



MASCHINEN LERNEN VERSTEHEN 3D-Technologien für die Mensch-Maschine- Interaktion

Strategiebericht 2020

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 hoch qualifizierte Technologen. Aktuell arbeiten 87 Partner interdisziplinär an benutzerfreundlichen und anwendungsorientierten Lösungen für die Bereiche Gesundheit, Produktion, Mobilität und Sicherheit und konnten bereits weitreichende Erkenntnisse gewinnen.

Dass die Arbeit von 3Dsensation wichtige Bedarfsfelder adressiert, zeigte sich am hohen Medieninteresse sowie an der positiven Resonanz zu Messeauftritten. Auf der weltweit größten Fachmesse für Consumer Electronic »CES« in LAS Vegas präsentierte 3Dsensation Sensorsysteme aus den Graduierten- und Nachwuchsforschungsprojekten HyperSense und 3DSWIR, die durch ihren Neuheitsgrad und innovative technologische Ansätze überzeugen.

Weiterhin wurde das bisher erarbeitete Wissen aus der interdisziplinären Zusammenarbeit der Allianz auch in der aktuellen Pandemiephase rund um COVID-19 genutzt, um zur Bewältigung der Corona-Krise beizutragen. So fand das Projekt „3DecontaminAid“, das sich mit der Entwicklung eines Demonstrators zur Desinfektion von Oberfläche mittels UV-Beleuchtung beschäftigt, Anklang beim Bundesministerium für Bildung und Forschung und wird mit zusätzlichen Mitteln über einen Zeitraum von drei Jahren unterstützt.

Um die Erfolge von 3Dsensation an die Öffentlichkeit zu bringen erfolgte die Ausschreibung zum Innovationspreis 2020. Fünf Vorhaben haben sich um die Produktion eines Image-Videos beworben, das mittels professioneller Marketing-Begleitung entstehen und den Transfer der Forschungsarbeiten in die Praxis und Verwertungsmöglichkeiten forcieren soll.

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 und im 3Dsensation Whitepaper – Die Zukunft der Forschungsallianz, Hand in Hand in die Zukunft – Mensch-Maschine-Interaktion 2025 veröffentlicht.

Gemeinsam blicken wir auf die Zukunft der Mensch-Maschine-Interaktion. Die Erläuterung zukünftiger Forschungsvorhaben der Allianz 3Dsensation soll dazu motivieren, notwendige Schritte zu unternehmen, die eine weitere disziplinübergreifende Forschung ermöglichen.

Unser Dank gilt deshalb 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.

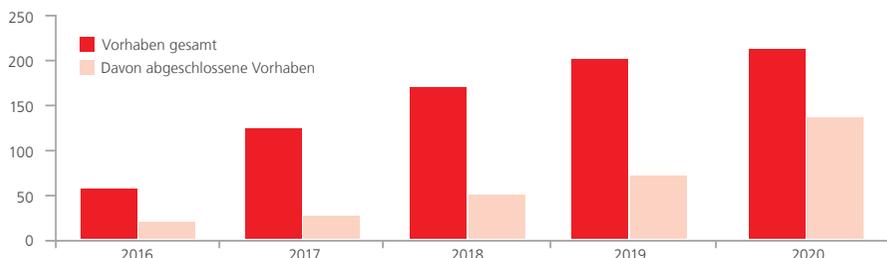
Analyse und Monitoring	04
Erfolgsmonitoring - Befragung der Vorhabenleiter 2019	04
Strategieprozess	06
Forschungsinfrastrukturen	06
Human-Machine-Interaction-Labs - HCD-Lab, Robo-Lab, Teching-Lab	08
3DTech-Lab - Prüflabor für 3D-Technologien	12
Innovationspreis 2020 - Einleitung	14
3DIMiR - Interview mit Dr. Mohamad Bdiwi	16
3DKosyma - Interview mit Dr. Tilo Lilienblum	18
3DLivingLab - Interview mit Martin Naumann	20
FollowMe - Interview mit Dr. Michael Kämpf	22
Rotator - Interview mit Dr. Andreas Bley	24
Maßnahmen zur Verstetigung von 3Dsensation	26
Verbundvorhaben	30
1.Call ComfyDrive - Integration von 3D-Fahrzeuginnenraum- und -umfelderfassung zur Steigerung des Nutzererlebnisses beim hochautomatisierten Fahren	34
1.Call cSoC-3D - Echtzeitfähige 3D-Datenverarbeitung auf kaskadierten, analog-digitalen customized System on a Chip (cSoC)-Architekturen	36
1.Call MOVA3D - Multimodaler Omnidirektionaler 3D-Sensor für die Verhaltensanalyse von Personen	38
2.Call EASY COHMO - Ergonomics Assistance Systems for Contactless Human-Machine-Operation	42
2.Call ROTATOR - Dreidimensionale Out-of-Stock-Erfassung mittels autonomer mobiler Roboter	44
2.Call Uro-MDD - Endoskopische Panoramabildgebung und faseroptische Spektroskopie in der Urologie zur multidimensionalen Diagnostik	46
2.Call 3DFinder - Robuste Generische 3D-Gesichtserfassung für Authentifizierung und Identitäts-Prüfung	48
2.Call AssiQ - Assistenzsystem zur Qualitätsüberwachung	50
2.Call 3D-Montageassistent - 3D-basierte Assistenztechnologien für variantenreiche Montageprozesse - Menschzentrierter Arbeitsplatz der Zukunft	52
2.Call FASTER - Modulare Sensoren für natürliche Mensch-Maschine-Interaktion und kontinuierliche Prozesse	54
3.Call 3DKosyma - Kollaboratives, ortsflexibles Prüfsystem mit Mensch Maschine Interaktion für die 3D-Qualitätssicherung	58
3.Call MaMek - Projektionssysteme für die Maschine-Mensch-Kommunikation	60
3.Call 3DIMiR - Von der Angst zum Vertrauen: 3D-Interaktion zwischen Mensch und industriellen Robotern	62
3.Call 3D4F - Berührungslose Personenidentifikation mittels fälschungssicherem 3D-4-Finger-Scanner	64
3.Call RoboAssist - Modulares Assistenzsystem für sichere 3D-Navigation und Mensch-Maschine-Interaktion von autonomen mobilen Robotern in Indoor- und Outdoor-Anwendungen	66
Strategische Einzelmaßnahmen	68
3DLivingLab - Demonstrator 3D-LivingLab für die Allianz 3Dsensation	70
ROMIN - Interaktiver Demonstrator für die Mensch-Roboter-Wechselwirkung	72

3D-HapTisch	74
NeoVital - Kontaktlose Überwachung der Vitalparameter Neu- und Frühgeborener durch multispektrale 3D-Messung in Echtzeit	76
Ideen-Inventions-Innovationsvorhaben (I³-Projekte)	78
HoloSurf - Visuelle 3D-Oberflächenerscheinungen mittels mikro- und nanostrukturierter Schichtsysteme	80
TaktilFeedback3D II - Taktil Feedback für die berührungslose Gesteninteraktion	82
UVLAS - Laserbasierte Stereophotogrammetrie zur Vermessung im UV-Bereich	84
EiM3D - Wärmebildbasierter 3D-Scanner	86
1 Moment - Interaktive Hygienestation	88
3DGhost - Plenoptisches 3D Messsystem auf der Basis korrelierter Lichtstrahlen	90
Rainbow3D - Aktives Single-Shot-3D durch Spektralmultiplexing	92
EndoS3D - Endoskopische, speckle-basierte 3D-Vermessung	94
ss3D++ - Single Sensor 3D++	96
3DimHapt - 3D Image to Haptic Device	98
Qualifizierung und Nachwuchsförderung	100
Graduiertenforschungskolleg	102
3DFastFeedback - Methoden zur ultraschnellen Detektion und Manipulation von ultrakurzen Lichtpulsen	104
3DGIM 2 - 3D Gesichtsanalyse für Identifikation und Mensch-Maschine Kommunikation	106
3DMMI - Anwendung optischer und textilbasierter Sensoren zur Detektion von Ermüdungs- und Stressparametern in ausgewählten Arbeitsszenarien	108
3D-NanoVisual 2 - Dreidimensionale Visualisierungssysteme auf der Basis photonischer Nanomaterialien	110
3DPersA 2 - Hybride Verfahren zur 3D Personenwahrnehmung für die soziale Assistenzrobotik in öffentlichen und häuslichen Einsatzszenarien	112
geMAAP3D 2 - Geometric Modeling of a multi-aperture array projector	114
INIT3D - Entwicklung und Aggregation von Handlungsempfehlungen zur gebrauchstauglichen Entwicklung visueller 3D-User-Interfaces	116
MOD3D 2 - Modellierung von Verhaltens- und Handlungsintentionsverläufen aus multimodalen 3D-Daten	118
Spec3D - Beitrag zur hyperspektralen 3D-Oberflächenerfassung und -verarbeitung für die industrielle Bildverarbeitung	120
Vitalkam 2 - Kontaktfreie kamerabasierte Messung von Vitalparametern mit verbesserter Störsicherheit	122
Graduiertenverbundforschung	124
HyperSense - Automatische kontaktlose Stresserfassung in Echtzeit	126
Nachwuchsgruppen	128
3DSWIR - Augensichere 3D-Messtechnik im SWIR	130
Hyper3D - Hochdynamische 3D-Sensorik in erweiterten Spektralbereichen	132
3Dtransform - Transformationsoptik für multidimensionale Detektion	134
HuBA - Human Behavior Analysis	136
Kennzahlen	138
Förderprogramm Zwanzig20	140

Seit Juli 2020 befindet sich die Innovationsallianz im sechsten Jahr der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung bis Ende 2021 geförderten Umsetzungsphase des Programms „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“. In diesem Rahmen sind bislang 207 Forschungs- und Entwicklungsprojekte der Allianzpartner unterstützt worden, von welchen inzwischen mehr als zwei Drittel abgeschlossen worden sind. Damit bietet

sich die Gelegenheit, die bislang in der gesamten Innovationsallianz erreichten Fortschritte und Ergebnisse übergreifend zu betrachten, aber auch Ansätze und Potenziale für die weitere erfolgreiche Zusammenarbeit der 3Dsensation-Partner zu identifizieren. Zahlen, Einschätzungen und Hinweise aus den verschiedenen Teil- und Einzelvorhaben hierzu liefert die jährliche Vorhabenleiterbefragung.

Vom BMBF geförderte FuE-Projekte in der 3Dsensation-Umsetzungsphase
Summe aus Einzel- und Teilvorhaben jeweils zum Stichtag 30. Juni (kumuliert)



Quelle: Förderkatalog des BMBF, Stand: 14. August 2020 (eigene Darstellung)
(nur Zwanzig20-Förderung; ohne Strategieentwicklung, Koordinierungsstelle, Labore)

In der Befragung geben die Einzel- und Teilvorhabenleiter schriftlich Auskunft über den Arbeitsfortschritt und die erreichten Ergebnisse in ihren Vorhaben und beurteilen die Mit- und Zusammenarbeit in der Innovationsallianz insgesamt. Die Befragung findet innerhalb des Erfolgscontrollings der Innovationsallianz statt und wird seit 2016 jährlich im Sommer/Herbst durchgeführt. Sie ist Teil der internen Evaluation und gibt dem Lenkungskreis und der Koordinierungsstelle wichtige Hinweise für das Monitoring, vor allem aber für die Weiterentwicklung der Strategie von 3Dsensation.

Aktuell liegen die Ergebnisse der Befragung 2019 vor, welche sich auf den Berichtszeitraum von Juli 2018 bis Juni 2019 beziehen. Für 156 Einzel- und

Teilvorhaben wurden Fragebögen versandt (Rücklaufquote 71,8%). Für 14 im Jahr zuvor abgeschlossene Vorhaben wurden Ergänzungen formlos abgefragt. Weitere 35 Vorhaben, die bereits bis Juni 2017 beendet worden sind, wurden nicht erneut in die Befragung eingeschlossen.

Die Befragungsergebnisse bekräftigen erneut die positive Entwicklung der Forschungsvorhaben wie auch der Innovationsallianz insgesamt. Die Projekte verlaufen i.d.R. nach Plan, vereinzelte Verzögerungen durch z.B. Personalengpässe oder unerwarteten Mehraufwand werden durch kostenneutrale Laufzeitverlängerungen aufgefangen. Über die eigentlichen Forschungsergebnisse hinaus unterstreicht der gegenüber den Vorjahren nochmals gesteigerte Output bei

Outputgrößen im Jahresvergleich (jeweils Summe aller im Berichtszeitraum laufenden Vorhaben)

Anzahl	2016	2017	2018	2019	kumuliert
Im Berichtszeitraum laufende Vorhaben	58	97	118	108	-
Veröffentlichte wissenschaftliche Publikationen	31	40	46	74	191
Vorträge und Präsentationen (3Dsensation-extern)	56	69	85	102	312
(Inter-)nationale Konferenz- und Messebesuche	46	53	97	102	298
Betreute wissenschaftliche Abschlussarbeiten	34	33	65	53	185
Neu gestellte Drittmittelanträge	33	24	23	25	105
Patentanmeldungen	1	6	9	10	26

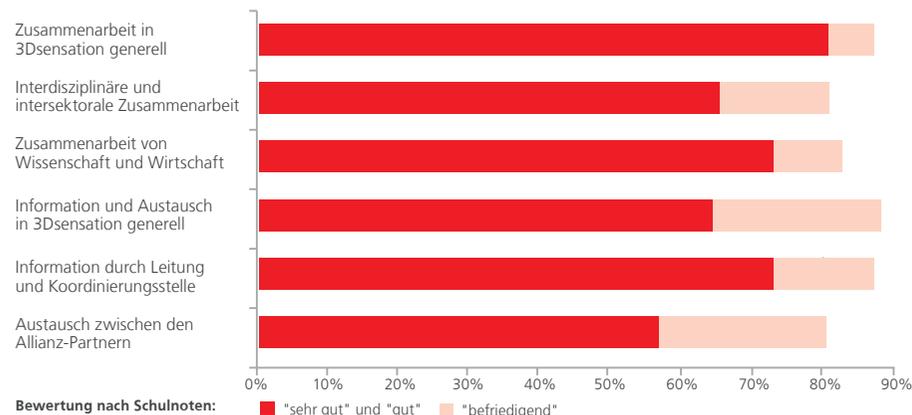
u.a. Publikationen, Präsentationen oder Patentanmeldungen den Projekterfolg und die Leistungsfähigkeit von 3Dsensation. Und auch die Zufriedenheit der Befragten mit der Mit- und Zusammenarbeit in der Allianz über die jeweiligen Vorhaben hinaus liegt wie schon in den vorangegangenen Befragungen auf hohem Niveau und konnte in weiten Bereichen sogar noch erhöht werden.

Damit haben sich – zu einem Zeitpunkt kurz vor dem ursprünglich geplanten Auslaufen der BMBF-Förderung zum Jahresende 2019 – die Wirksamkeit des Zwanzig20-Programmansatzes und die Umsetzung der hieraus abgeleiteten strategischen Ziele von 3Dsensation grundsätzlich bestätigt. Als besondere Erfolge aus der Mitarbeit in der Allianz nennen die Befragten z.B. die verbesserte Positionierung in der wissenschaftlichen Gemeinschaft bzw. auf dem Markt, den Aufbau von Anwendernetzwerken, die

Etablierung gemeinsamer Forschungslabore, die Entwicklung neuer Technologien sowie die Erweiterung der eigenen Kompetenzen bzw. des Leistungsportfolios. Die branchenübergreifende Vernetzung eröffnet Kooperationspotenziale für neue Ideen und mit neuen Partnern. Die Innovationsfähigkeit einer Vielzahl der Allianzpartner ist gestärkt worden. Gleichwohl wird weiteres Potenzial vor allem in der Intensivierung des verbundübergreifenden Austauschs gesehen.

Die Sicherung und der Ausbau der aufgebauten Innovationsstrukturen und erreichten interdisziplinären und intersektoralen Zusammenarbeit noch stärker über die geförderten Vorhaben hinaus – und damit zugleich die Sicherung der Nachhaltigkeit von 3Dsensation als Ganzes – ist nun die zentrale Aufgabe der nächsten Jahre. Sie ist nur gemeinsam von den Partnern und Mitgliedern der Innovationsallianz, dem Lenkungskreis und der Koordinierungsstelle zu meistern.

Bewertung der Zusammenarbeit in der Allianz 3Dsensation insgesamt (n = 92)





STRATEGIEPROZESS

Forschungsinfrastrukturen

HMI-Lab

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



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

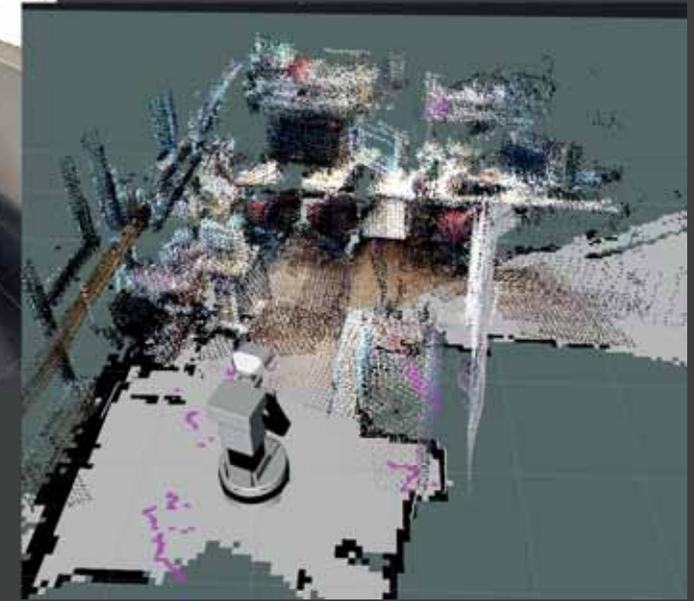
Ziel des Vorhabens ist es daher, ein gesamtheitliches Simulations- und Evaluationslabor für die 3D-Mensch-Technik-Interaktion an der TU Chemnitz sowie zwei inhaltlich daran anknüpfende Labore für spezifische Anwendungsfälle, der Mensch-Roboter-Interaktion sowie der Aus- und Weiterbildung, an der OVGU 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 lokalisiert.



