit, ohne die Einbindung zusätzlicher Geräte, mit denen der natürlichen Interaktion, welche als sehr intuitiv und gering kognitiv belastend definiert wird. Nachteilig ist allerdings, dass keine taktile Rückmeldung erfolgt, wie diese bei der natürlichen Mensch-Umwelt-Interaktion aber auch bei klassischen Eingabeformen der Mensch-Technik-Interaktion vorhanden ist und erwartet wird. Das Fehlen dieses haptischen Feedbacks kann zu Missempfindungen bis hin zu ineffizienten und fehlerbehafteten Interaktionen führen.

Ziele des Vorhabens

Um ein taktiler Feedback bei der Gesteninteraktion zu ermöglichen, wird ein sogenannter Vortex-Generator entwickelt, der mittels Luftwirbel zielgenau ein taktiler Feedback auf der Hand erzeugt. Es können verschieden gestaltete taktile Rückmeldungen (beispielsweise Intensität, Frequenz) realisiert und, in Abhängigkeit der Eingabe des Nutzers, für die Gestaltung von Interaktionsstrategien genutzt werden.

Als Ergebnis soll eine anwendungsfähige Technologie eines Vortex-Generators für die Fahrer-Fahrzeuginteraktion sowie die Mensch-Roboter-Interaktion entstehen. Die Zielerreichung soll in entsprechenden Anwendungsfällen der beiden Gebiete evaluiert werden.

Ergebnisse des Vorhabens

In einem iterativen Gestaltungsprozess wurden verschiedene Gehäusekonzepte für den Generator mittels 3D-Druck hergestellt, um die Forschungsziele Miniaturisierung und gesteigerte Feedbackintensität zu erreichen. Das finale Design bietet eine Aufnahmemöglichkeit für sechs Breitbandlautsprecher, die durch den ein Luftvolumen von 122 cm³ verdrängen können. Weiterhin wurden 15 verschiedene Düsensdesigns getestet, um für die beiden Anwendungsfälle optimierte Vortexringe zu erzeugen und die Parameter für ein komplexes Feedbackdesign zu untersuchen. Neben dem Generator wurde ein Antriebskonzept zur präzisen Auslenkung konzipiert und umgesetzt. Über zwei Servomotoren kann eine per optischem Tracking erfasste Hand zielgenau mit verschiedenen Feedbackmustern anvisiert werden. Für den Anwendungsfall Fahrer-Fahrzeuginteraktion wurden die technischen Zielstellungen im Rahmen einer Fahrsimulatorstudie evaluiert. Hierbei wurde im Kontext des automatisierten Fahrens die Übernahmeaufforderung bei Systemgrenzen mittels des Vortex-Generators untersucht und mit anderen Feedbackmodalitäten verglichen.

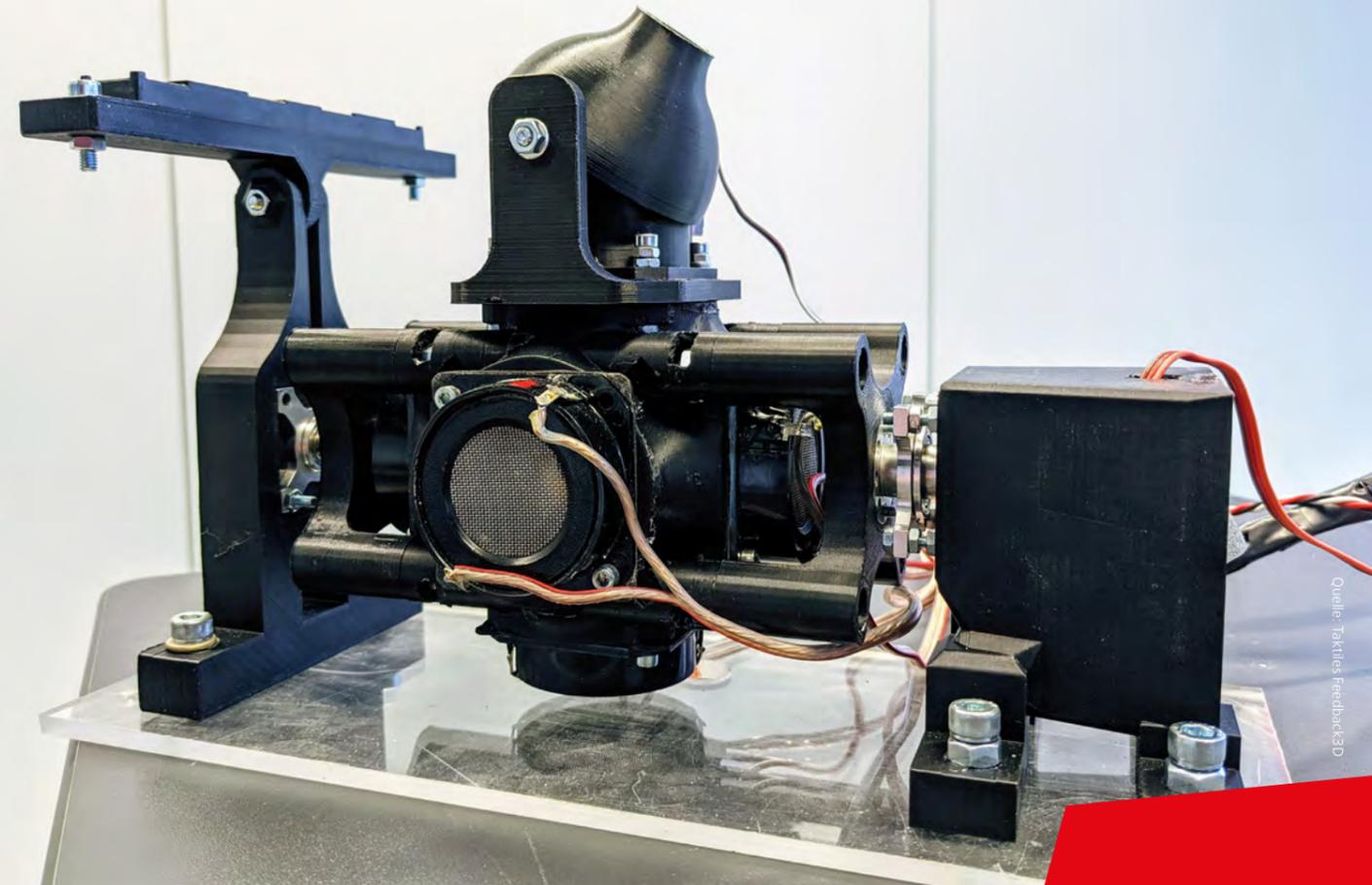
Beteiligte Partner



Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, Technische Universität Chemnitz

Prof. Dr. Angelika Bullinger-Hoffmann (Projektleiterin)
M.Sc. Philipp Hein

Quelle: TaktilFeedback3D



Vortexgenerator, Sensor- und Ansteuereinheit in waagrechtem Aufbau



Explosionsdarstellung des Vortexgenerators, der Sensor und -Ansteuereinheit in senkrechter Konfiguration

Quelle: TaktilFeedback3D

3Dim-Hapt

3D IMAGE TO HAPTIC DEVICE

Evaluation des Vortexgenerators im Kontext des automatisierten Fahrens im Fahrsimulator

Problembeschreibung

Manche Zahlen sagen mehr als Worte: laut Deutscher Gesetzlicher Unfallversicherung e.V. kam es im Jahr 2019 zu mehr als 36.000 Arbeitsunfällen mit Flurförderfahrzeugen, davon waren 12 tödlich. Im Mittel wären das ca. 150 Unfälle pro Arbeitstag, viele davon mit langwierigen und schmerzlichen Leidenswegen für die Betroffenen. Der enorme wirtschaftliche Schaden verblasst vor diesem Hintergrund, steht aber natürlich dennoch im Raum.

Dabei ist häufig nicht mangelnde Aufmerksamkeit das Problem, sondern eben das genaue Gegenteil – die Fokussierung der Beteiligten auf ihre ganz spezielle Aufgabe. Optische und akustische Warnsignale werden dabei häufig schlicht ausgeblendet, vor allem, wenn die Umgebung ohnehin reizüberflutet ist.

Ziele des Vorhabens

Die haptische Wahrnehmung kann eine deutliche Verbesserung bringen. Evolutionär bedingt reagiert ein Mensch sehr sensibel auf unerwartete Berührungen, er nimmt sie intuitiv und unterbewusst zuallererst als vermeintlichen Angriff wahr und wird sich der Gefahr zuwenden. Ein Reiz, der sich kaum bzw. nur durch bewusstes Reagieren unterdrücken lässt. Werden also haptisch Informationen als Warnsignal verwendet, diese auch noch mit Richtungsinformationen versehen, dann ist per se eine deutlich bessere Warnleistung erreichbar.

Um eine Adaption zu vermeiden, müssen natürlich auch hier Reizüberflutungen vermieden werden. Ziel des Projektes ist es entsprechend ebenfalls, über eine Kombination von optischer und radar-technischer Umwelterkennung nur die Situationen herauszufiltern, die tatsächlich eine Gefährdung für den Menschen darstellen und diese über vibrotaktile Aktorik richtungsorientiert auszugeben.

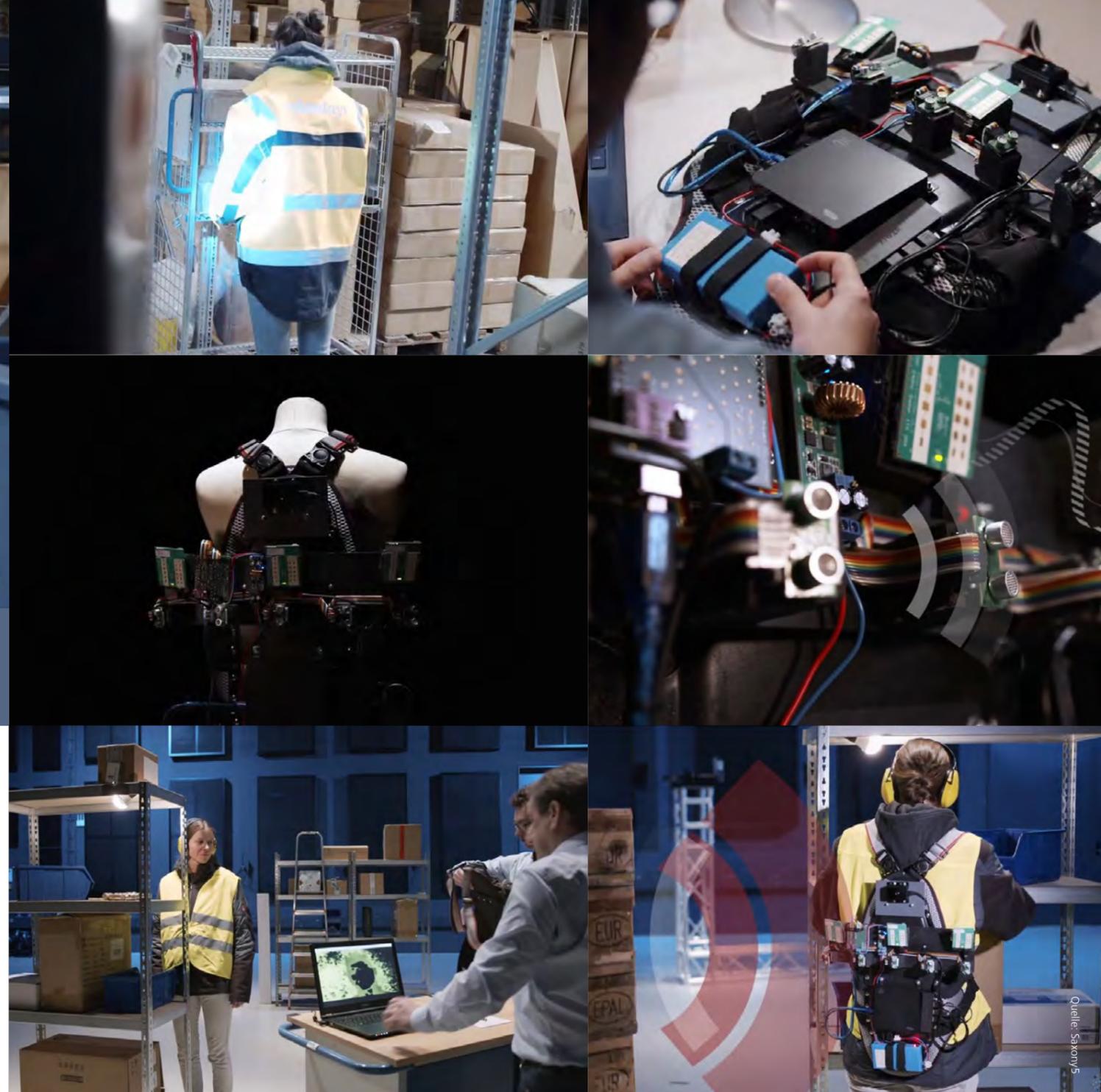
Ergebnisse des Vorhabens

Im Projekt wurden insbesondere die Kombination aus Radar- und Time-of-Flight-Sensoren als erfolgsversprechend bewertet. Die Sensoren reagieren prinzipbedingt unterschiedlich auf verschiedene Materialien, z.B. transparente oder isolierende Werkstoffe, und ergänzen sich damit auf sehr gute Weise. Die Datenauswertung läuft also auf eine intelligente Datenfusion, um die Objekterkennung möglichst sicher zu gestalten.

Der Projektansatz eröffnet, neben dem Einsatz in der Intralogistik ein immenses Anwendungsfeld, egal ob im Güter- und öffentlichen Verkehrsraum, in der Arbeitssicherheit, z.B. in Roboterumgebungen, bis hin zu Consumer-Applikationen, z.B. im Sportbereich.

Für den Technologietransfer wurde ein erstes ZIM-Projekt eingereicht, in welchem mit fünf Industrie- und einem Forschungspartner die Ergebnisse in eine Produktlinie im Bereich Intralogistik überführt werden soll. Zwei Promotionsarbeiten werden die Arbeiten forschungsseitig begleiten, weitere Transferleistungen auch in weiteren Anwendungsgebieten werden folgen.

Quelle: Saxony5



Quelle: Saxony5

Beteiligte Partner



iFD AG



IMM electronics GmbH



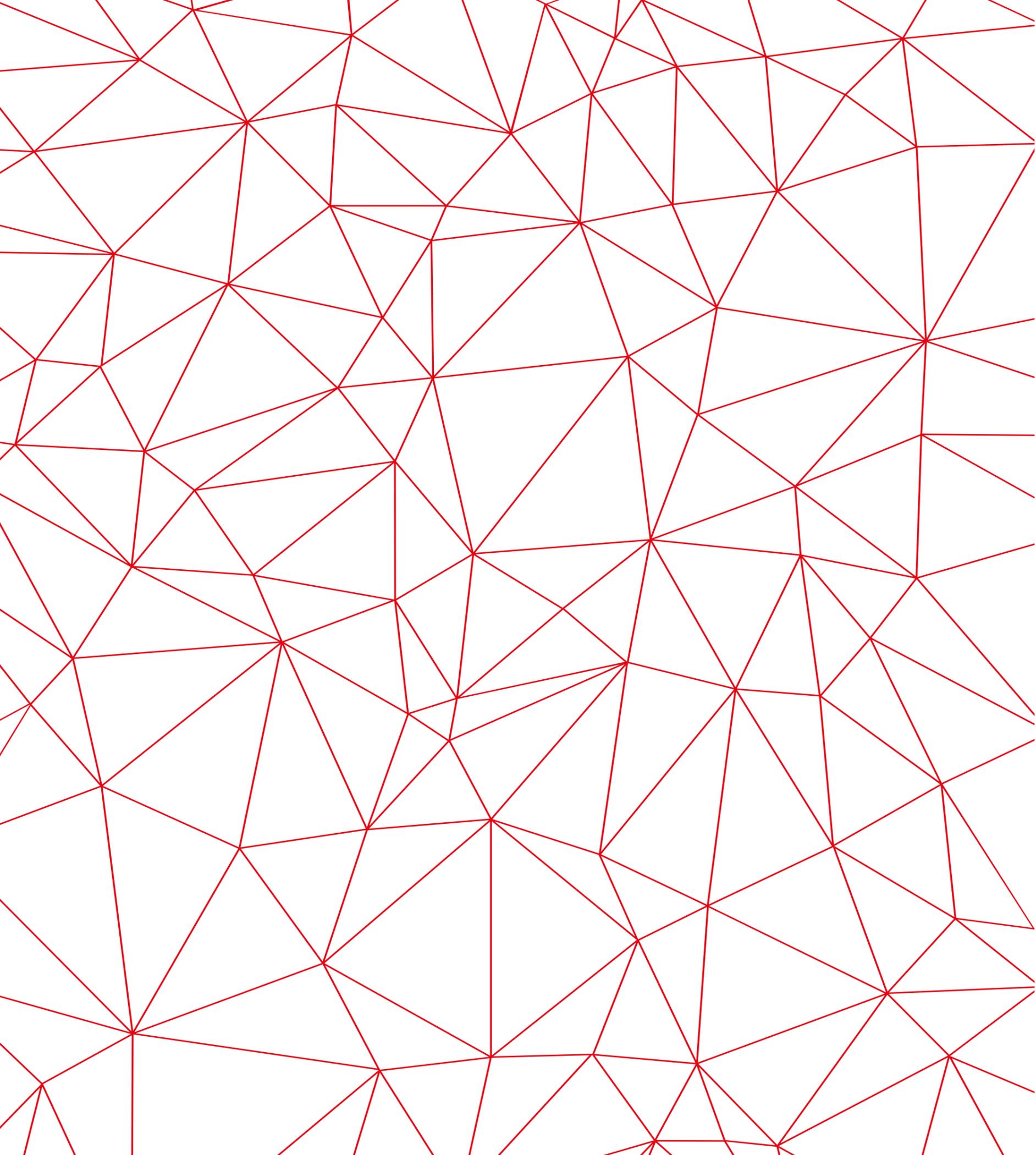
Sander Fördertechnik GmbH



3dvisionlabs GmbH



QUALIFIZIERUNG UND NACHWUCHSFÖRDERUNG



QUALIFIZIERUNG UND
NACHWUCHSFÖRDERUNG

Graduierten-
forschungskolleg

3DPersA

HYBRIDE VERFAHREN ZUR 3D PERSONENWAHRNEHMUNG FÜR DIE SOZIALE ASSISTENZROBOTIK IN ÖFFENTLICHEN UND HÄUSLICHEN EINSATZSZENARIEN