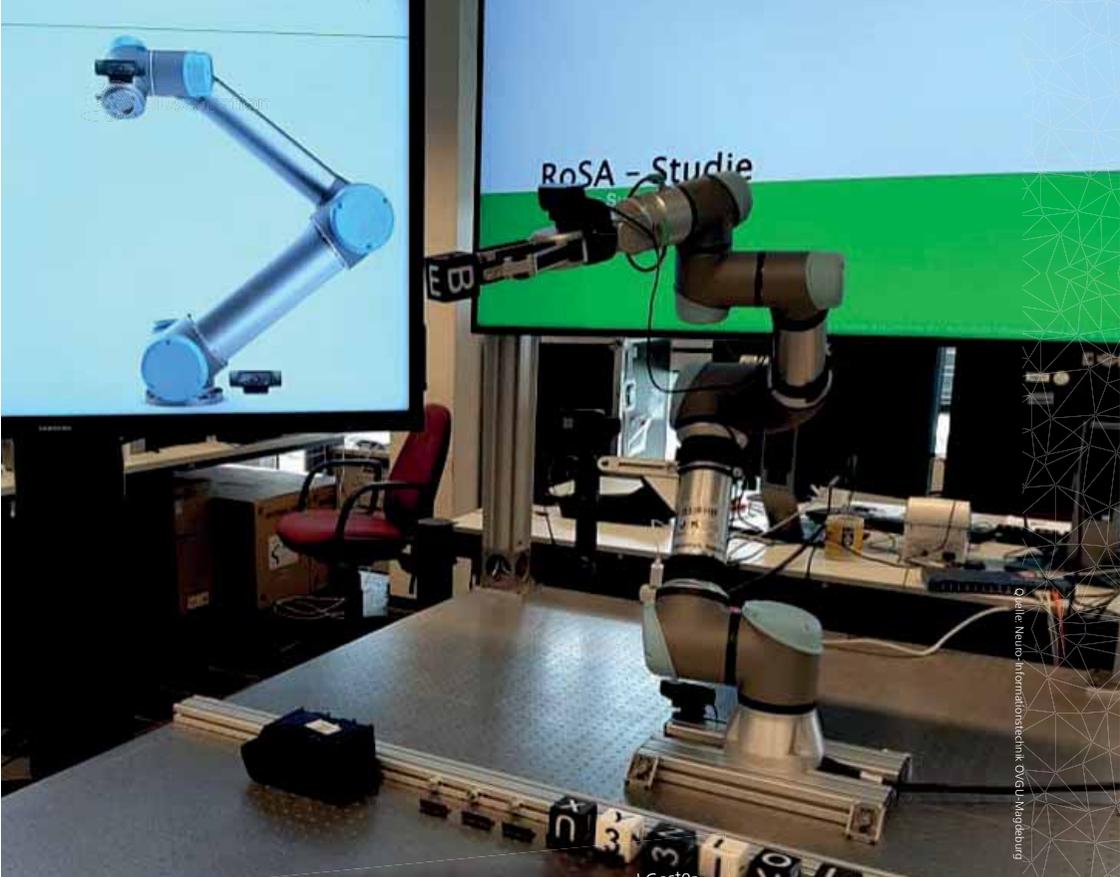
Deep-Learning Rechners soll genügend Rechenkapazität geschaffen werden, um auch in Zukunft international konkurrenzfähig zu bleiben. Um den gleichzeitig weiter steigenden Datenbedarf zu decken, soll eine Laborumgebung geschaffen werden, die eine multimodale Datenaufnahme in der Mensch-Roboter-Kollaboration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

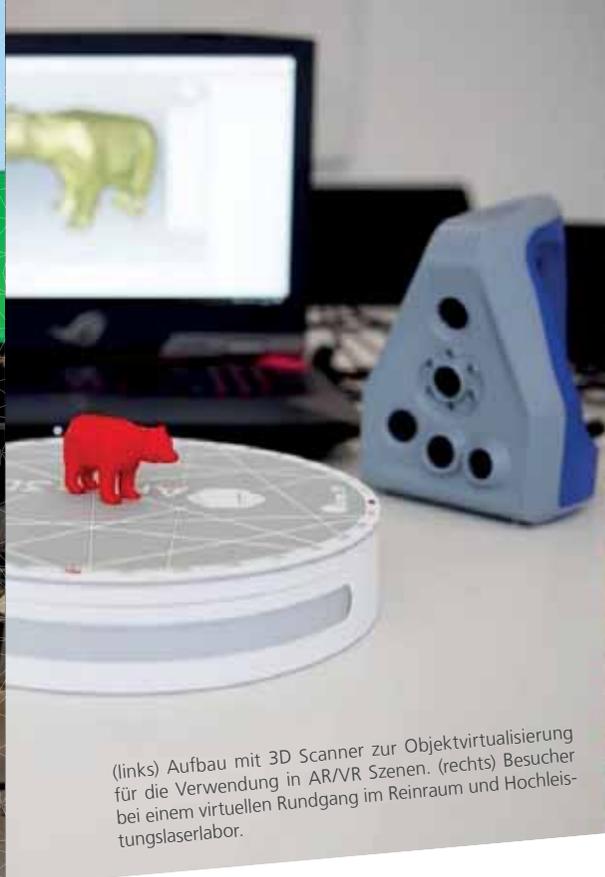
Aktueller Stand und Nutzungsmöglichkeiten

- 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 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



Stationäre und kollaborative Roboter RoSA für Personenerkennung und Geste-
nerkennung sowie Spracherkennung.

Quelle: Neuro-Informationstechnik OVGU Magdeburg



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

Quelle: FSU/Schwermetalllabor



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 (Kordinatorin)



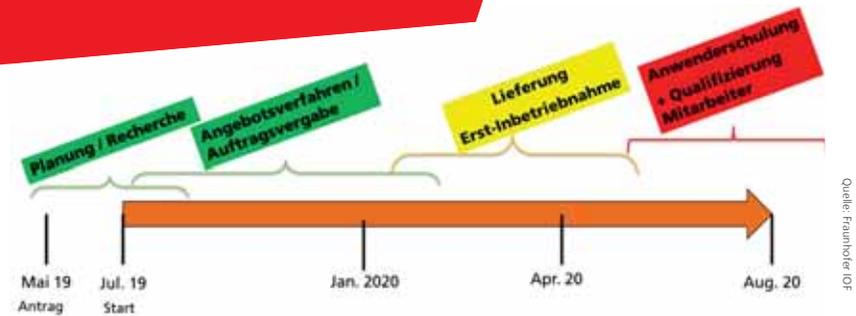
Neuro-Informationstechnik - Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Prof. Dr.-Ing. habil. Ayoub Al-Hamadi



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



Zeitlicher Ablauf des Beschaffungsvorgangs

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 beantragte 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
 (Kordinator)



Beispiele Komponenten im Prüflabor

STRATEGIEPROZESS

Innovationspreis 2020



Zum Ende der Förderperiode von 3Dsensation soll das herausragendste Projekt der Allianz mit dem Innovationspreis 2020 gekürt werden. Das Gewinnerprojekt erhält die Chance, einen Werbefilm im Wert von 8.000 € zu produzieren. Das Projektteam erfährt so Unterstützung im Transfer der Forschung in die Praxis. Gleichzeitig wird die gemeinsame Arbeit der letzten Jahre gewürdigt, und die Erfolge des Konsortiums können wirksam an die Öffentlichkeit kommuniziert werden.

Der Wettbewerb fand auf der digitalen Innovationsplattform Cluster-Feedback statt. Im Rahmen eines offenen Community Votings wurde dazu eingeladen, auf Basis der Bewerbungsprofile zu entscheiden, welches Projekt den Preis am meisten verdient. Das Ergebnis floss anschließend in die Bewertung der Lenkungskreis-Jury ein. Prämiert wird letztendlich das Projekt, das den größten Mehrwert für die Gesellschaft sowie die Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion darstellt, einen hohen Neuheitsgrad sowie potenziellen Kundennutzen aufweist, in der Umsetzung fortgeschritten ist und breite Absatzmöglichkeiten verspricht. Die Bekanntgabe erfolgt im Herbst 2020.

Insgesamt fünf herausragende Projekte haben sich für den Preis beworben. Im Rahmen des Wettbewerbs fanden Interviews mit den Bewerbern statt, in denen über Hintergründe und Ziele der Projekte gesprochen wurde. Auf den folgenden Seiten werden gemeinsam die Erfahrungen der letzten Jahre im Konsortium rekapituliert und Wege in die Zukunft beleuchtet.

Beteiligte Partner:



Was waren die Startimpulse für das Projekt?

Beim Testen neuer Algorithmen bewegen sich Roboter manchmal in unerwartete Positionen oder mit unerwarteter Geschwindigkeit. Da kommen negative Emotionen und Angstgefühle auf. Bei der Zusammenarbeit von Mensch und Maschine steht die Sicherheit an erster Stelle. Die Effizienz soll jedoch nicht darunter leiden. Um beides zu gewährleisten, ist Vertrauen unabdingbar. Daher ist unsere Fragestellung: Wie können unerwartete Situationen in der Interaktion mit Robotern vermieden werden und wie kann das Vertrauen zur Maschine gefördert werden? Es gab bereits einige Studien zu den mentalen Zuständen von Menschen während der Zusammenarbeit mit Maschinen. Die Daten beruhen jedoch auf subjektiver Berichterstattung, die Erfahrungen wurden erst im Nachhinein wiedergegeben. Daher stimmen sie nicht unbedingt mit der Realität überein. Es ist schwierig, Emotionen rückblickend akkurat zu beschreiben. Wir wollten die mentalen Zustände der Menschen während der Interaktion mit Robotern objektiv messen und gleichzeitig die Angstsituationen dokumentieren, um die Angstfaktoren zu ermitteln. Darauf aufbauend können die Kommunikationssysteme der Roboter optimiert werden, die den Menschen informieren oder vorwarnen können.

Was war ein herausragender Moment der Zusammenarbeit im Konsortium?

Insgesamt hat uns das interdisziplinäre Team sehr geholfen. Da haben einige einen Sensorik-Hintergrund, andere arbeiten im Bereich der Roboter-Technik und wieder andere haben eher den Faktor Mensch im Fokus. Das Projekt vereint viele verschiedene Bereiche und hat zu einem großen Wissenstransfer geführt. Wir haben alle viel dazu gelernt. Ansonsten haben wir im Labor mit den Robotern viel erlebt. Mit der Zeit haben wir den Roboter mit seinen Algorithmen so gut kennengelernt, dass wir jede Bewegung vorhersehen konnten. Wenn absehbar ist, was passiert, und das dann auch so kommt, gibt es keine Angstsituationen mehr. Es kommen keine negativen Emotionen mehr auf. Dieser Prozess war eine schöne Erfahrung.

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

Wir hatten mehr als 150 Probanden, mit denen wir verschiedene Tests gemacht haben. Die meisten kamen ins Institut und wussten, da ist alles geregelt und es gibt Sicherheitsmechanismen. Die Menschen wissen, dass da nichts passieren wird. Da kommt dann das Thema „Over-Trust“ ins Spiel. Das war für uns dann eine Herausforderung, dass überhaupt negative Emotionen gemessen werden können.

Wie begründen Sie die Bewerbung für den Innovationspreis 2020?

Wir haben das erste multi-sensorische Konzept für die Messung mentaler Zustände in einer realen Umgebung entwickelt. Vereint wurden sehr verschiedene Sensoren, die Informationen über beispielsweise Mimik, Hautwiderstand, Herzfrequenz und Sprache wahrnehmen. Mit den Daten können wir das Verhalten von Menschen beschreiben und ihre komplexen mentalen Zustände samt negativer und positiver Emotionen wiedergeben. Die komplexe Versuchsreihe mit 150 Versuchspersonen umfasste verschiedene Testscenarien und ergab vielseitige Ergebnisse. Das von uns entworfene Kommunikationssystem ist neuartig und umfasst Feedback-Möglichkeiten über Beleuchtung und Sprachfunktionen. In unserem Projekt haben wir verschiedene Disziplinen vereinen können: Informatik, Sensorik, Design, Psychologie, Arbeitswissenschaft

und Robotik. All diese Punkte sorgen dafür, dass unser Projekt viele Alleinstellungsmerkmale hat.

Wir werfen einen Blick in die Zukunft: Aus „3DIMiR“ ist eine erfolgreiche Innovation geworden. Was ist auf dem Weg dorthin passiert?

Was noch fehlt, ist, vermehrt die Möglichkeiten zur Veröffentlichung unserer Ergebnisse wahrzunehmen. Wir streben noch einen Empfehlungsbrief an, der vermittelt, wie eine Mensch-Roboter-Kollaboration optimal gestaltet werden kann in Betracht von psychologischen Aspekten und einem Aufbau von Vertrauen für eine möglichst reibungslose Interaktion. Es gilt weiterhin, Sicherheit und Effizienz zu kombinieren.

Nähere Informationen zum Vorhaben finden Sie auf Seite 64.



Was waren die Startimpulse für das Projekt „3D-Kosyma“?

Es gab im Rahmen von 3Dsensation eine Veranstaltung, bei der alle Partner anwesend waren. Da haben sich die Teilnehmenden in losen Gesprächen getroffen. In solch einem Austausch hat sich auch die Idee für unser Projekt gebildet. Wir wollten eine Verbindung von Maschine und Mensch schaffen. Es wurden wissenschaftliche Partner mit solchen aus der Praxis in Verbindung gesetzt. Die entsprechenden Personen kamen bei uns aus dem Bereich der Produktion, so ist auch unser Fokus des Projekts auf den Anwendungsbereich zustande gekommen.

Gibt es einen herausragenden Moment in der Zusammenarbeit des Konsortiums?

Die Treffen, bei denen die Demonstratoren erstmals funktioniert haben, sind natürlich als sehr positiv im Kopf geblieben. Solche Momente, in denen es endlich funktioniert, nachdem man da lange gemeinsam dran gearbeitet hat, sind schon herausragend.

Was waren Hürden im Projekt?

Eine Herausforderung war die Zusammenarbeit mit insgesamt neun Partnern. Im Projekt mussten mehrere verschiedene Systeme und Module zusammengeführt werden. Es ist schon schwierig, ein Modul alleine

fehlerfrei zum Laufen zu bringen. Das ist ein langer und komplexer Prozess. Wenn verschiedene Module und Denkweisen der Partner verbunden werden sollen, ist das eine schwierige Aufgabe. Der Ablauf ist nicht vorhersehbar und lässt sich schlecht planen. Die Koordination ist eine große Hürde in solchen Kooperationsprojekten. Das braucht viel Geduld und Verständnis auf allen Seiten.

Wie begründen Sie Ihre Bewerbung für den Innovationspreis 2020?

Das Konsortium zielt ja auf innovative 3D-Technologien ab, die den Menschen in den Vordergrund stellen. Das Projekt „3D-Kosyma“ befasst sich intensiv mit genau dieser Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Das Ziel ist eine Symbiose von den beiden Seiten, sodass die momentanen Vorteile einer Maschine mit den Fähigkeiten des Menschen kombiniert werden können. So können Menschen körperlich und auch kognitiv entlastet werden. Aber auch die Maschine lernt vom Menschen und wird durch den Erfahrungsschatz und die Intuition des Menschen positiv bereichert.

Welche Verwertungsperspektiven gehen aus dem Projekt heraus?

Der Demonstrator steht bereits bei einer Firma und wird in der Praxis erprobt. Nach Beendigung des Projektes beginnt die Umsetzungsphase. Da fehlen noch die entsprechende Software sowie Hardware, um aus der Idee ein letztendliches Produkt zu machen. Mit dem Ende der Förderung ist das Projekt ja nicht zu Ende, dann geht es eigentlich erst richtig los. Vorstellen können wir uns auch eine Anwendung im Consumer-Bereich oder der Medizin. Das sind jedoch Felder, in dem wir uns jedoch nicht auskennen. Da bräuchten wir zusätzliche Partner, für die wir natürlich offen sind.

Mit Blick in die Zukunft: Aus dem Projekt ist eine erfolgreiche Innovation geworden. Was ist auf dem Weg dorthin passiert?

Die Stabilität und die Benutzerfreundlichkeit wurden optimiert. Nach Projektende muss der Demonstrator auch von Leuten außerhalb des Entwicklungsteams benutzt werden können. Die Anwendung muss mit Bedienungsanleitung möglichst einfach sein, die Frustschwellen sollen gering sein. Die Stabilität muss gesichert sein, alles muss einwandfrei funktionieren. Das ist schon ein weiter Weg.

Nähere Informationen zum Vorhaben finden Sie auf Seite 60.



Quelle: 3DKosyma



Quelle: 3DKosyma

3DLivingLab

INTERVIEW MIT MARTIN NAUMANN

Fraunhofer IWU, Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Verbundkoordinator 3DLivingLab

Was waren die Startimpulse für das Projekt?

Grundlegend für die Allianz 3Dsensation waren zwei Aspekte: Zum einen sollte für Entwicklungsprojekte eine Demonstrator-Plattform geboten werden, um deren Ergebnisse medienwirksam zu präsentieren. Zum anderen sollten in gemeinsamen Vorhaben verschiedene Technologien vereint werden. Darauf aufbauend sind bei uns zwei Dinge entstanden: Die interaktive Kugelwand, die mithilfe von 3D-Daten auf Menschen reagiert, und der Roboter-Aktor, der über eine 3D-Kamera Spielzüge von Menschen erfasst und wiederholt. Andere 3D-Sensoren und -Aktoren können dort mit integriert werden.

Was war ein herausragender Moment der Zusammenarbeit im Konsortium?

Die Zusammenarbeit war insgesamt sehr positiv. Wir haben viele verschiedene Partner im Projekt aus den verschiedensten Bereichen. Die gemeinsame Projekt-

bearbeitung und Kommunikation untereinander haben sehr gut funktioniert. Das spiegelt sich letzten Endes auch in den zwei Demonstratoren wider, mit denen wir sehr zufrieden sind. Eine weitere Zusammenarbeit über das aktuelle Projekt hinaus ist gut vorstellbar.

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

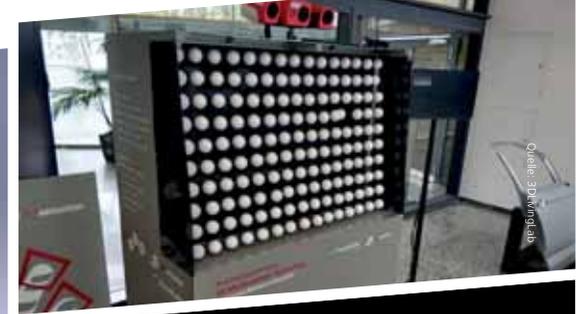
Bei beiden Demonstratoren war das die Beschaffung und Umsetzung der Komponenten. Das Design der einzelnen Komponenten sowie der Gesamtdemonstratoren war mit sehr viel Aufwand und Zeit verbunden, da hätten wir uns noch bessere Ergebnisse gewünscht. Vor allem aufgrund der Wirtschaftlichkeit sowie der Mobilität, z. B. für Messeauftritte, mussten einige Abstriche gemacht werden. Auch in Bezug auf die Steuerung gab es Schwierigkeiten, da viele der Technologien, die mit integriert wurden, noch in der Anfangsstufe der Entwicklung steckten. Daher gab es manchmal zeitliche Probleme. Hinsichtlich der Verar-



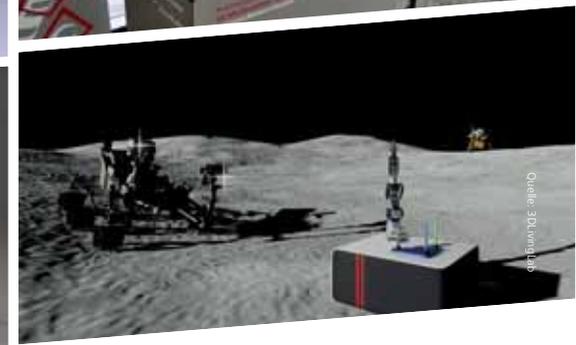
Quelle: 3DLivingLab



Quelle: 3DLivingLab



Quelle: 3DLivingLab



Quelle: 3DLivingLab

beitung der 3D-Daten mussten schnelle Algorithmen entwickelt werden, damit eine latenzarme Reaktion der Demonstratoren möglich wurde.

Wie begründen Sie die Bewerbung für den Innovationspreis 2020?

Wir wollen unsere Forschungsergebnisse noch sichtbarer machen und zeigen, was damit möglich ist und wofür die Technologien nutzbar sind. Das Potential des Projekts liegt in der modularen Herangehensweise: Viele der technologischen Komponenten können auch einzeln demonstriert und verwendet werden. Die Sensoren können also ausgetauscht werden. Es ist auch eine Kopplung mit VR-Steuerung möglich. Unsere Roboter haben die Besonderheit, dass sie direkt mit numerischen Steuerungen betrieben werden. So berücksichtigen wir beispielsweise auch das Thema Werkzeugmaschine, und es wird eine flexible Nutzung in verschiedenen Anwendungsfeldern möglich.

Inwiefern sind auch verschiedene Verwertungsperspektiven denkbar?

Das Projekt dient als Plattform für die vergangenen und auch zukünftigen Entwicklungen. Mit dem Hintergrund, dass der Roboter-Aktor eine numerische Steuerung beinhaltet, sind Werkzeugmaschinen als

Anwendungsfeld stark im Fokus. Mit unseren Entwicklungen können beispielsweise Be- und Entladungen automatisiert werden. In Richtung der Bahnplanung von Roboter-Bewegungen sowie der Interaktion zweier Roboter ist noch viel vorstellbar. Neben dem Einsatz direkt als Bearbeitungsmaschine kann der Roboter aufgrund des großen Arbeitsbereichs zum Beispiel auch für Qualitätsprüfungen Einsatz finden. Der große Handlings-Bereich sowie die numerische Bahnplanung ermöglicht ein automatisiertes Abrastern großer Bauteile mittels 2D- und 3D-Sensorik, wengleich die 3D-Sensorik gegenwärtig noch nicht für alle Prüfaufgaben geeignet ist.

Wir werfen einen Blick in die Zukunft: Aus „3DLivingLab“ ist eine erfolgreiche Innovation geworden. Was ist auf dem Weg dorthin passiert?

Die 3D-Sensorik muss in den Punkten der Auflösung und Bildaufnahme noch optimiert werden. Die Entwicklung der genauen Positionierung der Roboter kann auch noch verbessert werden, sodass zum Beispiel auch Bearbeitungsprozesse wie Fräsarbeiten mit hoher Bahn- und Konturgenauigkeit möglich sind. Die Roboter sollen noch steifer und genauer werden.

Nähere Informationen zum Vorhaben finden Sie auf Seite 72.



Quelle: 3DLivingLab

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 Förderperiode 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 wollten. 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.

Nähere Informationen zum Vorhaben finden Sie auf Seite 22 im Strategiebericht 2019.

Was waren die Startimpulse für das Projekt?

MetraLabs und das Fachgebiet Neuroinformatik und Kognitive Robotik der TU Ilmenau beschäftigen sich schon recht lange mit der Herausforderung, Roboter auf der Verkaufsfläche effektiv einzusetzen. Wir sind mit interaktiven Robotern gestartet und hatten als Mitglied der „METRO Future Store Initiative“ Innovationslotsen in einem Real,- Markt im Einsatz. Dort wurden Innovationen für den Einzelhandel getestet. Dabei sind neue Ideen dafür entstanden, was mit Robotern in dem Kontext noch so gemacht werden könnte. Eine Idee war die automatische Regallückenerkennung, also eine Prozessoptimierung im Einzelhandel durch den Einsatz von Robotern. In der Zwischenzeit hatten wir bereits den Roboter TORY entwickelt, der Bestandsaufnahmen mittels UHF-RFID durchführen. Diese RFID-Tags sind jedoch noch nicht überall vorhanden, vor allem nicht im Lebensmitteleinzelhandel. 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?

Ich finde es immer spannend, wenn man die Technologieentwicklung in einem Forschungsprojekt so weit bringt, dass sie ihre Performance im realen Einsatz unter Beweis stellen kann. Wir haben im Verbundprojekt zwei funktionstüchtige mobile Roboterplattformen als Prototypen mit entwickelt, die mit unterschiedlichen technischen Ansätzen in einem mehrtägigen Feldtest im EDEKA Sander in Ilmenau auf Akzeptanz durch den Projektpartner YOUSE getestet wurden. Dass das dann alles so gut funktioniert hat, war definitiv ein herausragender Moment.

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

Ein geeignetes Kamerasystem zu finden, war eine große Herausforderung: Für die Regallückenerkennung ist es wichtig, dass der Roboter gute Bilder von den Regalen erstellt. Wir haben 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 der Roboter nur bei geringer Kundenzahl effizient agieren kann. Er muss deshalb idealerweise in ein bis zwei Stunden die wichtigsten Regale schaffen. Deshalb haben wir 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 und sich daran anpassen.

Wie begründen Sie die Bewerbung für den Innovationspreis 2020?

Die Allianz 3Dsensation hat ja zum Ziel, die Mensch-Maschine-Kommunikation zu revolutionieren. Innerhalb von ROTATOR konnten wir Schlüsseltechnologien zur Anwendungsreife entwickeln, die einen robusten, skalierbaren und wirtschaftlichen Einsatz autonomer mobiler Roboter ermöglichen in Umgebungen, die sich Mensch und Roboter teilen. Das beinhaltet die 3D-Kartierung der Projektpartner SICK und TU Ilmenau, die 3D-Hindernisvermeidung, die Kartierung sehr großer Umgebungen, das autonome Remapping durch den Roboter bei Veränderung der Einsatzumgebung, die Personenerkennung und das Personentracking bis hin zu einem „höflichen“ und akzeptierten Verhalten des Roboters in einer öffentlichen Einsatzumgebung.

Diese Ergebnisse konnten wir auf 7 internationalen wissenschaftlichen Robotikkonferenzen publizieren und haben sie darüber hinaus auch auf zahlreichen Anwenderkongressen und -messen vorgestellt. Außerdem bringen wir die Innovation noch „auf die Straße“: Wir haben gerade drei Piloten mit unserer Technologie in Hypermärkten in Frankreich und Portugal am Start. Wenn diese erfolgreich sind, können in den Folgejahren sehr viele solcher Roboter gebaut werden.

Inwiefern sind auch andere Verwertungsperspektiven denkbar?

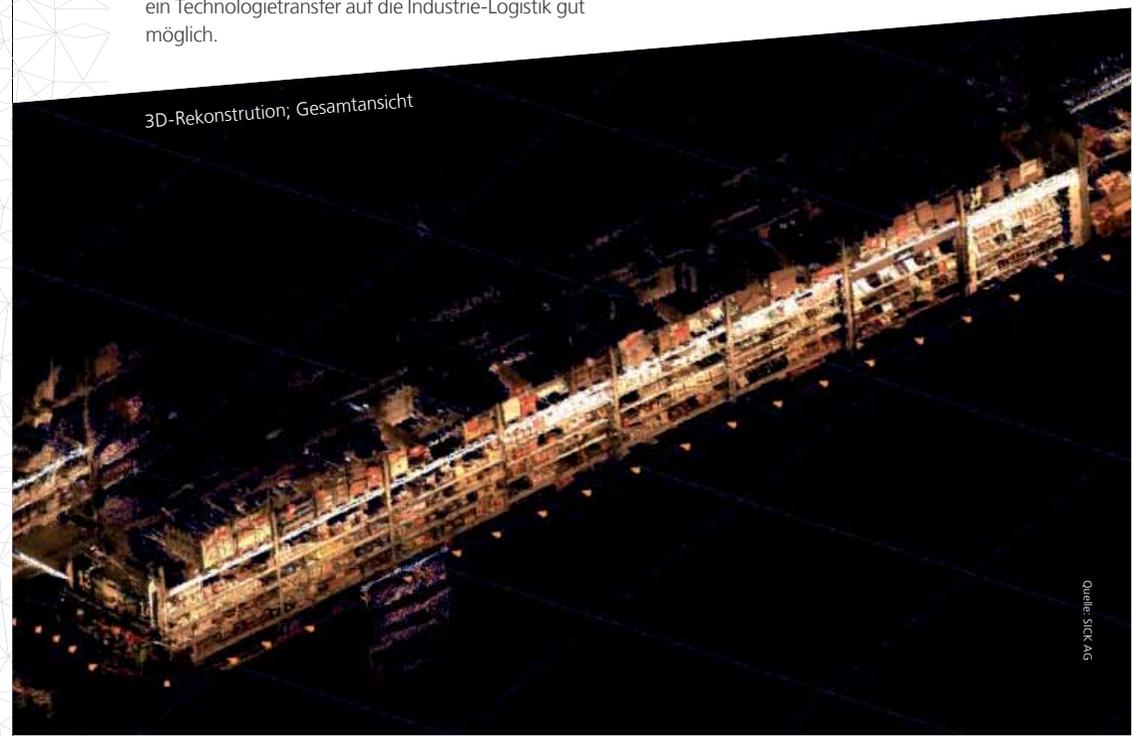
Die von uns entwickelten Technologien wie das autonome Mapping eines Areals lassen sich auch bei fahrerlosen Transportsystemen einsetzen. So ist auch ein Technologietransfer auf die Industrie-Logistik gut möglich.

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.

Nähere Informationen zum Vorhaben finden Sie auf Seite 46.

3D-Rekonstruktion; Gesamtansicht



Das Forschungskonsortium 3Dsensation kann auf sechs Jahre erfolgreiche interdisziplinäre und intersektorale Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie zurückblicken. Neben ersten Transfererfolgen in Form von Umsetzungen in reale Anwendungen und Praxistests (beispielsweise in den Verbundvorhaben: Rotator, 3D-Kosyma, FollowMe) wurden eine Reihe an Demonstratoren auf Fach- und Publikumsmessen präsentiert (u.a. aus den Vorhaben 3DLivingLab, NeoVital, 3DS-WIR); zusätzlich untermalt durch eine Vielzahl an Patentanmeldungen und Ausgründungen. Die Forschungsarbeiten in den Vorhaben wurden begleitet durch Publikationen, Vorträge, Auszeichnungen und Messeauftritte, wodurch eine entsprechende Sichtbarkeit und mediale Präsenz für 3Dsensation erzielt werden konnte. Herausragende technologische Entwicklungen sind entstanden, die als Grundlage für neue Forschungsthemen und Zukunftstechnologien dienen werden. Unter anderem wurden gemeinsame Strategiekonzepte und gemeinsame Forschungslabore erarbeitet, die infrastrukturelle Rahmenbedingungen und Testumgebungen zur Verfügung stellen. Das entstandene interdisziplinäre Netzwerk zwischen (ost-) deutschen KMU, Forschungseinrichtungen und Großunternehmen war und ist essentiell für das Gelingen des Vorhabens und strebt auch weiterhin an Kooperationsprojekte zur Entwicklung von innovativen optischen Technologien für die Mensch-Maschine-Interaktion zu er- und bearbeiten.

Der seit 2014 fortlaufende Strategieprozess wurde in entsprechenden Workshops unter Beteiligung der Konsortialpartner fortgesetzt und die strategischen Ziele der Allianz sind nun den Erfordernissen durch neuste Entwicklung in den Anwendungsfeldern an-

gepasst. Fünf Handlungsempfehlungen wurden für die Mensch-Maschine-Interaktion für die natürliche Zusammenarbeit in echten Lebensräumen abgeleitet sowie zukünftige Forschungsfelder definiert und im Whitepaper „Die Zukunft der Forschungsallianz“ veröffentlicht.

Diese Zukunft der Forschungsallianz 3Dsensation nach Ende der Förderperiode der BMBF Initiative „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation“ steht im Fokus der Koordinierungsstelle. Zur Fortführung der interdisziplinären Forschungsthemen und -Arbeitsgruppen auch nach Ende der Förderlaufzeit werden verschiedene Ansätze erörtert.

Bei den Projekten von 3Dsensation stehen die konsumentenseitige Akzeptanz und die Benutzerfreundlichkeit der entwickelten Lösungen im Fokus. Der starke Anwendungsbezug soll die grundlegenden und technologieorientierten Arbeiten der vergangenen Jahre weiter voranbringen und real nutzbar machen. Die Verwertung unserer Forschungsarbeit sollte somit einer der nächsten Schritte sein. Wie können perspektivisch neue Projektmittel zur Bearbeitung der zukünftigen Forschungsthemen akquiriert, vorherrschende Forschungsergebnisse weiter vertieft und zur Verwertung gebracht und zusätzlich das etablierte Netzwerk aufrechterhalten werden?

Der erste Ansatz der Koordinierungsstelle hierzu bestand darin sich mit ausgewählten Konsortialpartnern in kleinen Clustern an aktuellen thematisch passenden Ausschreibungen des BMBF zu beteiligen. So wurde mit Beteiligung von 13 Konsortialpartnern das Projekt „Advanced Multimodal Imaging - AMI“ für das RUBIN-Programm erarbeitet. Im Bereich multimodale Bildgebung (Prozessketten für eine

TOP 5 Handlungsempfehlungen. Mensch-Maschine-Interaktion für natürliche Zusammenarbeit in echten Lebensräumen

1. Ausbildung der nächsten Expertengeneration
2. Disziplinübergreifende Forschung und Zusammenarbeit
3. Entwicklung multimodaler Sensornetzwerke
4. Technologieintegration von Sensorik, Robotik und Künstlicher Intelligenz
5. Szenarien einer natürlichen Zusammenarbeit im Alltag

nachhaltige Land- und Forstwirtschaft, Lebensmittelindustrie und Wertstoffverwertung für geschlossene Stoffkreisläufe) kann somit die Forschungsarbeit im Programm „WIR! – Wandel durch Innovationen in der Region“ für weitere drei Jahre fortgesetzt werden.

Diese Schritte werden aktuell noch durch die bestehende Koordinierungsstelle der Allianz begleitet. Um auch nach Beendigung der am Fraunhofer IOF angesiedelten Koordinierungsstelle geeignete Maßnahmen zu forcieren und unterstützend zu begleiten,

wurden bereits vor zwei Jahren erste Gespräche mit der Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e.V. geführt, mit dem Ziel insbesondere die Verwertung der FuE-Arbeiten durch Anschlussprojekte zu ähnlichen Rahmenbedingungen zu ermöglichen. Dies ist der zweite Ansatz die Arbeit des Konsortiums und auch den Verbund selbst in entsprechenden Strukturen zu verstetigen. Die F.O.M. eignet sich aufgrund der gemeinsamen Forschungsthemen und der Nähe zum BMWi für eine konstruktive Kooperation hinsichtlich der Um-

setzung von Verwertungsprojekten basierend auf den bestehenden Forschungsergebnissen.

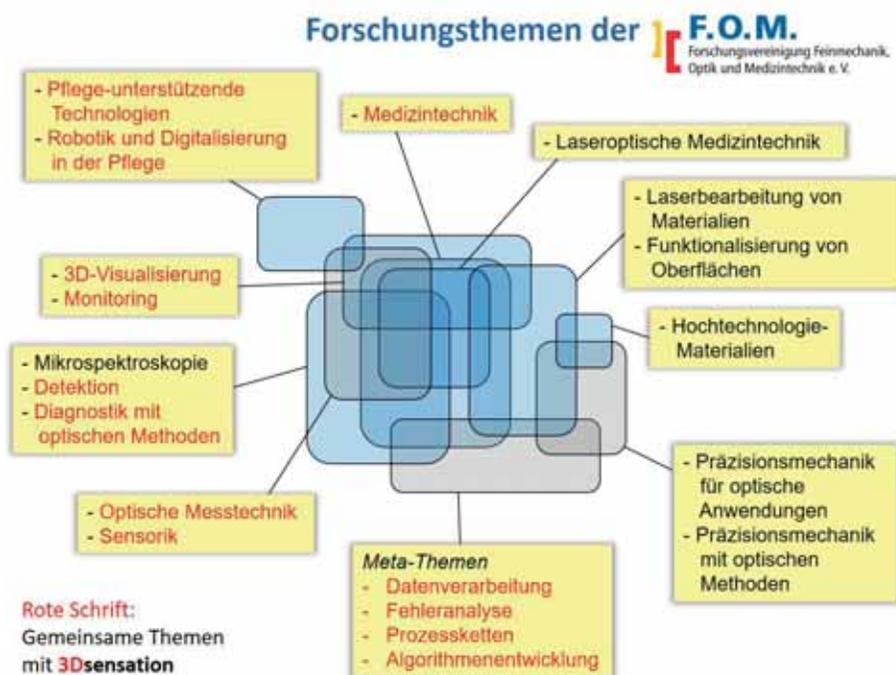
Den 3Dsensation Konsortialpartnern wird die Möglichkeit geboten als Mitglieder der F.O.M. Projektideen zu entwickeln und IGF- oder ZIM-Fördermittel zur Umsetzung zu beantragen. Die Forschungsvereinigung würde hier im Bereich übergreifende Projektkoordination (administrative Projektabwicklung)

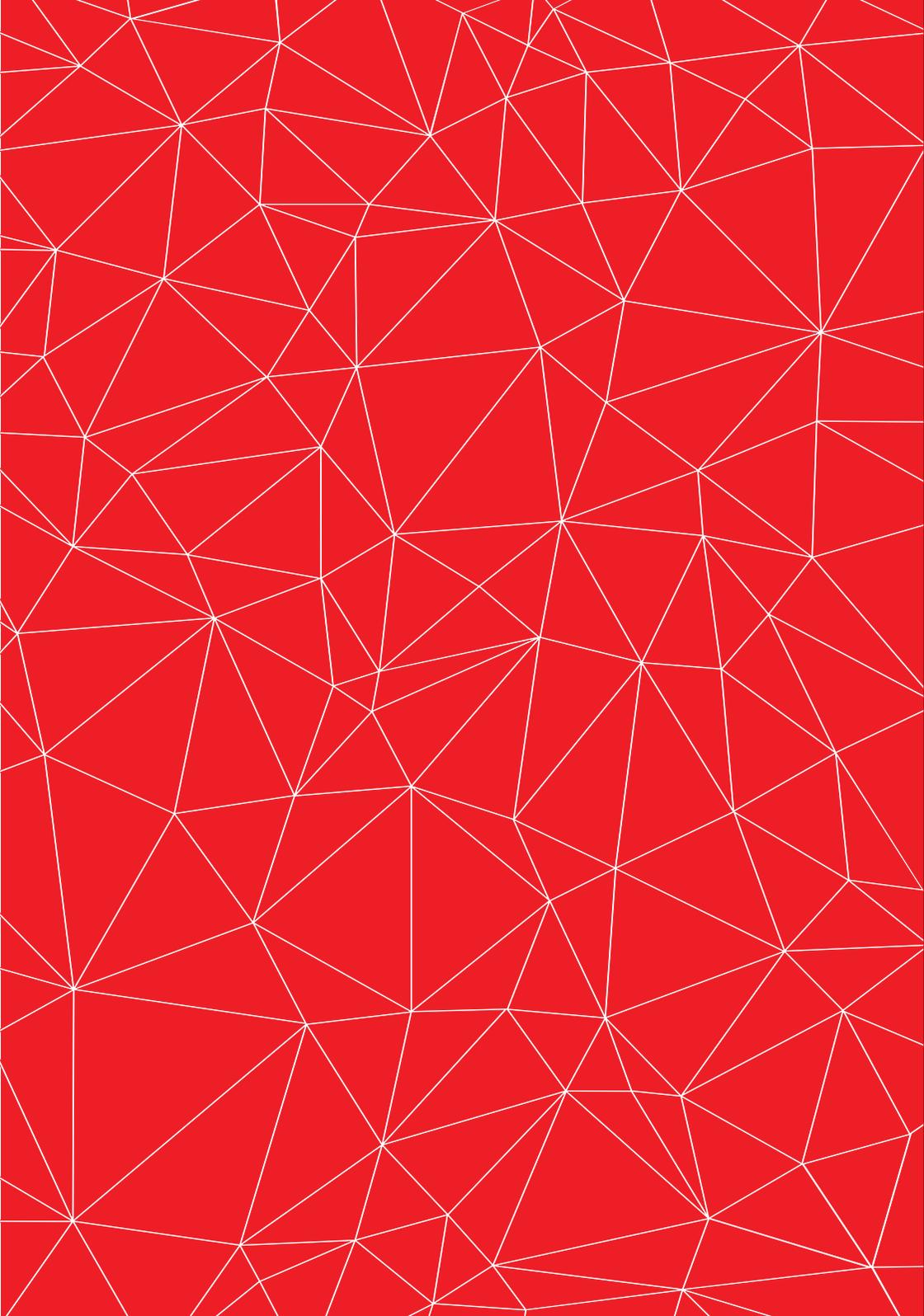
agieren und berät die Forschungseinrichtungen zu möglichen Förderungen im Rahmen des IGF- und ZIM-Programms des BMWi. Auch Vorbegutachtung der Projektanträge durch einen wissenschaftlichen Beirat sowie die Antragsstellung an sich werden für IGF-Projekt durch die F.O.M. als Forschungsvereinigung innerhalb der AiF übernommen. Ergänzend erhalten die Konsortialpartner so Zugang zu allen

Projekten innerhalb der Vereinigung, wodurch sich ein hohes Potenzial für neuen Netzwerke sowie innovative Ideen ergibt.