Problembeschreibung

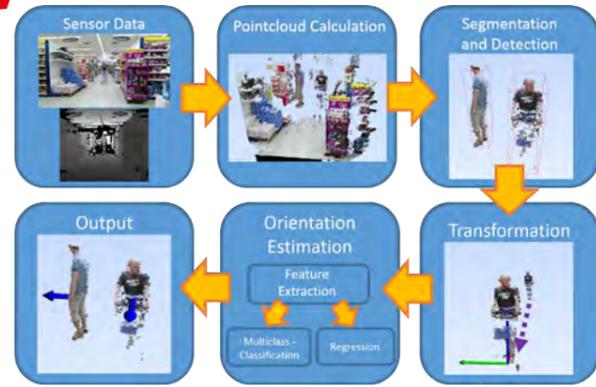
Das robuste Wahrnehmen von Personen ist eine der wichtigsten Grundfertigkeiten die ein Roboter besitzen muss, um eine intuitive Mensch-Roboter-Interaktion zu gewährleisten. Hierzu gehören die drei Teilaspekte Personendetektion, Personentracking und Personenwiedererkennung. Letzteres ist vor allem für den Umgang mit abgerissenen Personentracks von Bedeutung. Vor allem in hochdynamischen Umgebungen, mit einer großen Varianz von Personenansichten und Posen, liefert der Stand der Forschung hier nur unzureichende Ergebnisse.

Ziele des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist die Erstellung eines realwelttaugliches Personenwahrnehmungssystems für häusliche und öffentliche Einsatzszenarien, welches zuverlässig Personen auch in Situationen erkennt, für die die heutigen Ansätze nur ungenügende Ergebnisse liefern.

Ergebnisse des Vorhabens

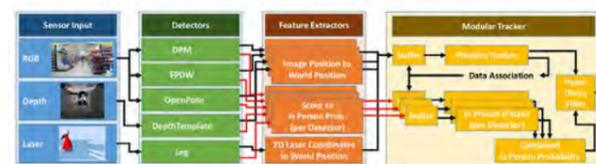
Das Gesamtsystem, bestehend aus Personendetektoren, Personenmerkmalsschätzern und dem Personentracker, wurde sowohl auf Datensätzen als auch in der realen Einsatzumgebung evaluiert. Es zeigte sich, dass Personen robust genug wahrgenommen werden können, um die Anforderungen der Anwendung zu erfüllen. Um die Akzeptanz der Nutzer zu erhöhen, wurde ein System auf Basis eines Laserprojektors entwickelt und in der Einsatzumgebung getestet, das den inneren Zustand des Roboters visualisiert.



System zur Schätzung der Oberkörperorientierung.



Laserprojektion einer Personenhypothese mit geschätzter Oberkörperorientierung (orientierter Kreis) und geplante Trajektorie des Roboters als Linienzug.



Gesamtsystem zum tracken von Personen.

Beteiligte Partner



Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Informatik und Automatisierung
FG Neuroinformatik und Kognitive Robotik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst-Michael Groß (Projektleiter)
Tim Wengefeld, M.Sc.

Quelle: 3DPersA

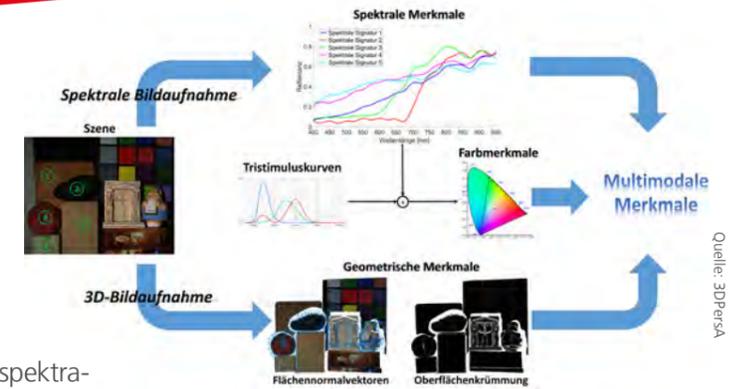
Quelle: 3DPersA

Quelle: 3DPersA

Spec3D

BEITRAG ZUR HYPERSPEKTRALEN 3D-OBERFLÄCHENERFASSUNG UND -VERARBEITUNG FÜR DIE INDUSTRIELLE BILDVERARBEITUNG

Gewinnung multimodaler Merkmale.



Quelle: 3DPersA

Problembeschreibung

Die Kombination der 3D-Bildgebung mit der spektralen Bildgebung kann eine Vielzahl an Innovationen in verschiedenen Bereichen eröffnen. Die pixelsynchrone Erfassung der 3D-Oberflächenform und spektralen Informationen ermöglicht eine kombinierte Nutzung von geometrischen und spektralen Merkmalen, wodurch ein tieferes und sicheres Bildverstehen zu erzielen ist. Weiterhin lässt sich die 3D-Bildgebungstechnik durch den Einsatz von spektralen Kameras erweitern, um die Eigenschaften des 3D-Sensors zu verbessern. Zur Durchführung dieses Vorhabens sind sowohl systemtechnische als auch algorithmische Entwicklungen erforderlich.

Ziele des Vorhabens

Das Projekt verfolgt zwei Ziele hinsichtlich der Problembeschreibung. Erstens zielt es auf die Gewinnung von Hyperspektral-3D-Bilddaten und deren Nachverarbeitung bzw. Korrektur. Ein zweites Ziel ist die Entwicklung von neuartigen 3D-Bildgebungsverfahren auf Basis der Multispektral-Sensorik, wobei die spektralen Aspekte der 3D-Bildgebung mittels Musterprojektion im Vorfeld zu untersuchen sind.

Ergebnisse des Vorhabens

Zur Hyperspektral-3D-Bildgewinnung wurde ein Kamerasystem aus zwei Filterradkameras mit unterschiedlichen Spektralkanälen aufgebaut. Diese Kameras werden mittels Musterprojektion pixelweise korreliert, dadurch werden 3D-Informationen berechnet und die Kanäle in beiden Kameras lassen sich miteinander kombinieren, womit eine höhere

spektrale Auflösung zu erreichen ist. Zudem wurden Algorithmen für die geometrische und radiometrische Korrektur der spektralen Bilddaten erarbeitet. Dieses System wurde mit verschiedenen Beispielmessungen demonstriert und lässt sich mit Anpassungen für verschiedene Aufgaben in Bereichen wie z. B. industrielle Inspektion, Medizintechnik, Kulturerbe etc. einsetzen.

Für das zweite Projektziel wurden die Einflüsse der Lichtwellenlänge der Musterprojektion auf 3D-Messungen bei verschiedenen Oberflächen untersucht. Dabei werden eine wesentliche Abhängigkeit der erfassten Oberflächenform von der Wellenlänge bei transluzenten Objekten und eine viel geringe Abhängigkeit bei opaken Objekten gezeigt. Für diffuse und opake Oberflächen wurde ein Snapshot-3D-Verfahren mittels spektraler Musterprojektion entwickelt. Dabei werden verschiedene Lichtmuster bei mehreren Wellenlängen simultan projiziert und mit zwei Snapshot-Multispektralkameras separat detektiert. Ein Konzeptnachweis lässt sich mit den ersten Experimenten liefern, und dieser Ansatz könnte für Hochgeschwindigkeits-3D-Messungen umgesetzt werden.

Beteiligte Partner



Fachgebiet Qualitätssicherung und Industrielle Bildverarbeitung
Technische Universität Ilmenau
Prof. Dr. Gunther Notni (Projektleiter)
M.Sc. Chen Zhang

Vitalkam

KONTAKTFREIE KAMERABASIERTE
MESSUNG VON VITALPARAMETERN
MIT VERBESSERTER STÖRSICHERHEIT

Elektronenmikroskopische Aufnahme von Silizium-Nanodiscs mit winkelabhängigem Farbeindruck für die Realisierung von effektiven dreidimensionalen Oberflächenanmutungen.

Problembeschreibung

Die Erfassung von wichtigen Vitalparametern des Menschen, wie der Herzrate, Atmung, Herzratenvariabilität und Sauerstoffsättigung des Blutes, sind von großer Bedeutung für die Diagnostik und Überwachung des Gesundheitszustands. Momentan vertriebene Geräte zur Messung dieser Parameter verwenden ausschließlich kontaktbasierte Messmethoden. Diese sind mit einigen Nachteilen verbunden. Dies ist für den Tragenden meist unangenehm oder kann sogar Hautirritationen bzw. Schmerzen hervorrufen, wenn zur Fixierung beispielsweise Klebelektroden bzw. Federklemmen eingesetzt werden.

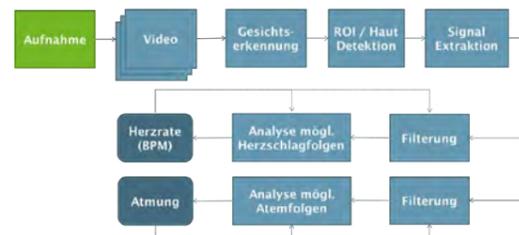
Ziele des Vorhabens

Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer 3D-bildbasierten, kontaktfreien Messmethode für verschiedene Vitalparameter (Herzrate, Atemfrequenz und SpO2 Sättigung), die dem Nutzer maximale Bewegungsfreiheit und maximalen Komfort bietet, robust und schnell funktioniert und einfach zu verwenden ist. Sie basiert auf der Messung minimaler Farbveränderungen im Gesicht, die im Herzschlagrhythmus auftreten.

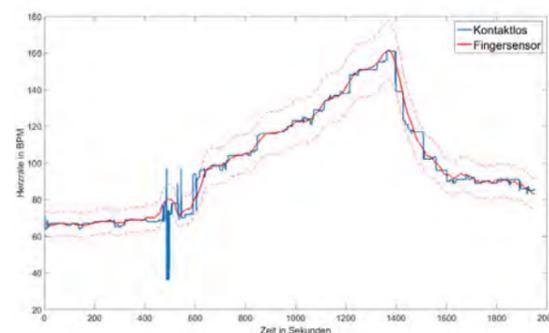
Ergebnisse des Vorhabens

Die für die Schätzung der Vitalparameter relevanten Spektralbereiche wurden erforscht und geeignete Kameras und Filter eingesetzt, um die Messung der Herzrate im Bereich des nahinfraroten Lichtes zu ermöglichen. Weiterhin wurden verschiedene Region-of-Interest entwickelt und ihr Effekt auf die Schätzung der Herzrate verglichen. Wichtige Erkenntnisse über den Einfluss der Qualität und

Art der Videocodierung auf das Pulssignal wurden erforscht, um die Messung der Vitalparameter bei niedriger Bildqualität und platzsparende Archivierung von Daten zu ermöglichen. Zudem wurden neue Verfahren für die Schätzung der Atemrate aus der Herzfrequenzvariabilität auf der Grundlage der in Vitalkam2 erzielten Ergebnisse erforscht, weiterentwickelt und in 2020 veröffentlicht.



Schematisches Ablaufdiagramm der kontaktlosen Vitalparameterschätzung.



Gemessene Herzraten für den kontaktlosen kamerabasierten Ansatz und einem Fingersensor (10% Abweichung als gestrichelte Linie)

Beteiligte Partner



Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Fachgebiet Neuro-Informationstechnik (NIT)
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi (Projektleiter)
MSc. Michal Rapczynski

geMAAP3D

ENTWICKLUNG EINES
GEOMETRISCHEN MODELLS ZUR
BESCHREIBUNG VON MULTI-
APERTUR-ARRAY-PROJEKTOREN
FÜR DIE 3D-REKONSTRUKTION

Objekt (Johann Wolfgang von Goethe) beleuchtet von einem durch den Multi-Apertur-Array-Projektor (MAAP) generierten aperiodischen Streifenmuster, und 3D-Rekonstruktion des Objektes mit Falschfarbenkodierung der Tiefe

Problembeschreibung

Etablierte optische Methoden zur schnellen, genauen und berührungslosen 3D-Vermessung nutzen Stereosysteme mit aktiver Beleuchtung durch digitale Projektoren (DLP), die allerdings hinsichtlich der Projektionsrate auf < 100 Hz beschränkt sind, was die 3D-Messrate auf 1–60 Hz je nach Zahl der Beleuchtungsmuster begrenzt. Am Fraunhofer IOF wurde ein Multi-Apertur-Array-Projektor (MAAP) für Projektionsgeschwindigkeiten bis zu 3 kHz entwickelt, welches 3D-Messraten > 330 Hz ermöglicht.

Ein Kalibrierungspipeline für Multi-Apertur-Array-Projektoren, das für eine exakte 3D-Rekonstruktion (Triangulation mit einer das Messobjekt beobachtenden Kamera) notwendig ist, gibt es bisher nicht, sondern alle bekannten Kalibrierungspipeline sind auf einaperturige Systeme beschränkt.

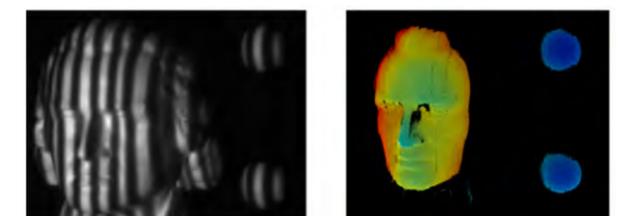
Ziele des Vorhabens

Das Ziel des Vorhabens ist die Kalibrierung von 3D-Messsystemen mit Multi-Apertur-Array-Projektoren und ihre experimentelle Validierung. Ein solches Kalibrierung eröffnet die Möglichkeit für 3D-Messungen mit nur einer Kamera und einem Projektor, womit wesentlich kompaktere High-speed-3D-Sensoren mit einem deutlich kleineren notwendigen Bauraum realisiert werden könnten. Insbesondere bei Ultra-High-Speed-Kameras ist die damit einhergehende Kostenersparnis bei einem Verzicht auf eine Kamera nicht unbeträchtlich.

Ergebnisse des Vorhabens

Sowohl die Simulation als auch die experimentellen Ergebnisse haben gezeigt, dass das entwickelte Kalibrierungspipeline für die 3D-Rekonstruktion mit nur einer Kamera geeignet ist. Es wurde eine

intrinsische Kalibrierungsmethode entwickelt, die kein geometrisches Modell erfordert. Ein umfassendes heuristisches Optimierungsverfahren zur extrinsischen Kalibrierung des 3D-Messsystems mit einer Kamera wurde entwickelt, um nicht nur die Messergebnisse, sondern auch die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern. Zusätzlich zu der entwickelten Methode zur Durchführung einer extrinsischen Kalibrierung wurde auch ein Verfahren für eine Neukalibrierung des MAAP erarbeitet, um die Benutzerfreundlichkeit des Messverfahrens zu erhöhen. Die entwickelte Kalibrierungspipeline senkt nicht nur Kosten und Formfaktor, sondern die Möglichkeit, einen frei beweglichen, handgehaltenen 3D-Sensor zu schaffen, könnte eines Tages unter Verwendung der angemeldeten Patente realisiert werden.



Objekten (Friedrich Schiller und Sphären) beleuchtet von einem durch den Multi-Apertur-Array-Projektor (MAAP) generierten aperiodischen Streifenmuster

Beteiligte Partner



Institute of Applied Optics,
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Prof. Dr. Richard Kowarschik (Projektleiter)
M. Sc. Eugene Wong
Dr. Holger Babovsky
M. Sc. Andreas Stark



Fraunhofer IOF
Dr. Christian Bräuer-Burchardt
Dr. Stefan Heist

INIT-3D

ENTWICKLUNG UND AGGREGATION
VON HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR
GEBRAUCHSTAUGLICHEN ENTWICKLUNG
VISUELLER 3D-USER-INTERFACES



Quelle: André Dettmann

Art der Darstellung von Inhalten

Problembeschreibung

Das Vorhaben „INIT3D“ soll im Sinne einer Generalisierung der Ergebnisse des Vorgängerprojektes IVIS-3D einen breiteren Anwendungsrahmen bestimmen, in dessen sich die Vorteile autostereoskopischer Monitore in weiteren Anwendungsgebieten manifestieren können. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Technologie innerhalb einer Mensch-Maschine-Interaktion belastungsarm anwendbar sein muss, damit Anwender diese ohne Einschränkung und Beschwerden nutzen können. Weiterhin muss ein System aus autostereoskopischem Display und einem 3D User-Interface für eine möglichst hohe Gebrauchstauglichkeit alle Vorteile der auf diesen Displays wahrnehmbaren dritten Dimension ausnutzen.

Ergebnisse des Vorhabens

Grundlegend führt die besondere Art der Darstellung von Informationen in einem virtuellen dreidimensionalen Raum bei unzulänglicher Umsetzung zu einer beschleunigten visuellen Ermüdung durch Überanstrengung der Augen oder zur visuell induzierten Bewegungskrankheit. Typische Symptome können Kopfschmerzen, Schwindelgefühle, Desorientierung bis hin zu Übelkeit und Erbrechen sein. Diese Symptome sind mit denen der Reisekrankheit im Auto vergleichbar, basieren jedoch auf einer visuellen Stimulation und weniger auf einer Störung des Gleichgewichtssinns.

Die Ursachen für visuell induzierte Bewegungs-krankheit können zum einen auf technologieinhärente Probleme, basierend auf dem Funktionsprinzip

stereoskopischer Anzeigen, zurückgeführt werden und zum anderen auf die softwareseitige grafische Umsetzung der Inhalte. Technologieinhärent ist, z. B. der Akkommodations-Konvergenz Konflikt, der bei allen konventionellen 3D-Monitoren auftritt.

Nutzer sind für den Akkommodations-Konvergenz Konflikt besonders empfindlich. Dieser kann dadurch gemindert werden, indem die Abstände zwischen dem Monitor und der virtuellen Objektebene (Querdisparität) auf ein nutzergerechtes Minimum reduziert werden. Das Projekt konnte dazu optimierten Querdisparitäten ermitteln, ab denen Nutzern eine höhere visuelle Wahrnehmungsleistung und eine beeinträchtigungsfreie Wahrnehmung ermöglicht wurde. Methodisch wurde dazu der gesamte praxisrelevante Bereich von Querdisparitäten bis auf die sensorischen Schwellenwerte der Wahrnehmung von Tiefenreizen abgedeckt. Die optimierten Querdisparitäten ordnen sich zwischen den sensorischen Schwellenwerten der Wahrnehmung von Tiefenreizen und den aus der Literatur extrahierten Grenzwerten ein.

Beteiligte Partner



Professur Arbeitswissenschaft
und Innovationsmanagement,
Technische Universität Chemnitz
Prof. Dr. Angelika C. Bullinger (Projektleiterin)
Dr.-Ing. André Dettmann

3D-FastFeedback

METHODEN ZUR ULTRASCHNELLEN
DETEKTION UND MANIPULATION
VON ULTRAKURZEN LICHTPULSEN

Laserinduzierte Plasmaerzeugung in Luft

Problembeschreibung

Die Innovationsallianz 3Dsensation verfolgt das Ziel, die Mensch-Maschine-Interaktion grundlegend zu verändern. Ein zentrales Problem stellen dabei die stark eingeschränkten Fähigkeiten von heutigen Maschinen zur Szenenerkennung dar. Zur Kompensation müssen optische Messverfahren verwendet werden, die es Maschinen erlauben, ihre Umgebung möglichst umfassend zur späteren Analyse zu erfassen. Dies steht im Gegensatz zur Wahrnehmung von Menschen, die durch Fokussierung auf Entscheidendes bereits mit weit weniger Informationen eine Situation erfassen können. Zu diesem Themenkomplex hat das Vorgängerprojekt 3D-FastDetect einen entscheidenden Beitrag geleistet, indem es Maschinen ermöglicht, Lichtfelder raumzeitlich zu vermessen.

In 3D-FastFeedback sollen nun die so gewonnenen zusätzlichen Informationen über den zeitlichen Verlauf von Lichtpulsen methodenunabhängig erfasst werden, um in einem nächsten Schritt eine gezielt Umgebungsinteraktion über einen großen Parameterbereich herzustellen.

Ziele des Vorhabens

Hier wurden neue Möglichkeiten zur 3D-Visualisierung und 3D-Materialbearbeitung entwickelt und bestehende verbessert werden. Methoden zur ultraschnellen, raumzeitlichen Erfassung dreidimensionaler Lichtfelder wurden konsequent mit einem System zur raumzeitlichen Formung von Lichtfeldern kombiniert. Ziel war es, ein Feedback-System zu entwickeln, in dem die Erfassung und Formung von Lichtpulsen vereint wird, um 3D-Visualisierung und

3D-Materialbearbeitung auf einem neuen Level zu ermöglichen.

Ergebnisse des Vorhabens

Zentral ist dabei ein System zur Formung von Lichtpulsen, das an ein Messsystem rückgekoppelt ist und so ein Feedback-System bildet. Dieses System ist in der Lage, die zeitlichen und räumlichen Eigenschaften von Pulsen in einem Regelkreis zu verändern und so die nichtlineare Interaktion des Pulses mit der Umgebung zu beeinflussen. Speziell die Fokuseigenschaften, die sehr empfindlich auf die Pulsform sind, können so definiert verändert werden. Dieses Feedback-System soll eingesetzt werden, um in der 3D-Visualisierung mit hochintensiven Lichtpulsen Erscheinung und Intensität des Lichtdurchbruchs zu verändern.

Darüber hinaus konnte in diesem Projekt ein verallgemeinerter Algorithmus abgeleitet und implementiert werden, dass es erstmal erlaubt, Daten aus verschiedenen Verfahren zu behandeln und zu vergleichen. Das Verfahren wurde veröffentlicht und als Angebot an die Community im Sinne einer offenen Software publiziert.

Beteiligte Partner



Institut für Angewandte Physik, Friedrich-Schiller-Universität Jena



Fraunhofer-Institut für Angewandte
Optik und Feinmechanik IOF
Prof. Dr. Andreas Tünnermann (Projektleiter)
Falk Eilenberger
Nils Geib (geb. Becker)

Art der Darstellung von Inhalten

Problembeschreibung

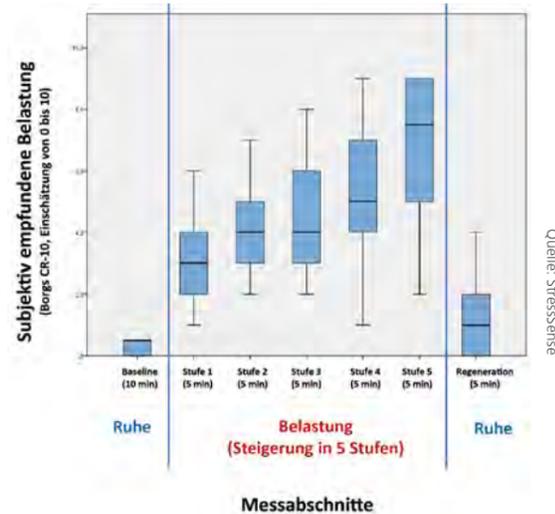
Aufgrund gesteigener Belastungen und höherer Anforderungen im Arbeitsumfeld sowie vor dem Hintergrund der steigenden Zahl von Erkrankungen im Zusammenhang mit Stress bei der Arbeit steht zunehmend auch eine Beobachtung des Gesundheitszustands im Arbeitssetting im Fokus. Insbesondere mentale Belastungen bzw. Überlastungen als potenzielle Verursacher physischer und auch psychischer Erkrankungen sollen hierbei messbar gemacht werden, was jedoch vor dem Hintergrund spezieller Arbeitsplätze besondere Anforderungen an die Messtechnik mit sich bringt.

Ziele des Vorhabens

Eines der Ziele der vorliegenden Studie war es, mentale Belastung am Bildschirmarbeitsplatz zu messen und mithilfe subjektiver und objektiver Parameter zu charakterisieren.

Ergebnisse des Vorhabens

Dies erforderte u.a., mentalen Stress im Labor zu induzieren. Hierfür hat sich das dafür ausgewählte RehaCom-System (Hasomed) aufgrund seiner Konzeption als gut geeignet gezeigt. Die deutlichen Veränderungen des Parameters „subjektives Belastungsempfinden“ über den gesamten Messverlauf sind ein Beleg dafür. Die Ergebnisse zeigen, dass Studiendesign und Messaufbau dem Anspruch gerecht werden, mentale Überforderung hervorzuheben. Die Werte des subjektiven Belastungsempfindens lassen über den Verlauf der Messung deutliche Varianzen



Quelle: StressSense

zur Baseline erkennen – sie steigen mit der Erhöhung der Belastungsstufen.

Ein weiteres Ziel der Studie war es, über Einzelfalluntersuchungen am Arbeitsplatz erste Messdaten unter individuellen Arbeitsbedingungen zu sammeln. Eine explorative Datenanalyse bei 13 gemessenen Probandinnen soll Hinweise für die Anforderungen an die spätere Mensch-Maschine-Interaktion geben. Zusätzlich lieferte die Probandenbefragung zur System Usability mithilfe des System Usability Scale (SUS) nach Bangor, Kortum und Miller (2009) erste Hinweise für einen Anforderungskatalog zu relevanten Sensoreigenschaften im Arbeitssetting. Die angewandte (kabelgebundene) Messtechnik NeXus 10 (Firma Hasomed) wird in der System Usability im Mittelwert von den befragten Probandinnen als „gut“ bewertet. Dennoch muss in Zukunft der Fokus auf kontaktlosen Systemen liegen. Sie lassen arbeitsplatzunabhängige und gefahrungs- und hindernisfreie Messungen zu.

Projektbearbeitung



Institut für Physiotherapie,
Universitätsklinikum Jena
Prof. Dr. med. U.C. Smolenski (Projektleiter)
Dr. Anja Buder
Maria Nisser

Oben: Synthetische Sprachsequenz für das Wort »Willkommen«. Unten: Reale Sprachsequenz



Quelle: 3DGIM

Problembeschreibung

Eine genaue Erfassung und Analyse des menschlichen Gesichts liefert wertvolle Informationen und Hinweise über die Identität einer Person, ihre Absichten, Reaktionen oder Emotionen. Um diese Informationen nutzen zu können, bedarf es einer genauen Analyse und realistischen Repräsentation von 3D Form, Bewegung und Textur des menschlichen Gesichts.

Ziele des Vorhabens

Das Ziel dieses Projekts besteht darin, neue Verfahren für eine vollständige und realistische Erfassung sowie Wiedergabe von menschlichen Gesichtern mittels parametrischer Modelle zu entwickeln. Des Weiteren sollen mit Hilfe der entwickelten Gesichtsmodelle Verfahren für die automatische Synthese von realistischen Gesichtsanimationen entwickelt werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Während des Projektes wurde ein neues Verfahren zur realistischen Erfassung und Darstellung menschlicher Gesichter entwickelt. Zur Erstellung des Modells wird ein 360° Videodatensatz mit 32 hochauflösenden Kameras genutzt. Kopfpose sowie approximiert Gesichtsgometrie wird mit Hilfe eines linearen Geometrie-Deformationsmodells geschätzt. Da das lineare Geometriemodell Gesichtsausdrücke nur näherungsweise erfasst, werden zusätzlich dynamische Gesichtstexturen erzeugt, um Details wie feine Bewegungen oder Veränderungen der Haut aufzuzeichnen. In einem weiteren Schritt werden die extrahierte Geometrie und Textur-Sequenzen genutzt, um mit einem tiefen neuronalen Netzwerk

eine niedrig-dimensionale latente Repräsentationen der erfassten Gesichtsausdrücke zu lernen. Gleichzeitig wird ein zweites neuronales Netzwerk trainiert, das in der Lage ist, aus latenten Parametervektoren die zugehörigen Gesichtsgometrien und Texturen zu rekonstruieren. Die latente Repräsentation bietet dabei Vorteile wie zum Beispiel geringer Speicherbedarf, realistische Interpolation von Gesichtsausdrücken oder konsistentes manuelles Editieren von aufgenommenen Gesichtssequenzen. Um das Erstellen neuer Animationssequenzen zu erleichtern, wurden zwei automatische Verfahren für die Synthese von Gesichtsanimationen basierend auf gesprochenem Text entwickelt. Das erste Verfahren kombiniert dabei die Vorteile des neuronalen Gesichtsmodells mit einem klassischen beispielbasierten Animationsansatz. Im zweiten Verfahren wird ein autoregressives neuronales Netzwerk genutzt, um anhand von Viseme-Sequenzen Parametervektoren für die Animation von Sprache zu synthetisieren.

Projektbearbeitung



Humboldt Universität zu Berlin
Prof. Dr.-Ing. Peter Eisert (Projektleiter)
Wolfgang Paier

3D-NanoVisual

DREIDIMENSIONALE
VISUALISIERUNGSSYSTEME AUF BASIS
PHOTONISCHER NANOSTRUKTUREN

Rasterelektronenmikroskopbild (REM-Bild) einer nanophotonischen Matrixmaske hergestellt mittels Elektronenstrahl-lithografie und Ionenstrahlätzen in Gold.

Problembeschreibung

In Bereichen wie Gesundheit, Mobilität oder Fertigung ist die rein optische Aufnahme, Verarbeitung und Darstellung von Informationen ein Schlüssel und Must-Have in einer mehr und mehr digitalisierten industriellen und sozialen Landschaft. Vor diesem Hintergrund stellt sich das Projekt der folgenden Herausforderung: Die Entwicklung von Grundlagen rein photonische Lösungen für die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

Ziele des Vorhabens

Auf der Basis nano-strukturierter Oberflächen sollen Photonische Materialien und Bauelemente entwickelt werden, die eine verbesserte Integrierbarkeit und erhöhte Funktionalität von Sensor- und Visualisierungssystemen ermöglichen. Deren Sensitivität und Zugriff auf physikalische Parameter soll dabei auf Polarisation und mehrere aber frei wählbare und gleichzeitig gemessene Wellenlängen erweitert werden. Weiterhin soll ein intuitives Optimierungsverfahren entwickelt werden, welches das bestmögliche nano-photonische Materialdesign für eine gegebene Funktion liefert.

Ergebnisse des Vorhabens

Fundament des Designs photonischer Nanostrukturen für die Anwendung ist die Kenntnis über den Zusammenhang aus Nano-Geometrie und Lichteigenschaften. Dabei wurde die Physik von sogenannten Oberflächenplasmonen ausgenutzt, um Nanolöcher zu entwerfen, die sich als spektrale Filter in Form von Matrixmasken auf Sensorchips integrieren lassen.

Bestimmte Arten von nanostrukturierten photonischen Oberflächen, sogenannte Metaoberflächen, können übereinandergestapelt werden. So lässt sich auf einfache Art und Weise die optische Funktionalität mehrerer Metaoberflächen kombinieren, ohne die notwendig aufwändiger Strukturdesigns. Dieser minimalistische Ansatz wurde tiefgehend untersucht und Anhand eines komplexen Problems – chiraler Polarisation – experimentell demonstriert.

Um in Zukunft präzise Designs photonischer Materialien auf Basis gestapelter Metaoberflächen durchführen zu können, wurde ein theoretisches Model der Interaktion optischer Moden zwischen verschiedenen Elementen eines Stapels aufgestellt. Dies zeigt, wie subtil jede einzelne Mode zwischen den Schichten die Gesamtfunktion des Systems beeinflusst. Mit diesem Wissen könnten photonische Elemente für bestimmte Anwendungen weiter optimiert werden.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Abbe Center of Photonics
Prof. Dr. Thomas Pertsch (Projektleiter)
Jan Sperrhake

MOD3D

MODELLIERUNG VON VERHALTENS- UND
HANDLUNGSINTENTIONSVERLÄUFEN AUS
MULTIMODALEN 3D-DATEN

Verarbeitung von multimodalen Daten

Problembeschreibung

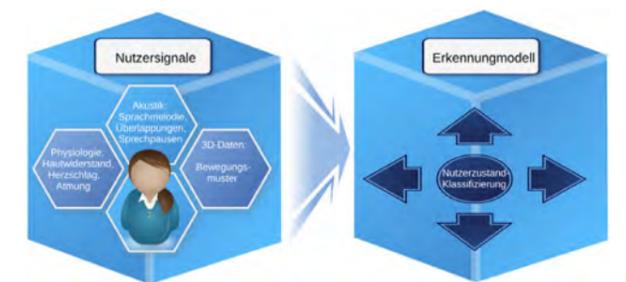
In immer mehr Bereichen des täglichen Lebens ist Interaktion von Menschen mit technischen Systemen allgegenwärtig. Um Nutzer zu unterstützen, ist es notwendig, die Interaktion adaptiv, antizipatorisch und nutzerzentriert zu gestalten. Ein wichtiger Schritt in Richtung solcher Systeme ist die Erkennung und die dafür notwendige Modellierung des aktuellen Nutzerzustandes.