Innerhalb dieser Verstetigungsansätze wird natürlich angestrebt, die Marke 3Dsensation zu erhalten. Denn die weitere Sichtbarkeit der Marke und somit Präsenz der Ergebnisse aus sechs Jahren Forschungsarbeit innerhalb der Allianz ist ein wesentlicher Bestandteil der erfolgreichen Verstetigung des Konsortiums.

Die Allianz soll an der Gestaltung der Zukunft im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion beteiligt sein. Die Erfahrung hat gezeigt, dass nur durch eine vertrauensvolle Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen eine ganzheitliche Bearbeitung der zukünftigen Forschungsthemen erfolgen kann. Mit Hilfe der Verstetigungsansätze werden Weichen für eine erfolgreiche Zukunft des Konsortiums gelegt, die eine weitere disziplinübergreifende Forschung ermöglichen sollen, in der Deutschland als starker Innovationsstandort überzeugt und der Mensch für die kommenden technologischen Herausforderungen gerüstet ist.

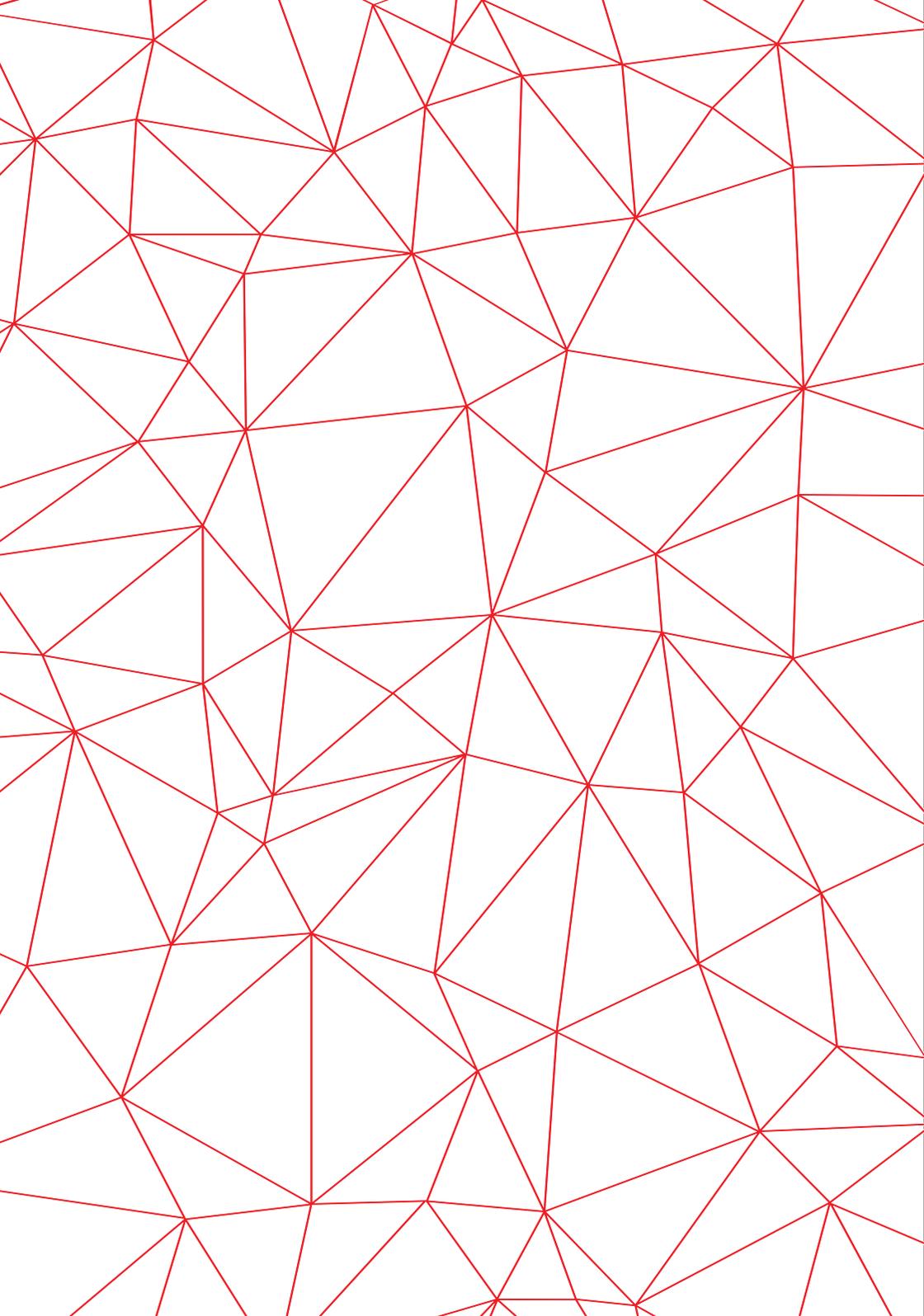




VERBUNDEVORHABEN

- 1. Call
- 2. Call
- 3. Call





VERBUNDEVORHABEN

1. Call



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:

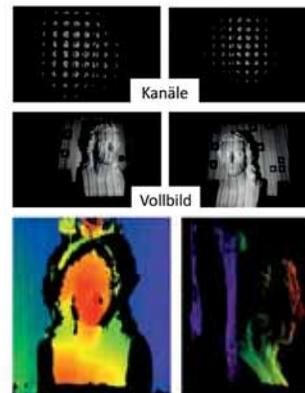
- Wie interagiert das automatisierte Fahrzeug mit anderen Verkehrsteilnehmern?
- Wie erkennt das automatisierte Fahrzeug, dass der Fahrer weiter in der Lage ist, bei Bedarf die Fahrfunktion zu übernehmen?
- Wie kann sichergestellt werden, dass eine automatisierte Fahrweise vom Fahrer bzw. Passagier als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

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

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.

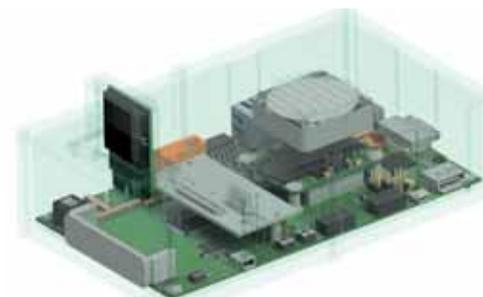
Quelle: AIM Micro Systems GmbH



Ein plenoptisches Bild besteht aus Teilbildern, die anschließend zusammengesetzt werden

Beteiligte Partner

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



Entwickelter Demonstrator mit den wesentlichen Teilbaugruppen. Dazu zählen der plenoptische Sensorkopf, sowie das Basissystem mit Interface-Modul und Energieversorgung

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 Datenerfassung, 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.

Ziel 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.

Der neuartige Sensor sollte in zwei Demonstratoren zum Einsatz kommen, die auf unterschiedlichen optischen Messverfahren basieren. Der erste Aufbau ist ein topographisches Weißlichtinterferometer mit einer Zielgenauigkeit von wenigen Nanometern. Durch die neue Technologie sollte die Akquisition der äußerst umfangreichen Daten erheblich

beschleunigt werden. Der zweite Aufbau wendet ein Laser-Lichtschnittverfahren an und sollte insbesondere auf üblicherweise schlecht messbaren, sogenannten „unkooperativen Oberflächen“ Genauigkeiten im Bereich von einem Mikrometer erreichen.

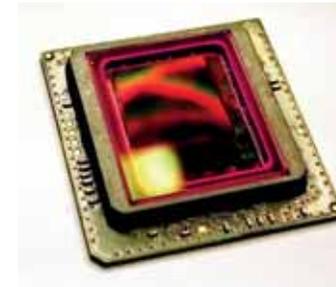
Ergebnisse des Vorhabens

Im Projekt wurden die verschiedenen Komponenten von neuartigen Pixelzellen (1MPix und 2MPix Auflösung) über einen mixed-signal Datenpfad mit hoch kompakten Prozessorelementen für eine massiv-parallele Signalverarbeitung und einer asynchronen komprimierender Datenausgabe bis hin zu einem ASIP-basierten Software-programmierbaren Steuerwerk entwickelt. In mehreren Revisionen wurde dieses sogenannte Vision Systems-on-Chip (VSoC) prozessiert und Kameras erprobt. Von Projektpartnern wurden die Kameras in Demonstratoren verbaut, die zum Projektende funktionsfähig vorlagen.

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



Quelle: cSoC-3D



Quelle: cSoC-3D

Demonstrator Laser-Lichtschnitt Interposer Package mit finalem Kamerachip (cVSoC)

konnte eine erste Evaluation durchgeführt werden, mit der das Potenzial des Sensors weitgehend bestätigt wurde.

Beim Laserlichtschnitt-Verfahren konnten in einer ersten Testimplementierung ca. 4000 Profile/s bei voller Sensorhöhe (1024 Zeilen) ausgegeben 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.

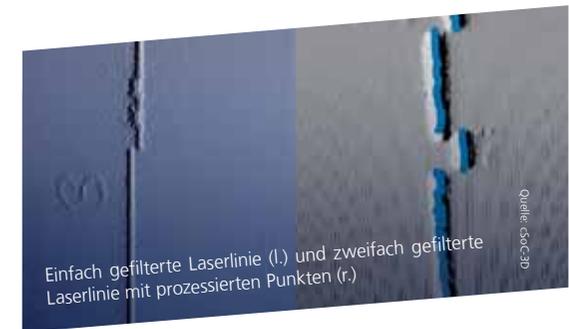
Aufgrund des erfolgreichen Projektverlaufs ist eine vielschichtige Verwertung der Ergebnisse geplant. Insbesondere Teile der Basistechnologie wurden durch mehrere angemeldete Patente geschützt. Für Produktentwicklungen der industriellen Partner soll die im Projekt begonnene Evaluation der Technologie anhand der entstandenen Demonstratoren fortgesetzt werden. Es sind bereits mehrere Folgeprojekte mit Beteiligung der Projektpartner in Vorbereitung, die die Nutzung und Weiterentwicklung der Technologie fortführen sollen.

Beteiligte Partner

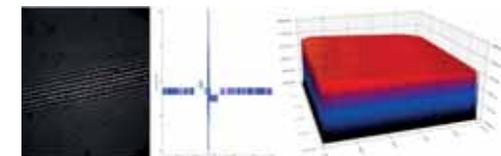
- Mahr GmbH
Dr. Andreas Beutler (Koordinator)
- CE-SYS Engineering GmbH, Ilmenau
- Fraunhofer IIS, Dresden
- TU-Ilmenau/Fachgebiet
Qualitätssicherung, Ilmenau
- X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt
- GÖPEL electronic GmbH, Jena
- MRB Automation GmbH, Ilmenau
- LIVINGSOLIDS GmbH Magdeburg



Demonstrator Weißlichtinterferometrie



Einfach gefilterte Laserlinie (l.) und zweifach gefilterte Laserlinie mit prozessierten Punkten (r.)



WLI-Messung: Interferenzbild, einzelnes Interferogramm und rekonstruierte Oberflächentopographie

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

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.

Aktueller Stand

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 einen 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.

Quelle: MOVA^{3D} (TU Chemnitz)



Ich habe festgestellt, dass Sie gestürzt sind. Möchten Sie den Notarzt oder eine Vertrauensperson anrufen?

Quelle: MOVA^{3D} (TU Chemnitz, design:lab weimar)

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



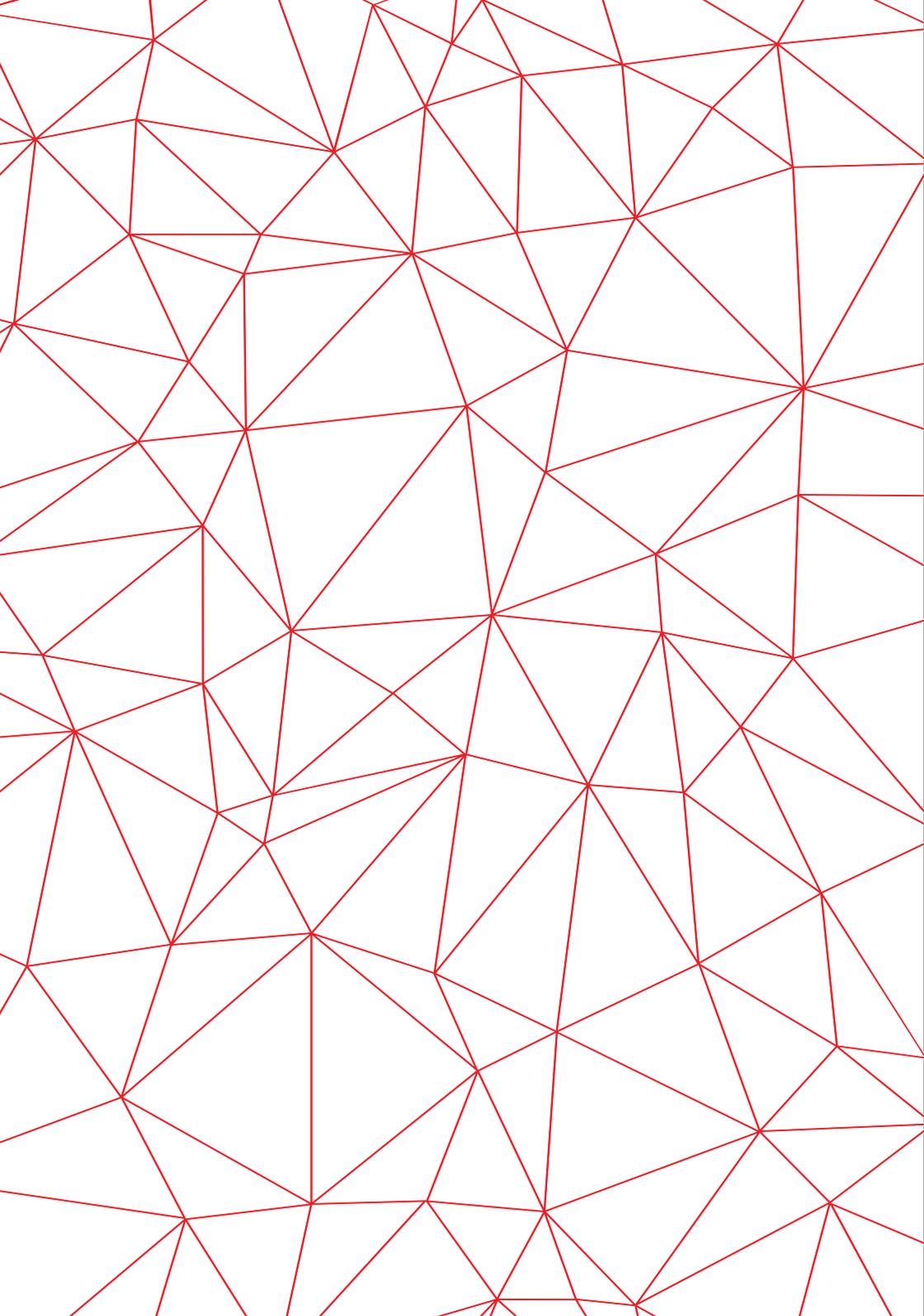
Fraunhofer IIS, Standorte
Dresden und Erlangen



MOVA^{3D}-Sensor

Quelle: MOVA^{3D} (design:lab weimar)

mOVA^{3D}



VERBUNDEVORHABEN

2. Call



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).

Aktueller Stand

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

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 Ein- und Ausgabedaten der Sensoren und Akteure der Usecases werden mittels der intelligenten

Interaktionsmiddleware des HHI analysiert, zu multimodalen Kommandos fusioniert und an die Applikationen bzw. Geräte kommuniziert.

Eine dreidimensionale Arbeitsraumerfassung, die als Basis der Szenenanalyse für Mensch-Maschine-Interaktionen (MMI) und Mensch-Maschine-Kooperationen (MMK) dient, wurde mit einem variablen Sensorverbund realisiert. Zur Ermittlung der Lage und Aufnahmerichtung der Sensoren zueinander sowie zu Szenenobjekten (Roboter) wurden neben klassischen Kalibrierungsansätzen auch neuartige Methoden der szenenbezogenen Kalibrierung umgesetzt und miteinander kombiniert. Von ZBS e.V. wurde ein 3D-Kalibrierungs-, Konfigurations- und Analysetool (3D-EasyCalib) für die Berechnung von Anordnungen multimodaler und multiskaliger Sensoren entwickelt. Es dient der Konfiguration, Kalibrierung und Visualisierung der in einen Arbeitsraum physisch installierten Kamerasysteme (3D-Sensoren) sowie auch virtueller Komponenten, z.B. über Datenblattbeschreibungen.

Um eine robuste Gesichtserkennung auch mit Weitwinkelobjektiven (Überwachungskameras) zu gewährleisten, ist ein Algorithmus an der OVGU Magdeburg erforscht worden, der beliebig rotierte Gesichter lokalisiert.

Die Applikation zur Szenenaugmentierung der Humboldt-Universität zu Berlin, lässt sich flexibel an verschiedene AR-Szenarios anpassen, erfasst

Der Roboter UR10 des mobilen Demonstrators beim Greifen und Präsentieren des Bauteils. (Hilfsrahmen als 3D-Mockup)

Die Sicht der Kamera beim Bauteiltracking (3D-Druck-Mockup). Es werden verschiedene Schweißnähte als Textur vom Projektor während der Interaktion hervorgehoben.

dynamische Objekte im Arbeitsraum in Echtzeit und reichert sie mit Zusatzinformationen an. Zuletzt wurde die Applikation um ein Modul ergänzt, das mit neuronalen Netzen eine globale Detektion und 3D-Registrierung für diese Objekte ermöglicht.

Der VW Demonstrator verwendet die erfasste und fusionierte Daten um einen Sichtprüfplatz-Szenario mit Eingabemöglichkeiten für Gesten und Mimik zu erweitern. Das Offline Sprachmodul wurde fertiggestellt und eine erste Interaktionsstudie mit Nutzern

Beteiligte Partner



Carl Zeiss AG
Dr. Lucian Stefan (Koordination)
David Döbelstein
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 Chojeci
David Przewozny



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



Szenenbezogene Kamera-Kalibrierung.



In einer VR-simulierten Nutzerstudie mit Neurochirurgen an der Charite wurde ein neu-entwickeltes Interaktionskonzept evaluiert.

durchgeführt. Die Evaluation mit Probanden sowie die Ausstellung auf der Hannover Messe sind wegen der aktuellen Corona-Krise ausgefallen.

Die Hardware des Pilz Demonstrators ist fertiggestellt. Die Integration der Gestensteuerung, Augmentierung und Mimikerkennung in die Gesamtsoftware des Interaktions-Demonstrators ist abgeschlossen.