Ziele des Vorhabens

Im Projekt wurden die Nutzerzustände Überforderung, Zufriedenheit und Kooperativität auf Grundlage von multimodalen, natürlichen Interaktionsdaten aus anwendungsnahen Szenarien automatisch erkannt. Der Zustand der *Überforderung* entsteht, wenn die Erwartungen des Nutzers an das System nicht erfüllt werden und die Interaktion den Nutzer vor unerwartete Schwierigkeiten stellt. Zur Erkennung wurden akustische Merkmale wie Sprache und Paralinguistik, physiologische Signale wie Puls, Atmung und Hautleitwiderstand, sowie 3D-Bewegungsmuster genutzt. Die Verhaltenskategorie *Zufriedenheit* konnte vor allem mit aus der Nutzersprache extrahierten prosodischen Merkmalen und deren Determinanten erkannt werden. Für die Erkennung von *Kooperativität* und der verwandten *Kompetitivität* wurden Sprachüberlappungen und emotionale Sprachfärbungen als Marker benutzt.

Ergebnisse des Vorhabens

Für die automatische Erkennung von Zufriedenheit wurden Raten (F-Measure) von bis zu 87% erreicht. Für die Modellierung von Überforderung eignen sich 3D-Bewegungsmuster besser als physiologische Signale, mit einem F-Measure von 74%. Die Modellierung von Kooperativität gelang sowohl aus der emotionalen Färbung als auch der Prosodie der Nutzersprache mit einem F-Measure von 70%. Eine Verwertung ist im Kontext von sensorbasierten Monitoring-Verfahren möglich: Nutzerzustände zeigen auf service- oder sicherheitsrelevante Verhaltensweisen und ermöglichen gegebenenfalls Systemreaktionen, z.B. im Ambient Assisted Living.



Schematische Darstellung der Datenverarbeitung für das Erkennungsmodell

Beteiligte Partner



Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Lehrstuhl Kognitive Systeme
Prof. Dr. Andreas Wendemuth (Projektleiter)
Dr.-Ing. Olga Egorow (Wissenschaftlerin)

QUALIFIZIERUNG UND
NACHWUCHSFÖRDERUNG

Graduierten- forschungsverbund

HyperSense

AUTOMATISCHE KONTAKTLOSE
STRESSERFASSUNG IN ECHTZEIT

Demonstrator zur Vitalparametermessung

Problembeschreibung

In der modernen Medizin zählt das kontinuierliche und sichere Monitoring lebenswichtiger Vitalparameter bei Patienten zu einer der wichtigsten Aufgaben. Aber auch in Bereichen der Arbeitswelt werden diese Parameter genutzt, um objektiv Beanspruchungen insbesondere Stress zu erfassen. Jedoch basieren die in der Medizin eingesetzten Verfahren auf Kontaktelektroden, die direkt auf die Haut aufgebracht werden und dadurch u.a. zu Hautirritationen führen können. Darüber hinaus entsprechen die verwendeten Verfahren in der Arbeitswelt nicht dem Goldstandard und erfüllen damit nicht die hohen Anforderungen eines Medizinproduktes, die es für eine weitreichende Empfehlung zur Verhaltens- und Verhältnisprävention bedarf.

Ziele des Vorhabens

Das Ziel des Verbundvorhabens ist die Entwicklung eines Technologie Demonstrators, der eine kontaktlose Erfassung von Vitalparametern wie der Herzfrequenz und der Sauerstoffsättigung ermöglicht. Die exakte und robuste multimodale Datenerfassung steht dabei im Mittelpunkt. Die Vorteile der multispektralen Detektion und der 3D-basierten Szeneninterpretation sollen in dem innovativen Kamerasystem kombiniert werden. Um dem Anspruch der Echtzeitfähigkeit gerecht zu werden, müssen die einzelnen Verarbeitungsschritte genau aufeinander abgestimmt werden, um die Dauer der notwendigen Berechnungen gering zu halten. Daneben sollen Experimente Hinweise liefern zu den erforderlichen technischen Bedingungen, um eine exakte Vitalparameterdetektion und -interpretation vornehmen zu können.

Ergebnisse des Vorhabens

Mit Abschluss des Projektes konnte ein einsatzfähiger Demonstrator zur Erfassung von Vitalparametern der Herzfrequenz mit Möglichkeit der Erweiterung auf Sauerstoffsättigung vorgestellt werden. Es wurden erfolgreich Prototypen nano-optischer Kameras hergestellt. Dabei wurden die Sensorchips einfacher RaspberryPi-Kameras durch nano-optische Filter erweitert, die Grundlage für kommende Vitalparameter-spezifische Sensoren sind. Die kontaktfreie Messung von Vitalparametern ist ein innovativer Fortschritt, deren Potenziale in unterschiedlichsten Bereichen ausgeschöpft werden können. Möglich sind an dieser Stelle Applikationen für Smart-Homes im Freizeitbereich oder medizinische Diagnoseverfahren. Ebenso ist eine Übertragung auf das Bedarfsfeld Arbeit zum Beispiel durch medizinische Überwachung zur Vorbeugung überlastungsbedingter Krankheiten gegeben.

Beteiligte Partner



Technische Universität Ilmenau,
Fachgebiet Qualitätssicherung
und industrielle Bildverarbeitung:
Prof. Dr. Gunther Notni (Teilprojektleiter)
Chen Zhang



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Physik:
Prof. Dr. Thomas Pertsch (Teilprojektleiter)
Jan Sperrhake



Universitätsklinikum Jena,
FB Klinische Rehaforschung:
Prof. Dr. med. U.C. Smolenski (Teilprojektleiter)
Maria Nisser



Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Fachgebiet Neuro-Informationstechnik:
Prof. Dr. Al-Hamadi (Teilprojektleiter)
Michal Rapczynski

QUALIFIZIERUNG UND NACHWUCHSFÖRDERUNG Nachwuchsgruppen



Problembeschreibung

Machine-Vision-Systeme sind eine wesentliche Triebfeder der fortschreitenden Automatisierung industrieller Produktionslinien. Ein Problem, insbesondere im Umfeld der dreidimensionalen Messung von Objekten, ergibt sich aus der Notwendigkeit, intensitätsstarke Lichtquellen verwenden zu müssen. Hierzu werden häufig Lichtquellen im nahen Infrarot(NIR)-Bereich (800-1000 nm) eingesetzt, die ein hohes Gefährdungspotential für das menschliche Auge besitzen. Dies führt entweder zu erhöhten Sicherheitsvorkehrungen oder Einsatzbeschränkungen.

Ziele des Vorhabens

Ziel des Projekts war deshalb, bereits etablierte 3D-Messverfahren aus dem sichtbaren (VIS) und NIR-Bereich in den kurzwelligen IR-Bereich (engl. Short Wavelength Infrared, SWIR) zu augensicheren Wellenlängen um $1,5 \mu\text{m}$ zu überführen, um deren Einsatz in Anwendungsfeldern mit Mensch-Maschinen-Aktion zu ermöglichen.

Ergebnisse des Vorhabens

Das Forschungsvorhaben stützte sich auf zwei grundsätzlich verschiedene 3D-Messverfahren: die stereoskopische Bildgebung sowie das Time-of-Flight-Messverfahren. Das stereoskopische Messverfahren basiert auf einer strukturierten Beleuchtung, hier ein Musterprojektionsverfahren, sowie zwei unter einem Winkel zueinander ausgerichteten optischen Abbildungssystemen. Jeder Punkt im Raum kann mithilfe der projizierten Muster eindeutig zugeordnet werden.

Wesentlich waren hierbei die Bereitstellung zweier SWIR-Bildsensoren mit ausreichender Pixelzahl, eine Projektionseinheit für den SWIR-Bereich sowie die digitale Datenauswertung. In Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe „Hochdynamische 3D-Sensorik in erweiterten Spektralbereichen“ („Hyper-3D“) wurde ein funktionsfähiges Messsystem für eine potentielle Serienfertigung entwickelt und demonstriert. Die Time-of-Flight-Messung basiert auf dem Prinzip der Abstandsmessung anhand der Zeitdifferenz zwischen ausgesandtem und detektiertem Lichtstrahl. Durch ein Scannen des Messbereichs können die Abstandsinformationen der einzelnen Punkte zu einer 3D-Information des Messbereichs zusammengefügt werden. Anforderungen waren hier die die Bereitstellung von SWIR-Zeilensensoren mit besonders hoher elektrischer Bandbreite sowie die Einpassung in ein bestehendes NIR-Messsystem. Hierfür wurden neuartige Ge-on-Si-Zeilensensoren ausgehend von epitaktischen Ge-on-Si-Schichtstapeln entwickelt und hergestellt.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena
Forschungsgruppe "Hochdynamische 3D-Sensorik in erweiterten Spektralbereichen"

Dr. Stefan Heist



SICK AG
Dipl.-Ing. Axel Jahn



Institut für Halbleitertechnik
der Universität Stuttgart
Dr. Michael Oehme
Prof. Jörg Schulze

Hyper3D

HOCHDYNAMISCHE 3D-SENSORIK IN ERWEITERTEN SPEKTRALBEREICHEN

Sensorkopf des entwickelten SWIR-3D-Demonstrators, der auf der CES 2020 – einer der größten Fachmessen für Unterhaltungselektronik – in Las Vegas einer breiten Weltöffentlichkeit präsentiert werden konnte.



Problembeschreibung

Die optische 3D-Vermessung mittels Musterprojektion ist prädestiniert für die schnelle, genaue und berührungslose dreidimensionale Erfassung bewegter Objekte und Szenen. Dabei wird eine Musterfolge auf das diffus reflektierende Messobjekt projiziert und mit einer oder mehreren Kameras beobachtet. Die strukturierte Beleuchtung erlaubt die Detektion korrespondierender Bildpunkte und deren anschließende Triangulation. Üblicherweise wird dabei sichtbares Licht verwendet. Durch den Wechsel der Wellenlänge können Oberflächen, die im sichtbaren Spektrum unkooperativ sind, messbar werden. Zudem eröffnet die Verwendung erweiterter Spektralbereiche Möglichkeiten zur Bestimmung sowohl der Oberflächenform als auch der spektralen Eigenschaften von Objekten.

Ergebnisse des Vorhabens

Im Rahmen des Vorhabens wurde daher u. a. ein Messsystem entwickelt, mit dem die Form und die wellenlängenabhängige Reflexion makroskopischer Objekte als Funktion der Zeit mit hoher Auflösung und Genauigkeit bestimmt werden kann.

Die Entwicklung eines SWIR-3D-Sensors wiederum ermöglicht die sowohl irritationsfreie als auch augensichere Gesichtsvermessung, da das menschliche Auge speziell bei einer Wellenlänge von ca. 1450 nm unempfindlich ist. Darüber hinaus ist die Modulation der Streifenmuster im SWIR-Bereich nahezu unabhängig vom Hauttyp oder der Haarfarbe.

Ein ebenfalls im Rahmen des Vorhabens entwickelter Hochgeschwindigkeits-3D-Thermografie-Sen-

sor mitsamt daran angepasstem Kalibrierverfahren erlaubt die Untersuchung der Veränderung der Oberflächenform und Oberflächentemperatur extrem schneller Prozesse. Die Kombination aus Hochgeschwindigkeits-3D-Messung und -Thermografie ermöglicht nicht nur ein besseres Verständnis derartiger Vorgänge, sondern auch Temperaturkorrekturen durch Berücksichtigung der Winkelabhängigkeit des Emissionsgrads sowie die Reduktion des Einflusses von Temperaturmessfehlern durch Reflexionen aus der Messumgebung.

Im Rahmen umfangreicher Simulationen konnte zudem das für die High-Speed-Musterprojektion in erweiterten Spektralbereichen entwickelte Prinzip der GOBO-Projektion aperiodischer Sinusmuster optimiert werden. Mit dem erstellten Framework steht nun ein Werkzeug zum Design optimaler Masken zukünftiger GOBOprojektionsbasierter 3D-Messsysteme zur Verfügung. Die Übertragbarkeit der simulierten Ergebnisse auf reale Sensoren wurde experimentell bestätigt.

Beteiligte Partner



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Angewandte Physik
Dr. Stefan Heist (Projektleiter)
Martin Landmann



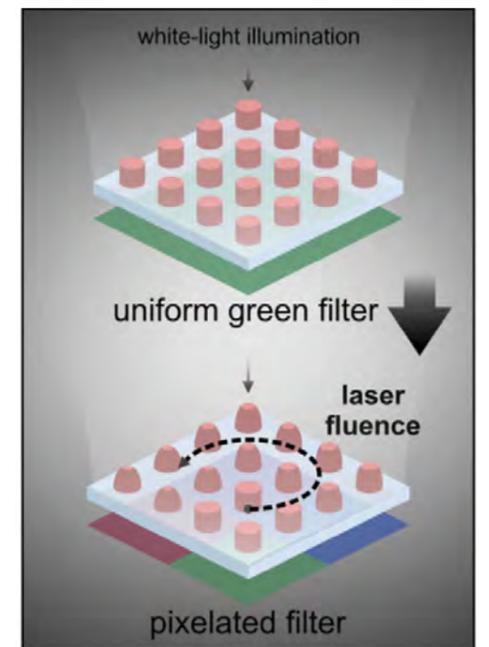
3Dsensation-Nachwuchsgruppe
„Augensichere 3D-Messtechnik im SWIR“
Dr. Martin Steglich (Projektleiter)
David Schmelz
Yueqian Zhang



TU Ilmenau

3Dtransform

TRANSFORMATIONSOPTIK FÜR MULTIDIMENSIONALE DETEKTION



Schematische Darstellung der lokalen Modifikation von nanostrukturierten Filterstrukturen durch Laserbestrahlung.

Problembeschreibung

Ziel des Projekts 3Dtransform ist es, weitverbreitete Standard-Kamerasysteme, welche auf hochentwickelten zweidimensionalen CCD- oder -CMOS-Sensoren basieren, durch Verwendung spezifisch designter Optiken in ihrer Funktionalität zu verbessern oder zu erweitern. Damit können die hervorragenden Eigenschaften hochoptimierter Sensoren, wie hohe Auflösung, Empfindlichkeit und Signal-zu-Rausch-Verhältnis, optimal ausgenutzt werden.

Zur Realisierung dieser Vision nutzt das Projekt 3Dtransform optische Elemente, deren Funktionalität durch nanostrukturierte optische Oberflächen, bestehend aus deterministisch angeordneten resonanten Nanopartikeln, bestimmt wird. Damit kann einerseits die Phase des transmittierten Lichts, andererseits aber auch dessen transmittierte oder reflektierte Intensität in Abhängigkeit von den Lichteigenschaften wie Wellenlängen oder Polarisation kontrolliert werden.

Ergebnisse des Vorhabens

Die Kontrolle des Transmissionsspektrums erlaubt es, sehr kleine RGB-Farbfiler zu realisieren, welchen mit sehr kleinen Pixelgrößen in modernen Kameras kompatibel sind. Wir konnten nun ein skalierbares Herstellungsverfahren für derartige Filter demonstrieren, welches auf der Modifikation der Filtereigenschaften durch Laserbestrahlung beruht. Dazu wurde eine homogene nanostrukturierte Oberfläche lokal mit Laserpulsen bestrahlt. Abhängig von der Pulsenergie induzieren diese Änderungen in den Materialeigenschaften der Nanostrukturen, wobei sich einerseits die Brechzahl, andererseits auch die

Form der Nanostrukturen beeinflussen lässt. Durch diese Modifikationen können die spektralen Eigenschaften der Farbfiler lokal mit hoher Genauigkeit und Flexibilität eingestellt und an einen spezifischen Einsatzzweck angepasst werden.

Daneben konnten erstmals Filterstrukturen hergestellt werden, welche sich für eine direkte Integration mit CCD-Kamerachips eignen. Die dafür genutzten Filterstrukturen basieren auf dielektrischen Nanostrukturen, welche in einen Fabry-Perot-Resonator aus dielektrischen Schichtspiegeln eingebracht wurden. Damit wurden schmalbandige Transmissionsmaxima realisiert. Derartig hergestellte Filterstrukturen können direkt auf die aktiven Strukturen in CCD-Sensoren aufgebracht werden. Die pixelierten Filterstrukturen können dafür genutzt werden, dass unterschiedliche Kamerapixel unterschiedliche Spektralbereiche des von einer Probe kommenden Lichts detektieren.

Projektbearbeitung



Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Abbe Center of Photonics
Dr. Frank Setzpfandt (Projektleiter)

Visualisierung von automatischer Landmarkenlokalisierung (grüne Punkte), Kopfposeschätzung (farbige Koordinatensysteme) und Intensitätsschätzung von Mimikbausteinen (Größe und Sättigung spiegeln geschätzte Intensität wieder; grün = Anheben der Mundwinkel, blau = Öffnen der Lippen, gelb = Heben der Augenbrauen, rot = Zusammenziehen der Augenbrauen)

Problembeschreibung

Die Allianz 3Dsensation verfolgt das Ziel, die Interaktion von Mensch und Maschine grundlegend zu verändern; die Interaktion soll natürlicher, intuitiver, sicherer und effizienter werden und sich an die Bedürfnisse und die Erfahrungen des Menschen anpassen. Wichtige Bestandteile dieser neuen Interaktion sind u.a. die berührungslose Bedienung von technischen Systemen mittels Gesten, sowie die Erkennung der Befindlichkeiten, der Aktivitäten und des Aufmerksamkeitsfokus des Nutzers. Hierfür muss das technische System das Verhalten des Menschen nicht nur sensorisch aufnehmen, sondern auch verstehen. D.h. 3D-Informationen müssen verarbeitet werden, um die Menschen darin zu lokalisieren, die Pose und Mimik abzuleiten und sie im zeitlichen Kontext bezüglich der jeweiligen Anwendung zu interpretieren.

Ziele des Vorhabens

Das Ziel der Nachwuchsforschungsgruppe „Human Behavior Analysis“ (HuBA) ist die Erforschung neuer und verbesserter Methoden der 3D-Informationsverarbeitung zum automatisierten Verstehen des menschlichen Verhaltens. Zum menschlichen Verhalten zählen wir hierbei alle äußerlich wahrnehmbaren Aktivitäten wie Körperhaltungen, Gesten und Mimik, die bewusst oder unbewusst gezeigt werden. Anhand des Verhaltens soll auch auf eventuell zugrundeliegende Befindlichkeiten des Menschen geschlossen werden. Aufbauend auf unseren Vorarbeiten werden die Probleme der Verfahren im aktuellen Stand der Technik und Wissenschaft analysiert, es werden

Lösungsansätze erarbeitet und experimentell an Benchmark-Datensätzen und prototypischen Online-Demonstratoren validiert.

Ergebnisse des Vorhabens

Bisherige Systeme zur Mimikererkennung sind nicht hinreichend robust gegenüber der Kopfpose und Teilverdeckungen des Gesichtes. Im Projekt wurden umfangreiche Untersuchungen zur Kopfpose-Problematik durchgeführt und eine Methode entwickelt, die aus der Bildebene gedrehte Köpfe frontalisiert, d.h. in frontale Ansichten überführt (siehe Abbildung). Diese Methode ermöglicht es auch mit überwiegend frontalen Datensätzen Mimikererkennungssysteme zu trainieren, die auf nicht frontal zur Kamera schauenden Gesichtern deutlich zuverlässiger funktionieren. Verbesserungen der Mimikererkennung konnten durch unsere Forschungen auch bei Verdeckungen und durch die Nutzung von 3D-Informationen erreicht werden. Mit unseren Algorithmen, die tiefe neuronale Netze nutzen, haben wir an der EmotioNet Challenge 2020 teilgenommen und den zweiten Platz erreicht (mit nur 0,05% Abstand zum Erstplatzierten aber 5,9% zum Drittplatzierten). Im zweiten Forschungsschwerpunkt, der Körperpose- und Gestenerkennung, wurde ein neues 3D-basiertes Körperposeschätzverfahren entwickelt, das als Ausgangspunkt für weiterführende Arbeiten zur Verbesserung der Pose- und Gestenerkennung, sowie der Erkennung von komplexem Verhaltenskategorien dient. Die im Projekt erarbeiteten Konzepte wurden zum Teil bereits im Anwendungskontext der automatisierten Schmerzerkennung evaluiert.

Quelle: <https://photo.com/ven/photo/734262> (© O. Lenz) & HuBA



Ergebnisse unserer 3D-Körperposeschätzung aus 2D Bildern



Frontalisierung von Gesichtern zur Verbesserung der Kopfposeinvarianz bei der Mimikererkennung

Quelle: LFW Database & HuBA

Bilder des „in-the-wild“-Datensatzes EmotioNet, der zahlreiche Herausforderungen für die Mimikererkennung abdeckt, u.a. verschiedene Kopfposen, Verdeckungen, Beleuchtungen und Bildqualitäten. In der internationalen EmotioNet Challenge 2020 mit diesem Datensatz haben wir den zweiten Platz erreicht (mit nahezu gleicher Erkennungsleistung wie das Gewinner-Team).

Projektbearbeitung



Fachgebiet Neuro-Informationstechnik,
Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Dipl.-Ing.-Inf. Philipp Werner (Projektleiter)

Von der Invention zur Innovation

Die hier gelisteten Veröffentlichungen und Patentanmeldungen bilden sowohl den umfangreichen wissenschaftlichen Output der Forschungsallianz, als auch den damit verbundenen Outreach und den Transfer von der Forschung bis zur wirtschaftlichen Verwertung ab. Mit über 300 wissenschaftlichen Publikationen und 40 Patentanmeldungen im Förderzeitraum konnte 3Dsensation einen erheblichen Beitrag für die Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion leisten.

Begleitende Forschungsmassnahmen

Innofo3D – Innovationsforschung 3Dsensation

Drescher, M., Pabst, R. & Mauroner, O. (2016). Open Innovation in KMU: Wie kleine Unternehmen von Open Innovation profitieren können. in:teract conference. Chemnitz.

Drescher, M., Pabst, R. & Mauroner, O. (2016). Open Entrepreneurial Orientation: The Influence of Entrepreneurial Orientation on Open Innovation Activities in SME. WOIC. Barcelona.

Drescher, M., Mauroner, O. & Pabst, R. (2017). Open Innovation in High-Tech SMEs: The Impact of Entrepreneurial Orientation. EURAM. Glasgow.

Pabst, R. (2017). How Universities, Research Institutes and Industry collaborate to foster Innovation in the Field of Human-Machine Interaction. Laser World of Photonics. München.

Pabst, R. (2017). Our Design Thinking Journey: Challenge: Scientific Contractor. d.confestival. Potsdam.

Drescher, M., Zorn, J., Mauroner, O. & Pabst, R. (2017). Open Innovation Practices in Small and Medium-sized High-Tech Enterprises: The Role of Digital Technologies. IECER. Siegen.

Pabst, R., Podlinski, V., Koch, L. (2019). Erfolgreiche Innovationsworkshops. Zusammenarbeit individuell und kreativ gestalten. Wiley.

Innofly3D – Innovations- und Technologietransfer

Pabst, R. et al. (2020): Wertschätzende Organisationsentwicklung, Wiley.

Pabst, R. et al. (2020). Context is king: Facilitation in innovation projects. A comparison between academic and industry projects, Journal of Innovation Management ,8 (3), 48-74.

Pabst, R. (2020). 3Dsensation Whitepaper. Die Zukunft der Forschungsallianz. Hand in Hand in die Zukunft: Mensch-Maschine-Interaktion 2025.

Gonera, A., Pabst R. (2019). The Use of Design Thinking in Transdisciplinary Research and Innovation Consortia: Challenges, Enablers and Benefits, Journal of Innovation Management, 7 (3), 96-122. https://doi.org/10.24840/2183-0606_007.003_0006

Pabst, R., et al. (2019). Oscillating Degrees of Openness in Open Innovation Projects in Research and Innovation Consortia. EURAM.

Pabst, R., Tyrasa, I., Gonera, A., Drescher, M. & Händschke, S. (2018). Temporal patterns of Open Innovation in Research and Innovation Collaborations. ISPIIM connects 2018.

Gonera, A., Pabst R. (2018). Design Thinking in Research Projects – Troublemaker or Gamechanger. ISPIIM connects 2018.

Zakoth, D., Mauroner, O., Emes, J. & Drescher, M. (2018). Makerspaces as Sources for Open Innovation: A Typology of Makers. WOIC 2018.

Pabst, R., Tyrasa, I., Gonera, A., Drescher, M. & Händschke, S. (2019). Oscillating Degrees of Openness in Open Innovation Projects in Research and Innovation Consortia. EURAM 2019.

Zakoth, D., Mauroner, O., Emes, J. & Drescher, M. (2019): Open Innovation in the era of makerspaces: How to integrate the innovation capabilities of makers. EURAM 2019

Pabst Tyrasa, I., Gonera, A., Drescher, M. & Händschke (2019). Setups for Process Facilitation in Innovation Projects. A comparison between academic and corporate projects. ISPIIM 2019.

Pabst, R., Tyrasa, I., Preuss, R. (2019). Technology incubators: The Provision of R&D infrastructure and its benefit on high-tech start-ups. ISPIIM 2019.

Zakoth, D., Mauroner, O., Emes, J. & Drescher, M. (2019). Makers for Open Innovation: Who are the Makers and how to integrate them in Innovation Processes. R&D Management Conference 2019.

MeGest-3D – Methodenforschung zur Gestaltung von MMI für 3D-Technologien

Dittrich, F.; Langer, D.; Bernhagen, M. (2018). Workshop: Virtual- und Augmented Reality-Anwendungen in der Arbeitswissenschaft. Einstieg, Erfahrungen und Potentiale, in: Wissen.Schaf(f)t Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung. GfA-Frühjahrskongress 2018.

Basisvorhaben

BASE – 3D-Sensorprinzipien – Studie zur branchenübergreifenden Anwendbarkeit von 3D-Sensorprinzipien - Round Robin Experiment 3D-Sensoren

Höhne, D.; Kühmstedt, P.; Notni, G. (2016). Die Qual der Wahl: Welcher Sensor passt zu mir? Eine Studie zur Bewertung von 3D-Sensoren und 3D-Sensorprinzipien im Kontext der Mensch-Maschine-Interaktion, in: Bullinger, A.C. (Hrsg.) (2016). 3D SENSATION - transdisziplinäre Perspektiven. Verlag aw&I Wissenschaft und Praxis. Chemnitz. 74-84.

Verbundvorhaben

MuSe3h – Grundlegende Musterprojektionsbasierte Sensorkonzepte für die hochauflösende, hochdynamische 3D-Erfassung

Lilienblum, E., Handrich, S. & Al-Hamadi, A. (2017). Low cost calibration of stereo line scan camera systems, in: Machine Vision Applications (MVA), 2017 Fifteenth IAPR International Conference on, IEEE, 322-325, 2017.

Lilienblum, E., & Al-Hamadi, A. (2017). Aktive 3D-Zeilensensorsysteme mit vergrößertem Höhenmessbereich, in: Tagungsband zum 20. Anwendungsbezogenen Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten (3D-Nordost), 33-42, 2017.

Lilienblum, E., & Al-Hamadi, A. (2018). Aktives Zeilenkamerasystem zur schnellen und präzisen Rekonstruktion dreidimensionaler Oberflächen in der Produktion, in: ITG-Fachbericht 281 zur 19. GMA/ITG-Fachtagung „Sensoren und Messsysteme“, 479-482, 2018.

Lilienblum, E. & Al-Hamadi, A. (2018). Pattern Optimization for 3d Surface Reconstruction With an Active Line Scan Camera System, in: IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), October 7-10, 2018.

Lilienblum, E., Handrich, S., & Al-Hamadi, A. (2017). Low cost calibration of stereo line scan camera systems, in: Fifteenth IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA), 322–325. <https://doi.org/10.23919/MVA.2017.7986866>

Lilienblum, E., Al-Hamadi, A. (2018). Aktives Zeilenkamerasystem zur schnellen und präzisen Rekonstruktion dreidimensionaler Oberflächen in der Produktion, in: 19. ITG-/GMA-Fachtagung Sensoren und Messsysteme.

Stark, A., Wong, E., Weigel, D., Babovsky, H., Schott, T. & Kowarschik, R. (2016). Subjective speckle suppression in laser-based stereo photogrammetry. Optical Engineering, 55(12). doi:10.1117/1.OE.55.12.121713

Kowarschik, R., Babovsky, H., Stark, A. (2019). Verfahren zur 3D-Vermessung von Objekten durch kohärente Beleuchtung (DE 10 2017 007 189.6). Deutsches Patent- und Markenamt. <https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/register?AKZ=1020170071896>

cSoC-3D – Echtzeitfähige 3D-Datenverarbeitung auf kaskadierten, analog-digitalen customized System on a Chip (cSoC)-Architekturen

Döge, J., Hoppe, C., Reichel, P., Peter, N., Reichel, A. & Skubich, C. (2021). 13'000 FPS Vision System-on-Chip with Mixed-Signal Compressed Sensing, in: Proceedings of the 2021 International Image Sensor Workshop, IISW2021, Sept 20-23.

ROTATOR – Dreidimensionale out-of-stock-Erfassung mittels autonomer mobiler Roboter

Lewandowski, B., Liebner, J., Wengefeld, T., Müller, S. & Gross, H.-M. (2019). A Fast and Robust 3D Person Detector and Posture Estimator for Mobile Robotic Applications, in: IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, Canada, 4869-4875, IEEE 2019.

Wengefeld, T., Lewandowski, B., Seichter, D., Pfennig, L. & Gross, H.-M. (2019). Real-time Person Orientation Estimation using Colored Pointclouds., in: Europ. Conf. on Mobile Robotics (ECMR), Prague, Czech Republic, 7 pages, IEEE 2019.

Wengefeld, T., Müller, St., Lewandowski, B. & Gross, H.-M. (2019). "A Multi Modal People Tracker for Real Time Human Robot Interaction.", in: IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), New Delhi, India, 8 pages, IEEE 2019.

Lewandowski, B., Seichter, D., Wengefeld, T., Pfennig, L., Drumm, H. & Gross, H.-M. (2019). "Deep Orientation: Fast and Robust Upper Body Orientation Estimation for Mobile Robotic Applications.", in: IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), Macau, pp. 441-448, IEEE 2019.

Müller, S., Wengefeld, T., Trinh, T. Q., Aganian, D., Eisenbach, M. & Gross, H.-M. (2020). A Multi-Modal Person Perception Framework for Socially Interactive Mobile Service Robots., in: Sensors, 20 (3), 722. <https://doi.org/10.3390/s20030722>

Wengefeld, T., Höchemer, D., Lewandowski, B., Köhler, M., Beer, M. & Gross, H.-M. (2020). A Laser Projection System for Robot Intention Communication and Human Robot Interaction., to be published in: IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN).

Lewandowski, B., Wengefeld, T., Müller, S., Jenny, M., Glende, S., Schröter, C., Bley, A. & Gross, H.-M. (2020). ROTATOR: Socially Compliant Human-Robot Interaction for Autonomous Shelf Out-of-Stock Detection in Supermarket Environments, to be published in: IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN).

Seichter, D., Lewandowski, B., Höchemer, D., Wengefeld, T. & Gross, H.-M. (2020). Multi-Task Deep Learning for Depth-based Person Perception in Mobile Robotics, to be published in: IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS).

Bley, A., Baake, S., Martin, Ch., Schröter, Ch., Trabert, J., Ulbrich, S. (o. J.). System und Verfahren zur Erkennung und Vermeidung von Bildfehlern (DE 10 2021 116 177.0). Deutsches Patent- und Markenamt.

EASY COHMO – Ergonomics Assistance Systems for Contactless Human-Machine-Operation

Saxen, F., Handrich, S., Werner, P., Othman, E. & Al-Hamadi, A. (2019). Detecting Arbitrarily Rotated Faces For Face Analysis, in: IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2019.

Werner, P., Saxen, F., Al-Hamadi, A. (2017). Landmark based head pose estimation benchmark and method, in: 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), IEEE, 3909–3913. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8297015>

Werner, P., Saxen, F., Al-Hamadi, A., Yu, H. (2019). Generalizing to Unseen Head Poses in Facial Expression Recognition and Action Unit Intensity Estimation, in: IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG 2019). IEEE, Lille, France.

Saxen, F., Werner, P., Handrich, S., Othman, E., Dinges, L. & Al-Hamadi, A. (2019). Face Attribute Detection with MobileNetV2 and NasNet-Mobile, in: 11th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA), 176–180, 2019.

Saxen, F., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2018). Real vs. Fake Emotion Challenge: Learning to Rank Authenticity from Facial Activity Descriptors, in: Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, ICCVW 2017. <https://doi.org/10.1109/ICCVW.2017.363>

Vehar, D., Nestler, R., Franke, K.-H. (2019). 3D-EasyCalib™: Toolkit zur geometrischen Kalibrierung von Kameras und Robotern, in: 22. Anwendungsbezogener Workshop 3D-NordOst 2019, GFal e. V. Berlin.

You, F., Khakhar, R., Picht, T. & Dobbstein, D. (2020). VR Simulation of Novel Hands-Free Interaction Concepts for Surgical Robotic Visualization Systems, in: International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, 440-450, Springer, Cham.

Khakhar, R., You, F., Chakkalakal, D., Dobbstein, D. & Picht, T. (2021). Hands-free Adjustment of the Microscope, in: Micro-neurosurgery. World Neurosurgery, 148, e155-e163.

You, F., Dobbstein, D., & Saur, S. Method of operating a surgical microscope and surgical microscope. U.S. Patent Application No. 17/322,784.

You, F., Dobbstein, D., & Saur, S. Method of operating a surgical microscope and surgical microscope. U.S. Patent No. 11,048,072. 29 Jun. 2021.