Als Evaluierung der neu-entwickelten berührungslosen Interaktionskonzepte (Carl Zeiss AG) wurde eine abschließende Benutzerstudie mit 11 Neurochirurgen an der Charite durchgeführt. Hierbei konnte gezeigt werden, dass die neu-entwickelt Kopfsteuerung zur Positionierung des Operationsmikroskops schon nach wenigen Minuten Einarbeitungszeit signifikant schneller ist, als die derzeit übliche händische Steuerung des Mikroskops.



Pilz GmbH
Ingo Tammer
Jürgen Pullmann



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



Volkswagen AG
Dominykas Strazdas



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

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.

Ziel 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.

Aktueller Stand

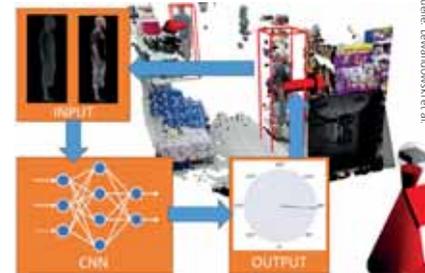
Das Verbundprojekt ROTATOR konnte planmäßig nach 36-monatiger Projektlaufzeit zum 31.10.2019 erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei wurden u.a. die Demonstratoren der technischen Partner im EDEKA-Sander in Ilmenau vorgestellt: Die 3D-Sensorik der SICK AG, die Umsetzung der OoS-Detektion auf einer mobilen Roboterplattform der MetraLabs GmbH sowie die Umsetzung der sozialen Navigation auf einer Plattform der TU Ilmenau.

Durch die MetraLabs GmbH wurden neben einer geeigneten Roboterplattform Verfahren zur Kartie-

rung sehr großer Umgebungen sowie Fahrstrategien entwickelt, wie sich der Roboter entlang des Regals bewegen muss, um möglichst sehr 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

Social space zur Roboternavigation abgeleitet aus Position und Oberkörperorientierung einer detektierten Person in einem Supermarktgang (TU Ilmenau)



Verfahren zur Schätzung der Oberkörperorientierung von Personen (TU Ilmenau)

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. Weiter zeigen die positiven Ergebnisse den Wert der stark kundenzentrierten Entwicklung im Projekt sowie der iterativen Vorgehensweise und der kontinuierlichen Einbindung der Kundenperspektive.

Beteiligte Partner



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



SICK AG, Waldkirch
Markus Böhring



Technische Universität Ilmenau
Prof. Dr. Horst-Michael Groß



YOUSE GmbH, Berlin
Dr. Sebastian Glende



Integrierte Roboterplattform TORY SHELF

Publikationen

Lewandowski, B., Liebner, J., Wengefeld, T., Müller, St., Gross, H.-M.: "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, pp. 4869-4875, IEEE 2019

Wengefeld, T., Lewandowski, B., Seichter, D., Pfennig, L., Gross, H.-M.: "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.: "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.: "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, St., Wengefeld, T., Trinh, T. Q., Aganian, D., Eisenbach, M., Gross, H.-M.: "A Multi-Modal Person Perception Framework for Socially Interactive Mobile Service Robots.", in: Sensors, vol. 20 (2020) 3, 722, 18 pages

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

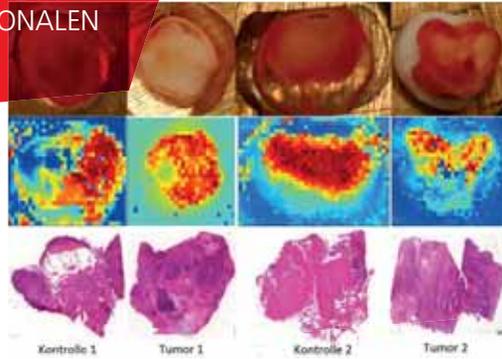
Lewandowski, B., Wengefeld, T., Müller, S., Jenny, M., Glende, S., Schröter, C., Bley, A., Gross, H.-M.: "Socially Compliant Human-Robot Interaction for Autonomous Scanning Tasks in Supermarket Environments", in: IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 363-370, IEEE 2020

Seichter, D., Lewandowski, B., Höchmer, D., Wengefeld, T., Gross, H.-M.: "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), 2020

Uro-MDD

ENDOSKOPISCHE PANORAMABILDGEBUNG UND FASEROPTISCHE SPEKTROSKOPIE IN DER UROLOGIE ZUR MULTIDIMENSIONALEN DIAGNOSTIK

Abb. 1: Fotos (oben), Raman-Images (Mitte) und Hämatoxylin und Eosin gefärbte Dünnschnitte (unten) von Kontroll- und Tumorproben aus einer Blasen-gewebesbank. Rot hervorgehobene Bereiche in Raman-Images von Kontrollproben entsprechen normalen Blasen-geweben, während die rot hervorgehobenen Bereiche in Raman-Images von Tumorproben Nekrosen entsprechen.



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, wie multimodale Methoden in eine für den Mediziner handhabbare Echtzeit-3D-Bildgebung überführt werden können. Bisher liefern Endoskope mit Weißlichtbeleuchtung eine Schlüsselchlocherperspektive mit sequentieller Punkt-zu-Punkt Abtastung. Der Lösungsansatz besteht im ersten Schritt aus der Erstellung eines Panorambildes, in dem im zweiten Schritt Zielregionen für weiterführende Untersuchungen mit molekularem Kontrastverfahren definiert werden. Konkret wird Uro-MDD ein Problem in der Urologie bearbeiten.

Ziel 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. Während die oberflächlich wachsenden Tumore durch endoskopisch

durchgeführte Eingriffe in Narkose beherrschbar sind, muss bei muskelinvasiven Tumoren in aller Regel die Blase komplett entfernt werden. Für eine genauere endoskopische Karzinomdiagnostik in der Blase sollen erstmalig markerfreie optische Verfahren auf Grundlage von Fluoreszenzlebenszeit und Raman-Spektroskopie angewendet werden, die von Zielregionen einen molekularen Kontrast liefern und als Annotationen in die 3D-Darstellung eingefügt werden.

Aktueller Stand

Der Stereozystoskop-Prototyp in Abb. 4 besitzt einen Durchmesser von 4 mm mit zwei integrierten miniaturisierten Digitalsensoren am distalen Ende. Die Stereoansicht von anatomischen Strukturen in einem Kniegelenk ist dargestellt zusammen mit dem Imagepanorama, das auf Grundlage von Stereoinformationen in Videosequenzen auch die Rekonstruktion eines Tiefenprofils erlaubt. Neben einer verbesserten Karzinomdetektion ermöglicht der Ansatz auch eine umfassende Dokumentation der Befunde, was an einem 3D-gedruckten Blasenphantom mit eingedruckten anatomischen Strukturen in Abb. 2 demonstriert wird. Im Gegensatz zu früheren Phantomen besaß das neue Phantom die korrekte Form sowie eingefärbte Blutgefäße und Läsionen. Diese Details wurden im Panorambild auf Basis von zystoskopischen Aufnahmen mit einem 0-Grad und einem 30-Grad Endoskop rekonstruiert. Speziell mit dem 30-Grad-Endoskop sind

Quelle: Uro-MDD



Abb. 2: 3D-Blasenphantom mit eingedruckten und gefärbten anatomischen Strukturen (links). Panorambild von Blaseninnenwand, Blutgefäße und Läsionen auf Basis von zystoskopischen Aufnahmen mit einem 0-Grad (Mitte) und einem 30-Grad Endoskop (rechts).



Abb. 4: Stereocystoskop mit 4 mm Durchmesser für 3D-Videoaufnahmen in der Panorambildgebung (oben). Stereoansicht von anatomischen Strukturen in einem Kniegelenk (Mitte). Rekonstruierte 3D-Panoramaansicht (unten)

Panoramaansichten jenseits der vorderen (distalen) Hemisphäre (180 Grad Blick) möglich. 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 in Abb. 3 lieferte einen vielversprechenden Tumormarker. Als relevanter Parameter für die Malignität wurde die gewichtete Amplitude a_1 der kurzen Lebenszeitkomponente von freien NADH identifiziert. In allen der insgesamt 15 untersuchten Proben

Beteiligte Partner

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

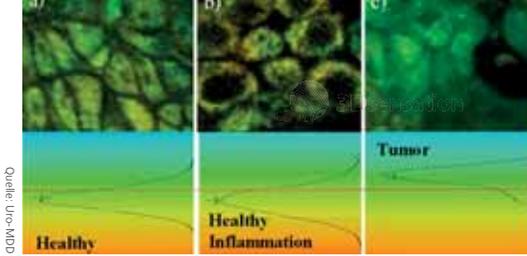


Abb. 3: Fluoreszenzlebenszeit-Images zur Messung von NADH in frischen humanen Blasen-Resektaten: der mittlere Wert von rund 0.66 für gesundes und entzündliches Blasen-gewebe erhöht sich auf 0.76 für hochgradiges Tumorgewebe als Parameter von verändertem Stoffwechsel.

stieg der a_1 -Wert von rund 0.66 in normalen Zellen auf rund 0.76 in Karzinomzellen aufgrund von Stoffwechseländerungen. Raman-Images von Kontroll- und Tumorproben aus einer Blasen-gewebesbank in Abb. 1 lieferten komplementäre Informationen über Veränderungen der chemischen Zusammensetzung im Hinblick auf Lipide, Kollagen und anderen Proteinen. Die Raman-Images wurden mit histopathologisch gefärbten Dünnschnitten von Parallelproben korreliert, um Klassifikationsmodelle zu trainieren. Die rot hervorgehobenen Bereiche in Raman-Images von Kontrollproben entsprechen normalen Blasen-geweben, während die rot hervorgehobenen Bereiche in Raman-Images von Tumorproben Nekrosen entsprechen. Diese Bereiche korrelieren auch mit den hellen Bereichen in den ungefärbten Gewebeproben. Diese Klassifikationsmodelle sollen auf Raman-Spektren angewendet werden, die mit Fasersonden aufgenommen werden.

Publikationen

- W Becker, A Bergmann, R Suarez Ibarrola, PF Müller, L Braun (2019). Metabolic imaging by simultaneous FLIM of NAD(P)H and FAD. Proc. SPIE BIOS, 10882, 100820B
- R Hackner, KE Grund, D Franz, PF Müller, N Lemke, T Wittenberg (2019): Evaluation of different bladder phantoms for panoramic cystoscopy. In O Burgert, B Hirt (Hrsg.) Proceedings 18. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie (CURAC 2019), 19.-20.09.2019 in Reutlingen, pp. 247 -- 252.
- K Wilhelm, P Müller, T Wittenberg, L Braun, C Krafft (2019) Endoscopic panoramic imaging and multidimensional diagnostics in the urinary bladder. Proceedings SMIT, 10-11.12.2019 in Heilbronn.
- R Hackner, M Raithel, E Lehmann, T Wittenberg (2020): Deep-learning based reconstruction of the stomach from monoscopic video data. Proceedings BMT Konferenz 29.9.-1.10.2020 in Leipzig
- T Wittenberg, W Becker, T Bocklitz, L Braun, R Hackner, N Lemke, A Miernik, PF Pohlmann, R Suarez-Ibarrola, C Krafft (2020): First results of computer-enhanced optical diagnosis of bladder cancer. Proceedings BMT Konferenz 29.9.-1.10.2020 in Leipzig
- C Krafft, S Guo, T Bocklitz, P Bronsert, A Miernik, J Popp.

3DFINDER

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.

Ziel 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 Gesichtsbewegungen und 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.

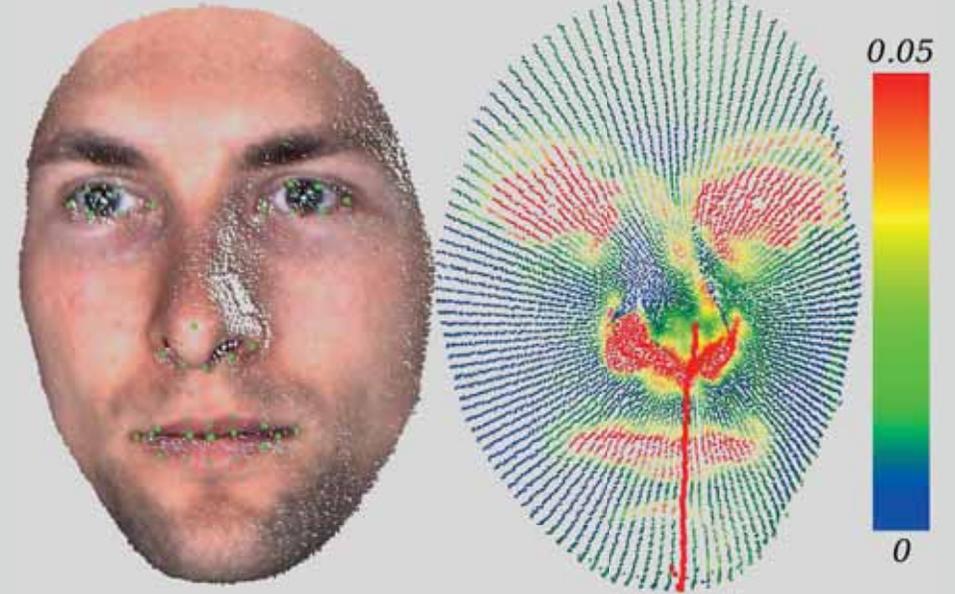
Die Verhaltensanalyse zielt auf das Erkennen von „verdächtigem Verhalten“ ab und bedient sich Methoden des maschinellen Lernens, welche für das Training nur Informationen über gewöhnliches Verhalten benötigen. Durch zeitliche Analyse der Oberflächenkrümmung, die die Änderungen des Gesichtsausdruckes beschreibt, und Klassifikation über SVMs konnten statische und dynamische Masken unter den 24 Probanden detektiert werden.

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 [1]. 3D Klassifikation der Gesichtsgometrie ermöglicht die Erkennung von Angriffen über vorgezeigte Bilder oder Tablets.

Die Verfahren werden in zwei Demonstratoren für die automatische Grenzkontrolle (abc Gate) und einem Selbstbedienungsterminal (eGovernment) integriert und evaluiert.

1. B. Kossack, E. Wisotzky, A. Hilsmann, P. Eisert, Local Remote Photoplethysmography Signal Analysis for Application in Presentation Attack Detection, Proc. Workshop on Vision, Modeling and Visualization [VMV], Okt 2019.

Quelle: Fraunhofer HHI



Links: Über 3D-Landmarken normierte 3D-Gesichtsaufnahme. Rechts: Farbliche Visualisierung der Krümmung als Input für die Verhaltensanalyse

Quelle: Universität Jena

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)



Demonstrator zur automatischen Grenzkontrolle

Quelle: BDK

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.

So erfordert allein die geometrische Bestimmung von Spezialschrauben Qualitätswerte aus den Klassen Längen- und Durchmessermaße, Radien und Winkel, Geradheit, Rundheit und Zylinderform zu ermitteln sowie Rauheiten und eine Vielzahl von Verzahnungs- und gewindebezogenen Parametern zu 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.

Aktueller Stand

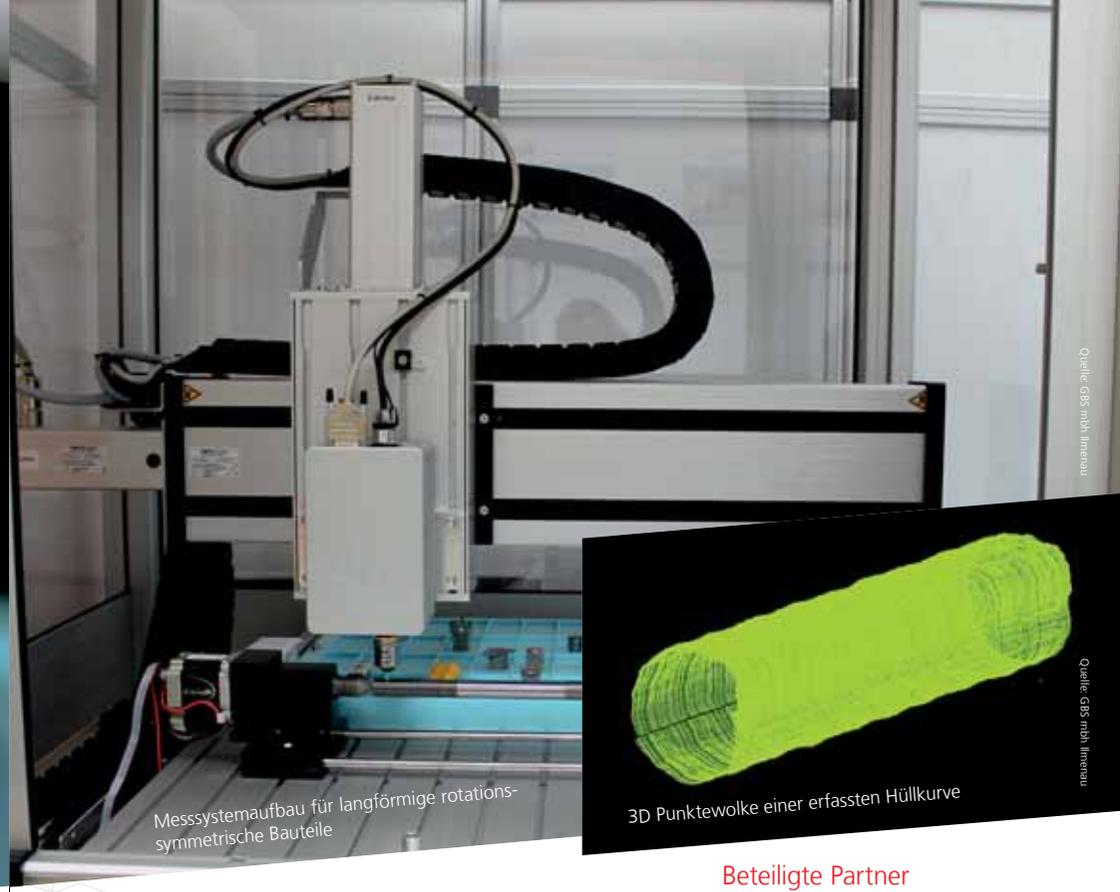
Die GBS Ilmenau hat ein Messsystem mit einem Sensor entwickelt, das zur Vermessung von langförmigen Komponenten mit rotationssymmetrischen

Merkmale 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 Messobjektlängen 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.

Die neue Messstation wird derzeit unter industriellen Einsatzbedingungen bei der Sternberg GmbH erprobt. Neben den messtechnischen Herausforderungen wird das System robust in Bezug auf verschiedenste Störgrößen sein müssen, die aus den Produktionsbedingungen der Fertigung re-

Quelle: GBS mbH Ilmenau



Messsystemaufbau für langförmige rotations-symmetrische Bauteile

Quelle: GBS mbH Ilmenau



3D Punktwolke einer erfassten Hüllkurve

Quelle: GBS mbH Ilmenau

sultieren. Es muss in erheblichem Maße tolerant bzw. widerstandsfähig gegenüber Vibrationen, Verunreinigungen, chemischen und thermischen Einflüsse sowie gegenüber Handhabungsfehlern sein.

Mit dem zukünftigen Einsatz dieser neuen 3D-Messsysteme in der Qualitätsüberwachung können neben einer höheren Messgenauigkeit vor allem ein höherer Automatisierungsgrad und kürzere Durchlaufzeiten erreicht werden. Gleichzeitig wird ein weiterer Baustein zur durchgängigen digitalen Erfassung und Abbildung von Produktionsprozessen bereitgestellt.