You, F., Dobbstein, D., & Saur, S. Method of operating a surgical microscope and surgical microscope. U.S. Patent Application No. 16/732,195.

You, F., Dobbstein, D., & Saur, S. Method of operating a surgical microscope and surgical microscope. U.S. Patent Application No. 16/732,162.

You, F., Dobbstein, D., & Saur, S. Method of operating a surgical microscope and surgical microscope. U.S. Patent Application No. 16/732,218.

Vehar, D., Nestler, R., Franke, K.-H. (2019). Scene based camera pose estimation in Manhattan worlds, in: Proceedings Volume 11144, Photonics and Education in Measurement Science 2019. <https://doi.org/10.1117/12.2530875>

You, F., Khakhar, R., Picht, T., Dobbstein, D. (2020). VR Simulation of Novel Hands-free Interaction Concepts for Surgical Robotic Visualization Systems, in: Martel, A., et. al. (2020). Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention: MICCAI 2020.

Gard, N., Hilsman, A., Eisert, P. (2019). Projection Distortion-based Object Tracking in Shader Lamp Scenarios, in: IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 25 (11), 3105-3113. doi: 10.1109/TVCG.2019.2932223

3D-FINDER – Robuste Generische 3D-Gesichtserfassung für Authentifizierung und Identitäts-Prüfung

Kossack, B., Wisotzky, E., Hilsman, A., Eisert, P. (2019). Local Remote Photoplethysmography Signal Analysis for Application in Presentation Attack Detection, in: Vision, Modeling and Visualization (VMV), 10 (1), 135–142. <https://doi.org/10.2312/vmv.20191327>

3DIMiR – Von der Angst zum Vertrauen: 3D-Interaktion zwischen Mensch und industriellen Robotern

Handrich, S., Dinges, L., Al-Hamadi, A., Werner, P. & Aghbari, Z. A. (2020). Simultaneous Prediction of Valence/Arousal and Emotions on AectNet, A-Wild and AFEW-VA, in: The 3rd International Conference on Emerging Data and Industry 4.0 (EDI40), 2020.

Saxen, F., Werner, P., Handrich, S., Othman, E., Dinges, L. & Al-Hamadi, A. (2019). Face Attribute Detection with MobileNetV2 and NasNet-Mobile, in: 11th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA) 2019, 176–180.

Handrich, S., Dinges, L., Al-Hamadi, A. & Wachmuth, S. (2019). Simultaneous Prediction of Valence / Arousal and Emotion Categories in Real-time, in: International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA), 2019.

Saxen, F., Handrich, S., Werner, P., Othman, E. & Al-Hamadi, A. (2019). Detecting Arbitrarily Rotated Faces For Face Analysis, in: IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2019.

Handrich, S.; Waxweiler, P.; Werner, P.; Al-Hamadi, A. (2018). 3D human pose estimation using stochastic optimization in real time, in: 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP).

Handrich, S., Dinges, L., Al-Hamadi, A., Werner, P., Saxen, F., Al Aghbari, Z. (2020). Simultaneous Prediction of Valence / Arousal and Emotion Categories and its Application in an HRC Scenario, in: Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing (JAIHC), 2020.

Bdiwi, M., Winkler, L., Putz, M. (2018): Enhanced robot control based on mental states: Toward fulltrust interaction between humans and industrial robots. International Conference on intelligent robots and systems, Madrid.

Legler, F., Langer, D., Dittrich, F. & Bullinger, A.C. (2019). I don't care what the robot does! Trust in automation when working with a heavy - load robot. (Vortrag). Nantes.

Legler, F., Langer, D., & Dittrich, D. (2019). Angst und Vertrauen in der Mensch-Roboter-Kollaboration bei Erstkontakt mit industrieller Schwerlastrobotik. (Vortrag). Chemnitz.

Uro-MDD – Panorama-Endoskopie und faseroptische Spektroskopie in der Urologie zur Karzinomdiagnostik

Becker, W., Bergmann, A., Suarez Ibarrola, R., Müller, P.F., Braun, L. (2019). Metabolic imaging by simultaneous FLIM of NAD(P)H and FAD, in: Proc. SPIE BIOS, 10882, 100820B.

Hackner, R., Grund, K.E., Franz, D., Müller, P.F., Lemke, N., Wittenberg, T. (2019). Evaluation of different bladder phantoms for panoramic cystoscopy, in: Burgert, O., Hirt, B. (2019). Proceedings 18. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie (CURAC 2019), 19.-20.09.2019 in Reutlingen, 247-252. https://www.curac.org/images/advportfoliopro/images/CURAC2019/Tagungsband_Reutlingen.pdf

Wilhelm, K., Müller, P., Wittenberg, T., Braun, L., Krafft, C. (2019). Endoscopic panoramic imaging and multidimensional diagnostics in the urinary bladder, in: Proceedings SMIT, 10.-11.12.2019 in Heilbronn. https://smit2019.com/inhalt/uploads/2019/09/SMIT19-HP_Wiss_Web.pdf

Hackner, R., Raithel, M., Lehmann, E., Wittenberg, T. (2020). Deep-learning based reconstruction of the stomach from monoscopic video data. Proceedings BMT Konferenz 29.9.-1.10.2020 in Leipzig.

Wittenberg, T., Becker, W., Bocklitz, T., Braun, L., Hackner, R., Lemke, N., Miernik, A., Pohlmann, P.F., SuarezIbarrola, R., Krafft, C. (2020). First results of computer-enhanced optical diagnosis of bladder cancer, in: Proceedings BMT Konferenz

29.9.- 1.10.2020 in Leipzig.

Krafft, C., Guo, S., Bocklitz, T., Bronsert, P., Miernik, A., Popp, J. (2020). Raman Spectroscopy to Characterize Bladder Tissue for Multidimensional Diagnostics of Cancer in Urology, in: Proceedings BMT Konferenz 29.9.-1.10.2020 in Leipzig.

3D-KOSYMA – Kollaboratives, ortsflexibles Prüfsystem mit Mensch Maschine Interaktion für die 3D-Qualitätssicherung

Fraunhofer IFF Magdeburg:

Sauer, S.; Berndt, D. (2018). Optische Montageprüfung unter Nutzung intelligenter Algorithmen, in: Paul, L., Hohnhäuser, B., Stanke, G. & Pochanke, M. (2018). 3D-NordOst 2018, 21. Anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten. Berlin, 35–42.

Sauer, S., Guttek, P., Berndt, D. (2018). GPU-beschleunigte Simulation von Lasertriangulationssensoren, in: Jasperneite, J. & Lohweg, V. (2020): Kommunikation und Bildverarbeitung in der Automation. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 218–232.

Sauer, S., Heizmann, M. (2018). Fast Optical Multi-Sensor Simulation with Application to Quality and Assembly Inspection, in: Jähne, B. (2019). 3rd European Machine Vision Forum (EMVF), Bologna.

Sauer, S., Dunker, T., Heizmann, M. (2019). Ein Framework zur Simulation optischer Sensoren, in: 20. GMA/ITG-Fachtagung. Sensoren und Messsysteme 2019. Unter Mitarbeit von Reiner Tutsch und Andreas Schütze. 20. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2019. Nürnberg, Germany, 6/25/2019–6/26/2019. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: AMA Service GmbH, Von-Münchhausen-Str. 49, 31515 Wunstorf, 35–42.

Berndt, D., Sauer, S., Dunker, T. (2019). Übereinandergelegt. Digitale Modelle ermöglichen Montageassistenz und -prüfung bei kleinen Losgrößen und hoher Variantenvielfalt, in: Inspect (6), 54–56.

Sauer, S., Dunker, T., Heizmann, M., Berndt, D. (2019). Simulation-based Assistance for Manual Optical Inspection Tasks, in: Jähne, B. (2019). 4th European Machine Vision Forum (EMVF), Lyon.

Berndt, D., Haase, T., Woitag, M., Warschewske, F., Sauer, S. (2019). Kognitive Arbeitssysteme: Digitale Assistenzsysteme unterstützen die Montage komplexer Baugruppen, in: Goldau, H., Stolze, R. (Hrsg.) (2017). Sensitive Fertigungstechnik. Tagungsband der 4. Fachtagung 2017. Shaker Verlag. Aachen. 29–38.

Sauer, S., Heizmann, M., Berndt, D. (2020). Ein Portal zur interaktiven geometrischen Inspektion großer mechanischer Bauteile, in: Längle, T., Heizmann, M. und Langle, T. (Hrsg.) (2020): Forum Bildverarbeitung 2020, 8, 119–130. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000124383>

Sauer, S., Heizmann, M., Berndt, D. (2021). Kombinierte Augmented Reality und 3D-Vermessung zur Inspektion großer mechanischer Bauteile, in: Fröhlich, T., Zagar, B. (Hrsg.) (2021): tm - Technisches Messen, 88 (6), S. 386–395. <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000124383>

SQB GmbH:

Lübbecke, S. (2020). QUALILEO: Ein Prüfsystem kann sehen und lernen!, in: TRANSFER, 16 (2), 78–79. <https://transfermagazin.steinbeis.de/?p=8175>

Strategische Einzelmaßnahmen

W3D – Wärmebildbasierter 3D-Scanner

Brahm, A., Reetz, E., Schindwolf, S., Correns, M., Kühmstedt, P., Notni, G. (2016). 3D shape measurement with thermal pattern projection, in: Adv. Opt. Techn., 5 (5–6), 405–413.

Idee-Inventions-Innovationsvorhaben (I³-Projekte)

DiRLas – Untersuchungen zur Visualisierung von 3D-Objekten im freien Raum mittels Laser

Kammel, R., Schade, L., Ackermann, R. & Nolte, S. (2016). Generation of 3D objects in free space using ultrashort laser pulses, in: Laser Display and Lighting Conference LDC, Jena, 2016.

Kammel, R., Schade, L., Ackermann, R. & Nolte, S. (2016'). Generation of 3D objects in free space using ultrashort laser pulses, in: Laser Display and Lighting Conference LDC, Jena, 2016.

LichtPro3D – Optisches Messverfahren mit räumlich verteilten Licht-Projektionen

Lilienblum, E. & Al-Hamadi, A. (2018). Pattern Optimization for 3d Surface Reconstruction With an Active Line Scan Camera System, in: IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2018, 3159–3163.

Lilienblum, E., Al-Hamadi, A. (2016). Vorrichtung und Verfahren zur optischen Vermessung von dreidimensionalen Oberflächen (DE10 2016 119 819B3). Deutsches Patent- und Markenamt. <https://depatisnet.dpma.de/DepatisNet/depatisnet?action=bidat&docid=DE102016119819B3>

UVLAS – Laserbasierte Stereophotogrammetrie zur Vermessung spiegelnder Metalloberflächen mit Speckles im UV-Bereich

Kowarschik, R., Babovsky, H., Stark, A. (2021). Verfahren zur 3D-Messung von Oberflächen (DE 10 2021 001 366.2). Deutsches Patent- und Meldeamt.

Stark, A., Wong, E., Babovsky H. & Kowarschik, R. (2019). Subjective speckle suppression for 3D measurement using one-dimensional numerical filtering, in: Opt. Eng., 58 (34), 9473-9483.

Stark, A., Wong, E., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2020). Projektion von Laser-Speckles zur 3D-Vermessung von Oberflächen, Photogrammetrie-Laserscanning-Optische 3D-Messtechnik-Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2020, 14–21.

EndoS3D – Endoskopische, speckle-basierte 3D-Vermessung

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Stark, A., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2019). Optimization-based extrinsic calibration of a three-dimensional sensor composed of an array projector and a single camera, in: Opt. Eng. 58(10), 104109. <https://doi.org/10.1117/1.OE.58.10.104109>

Stark, A., Wong, E., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2019).

Subjective speckle suppression for 3D measurement using one-dimensional numerical filtering, in: *Opt. Eng.*, 58(34), 9473–9483.

Stark, A., Wong, E., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2020). Projektion von Laser-Speckles zur 3D-Vermessung von Oberflächen, in: *Photogrammetrie-Laserscanning-Optische 3D-Messtechnik-Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2020*, 14–21.

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Stark, A., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2021). View-synthesized 'recalibration' of an array projector for 3D measurement from an arbitrary monocular view, in: *Opt. Lasers Eng.* 141, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2021.106559>

SS3D++ – Single Sensor 3D ++

Seibold, C., Hilsmann, A. & Eisert, P. (2017). Model-Based Motion Blur Estimation for the Improvement of Motion Tracking, *CVIU*, 2017.

Janik, M., Gard, N., Hilsmann, A., Eisert, P. (2021). Zero-on-Shape: A Generic 2D-3D Instance Similarity Metric learned from Synthetic Data, *ICIP*, 2021.

Graduiertenforschungkolleg

Spec3D – Beitrag zur hyperspektralen 3D-Oberflächenerfassung und -verarbeitung für die industrielle Bildverarbeitung

Zhang, C., Rosenberger, M., Breitbarth, A., Notni, G. (2016). A novel 3D multispectral vision system based on filter wheel cameras, in: *Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques*, Chania, Greece, 04.-06.10.2016, 267-272.

Zhang, C., Rosenberger, M., Breitbarth, A., Notni, G. (2017). Wavelength dependency of optical 3D measurements at translucent objects using fringe pattern projection, in: *Proc. of SPIE*, 10220, 1022007, 2017.

Heist, S., Zhang, C., Reichwald, K., Kühmstedt, P., Notni, G., Tünnermann A. (2018). 5D hyperspectral imaging: fast and accurate measurement of surface shape and spectral characteristics using structured light, in: *Optics Express*, 26(18), 23366-23379, 2018.

Zhang, C., Breitbarth, A., Rosenberger, M., Notni, G. (2018). 3D model based shading correction for the enhancement of multispectral colour measurement accuracy, in: *Journal of physics: Conference Series*, 1065, 032008, 2018.

Zhang, C., Brahm, A., Breitbarth, A., Rosenberger, M., Notni, G. (2018). Single-frame three-dimensional imaging using spectral-coded patterns and multispectral snapshot cameras, in: *Optical Engineering*, 57(12), 123105, 2018.

Zhang, C., Rosenberger, M., Notni, G. (2019). 3D multispectral imaging system for contamination detection, in: *Proc. of SPIE*, 11056, 1105618, 2019.

Zhang, C., Dittrich, P.-G., Rosenberger, M., Notni, G. (2019). Simulation-based investigation on optical 3D surface measurement with composite spectral patterns, in: *Proc. of SPIE*, 11144, 1114400, 2019.

3DPersA – Hybride Verfahren zur 3D Personenwahrnehmung für die soziale Assistenzrobotik in öffentlichen und

häuslichen Einsatzszenarien

Wengefeld, T., Eisenbach, M., Trinh, T. Q., Gross, H.-M. (2016). May I be your Personal Coach? Bringing Together Person Tracking and Visual Re-identification on a Mobile Robot, in: *Proc. Int. Symposium on Robotics (ISR)*, Germany, 141–148, VDE Verlag, 2016, Munich.

Wengefeld, T., Lewandowski, B., Gross, H.-M. (2016). Detektion gestürzter Personen in häuslicher Einsatzumgebung, in: *Proc. Interact Conference 2016, Awi&I-Wissenschaft & Praxis 2016*.

Lewandowski, B., Wengefeld, T., Gross, H.-M. (2017). I See You Lying on the Ground - Can I Help You? Fast Fallen Person Detection in 3D with a Mobile Robot, in: *IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, Lisbon, Portugal, 74–80, IEEE 2017.

Wengefeld, T., Müller, S., Lewandowski, L., and Gross, H.-M. (2019). A Multi Modal People Tracker for Real Time Human Robot Interaction, in: *IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, New Delhi, India, 8 pages, IEEE 2019.

Wengefeld, T., Lewandowski, L., Seichter, D. & Gross, H.-M. (2019). Real Real-time Person Orientation Estimation using Colored Pointclouds, in: *Europ. Conf. on Mobile Robotics (ECMR)*, Prague, Czech Republic, 7 pages, IEEE 2019.

Lewandowski, B., Liebner, J., Wengefeld, T. & Gross, H.-M. (2019). A Fast and Robust 3D Person Detector and Posture Estimator for Mobile Robotic Applications, in: *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA)*, Montreal, Canada, 4869–4875, IEEE 2019.

Lewandowski, B., Seichter, D., Wengefeld, T. & Gross, H.-M. (2019). Deep Orientation: Fast and Robust Upper Body Orientation Estimation for Mobile Robotic Applications, in: *IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Macau, 441–448, IEEE 2019.

Wengefeld, T., Höchemer, D., Lewandowski, B., Köhler, M., Beer, M. & Gross, H.-M. (2020). A Laser Projection System for Robot Intention Communication and Human Robot Interaction, in: *Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, Naples, Italy, 259–265, IEEE 2020.

Wengefeld, T., Lewandowski, L., Seichter, D. & Gross, H.-M. (2021). Real-time Person Orientation Estimation and Tracking using Colored Point Clouds, *Robotics and Autonomous Systems (RAS)*, 135(2021), 1.

Vitalkam – Kontaktfreie kamerabasierte Messung von Vitalparametern mit verbesserter Störsicherheit

Rapczynski, M., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2016). Continuous Low Latency Heart Rate Estimation from Painful Faces in Real Time, in: *23th International Conference on Pattern Recognition*, 2016.

Rapczynski, M., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2016). Kontaktfreie kamerabasierte Messung der Herzrate in Echtzeit, in: *ininteract conference*, 2016.

Rapczynski, M., Zhang, C., Rosenberger, M. & Al-Hamadi, A. (2016). Multispektrale Vermessung der Haut zur Verbesserung kontaktloser Herzraterstschätzung, in: *22. Workshop Farbbildverarbeitung*, Ilmenau, 2016.

Rapczynski, M., Saxen, F., Werner, P. & Al-Hamadi, A. (2016). Der Einfluss von Hautfarbensegmentierung auf die kontaktfreie

Schätzung von Vitalparameter, *22. Workshop Farbbildverarbeitung*, Ilmenau, 2016.

Rapczynski, M., Werner, P., Saxen, F., & Al-Hamadi, A. (2018). How the Region of Interest Impacts Contact Free Heart Rate Estimation Algorithms, in: *25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2027–2031, IEEE, 2018.

Rapczynski, M., Zhang, C., Al-Hamadi, A., & Notni, G. (2018). A Multi-Spectral Database for NIR Heart Rate Estimation, in: *25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, 2022–2026, IEEE, 2018.

Rapczynski, M., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2019). Effects of Video Encoding on Camera Based Heart Rate Estimation, in: *Transactions on Biomedical Engineering*, 66(12), 3360–3370, IEEE, 2019. <https://doi.org/10.1109/TBME.2019.2904326>

Fiedler, M., Rapczynski, M., Al-Hamadi, A. (2020). Fusion-Based Approach for Respiratory Rate Recognition From Facial Video Images, in: *IEEE Access*, 8, 130036–130047, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008687>

geMAAP3D – Entwicklung eines geometrischen Modells zur Beschreibung von Multi-Apertur-Array-Projektoren für die 3D-Rekonstruktion

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2018). Calibration of an array projector used for high-speed three-dimensional shape measurements using a single camera, in: *Appl. Opt.* 57, 7570–7578, 2018. <https://doi.org/10.1364/ao.57.007570>

Stark, A., Wong, E., Weigel, D., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2018). Repeatable speckle projector for single-camera three-dimensional measurement, in: *Opt. Eng.*, 57(12), 120501, 2018. <https://doi.org/10.1117/1.OE.57.12.120501>

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Stark, A., Babovsky, H., & Kowarschik, R. (2019). Optimization-based extrinsic calibration of a three-dimensional sensor composed of an array projector and a single camera, in: *Opt. Eng.*, 58(10), 104109, 2019. <https://doi.org/10.1117/1.OE.58.10.104109>

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Stark, A., Babovsky, H., & Kowarschik, R. (2021). View-synthesized 're-calibration' of an array projector for 3D measurement from an arbitrary monocular view, in: *Opt. Lasers Eng.*, 141, 106559, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2021.106559>

Bräuer-Burchardt, C., Heist, S., Wong, E., Kowarschik, R. (2017). Verfahren und Vorrichtung zum berührungslosen Vermessen dreidimensionaler Oberflächenkonturen (DE 10 2017 220 720 A1). Deutsches Patent- und Markenamt. <https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/register?AKZ=1020172207205>

Stark, A., Wong, E., Weigel, D., Babovsky, H., Kowarschik, R. (2018). Verfahren zur strukturierten Beleuchtung (DE 10 2018 004 078.0). Deutsches Patent- und Markenamt. <https://register.dpma.de/DPMAregister/pat/register?AKZ=1020180040780>

3D-FastFeedback – Methoden zur ultraschnellen Detektion und Manipulation von ultrakurzen Lichtpulsen

Geib, N.C., Zilk, M., Pertsch, T. & Eilenberger, F. (2019). Common pulse retrieval algorithm: a fast and universal method to retrieve ultrashort pulses, in: *Optica* 6, 495- 505. <https://doi.org/10.1364/OPTICA.6.000495>

Geib, N.C., Zilk, M., Pertsch, T. & Eilenberger, F. (2019). Common Pulse Retrieval Algorithm: a Fast and Universal Method to Retrieve Ultrashort Pulses, in: *CLEO/Europe - EQEC*, Munich, 2019.

Geib, N.C., Knopf, H., Quyet Ngo, G., Pertsch, T., Eilenberger, F. (2020). Common Pulse Retrieval Algorithm: a Fast and Universal Method to Retrieve Ultrashort Pulses, in: *CLEO*, 2020.

Geib, N.C., Hollinger, R., Haddad, E., Herrmann, P., Légaré, F., Pertsch, T., Spielmann, C., Züch, M. & Eilenberg, F. (2020). Discrete dispersion scan setup for measuring few-cycle laser pulses in the mid-infrared, submitted, 2020.

StressSense – Anwendung optischer und textilbasierter Sensoren zur Detektion von Ermüdungs- und Stressparametern innerhalb ausgewählter Arbeitsszenarien

Buder, A., Nisser, M., Derlien, S., Smolenski, U.C. (2019). Nachweis von stufenweise induzierter mentaler Überforderung in objektiven und subjektiven Parametern, 65. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA), Dresden, 2019.

Buder, A., Nisser, M., Derlien, S., Hübscher, J., Smolenski U.C., (2018). 3Dsensation StressSense 2: Detektion von Stressparametern am Bildschirmarbeitsplatz, in: *Postersession 123, Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation (DGPMR)*, Jena, 2018.

Nisser, M., Derlien, S., Smolenski, U.C., Best, N. (2018). Messung der muskulären Beanspruchung mithilfe der Oberflächen-Elektromyographie bei verschiedenen PC Eingabegeräten: Vorstellung des Studiendesigns der Pilotstudie, in: *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*, 28(04), 231–234. <https://doi.org/10.1055/a-0606-5485>

Nisser, M., Derlien, S., Smolenski, U.C. (2018). Oberflächen-Elektromyographie zur Beanspruchungsmessung am Bildschirmarbeitsplatz. Welchen Mehrwert bringt die Analyse der muskulären Aktivität?, *Wirtschaftspsychologie*, 20(1).

3DGIM – 3D Gesichtsanalyse für Identifikation und Mensch-Maschine-Kommunikation

Paier, W., Hilsmann, A., Eisert, P. (2020). Interactive Facial Animation with Deep Neural Networks, in: *IET Computer Vision*, 14(3), 1–11, 2020. <http://dx.doi.org/10.1049/iet-cvi.2019.0790>

Paier, W., Hilsmann, A., Eisert, P. (2020). Neural Face Models for Example-Based Visual Speech Synthesis, in: *Proc. European Conference on Visual Media Production (CVMP)*, 1–10, London, UK, 2020 (best paper award). <https://doi.org/10.1145/3429341.3429356>

Paier, W., Hilsmann, A., Eisert, P. (2020). Example-Based Facial Animation of Virtual Reality Avatars using Auto-Regressive Neural Networks, in: *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41(4), 52–63, 2021. <https://doi.org/10.1109/MCG.2021.3068035>

3D-NanoVisual – Dreidimensionale Visualisierungssysteme auf Basis photonischer Nanostrukturen

Sperrhake, J., Decker, M., Falkner, M., Fasold, S., Kaiser, T., Staude, I. & Pertsch, T. (2019). Analyzing the polarization response of a chiral metasurface stack by semi-analytic modeling, in: *Opt. Express*, 27(2), 1236, 2019. <http://dx.doi.org/10.1364/OE.27.001236>

Sperrhake, J., Falkner, M., Fasold, S., Kaiser, T., Pertsch, T. (2019).

On the equivalence of reflection paths of light and Feynman paths in stacked metasurfaces, in: *Phys. Rev. B*, 102, 245108. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.102.245108>

Sperrhake, J., Decker, M., Falkner, M., Fasold, S., Kaiser, T., Staude, I., & Pertsch, T. (2019). Semi-analytic modeling of chiral metasurface stacks, in: *Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-EQEC)*, 1–1, 2019. <https://doi.org/10.1109/CLEOE-EQEC.2019.8871913>

Mod3D – Modellierung von Verhaltens- und Handlungsintentionenverläufen aus multimodalen 3D-Daten

Egorow, O., Wendemuth, A. (2019). On Emotions as Features for Speech Overlaps Classification, in: *IEEE Transactions on Affective Computing*, 2019. doi: 10.1109/TAFFC.2019.292579.

Egorow, O., Mrech, T., Weißkirchen, N., Wendemuth, A. (2019). Employing Bottleneck and convolutional features for speech-based physical load detection on limited data amounts, in: *Interspeech 2019*, 1666–1670, 2019. <http://dx.doi.org/10.21437/Interspeech.2019-2502>

Graduiertenforschungsverbund

HyperSense – Automatische Kontaktlose Stresserfassung in Echtzeit

Sperrhake, J., Nisser, M., Rapczynski, M., Zhang, C., Notni, G., Al-Hamadi, A., Pertsch, T. (2020). Verfahren und Vorrichtung zur kontaktfreien Bestimmung von zeitlichen Farb- und Intensitätsveränderungen bei Objekten (DE 10 2020 108 064.6). Deutsches Patent- und Markenamt. <https://register.dpma.de/DPMAREgister/pat/register?AKZ=1020201080646>

Sperrhake, J., Nisser, M., Rapczynski, M., Zhang, C., Notni, G., Al-Hamadi, A., Best, N. & Pertsch, T. (o. J.). A Monitoring system for non-contact, real-time nano-optical 3D-imaging of vital signs, in *Vorbereitung für NPJ Digital Medicine*.

Nachwuchsgruppen

3DSWIR – Augensichere 3D-Messtechnik im SWIR

Schmelz, D., Steglich, M., Zeitner, U. D., & Kley, E. B. (2017). Optical modeling of Ge-on-Si focal plane arrays with diffractive light coupling. *Proceedings of IRS² 2017*, 761–765, 2017. <https://doi.org/10.5162/irs2017/i1.5>

Steglich, M., & Puffky, O. (2017). Black silicon antireflection nanostructures, in: *Silicon Nanomaterials Sourcebook*, 397–416, CRC Press.

Steglich, M., Schmelz, D., Oehme, M. & Schulze, J. (2017). Strahlungsdetektierendes Halbleiterbauelement (DE 10 2017 120 499.7). Deutsches Patent- und Markenamt. <https://register.dpma.de/DPMAREgister/pat/register?AKZ=1020171204997>

Zhang, Y., & Gross, H. (2017). Systematic design of microscopic lenses, in: *International Optical Design Conference, IW4A-1*, Optical Society of America, 2017. <https://doi.org/10.1117/12.2287633>

Zhang, Y., Chen, Y. N., Gross, H., Hartmann, P. & Reichel, S. (2018). Investigation of striae tolerance in optical system, in: *Optical Design and Engineering*, VII(10690), 106900M, International Society for Optics and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.2309962>

[org/10.1117/12.2309962](https://doi.org/10.1117/12.2309962)

Schmelz, D., Steglich, M., Dietrich, K., Käsebier, T., & Zeitner, U. D. (2019). Black-silicon-structured back-illuminated Ge-on-Si photodiode arrays, in: *Integrated Optics: Design, Devices, Systems, and Applications*, V(11031), 1103109, International Society for Optics and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.2520432>

Schmelz, D., Steglich, M., Dietrich, K., Käsebier, T., & Zeitner, U. D. (2019). Back-illuminated normal-incidence Ge-on-Si photodetectors, in: *European Conference on Integrated Optics*.

Heist, S., Landmann, M., Steglich, M., Zhang, Y., Kühmstedt, P., & Notni, G. (2019). Pattern projection in the short-wave infrared (SWIR): accurate, eye-safe 3D shape measurement, in: *Dimensional Optical Metrology and Inspection for Practical Applications*, VIII, 10991, 109910J, International Society for Optics and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.2518205>

Schmelz, D., Dietrich, K., Steglich, M., Müller, A., Käsebier, T., & Zeitner, U. D. (2019). Si-microstructures for back-illuminated Ge-on-Si photodetectors, in: *DGaO-proceedings*.

Zhang, Y., & Gross, H. (2019). Systematic design of microscope objectives. Part I: System review and analysis, *Advanced Optical Technologies*, 8(5), 313–347. <https://doi.org/10.1515/aot-2019-0002>

Zhang, Y., & Gross, H. (2019). Systematic design of microscope objectives. Part II: Lens modules and design principles, *Advanced Optical Technologies*, 8(5), 349–384. <https://doi.org/10.1515/aot-2019-0013>

Zhang, Y., & Gross, H. (2019). Systematic design of microscope objectives. Part III: miscellaneous design principles and system synthesis, *Advanced Optical Technologies*, 8(5), 385–402. <https://doi.org/10.1515/aot-2019-0014>

Hyper3D – Hochdynamische 3D-Sensorik in erweiterten Spektralbereichen

Heist, S., Dietrich, P., Landmann, M., Kühmstedt, P., Notni, G. & Tünnermann, A. (2018). GOBO projection for 3D measurements at highest frame rates: a performance analysis, in: *Light: Science & Applications*, 7(1), 71, 2018.

Heist, S., Zhang, C., Reichwald, K., Kühmstedt, P., Notni, G. & Tünnermann, A. (2018). 5D hyperspectral imaging: fast and accurate measurement of surface shape and spectral characteristics using structured light, in: *Optics Express*, 26(18), 23366–23379, 2018.

Landmann, M., Heist, S., Dietrich, P., Lutzke, P., Gebhart, I., Templin, J., Kühmstedt, P., Tünnermann, A. & Notni, G. (2019). High-speed 3D thermography, in: *Optics and Lasers in Engineering*, 121, 448–455, 2019.

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2018). Calibration of an array projector used for high-speed three-dimensional shape measurements using a single camera, in: *Applied Optics*, 57(26), 7570–7578, 2018.

Dietrich, P., Heist, S., Landmann, M., Kühmstedt P. & Notni, G. (2019). BICOS—An Algorithm for Fast Real-Time Correspondence Search for Statistical Pattern Projection-Based Active Stereo Sensors, in: *Applied Sciences*, 9(16), 3330, 2019.

Landmann, M., Heist, S., Brahm, A., Schindewolf, S., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2018). 3D shape measurement by thermal fringe projection: optimization of infrared (IR) projection parameters, in: *Proc. SPIE*, 10667, 1066704, 2018.

Heist, S., Dietrich, P., Landmann, M., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2018). High-speed 3D shape measurement by GOBO projection of aperiodic sinusoidal fringes: a performance analysis, in: *Proc. SPIE*, 10667, 1066704, 2018.

Heist, S., Zhang, C., Reichwald, K., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2018). Generation and evaluation of hyperspectral 3D surface models based on a structured light system with hyperspectral snapshot mosaic sensors, in: *Proc. SPIE*, 10667, 1066704, 2018.

Notni, G., Bräuer-Burchardt, C., Heist, S., Brahm, A. & Kühmstedt, P. (2018). Irritationfree pattern projection system for accurate 3D face and body scans, in: *Journal of Physics: Conference Series*, 1044(1), 012040, 2018.

Brahm, A., Schindewolf, S., Landmann, M., Heist, S., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2018). 3D shape measurement of glass and transparent plastics with a thermal 3D system in the midwave infrared, in: *Proc. SPIE*, 10667, 106670D, 2018.

Landmann, M., Heist, S., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2019). 3D shape from thermal patterns: investigation of projection parameters in simulation and experiment, in: *Proc. SPIE*, 11056, 1105615, 2019.

Landmann, M., Heist, S., Dietrich, P., Lutzke, P., Gebhart, I., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2019). Multimodal sensor: highspeed 3D and thermal measurement, in: *IMEKO TC1-TC2*, 11144, 1114403, 2019.

Landmann, M., Heist, S., Dietrich, P., Lutzke, P., Gebhart, I., Templin, J., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2019). Simultaneous highspeed measurement of 3D surface shape and temperature, in: *Proc. SPIE*, 10991, 1099100, 2019.

Heist, S., Landmann, M., Steglich, M., Zhang, Y., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2019). Pattern projection in the shortwave infrared (SWIR): accurate, eyesafe 3D shape measurement, in: *Proc. SPIE*, 10991, 109910J, 2019.

Dietrich, P., Heist, S., Lutzke, P., Landmann, M., Grosmann, P., Kühmstedt, P. & Notni, G. (2019). Efficient correspondence search algorithm for GOBO projectionbased realtime 3D measurement, in: *Proc. SPIE*, 10991, 1099109, 2019.

Wong, E., Heist, S., Bräuer-Burchardt, C., Stark, A., Babovsky, H. & Kowarschik, R. (2019). Extrinsic calibration of a 3D sensor based on an array projector and a single camera, in: *Proc. SPIE*, 11056, 1105617, 2019.

HuBA – Human Behavior Analysis

Fiedler, M.-A., Werner, P., Khalifa, A., Al-Hamadi, A. (2021). SFPD: Simultaneous Face and Person Detection in Real-Time for Human-Robot Interaction, in: *Sensors* 21(17), 5918, 2021.