Beteiligte Partner

-  Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF
Dr. Peter Schreiber (Koordinator)
-  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
-  Sternberg GmbH
Norman Müller

3D-Montageassistent

3D-BASIERTE ASSISTENZTECHNOLOGIEN FÜR VARIANTENREICHE MONTAGEPROZESSE - MENSCHENZENTRIERTER 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. Die Komplexität und Variantenvielfalt stellt bei der manuellen Montage jedoch sehr hohe Anforderungen an die kognitive Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit der Mitarbeiter. 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. mildernd auf die Qualität des Arbeitsergebnisses und die Produktivität aus. Hieraus begründet sich die Motivation für das vorliegende Vorhaben.

Aktueller Stand

Im Projekt wurden die Use Cases aus den Endanwenderunternehmen analysiert und die Anforderungen abgeleitet. Die detaillierte Anforderungsanalyse ergab grundsätzliche Unterschiede zwischen den ausgewählten Use Cases der beiden Anwenderunternehmen. Während der eine Use Case auf vollständig digital dokumentierte Produktdaten zurückgreift und somit die Datenbasis für die Assistenzfunktionen mittels einer Algorithmen-basierten Datenaufbereitung um-

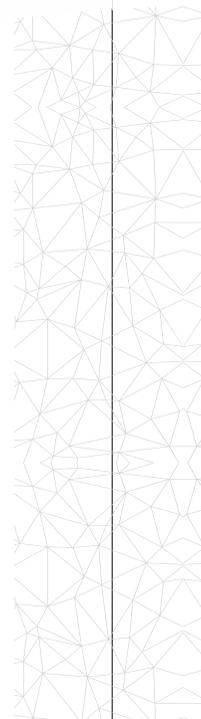
gesetzt werden konnte, weicht der andere Use Case in seiner Ausgangssituation stark davon ab. Neben reinen Montagetätigkeiten erfordert der Arbeitsprozess hier auch teilweise Demontagen, Lötverbindungen, Justagen und Kabelverlegung. Zudem findet der Arbeitsprozess nicht Los-weise parallel statt sondern häufig in Stückzahl 1 und auch nicht ortsfest in einer Vorrichtung sondern auf einem Arbeitstisch, den sich der Mitarbeiter selbst nach seinen Bedürfnissen arrangiert.

Beide Use Cases stellen typische Vertreter von Arbeitsplätzen dar, die so jeweils vielfach in der Industrie anzutreffen sind. Um auch den zweiten Use Case abdecken zu können, hat sich das Projekt entschieden, eine zweite Lösung zu entwickeln, die den Anforderungen des Use Cases gerecht wird.

Ein wichtiger Aspekt für das Assistenzsystem ist die aufwandsarme Erstellung der Datenbasis auf der Grundlage vorhandener Daten und Informationen, im Falle des zweiten Use Cases aber auch die schnelle Erfassung von Arbeitsanleitungsinhalten im Zuge der Prototypenmontage oder Erstmusterherstellung.

Auf Grund der besonderen Anforderung wurde ein Tablet als Instrument für die Erstellung der Assistenzinhalte 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

Quelle: piezosystem jena gmbh



Testaufbau App-basierte Assistenz bei piezosysteme jena GmbH

Arbeitsplatz fest installierte 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
- Robuste Unterscheidung zwischen linker und rechter Hand
- Anwendungsmöglichkeiten/-beispiele:
 - 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).

In der verbleibenden Projektlaufzeit werden die implementierten Prototypen vor Ort bei den Anwendungspartnern im realen Arbeitsumfeld in Betrieb genommen, getestet und weiter optimiert.

Die Situation infolge der COVID-19 Beschränkungen führte durch die Reisebeschränkungen teilweise zu Verzögerungen bei der Inbetriebnahme und Evaluation der Prototypen.



Gesamtansicht des Arbeitsplatzes im Unternehmen vor Ort

Die Ergebnisse zur Studie der Beanspruchung der Nutzer, die mittels einer VR Simulation durchgeführt wurde, wurde inzwischen an verschiedenen Stellen publiziert, u.a. auf der VAR2-Tagung im Dezember 2019 in Chemnitz sowie auf der International Conference on Human-Computer Interaction 2020.

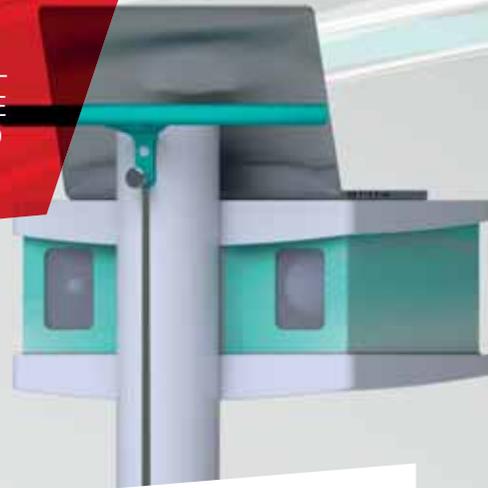
Beteiligte Partner

-  LIVINGSOLIDS 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.

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 sub-optimal. Technisch bedingte 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.

Ergebnis

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. 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 Bedarfswelt 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.

Quelle: FASTER



3D-Körpervermessung

Quelle: FASTER / VIALUX

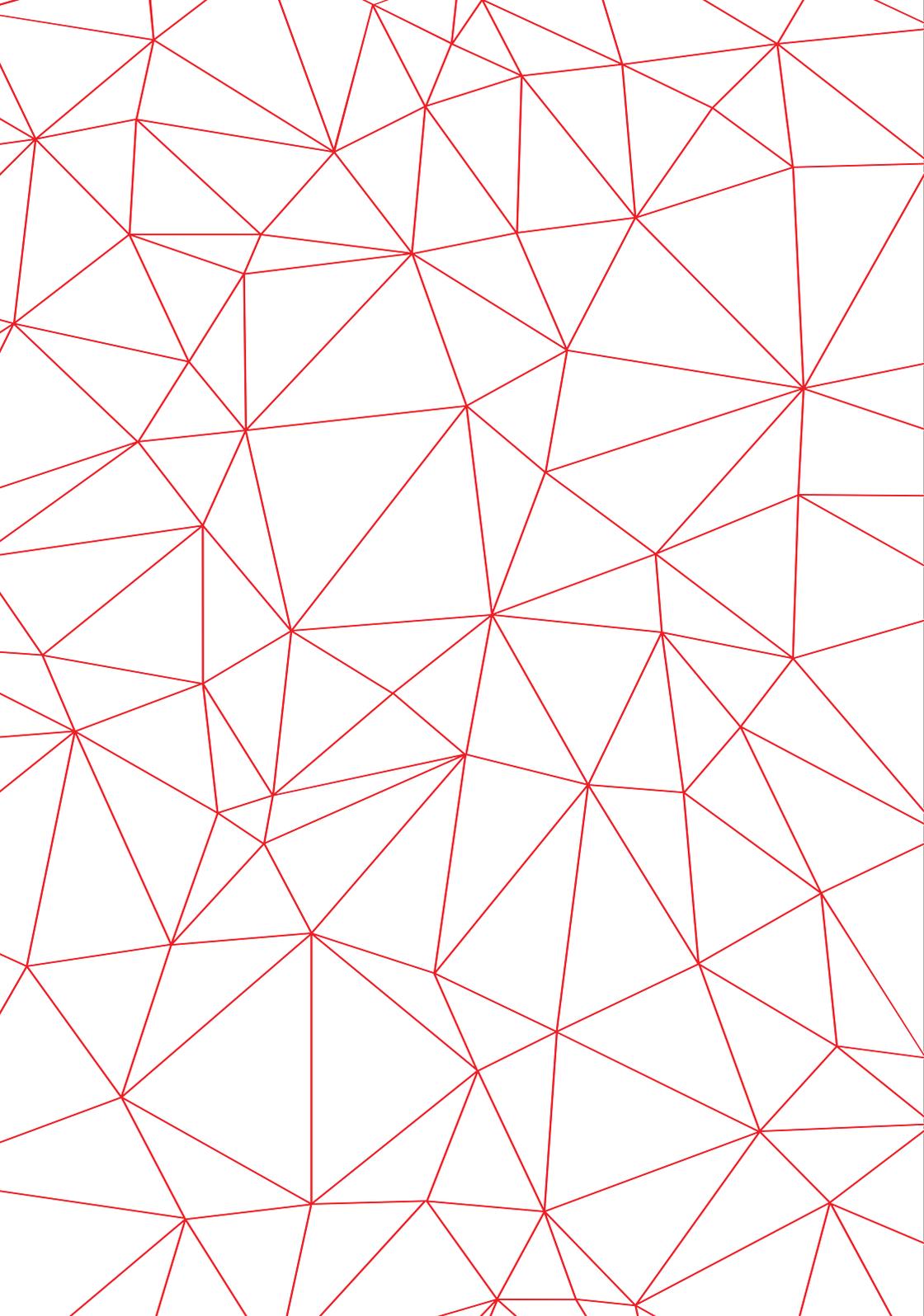
Beteiligte Verbundpartner

-  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



Direct-Link-Sensor

Quelle: FASTER



VERBUNDEVORHABEN

3. Call



3DKosyma

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

Abb. 1: Testsystem für die automatische Lageerkennung

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 Problemlösung intelligenz 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.

Ziel des Vorhabens

Die Lösung besteht darin, den Menschen konsequent in den Mittelpunkt der Arbeitswelten zu stellen und diesen durch intelligente Maschinen sicher und wertschöpfend zu unterstützen.

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.

Wie in Abb.5 dargestellt, erkennt ein Mensch 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.

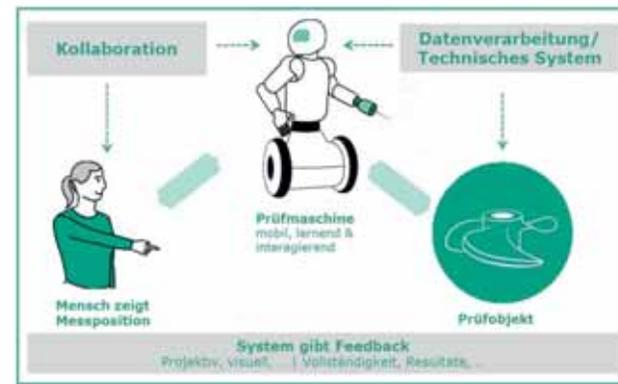
Ergebnisse

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 (Abb. 2).

Der Demonstrator wurde bei den Anwendungspartnern im Projekt an die unterschiedlichen Ein-



Abb. 2: 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.



satzbedingungen und Anwendungen angepasst. Durch modulare Bauweise konnten auch andere Mess- und Auswerteprozesse wie Externes Tracking, Augmented Reality, Farbprüfung oder 2D/3D Sichtprüfung integriert werden. Die Abb. 3 bis 4 zeigen unterschiedliche Beispiele für den Einsatz des interaktiven Prüfsystems in verschiedenen Anwendungen.



Abb. 3: Kombination von Tracking System, Augmented Reality und 3D-Prüfung



Abb. 4: Demonstrator für automatisierte Sichtprüfung
- Qualitätsprüfung variabler Bauteilspektren
- Anwendung maschineller Lernverfahren

Abb. 5: Schematische Darstellung der oben vorgestellten Interaktion zwischen Mensch und System zur Vermessung (Prüfung) eines Bauteils.

Beteiligte Partner

-  INB Vision AG, Magdeburg (Kordinator)
-  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

MaMeK

PROJEKTIONSSYSTEME FÜR DIE MASCHINE-MENSCH-KOMMUNIKATION



MaMeK Prinzip Demonstrator

Herausforderung

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 sein.

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

Ziel des Vorhabens

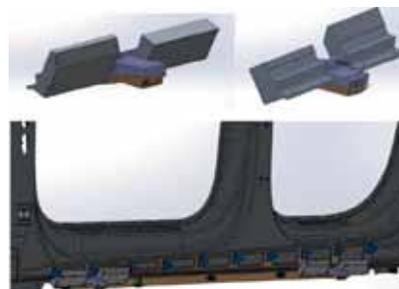
Das Gesamtziel des Verbundes besteht in der Erforschung und Entwicklung zweier technologischer Ansätze für Displays, sowie deren Analyse und Evaluation für die Integration in ein Car2Human-Kommunikationskonzept. Dabei sollen holografische direct view-Displays und beugungsbasierte Projektionssysteme entstehen, 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.

Aktueller Stand

Spezifikationen für Bodenprojektion und Holografischem Display sind erstellt; Szenarien für die Anwendung beider Technologien sind ermittelt



Neues Package des SLM LCOS



MaMeK Demonstrator für den Einbau im Schweller Bereich eines Audi A6

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.

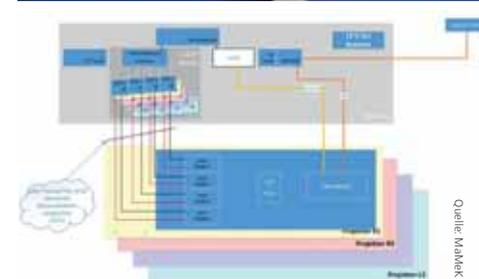
Ein Demonstrator Fahrzeug ist ausgewählt und die prototypischen Umsetzungen von Bodenprojektoren und der Beleuchtung des Hologramms sind in Arbeit. Zu diesen gehören die Auslegung der Optiken, die Konstruktion der erforderlichen Bauteile und die Beschaffung aller Kaufteile. Bei den Konstruktionen wird 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 Phasenmodulatoren (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. Bauraumuntersuchungen, Möglichkeiten der Verkabelung und die Anbindung der Bausteine an die Technik des Fahrzeugs sind derzeit Hauptarbeitsschritte.

Im nächsten Schritt wird das Demonstrator Fahrzeug mit der Infrastruktur ausgestattet, die es erlaubt,



3D-Modell MaMeK Gehäusekonzept von Docter Optics



Ansteuerung der Projektoren

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 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
Friedrich-Uwe Tontsch (Koordinator)
-  Carl Zeiss Jena GmbH
Dr. Michael Helgert
-  micro resist technology GmbH
Dr. Marko Vogler
-  HOLOEYE Photonics AG
Sven Krüger
-  Brose Fahrzeugteile GmbH & Co
Johannes Schulz
-  Docter Optics SE
Thomas Hilbert
-  Fraunhofer IOF
Dr. Peter Schreiber



MRK in der Versuchszelle 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. Nur Sonderbauformen, wie beispielsweise Leichtbauroboter, können derzeit, unter Einschränkungen bezüglich der erreichbaren Geschwindigkeit und Tragkraft, mit dem Menschen direkt kooperieren und ihn aktiv unterstützen. Die Applikationen beschränken sich dabei heutzutage insbesondere auf Hilfestellungen in der Montage. 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 gewissen Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine beziehungsweise industriellen Robotern, in welcher Mensch und Maschine ihre Vorteile ausspielen können (Mensch: Wahrnehmung, Urteilsvermögen, Improvisation; Roboter: Reproduzierbarkeit, Produktivität, Kraft). Die Produktion kann dadurch schneller vorantreiben und zugleich flexibel und robust auf Produktvariationen reagieren. Ein Hemmnis für das zukünftige Flexibilisierungsmodell besteht in der Angst des Menschen vor dem Roboter.

Der Roboter ist eine voll-dynamische Maschine, die sich in alle Richtungen bewegen kann. In diesem

Zusammenhang spricht man oftmals vom „Intelligenten und autonomen Roboter“. Doch was passiert, wenn der Mensch die Autonomie sowie die Bewegung der Roboter falsch interpretiert?

Ziel des Vorhabens

Auf Grund der potentiellen Verletzungsgefahr bei Kollision sowie der Unkenntnis des Menschen der technischen Zusammenhänge automatisierter Systeme, kann es während schutzzaunloser MRK zu Angst, negativen Emotionen und einem herabgesetzten Vertrauen kommen. Ziel des Projektes 3D-IMiR war daher die Untersuchung von Angst und Vertrauen während der Interaktion mit industriellen Schwerlastrobotern sowie deren positive Beeinflussung durch die Entwicklung eines »Kommunizierenden Systems« zur besseren Vorhersagbarkeit der Aktionen des Roboters.

Ergebnisse

»Overtrust-Effect« für die Interaktion mit Schwerlastrobotik bestätigt

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.

Selbst die Provokation von emotionalen Reaktionen durch überraschende Szenarien sowie ein VR-gestützter Versuch mit Kollisionen mit dem Roboter

zeigten keine langfristigen negativen Effekte auf das Vertrauen.

Folglich zeigte sich im Verhalten der Probanden, dass diese die Aufmerksamkeit vom Roboter abwendeten und während Roboterbewegungen mit hoher Geschwindigkeit Lichtschranken überschritten. Im Falle von Systemfehlern kann dieses Verhalten schwerwiegende Folgen für die Gesundheit von Mitarbeitern haben. Zur Erhöhung der Arbeitssicherheit sollten daher Konzepte entwickelt werden, die das Situationsbewusstsein der Mitarbeiter langfristig erhalten.

Entwicklung und Evaluation eines »Kommunizierenden Systems«

Mit dem Projektziel der Reduktion von Angst und Steigerung von Vertrauen in industrielle Schwerlastrobotik, 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, benutzer-sensitiven 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 auftretenden Systemfehler.

Algorithmen-Entwicklung zur sensorischen Erfassung von Emotionen

Im Rahmen des Projektes wurden Verbesserungen von Bildverarbeitungsalgorithmen zur Emotionserkennung aus Mimik erreicht. Besonderen Stellenwert dafür bildete das reale Trainingsmaterial, das im Rahmen der Versuchsreihen gewonnen wurde. Zusätzlich ermöglichte das Versuchsfeld die Erhebung einer subjektiven Referenzlinie des Empfindens durch die Probanden im Vergleich zu standardmäßig verwendeten Labels aus Beobachterperspektive (Fremd-Rating).

Des Weiteren wurde ein Fusions-Tool entwickelt, welches die Reliabilität der einzelnen Sensorsysteme berücksichtigt und anhand der realen subjektiven Referenzlinie der Probanden trainiert wurde.



Sichere Mensch-Roboter-Kollaboration mit kommunizierendem System und innovativem Sensorsystem

Publikationen und Patente:

- Bdiwi, M.; Winkler, L.; Putz, M. (2018): Enhanced robot control based on mental states: Toward full-trust interaction between humans and industrial robots. International Conference on intelligent robots and systems (Madrid) (Poster).
- Legler, F., Langer, D., Dittrich, F., & Bullinger, A.C. (02-04 October 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. (06-07 November 2019). Angst und Vertrauen in der Mensch-Roboter-Kollaboration bei Erstkontakt mit industrieller Schwerlastrobotik. [Vortrag]. Chemnitz,

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 Linß
- ifm software GmbH (ehem.NSC GmbH)
Edgar Liebold

3D4F

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

Abb. 1: Aus 3D-Daten erzeugtes Graustufenbild der Papillarstruktur einer menschlichen Hand.

Problembeschreibung

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

Die Aufnahme und Verwendung von 2-dimensionalen biometrischen Fingerabdrücken 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.

Ziel des Vorhabens

Ziel von 3D4F ist 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 4 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 Mikroorganismen 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.

Aktueller Stand

In bisher zwei Iterationsstufen wurden Design- und Interaktionskonzepte für einen berührungslosen 4-Fingerscanner gestaltet (Abb. 2), an Probanden getestet und die gewonnen Erkenntnisse als Grundlage für eine neue Iterationsrunde genommen. Die gewonnen Erkenntnisse liefern wichtige Hinweise auf die Akzeptanz, Bedienbarkeit und Berührungslosigkeit der Technologie in der im Umgang ungeschulten Bevölkerung. Des Weiteren konnten positive und negative Designelemente identifiziert werden.

Bezüglich der 3D-Sensorik stellt die physikalischen Grenzen unterworfenen geringen Tiefenschärfe eine große Herausforderung dar für die Aufnahme freigehaltener Hände.