Rapczynski, M.; Werner, P., Handrich, S., Al-Hamadi, A. (2021). A Baseline for Cross-Database 3D Human Pose Estimation, in: *Sensors*, 21(11), 3769, 2021.

Pandya, N., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2020). Deep Facial Expression Recognition with Occlusion Regularization, in: *International Symposium on Visual Computing (ISVC)*, 2020.

Handrich, S., Waxweiler, P., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2018). 3D Human Pose Estimation Using Stochastic Optimization in Real Time, in: *IEEE International Conference on Image Processing*, 2018.

Othman, E., Saxen, F., Bershady, D., Werner, P., Al-Hamadi, A., Weimann, J. (2019). Predicting Group Contribution Behaviour

in a Public Goods Game from Face-to-Face Communication, in: *Sensors*, Juni 2019.

Saxen, F., Handrich, S., Werner, P., Othman, E., Al-Hamadi, A. (2019). Detecting Arbitrarily Rotated Faces for Face Analysis, in: *IEEE International Conference on Image Processing*, September 2019.

Werner, P., Lopez-Martinez, D., Walter, S., Al-Hamadi, A., Gruss, S., Picard, R. (2019). Automatic Recognition Methods Supporting Pain Assessment: A Survey, in: *IEEE Trans. on Affective Computing*, 2019.

Saxen, F., Werner, P., Handrich, S., Othman, E., Dinges, L. & Al-Hamadi, A. (2019). Face Attribute Detection with MobileNetV2 and NasNet-Mobile, in: *International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, 2019.

Handrich, S., Dinges, L., Al-Hamadi, A., Werner, P., Saxen, F., Al Aghbari, Z. (2021). Simultaneous Prediction of Valence / Arousal and Emotion Categories and its Application in an HRC Scenario, in: *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2021, 12, 57–73

Othman, E., Werner, P., Saxen, F., Al-Hamadi, A., Gruss, S., Walter, S. (2021). Automatic vs. Human Recognition of Pain Intensity from Facial Expression on the X-ITE Pain Database, in: *Sensors*, 2021.

Othman, E., Saxen, F., Werner, P., Al-Hamadi, A. & Walter, S. (2019). Cross-Database Evaluation of Pain Recognition from Facial Video, in: *International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, 2019.

Rapczynski, M., Werner, P., Al-Hamadi, A. (2019). Effects of Video Encoding on Camera Based Heart Rate Estimation, in: *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, März 2019.

Fiedler, M.-A., Rapczynski, M., Al-Hamadi, A. (2021). Facial video-based respiratory rate recognition interpolating pulsatile PPG rise and fall times, in: *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*, 2021.

Handrich, S., Dinges, L., Al-Hamadi, A., Werner, P., Al Aghbari, Z. (2020). Simultaneous Prediction of Valence/Arousal and Emotions on AffectNet, Aff-Wild and AFEW-VA, in: *International Conference on Emerging Data and Industry 4.0 (EDI40)*, 2020.

Dinges, L., Al-Hamadi, A., Hempel, T., Al Aghbari, Z. (2021). Using Facial Action Recognition to Evaluate User Perception in Aggravated HRC Scenarios, in: *12th Int'l Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA)*, 2021.

Strasdas, D., Hintz, J., Khalifa, A., Al-Hamadi, A. (2021). Robot System Assistant (RoSA): concept for an intuitive multi-modal and multi-device interaction system", 2nd IEEE International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS), 2021.

Werner, P., Saxen, F., Al-Hamadi, A. (2020). Facial Action Unit Recognition in the Wild with Multi-Task CNN Self-Training for the EmotioNet Challenge, in: *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Workshop, 2020.

Werner, P., Saxen, F., Al-Hamadi, A., Yu, H. (2019). Generalizing to Unseen Head Poses in Facial Expression Recognition and Action Unit Intensity Estimation, in: *IEEE International Conference on Face and Gesture Recognition (FG)*, 2019.

Werner, P., Al-Hamadi, A., Gruss, S., Walter, S. (2019). Twofold-Multimodal Pain Recognition with the X-ITE Pain Database, in: *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, Workshop, 2019.

Kennzahlen

Die Forschungsallianz 3Dsensation ist charakterisiert durch Interdisziplinarität und eine stark heterogene Konsortialstruktur mit aktuell 74 industriellen und akademischen Partnern. (Hinweis: die jeweiligen

Fraunhofer-Institute und die Fakultäten der Universitäten zählen getrennt.)

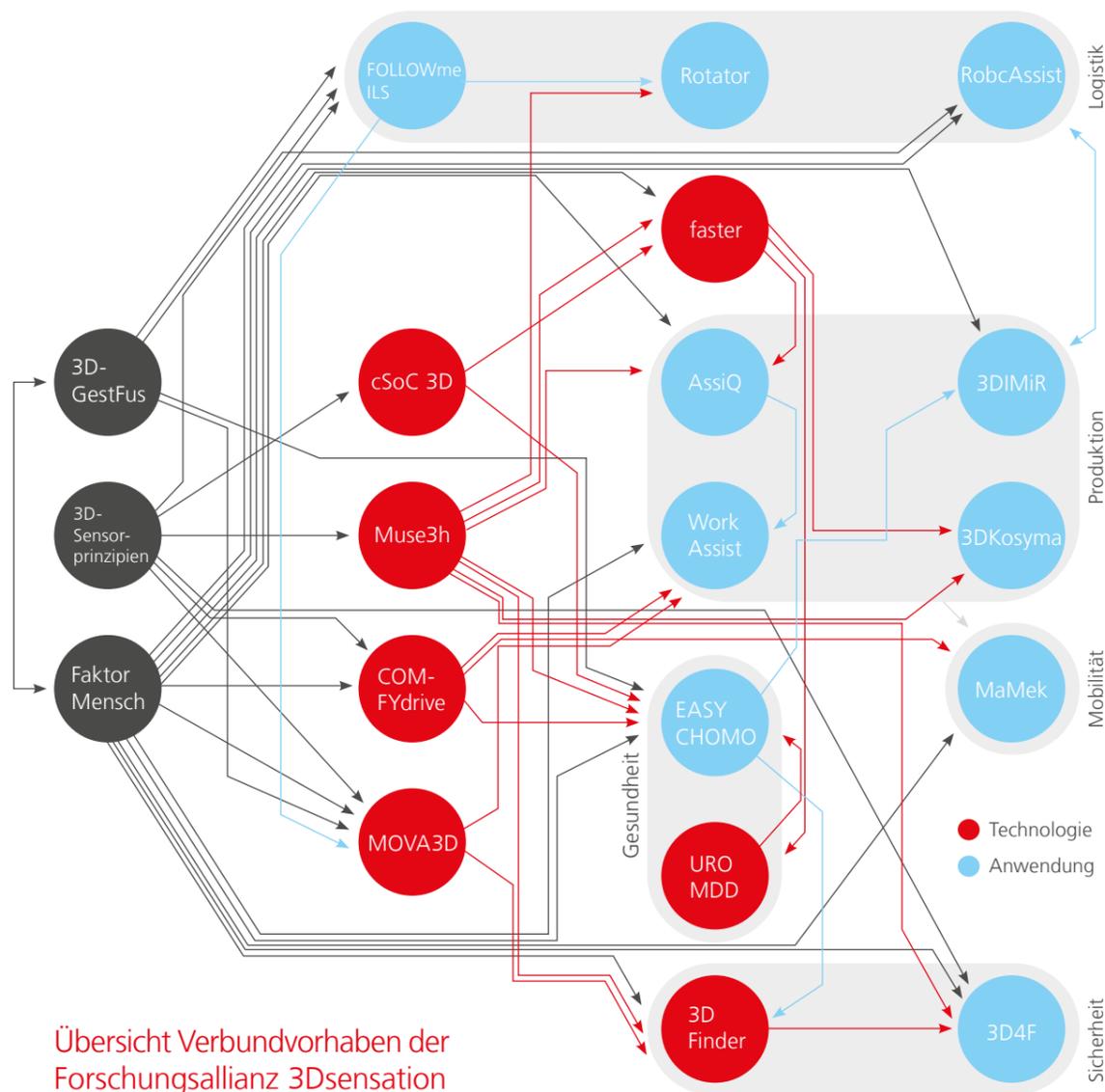
Die Koordinierungsstelle 3Dsensation erhebt alle projektrelevanten Kennzahlen der Allianz.

Basis
vorhaben

1.
Phase

2.
Phase

3.
Phase



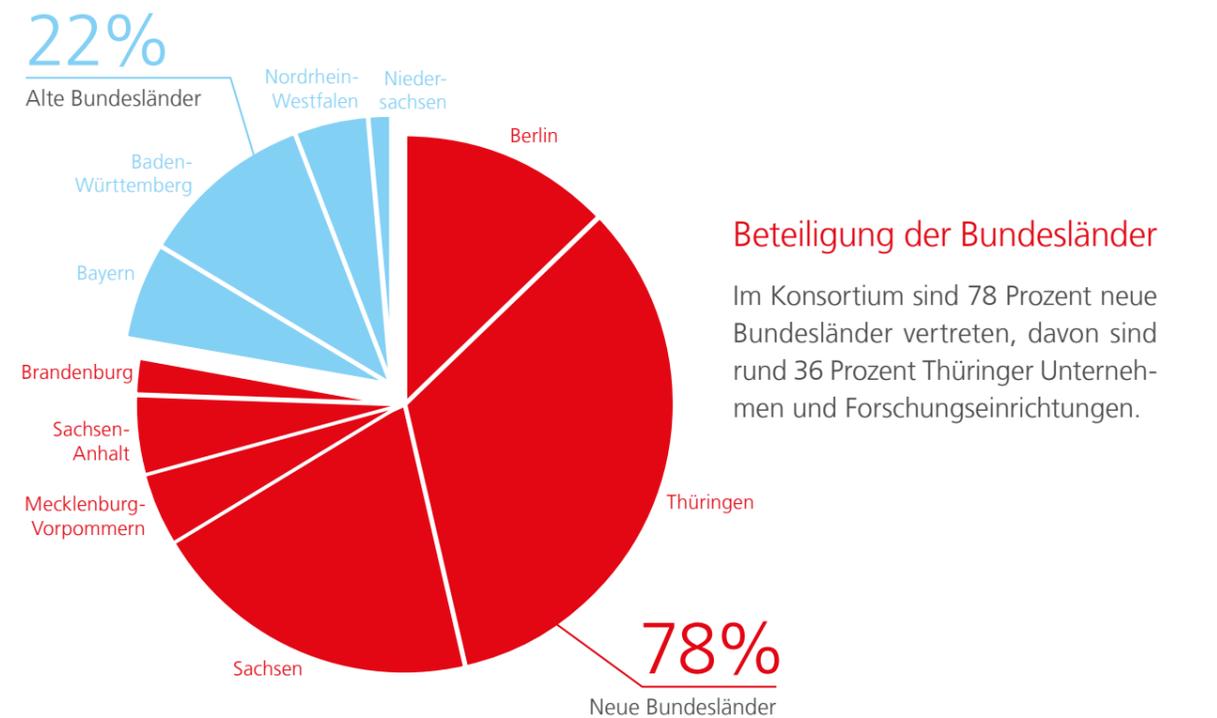
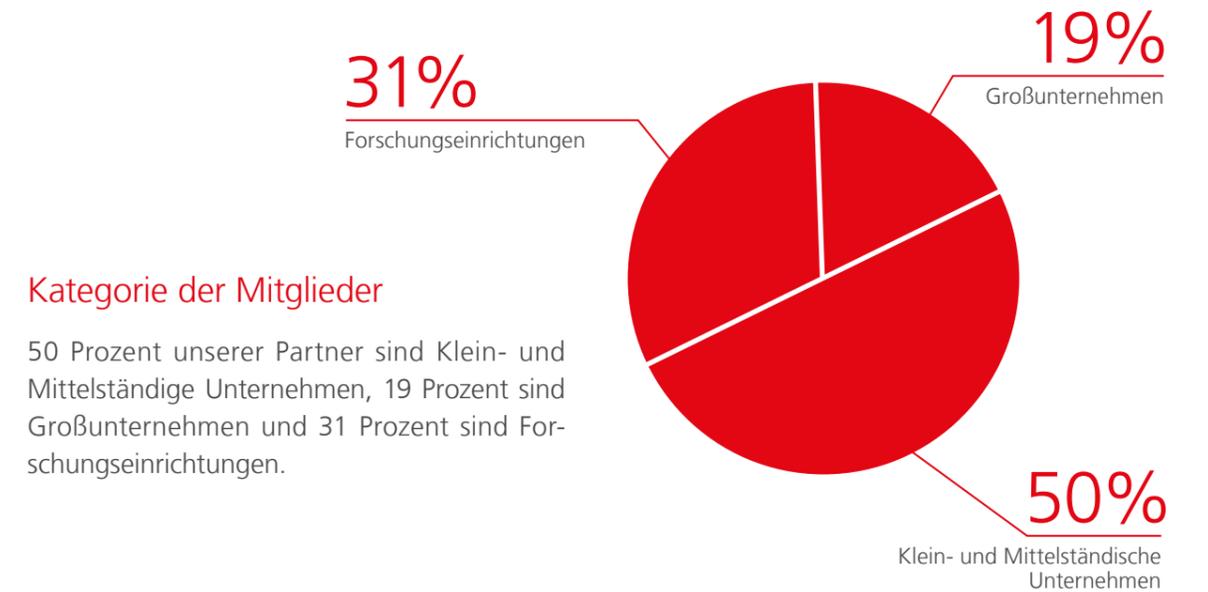
Übersicht Verbundvorhaben der Forschungsallianz 3Dsensation

100%
Technologie

80%
Technologie

56%
Technologie

100%
Technologie



Förderprogramm Zwanzig20

Partnerschaft für Innovation

Mit dem Förderprogramm »Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation« verfolgt das Bundesministerium für Bildung und Forschung das Ziel, die in ganz Ostdeutschland diversifizierten wissenschaftlichen, technologischen und unternehmerischen Kompetenzen zusammenzuführen. Durch interdisziplinäre und transektorale Vernetzung sollen so tragfähige überregionale und international sichtbare Innovationsstrukturen entstehen. Dabei stehen vor allem volkswirtschaftlich und gesellschaftlich bedeutsame

Herausforderungen im Vordergrund. Die beteiligten Unternehmen sollen dadurch befähigt werden, sich mit neuen Produkten und Dienstleistungen als Leitanbieter positionieren zu können. Für mittelständische Unternehmen bieten die Zwanzig20 Konsortien neue Möglichkeiten für interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke. Die Allianz 3Dsensation ist eines der zehn seit 2013 geförderten Zwanzig20-Konsortien.

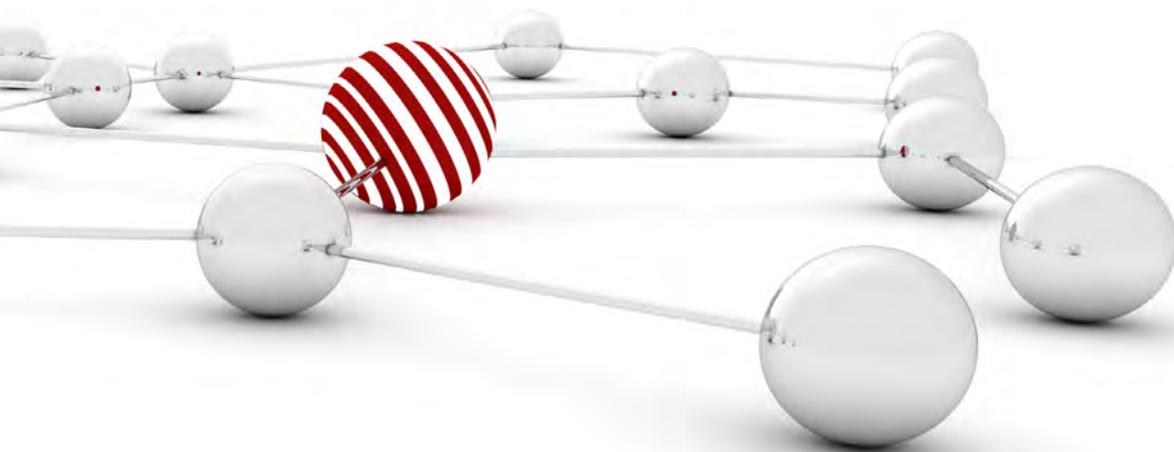
<https://www.unternehmen-region.de/de/7647.php>

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung





Impressum

Koordinierungsstelle 3Dsensation
c/o Fraunhofer-Institut für
Angewandte Optik und Feinmechanik
Albert-Einstein-Straße 7
07745 Jena

Telefon: +49 3641 807-257

Telefax: +49 3641 807-600

E-Mail: projekte@3D-sensation.de

www.3D-sensation.de

Redaktionsschluss: Oktober 2021

www.3D-sensation.de



Koordinierungsstelle Allianz 3Dsensation
c/o Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik
Albert-Einstein-Straße 7
07745 Jena