Mehrere technische Konzepte wurden einerseits erdacht, um diese Hürde zu meistern, andererseits auch real umgesetzt und getestet. Ein System,

Quelle: ZBS e.V., IOF



Abb. 2: Workshopteilnehmer bei der Präsentation einer Konzeptidee.

Quelle: ART-KON-TOR

welches prinzipiell alle Anforderungen für eine Zertifizierung erfüllt und das Problem der geringen Tiefenschärfe umgeht, wurde aufgebaut. Die ersten Ergebnisse von Fingeraufnahmen (Abb. 1) und Testtargets erfüllen die hohen Erwartungen und die erzeugten Fingerabdruckbilder sind auch objektiv vergleichbar mit denen herkömmlicher Scanner.

Erste Versuche zur Täuschungserkennung liefen erfolgreich anhand von Gestenerkennung und Feinstruktureffekten menschlicher Haut im Vergleich zu künstlich hergestellten Fingeratruppen.

Beteiligte Partner

-  JENETRIC GmbH, Tom Michalsky
-  ART-KON-TOR Produktentwicklung GmbH, Dirk Haase
-  Doctor Optics SE, Markus Winkler
-  Linguwerk GmbH, Frank Lommatzsch
-  ZBS e.V., Karl-Heinz Franke
-  TU-Chemnitz, Michael Wächter
-  Fraunhofer IOF, Peter Kühmstedt

RoboAssist

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

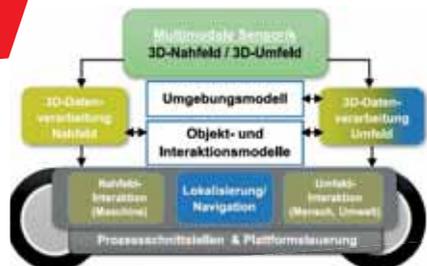


Abb. 1: Schema des Zusammenwirkens der Komponenten von RoboAssist-Indoor

Problembeschreibung

Im Mittelpunkt des Vorhabens steht die sichere Navigation (inkl. Andock-, Rendezvousmanöver) und die Mensch-Roboter-Kooperation autonomer 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 Nahfeldsensoriken, 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 Fertigungsszenen 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 Entfernen-

Quelle: ZBS



Abb. 2: Entwurf mobiler Roboter am Arbeitstisch

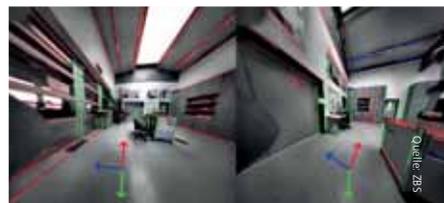


Abb. 3: Szenenbezogene Ableitung der Orientierung einer mobilen Roboterplattform aus Bildsequenzen



Abb. 4: Beispielwerkstück

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. Messszenen 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 Orientierung auf Basis optischer Kamera-Sys-



Abb. 5: Entwurf 3D Sensor Nahfeld



Abb. 6: Mobiles Robotersystem Tiago

teme 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-Algorithmus, u.a. zur szenenbezogenen oder modellbasierten Verortung, wird geprüft.

Beteiligte Partner

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



STRATEGISCHE
EINZELMASSNAHMEN

3DLivingLab

DEMONSTRATOR 3D-LIVINGLAB
FÜR DIE ALLIANZ 3DSENSATION

Interaktions-Demonstrator „Roboter-Aktor“ des 3D-LivingLab verdeutlicht die Echtzeitkopplung von 3D-Sensorik zur Erfassung der Szene und dem Roboter-Steuerungssystem als Aktor.

Ziel 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.

Bei der Entwicklung und Umsetzung des Demonstrators wurde auf einen modularen Aufbau geachtet, der einen unkomplizierten Austausch einzelner Komponenten sowie eine schnelle Adaption einzelner Funktionalitäten in industrielle Anwendungen ermöglicht. So können beispielsweise verschiedenste 3D-Sensoren eingesetzt werden, wie der Kinect-Sensor, der NIR-3D-Sensor vom Fraunhofer IOF oder die Stereo-System von SICK. Ein eigens

entwickeltes Modul zur 3D-Erfassung der Spielobjekte vom Mensch und Roboter errechnet aus den 3D-Punktclouds der angeschlossenen Sensoren die exakte Position und Anordnung der Spielobjekte. Ausgehend von diesen Daten erfolgt ein direkter Abgleich der beiden Spielfelder und ermöglicht so eine schnelle Reaktion des Roboters auf die Handlungen des Menschen. Für die latenzarme Ansteuerung des Industrieroboters werden aus den Handlungsanweisungen Bewegungsabläufe für den Roboter generiert, direkt an die Steuerung übertragen und automatisiert abgearbeitet. Der Roboter wird mit einer Werkzeugmaschinensteuerung (NC-Steuerung) betrieben, sodass die Ansteuerung über standardisierte G-Code-Programme erfolgt und letztendlich für ein großes Spektrum an Werkzeug- und Produktionsmaschinen, unabhängig vom Hersteller, Verwendung finden kann.

Kugelwand

Das System „Kugelwand“ setzt sich aus mehreren Modulen zusammen: 3D-Sensorik, 3D-Datenverarbeitung, Bildfusion, Antwortgenerator (Gestenerkennung, Kugelsteuerung usw.) sowie dem Aktorsystem – 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 und gibt in Realtime ein Feedback durch technische Aktorsysteme,

Quelle: Fraunhofer IWU

Interaktions-Demonstrator „Kugelwand“ des 3D-LivingLab auf der Hannover Messe HMI 2019

Die Kugelwand ist eine Interaktionsmatrix aus 10 x 15 Einzelkanälen. Die Steuerung erfolgt über die 3D-Informationen eines 3D-Sensors. Hier im Bild ist das der NIR-3D-Sensor des Fraunhofer IOF.

die die elektrischen Signale in eine Bewegung der Kugelwand umsetzen. Die Steuerung der Aktorik erfolgt durch die Körperhaltung. Eigens entwickelte spezielle Algorithmen ermöglichen es, aus der menschlichen 3D-Bewegung eine Steuerung der Aktorik anzustoßen und damit die Bewegung der Kugeln auszulösen. Das System zeigt damit sehr schnelle Messtechnik – die Daten werden durch eine neue Generation von 3D-Sensoren aufgenommen –, sehr schnelle latenzarme Verarbeitung – die Daten werden sofort interpretiert und umgerechnet – und die schnelle Reaktion in Echtzeit – die Kugelwand spiegelt anhand der Berechnungsergebnisse sofort die Bewegung der davorstehenden Person. In Produktionsumgebungen lässt sich die Technologie beispielsweise einsetzen, um einen Werker zu überwachen, der mit einem Roboter interagiert und ihm Bauteile reicht. Sie kann auch auf andere Anwendungsfelder wie die der Gesundheit und Sicherheit übertragen werden und die dortigen Abläufe sicherer und effizienter gestalten. Denkbar ist der Einsatz der 3D-Sensorik und der Interaktionskomponenten in Montageassistenz-, und Qualitätskontrollsystemen, sie qualifiziert sich zudem für die Überwachung biometrischer Zugänge.

Schrittmotor und Riemenantrieb steuern die Positionsverstellung der Kugeln

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 Chojceki
-  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

ROMIN

INTERAKTIVER DEMONSTRATOR FÜR DIE MENSCH-ROBOTER-WECHSELWIRKUNG

Abb. 1: Roboterarm beim Anstoßen einer Kugel

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.

Ziel 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

Im Ergebnis des Vorhabens entstand ein Demonstrator in Form einer ca. 2 m x 2 m x 1,5 m großen transparenten Box (Abb. 2), in der sich ein Roboterarm, ein optischer Sensor und hängende Kugeln unterschiedlicher Größe befinden (Abb. 1 und 3). 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 Eindringen 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.

Abb. 2: Demonstratorsystem

Der Demonstrator wurde als autonom operierende Einheit realisiert, die ohne notwendiges Bedienpersonal arbeitet. Beim Auftreten von Fehlern schaltet sich der Demonstrator automatisch ab und nimmt nach einer bestimmten vorgegebenen Zeit einen Neustart des Systems vor.

Beteiligte Partner

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

Abb. 3: Optischer 3D-Sensor

3D-HapTisch

Demonstrator Haptik-Tisch

Problembeschreibung

Die Gestensteuerung hält verstärkt Einzug in unseren Alltag. So ist diese Technologie zunehmend z.B. in Infotainmentsystemen von Fahrzeugen oder in der Medizintechnik bei der Navigation von Schnittbildarstellungen von MRTs vorzufinden. Die Vorteile liegen vor allem in der schnellen Verwendbarkeit, kontaktloser Interaktion, dem Nichtgebrauch von zusätzlicher Hardware und der intuitiven und wenig kognitiv belastenden Bedienung. Das Fehlen von haptischem Feedback führt hingegen zu ineffizienten und fehlerbehafteten Interaktionen.

Ziel des Vorhabens

Zur Verbesserung und dem Aufzeigen der Vorteile von Gestensteuerung wird ein Demonstrator [1] angestrebt, welcher eine Gestensteuerung mit haptischem Feedback über Ultraschallmodule und eine Bildausgabe virtueller Objekte vereint. Der Fokus des Demonstrators liegt hierbei auf der User Experience, d.h., der Interaktion zwischen dem virtuellen Avatar des Nutzers und den virtuellen Objekten, die mithilfe von Gestensteuerung erfahrbar gemacht werden.

Aktueller Stand

Ein erster Papierprototyp zur Grobkonzeption des Demonstrators wurde erstellt. Im Rahmen von Expertenworkshops wurde anhand von potentiellen Nutzergruppen eine Persona ausgearbeitet, die alle relevanten Anforderungen an den Demonstrator adressiert. Darauf aufbauend wurden verschiedene Use-Cases abgeleitet, die mittels verschiedener Anwendungen aus den Bereichen Unterhaltung und Spiele umgesetzt und in den Demonstrator implementiert werden. Ein Storyboard für die einzelnen Use-Cases zeigt die Abläufe der Use-Cases und die dabei auftretenden Herausforderungen als Grundlage für deren Ausgestaltung. Im nächsten Schritt werden die Haptikmodule inklusive der 3D-Sensoren in Betrieb genommen und iterativ die Bedienung der einzelnen Anwendungen im Demonstrator programmiert und getestet.

Quelle: TU Chemnitz

Test der Haptikmodule

Beteiligte Partner



Technische Universität Chemnitz,
Professur für Arbeitswissenschaft
und Innovationsmanagement
Dr.-Ing. Frank Dittrich (Koordinator)



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

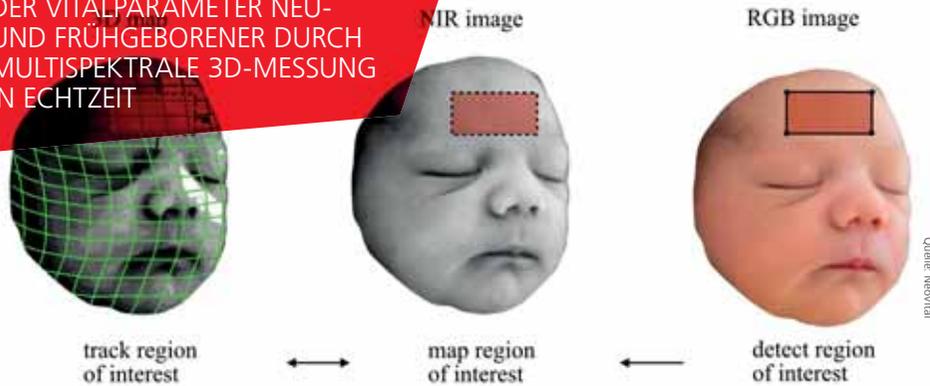


Fraunhofer Institute for Applied Optics
and Precision Engineering IOF
Dr. Peter Kühmstedt

NeoVital

KONTAKTLOSE ÜBERWACHUNG DER VITALPARAMETER NEU- UND FRÜHGEBORENER DURCH MULTISPEKTRALE 3D-MESSUNG IN ECHTZEIT

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. Zur Überwachung von Früh- und Neugeborenen müssen derzeit Elektroden direkt auf die Haut geklebt und Messsensoren für die Pulsoxymetrie (SpO₂) angebracht werden. Bereits das Aufkleben der Elektroden selbst, als auch die Fixierung der SpO₂ kann, speziell bei sehr unreifen Frühgeborenen, zu Hautirritationen bis hin zu Verletzungen beim Entfernen führen. Darüber hinaus unterliegt diese Überwachung einem nicht zu unterschätzenden Informationsartefakt (Defizit bis hin zum Ausfall der Information) durch beispielsweise Dislokation der entsprechenden Sensoren bei Bewegung, Abknickung der Kabel... etc. 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.

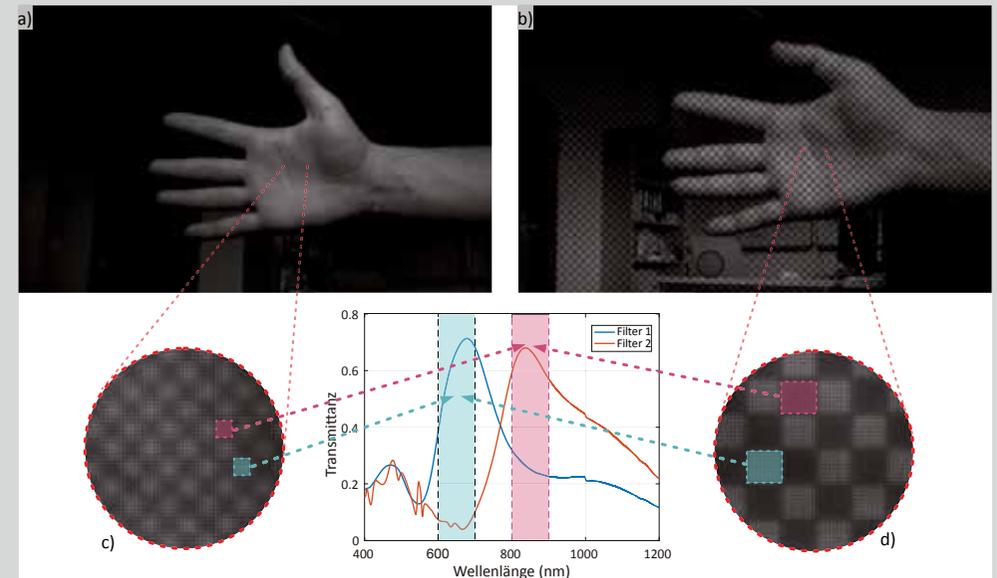
Bereits entwickelte optische Komponenten zur multispektralen 3D-Erfassung müssen auf die Anforderungen in einer klinischen Umgebung angepasst werden. Darüber hinaus muss eine Präzision der Messung gewährleistet werden, die sichere und lebenskritische diagnostische Hinweise liefern kann.

Ziel des Vorhabens

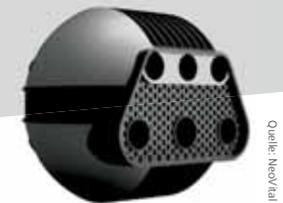
In einem interdisziplinären Verbund soll basierend auf Fragen der neonatalen Medizin ein kontaktloser, multispektraler 3D-Sensor entwickelt werden, der Vitalparameter von Neu- und Frühgeborenen in Echtzeit aufzeichnen kann und sich in die bestehende Infrastruktur einbinden lässt.

Dazu wird ein kontaktloser, multispektraler 3D-Sensor (NeoVital) entwickelt, der in einem Gerät die kontaktlose, aber trotzdem sichere Überwachung mehrerer Vitalparameter von Früh- und Neugeborenen im klinischen Umfeld ermöglicht. Vergleichbares ist mit aktuellen kontaktbasierten Methoden nur mit mehreren gekoppelten Verfahren möglich.

Hauptziel des Vorhabens ist die Installation eines Demonstrators des geplanten kontaktlosen Sensors im laufenden Betrieb der Kinder- und Jugendklinik des Uniklinikums Jena. Dadurch soll gezeigt werden, dass das vorgeschlagene Verfahren auf Augenhöhe mit Goldstandardmethoden operierten und diesen dank des erhöhten Komforts durch die Kontaktlosigkeit übertrifft.



Nanophotonische Bildgebung: Bilder einer Hand, aufgenommen mit zwei unterschiedlichen Varianten nano-optischer Kameras: a) Bild mit Nanofilter-Pixeln der Größe 10 x 10 µm. b) Bild mit Nanofilter-Pixeln der Größe 20 x 20 µm. c), d) Vergrößerter Bildausschnitt aus a) bzw. b). Helle und dunkle Flächen entsprechen unterschiedlichen Nanofilter-Pixeln.



Grafische Darstellung des 3D-Vitalparameter-Sensors: Die obere Reihe an Öffnungen beherbergt multispektrale Kameras zur RGB und NIR-Messung. Die untere Reihe übernimmt die 3D-Messung. Die Kugelform dient der kompakten Verkleidung der internen Elektronik.

Verwertungsperspektiven

Primäres Ziel ist die Schaffung einer kontaktlosen Methode zur Messung von Vitalparametern bei Säuglingen. Dieses Vorhaben adressiert das Zukunftsproblem 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 unkomfortable Situation 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 (Kordinator)
 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



IDEE-INVENTIONS-
INNOVATIONSVORHABEN
(I³-PROJEKTE)

HOLosurf

VISUELLE 3D OBERFLÄCHENERSCHEINUNGEN
MITTELS MIKRO- UND NANOSTRUKTURIERTER
SCHICHTSYSTEME

Nanodiscs

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 einfache 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.

Aktueller Stand

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. 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

Quelle: HOLosurf

Scattering false color

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 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.

Quelle: HOLosurf

Partner



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

Taktiler Feedback3D II

TAKTILES FEEDBACK FÜR DIE BERÜHRUNGSLOSE GESTENINTERAKTION

Abb. 1: Interaktion mit Serviceroboter

Problembeschreibung

Die berührungslose Gestensteuerung erobert viele Anwendungsfelder, z.B. die Interaktion in virtuellen Welten, die Manipulation von Infotainmentsystemen im Fahrzeug oder die Navigation durch Schnittbildarstellungen bei MRTs. Die Gesteninteraktion 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 hierbei ist allerdings, dass keine taktile Rückmeldung erfolgt, wie diese bei der natürlichen Mensch-Umwelt-Interaktion (z. B. Greifen, Manipulieren usw.) aber auch bei klassischen Eingabeformen der Mensch-Technik-Interaktion (z. B. Tasten, Touchscreen usw.) vorhanden ist und erwartet wird. Das Fehlen dieses haptischen Feedbacks kann zu Missempfindungen bis hin zu ineffizienten und fehlerbehafteten Interaktionen (z. B. Eingabe vom Nutzer wird nicht als erfolgreich wahrgenommen) führen.

Ziel 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. Das Feedback ist dabei nicht mit einem Luftstoß zu

vergleichen, sondern ähnelt aufgrund des Wirbeleffektes einem „Antippen“. Es können verschieden gestaltete taktile Rückmeldungen (beispielsweise Intensität, Frequenz) realisiert und, in Abhängigkeit der Eingabe des Nutzers, für die Gestaltung von Interaktionsstrategien genutzt werden.

Für den Einsatz in konkreten Anwendungsfällen, wie der Fahrer-Fahrzeuginteraktion sowie der Mensch-Roboter-Interaktion, sollen weitere Lösungen für eine Miniaturisierung, eine Steigerung der Feedbackintensität sowie eine Reduzierung von Störgeräuschen entwickelt werden. Als Ergebnis soll eine anwendungsfähige Technologie eines Vortex-Generators für diese Anwendungsfälle entstehen. Zudem soll die Anwendbarkeit durch die Integration in zwei Use Cases, bestehend aus einem Serviceroboter für den Stationsbetrieb und einer berührungslosen Infotainmentsteuerung im Fahrzeug, nachgewiesen werden. Hierfür werden spezifische Interaktionsstrategien für die Anwendungsfälle entwickelt, bei denen die Technologie nicht nur für die Systemrückmeldung, sondern auch für eine proaktive Informationsvermittlung an den Nutzer Verwendung findet.

Aktueller Stand

Im Rahmen eines Expertenworkshops wurden Anforderungen an ein berührungsloses taktiler Feedbacksystem für die beiden Anwendungsfälle ermittelt und in einen Anforderungskatalog über-

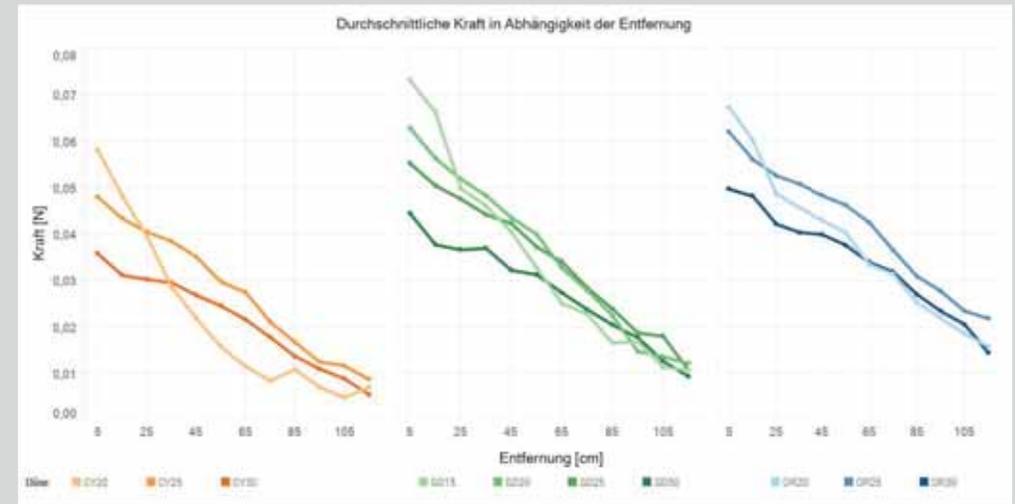


Abb. 2: Messwerte der Kraft für die Düsengeometrien in Abhängigkeit der Distanz zum Messgerät. Die Messwerte stellen jeweils den Mittelwert von 60 einzelnen Vortexringen je Distanzstufe und Düse dar. Die Düsen sind mit der Typenbezeichnung und dem Öffnungsdurchmesser in mm kodiert. CY=Zylinder, GD=Gradient, OR=Öffnung.

führt. Auf Basis des Anforderungskatalogs erfolgte eine literaturbasierte Untersuchung möglicher Generatorkonzepte. Darauf folgend wurde die Weiterentwicklung des Lautsprechergenerators zur Steigerung der Leistungsfähigkeit in den Fokus gestellt.

In einem iterativen Gestaltungsprozess wurden verschiedene Gehäusekonzepte 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 Membranhub ein Luftvolumen von 122 cm³ verdrängen können. Neben der Luftverdrängung ist die Gestaltung der Auslassöffnung, insbesondere deren Form und der Durchmesser beeinflussende Faktoren. Hierzu wurden 15 verschiedene Düsensdesigns getestet, um für die beiden Anwendungsfälle optimierte Vortexringe zu erzeugen und die Parameter für ein komplexes Feedbackdesign zu untersuchen. Zusätzlich zur Kraftmessung, wurden mit einer Highspeed-Kamera der sog. Pinch-Off bzw. die korrekte Formung der Ringe überprüft (Abb. 3).

In Abb. 2 ist der Kraftverlauf der Düsen über die Entfernung zum Messgerät dargestellt. Es ist

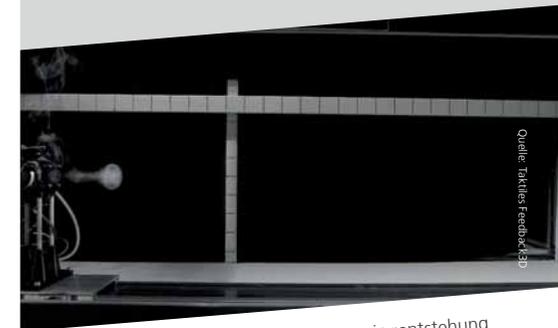


Abb. 3: Highspeed-Aufnahme der Vortexringentstehung bei 2000 Bildern pro Sekunde.

jeweils der Mittelwert aus 60 Messungen abgebildet. Wie erwartet erzeugen in kurzer Entfernung Düsengeometrien mit kleinen Durchmessern Vortexringe mit höherer Aufschlagskraft. Aus den Ergebnissen konnten geeignete Düsengeometrien für die beiden Anwendungsfälle abgeleitet werden.

Partner



Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, Technische Universität Chemnitz
Prof. Dr. Angelika Bullinger-Hoffmann (Projektleiterin)
M.Sc. Philipp Hein

UVLAS

LASERBASIERTE STEREOPHOTOGRAMMETRIE ZUR VERMESSUNG IM UV-BEREICH

Abb. 1: Bild eines Freiformobjektes aus Edelstahl (Schaumlöffel), das als Beispielobjekt zur 3D-Rekonstruktion benutzt wurde.

Problembeschreibung

Die 3D-Vermessung mittels Stereophotogrammetrie bietet bereits viele Anwendungsfelder z.B. in der Medizin, der Industrie und der Archivierung kunsthistorischer Objekte. Allerdings sind spiegelnde Oberflächen, beispielsweise solche von aus Edelstahl hergestellten Objekten, stereophotogrammetrisch bisher nicht erfass- und vermessbar. Die Reflexion des zur Beleuchtung verwendeten Lichtes führt zu erheblichen Intensitätsunterschieden in den Bildern der Kameras im stereophotogrammetrischen Aufbau (Abb. 2). Die Rekonstruktion einer im Sichtbaren spiegelnden Oberfläche ist dadurch im Allgemeinen nicht möglich, da sie auf der Vergleichbarkeit dieser Intensitätswerte fußt. Ultraviolettes (UV) Licht wird jedoch von verschiedenen Materialien (z. B. Edelstahl, Aluminium, Kupfer) gestreut, die im sichtbaren Bereich (VIS) reflektieren (Abb. 3).

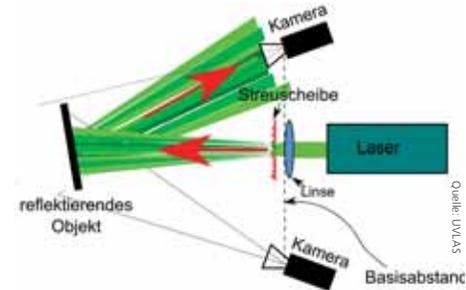
Ergebnisse

Die bereits bekannte Technik der Speckle-Projektion wurde für die 3D-Objektvermessung in den ultravioletten Bereich übertragen. Mit einem Laser der Wellenlänge 264 nm und passenden Kameras wurde ein Messaufbau erstellt und dieser durch Adaption von Techniken, die bereits aus dem VIS

bekannt waren, kalibriert. Da sich aktuelle Kalibrierkonzepte nicht ohne weiteres in den UV-Bereich übertragen lassen, wurden Schachbrettmuster verwendet, um die Abbildungseigenschaften der Kameras zu charakterisieren.

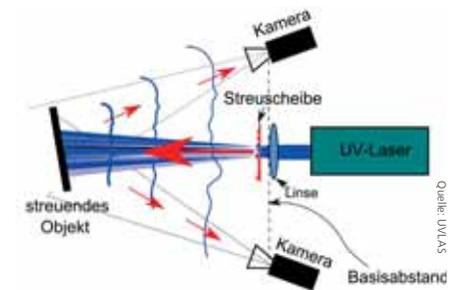
Das 3D-Messsystem konnte dann an zertifizierten, gut streuenden Objekten getestet werden, für die es Messgenauigkeiten erreichte, die mit dem VIS vergleichbar waren. So wurden Standardabweichungen bei Kugelrekonstruktionen bei etwa 100 µm und bei Ebenenabweichungen von < 50 µm bestimmt. Vor allem konnten nun auch Objekte aus optisch unkooperativen Materialien (z.B. Edelstahl) untersucht werden (Abb. 4), die im VIS schwer, also unvollständig und/oder ungenau, oder gar nicht zu vermessen waren. Auch bei 264 nm kann bei Objekten aus Edelstahl nicht von ideal streuenden Objekten gesprochen werden, so dass ebenfalls hier der Hauptreflex bei der Messung berücksichtigt werden musste – hierfür wäre Licht mit einer noch kürzeren Wellenlänge nötig. Mit den Messungen im UV bei 264 nm (eine Messaufnahme ist in Abb. 4 links zu sehen) konnten sowohl vollständigere, als auch präzisere Rekonstruktionen (Abb. 4 rechts) erzeugt werden.

Quelle: UVLAS



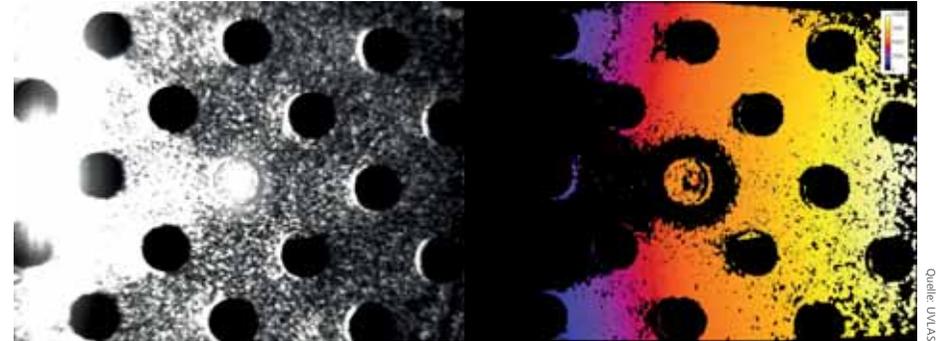
Quelle: UVLAS

Abb. 2: Stereophotogrammetrischer Aufbau zur Speckle-Projektion im visuellen Spektrum (VIS) bei der Messung einer in diesem Wellenlängenbereich spiegelnden Oberfläche.



Quelle: UVLAS

Abb. 3: Stereophotogrammetrischer Aufbau zur Speckle-Projektion im ultravioletten Spektrum (UV) bei der Messung einer in diesem Wellenlängenbereich streuenden Oberfläche.



Quelle: UVLAS

Abb. 4: Bild eines Freiformobjektes aus Edelstahl (Schaumlöffel), unter Speckle-Beleuchtung bei 264 nm (links), Höhenprofil der Rekonstruktion aus 30 Stereoaufnahmen (rechts).

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

Publikation

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

A. Stark, E. Wong, H. Babovsky, R. Kowarschik, "Projektion von Laser-Speckles zur 3D-Vermessung von Oberflächen", Photogrammetrie-Laserscanning-Optische 3D-Messtechnik, Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2020, 19, 14-21 (2020).

EIM3D

EIGEN-HAPTISCHE MANIPULATION AUSGEDEHNTER 3D-STRUKTUREN IM RAUM

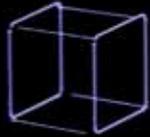


Abb. 1: Lasergeneriertes selbstleuchtendes 3D-Objekt.

Problembeschreibung

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

Ziel des Vorhabens

In diesem Projekt sollte ein System entwickelt werden, das die Erzeugung selbstleuchtender 3D-Strukturen im freien 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

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 (Abb. 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. Abb. 2 zeigt beispielhaft eine Geste (Streichen über den Finger der Holzhand), die die Bewegung der Laserstruktur initiiert.

Verwertungsperspektiven

Ein wesentliches Ziel des Teilprojekts war die Darstellung von 3D Strukturen im freien Raum mittels fs-Laserpulsen. Hierzu wurde ein Ultrakurzpulslaser mit hoher Pulsenergie verwendet, der die Ionisierung von Luft und damit die Erzeugung laserinduzierten Plasmas erlaubt. Die Projektergebnisse fließen unmittelbar in andere Projekte ein, z. B. bei der Gasspektroskopie mittels kohärenter Anti-Stokes-Ramanstreuung (CARS). Außerdem ist

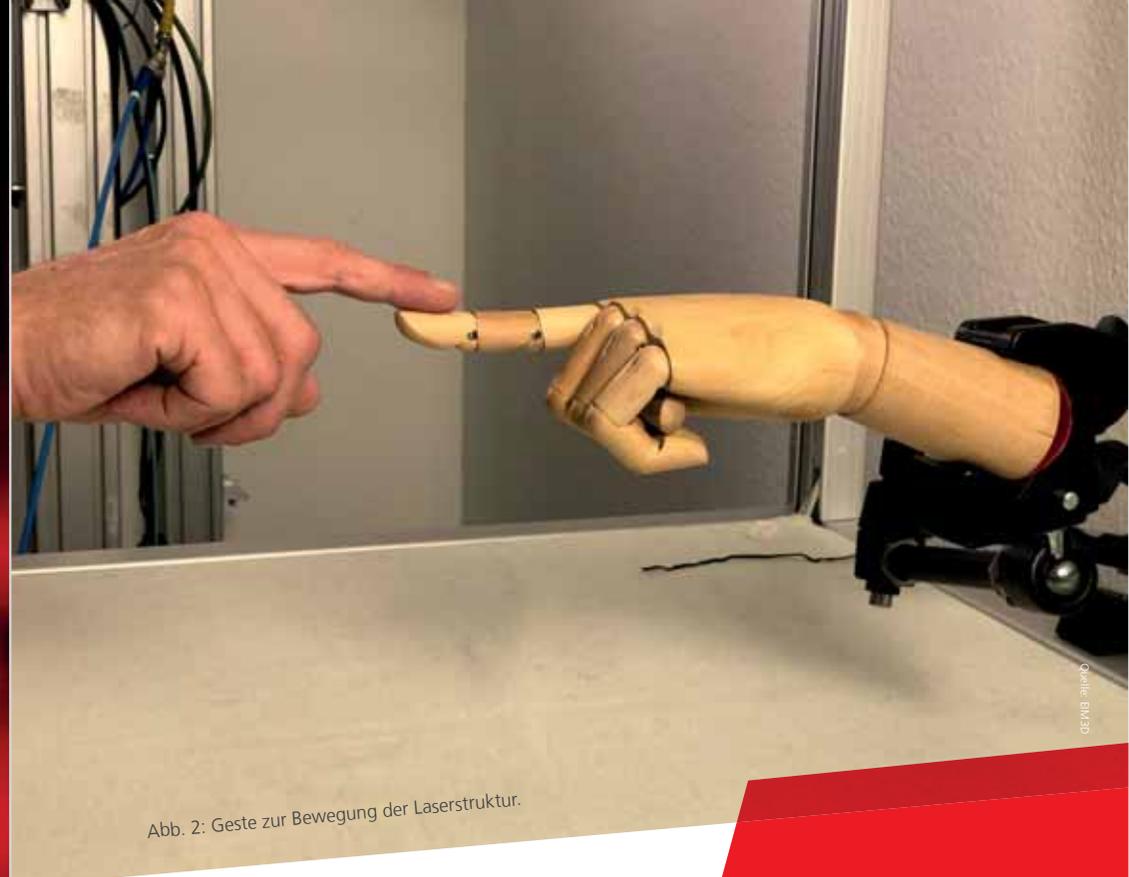


Abb. 2: Geste zur Bewegung der Laserstruktur.

geplant, die Größe der darstellbaren Strukturen signifikant zu erweitern durch Verwendung eines neuartigen Scheibenlasers, der eine ca. 50x größere Pulsenergie bietet als der Laser, der für das EIM3D-Projekt zur Verfügung stand.

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

Publikationen

“Visualization of 3D objects in free space using ultrafast laser”, R. Kammel, R. Ackermann, S. Nolte, ID - Mid European Chapter Spring Meeting 2018, Jena, Germany, April 2018

1 Moment

INTERAKTIVE HYGIENESTATION

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, kamera-gestützte 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 regelungs-technischen Rückkopplung führen.

Ziel des Vorhabens

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

Hierfür 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.

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.



Quelle: EXIST Moment Team



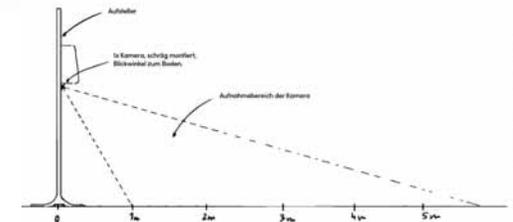
Quelle: EXIST Moment Team

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

Projektbearbeitung

Bauhaus-Universität Weimar
Lehrstuhl für visuelle Kommunikation
Dr. Christian Sohr

Angaben aus Berichtsjahr 2019



Quelle: EXIST Moment Team

Exemplarische schematische Darstellung des Demonstrators und des von der Kamera primär überwachten Bereiches

3DGhost

PLENOPTISCHES 3D MESSSYSTEM
AUF DER BASIS KORRELIERTER
LICHTSTRAHLEN



Ziel des Vorhabens

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.

Aktueller Stand

Die Verwendung von zwei Kameras für Fluktuationsanalyse und Objektbeobachtung erlaubt, unter Beibehaltung der prinzipiellen Geometrie des Ghost Imaging, die Vermessung von zwei unabhängigen Eigenschaften des zu 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 Auswertelgorithmen 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

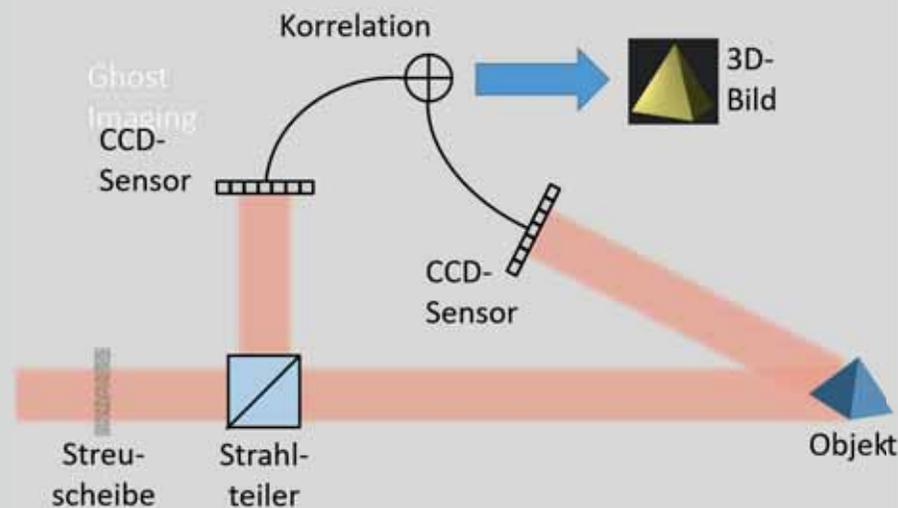


Abb 1: Schematische Darstellung des für plenoptisches Ghost Imaging notwendigen experimentellen Aufbaus.

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.

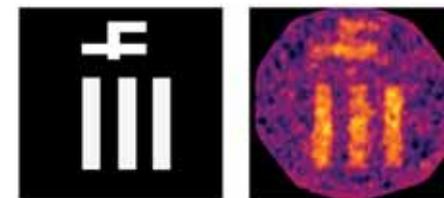


Abb. 2: (links) Binäre Maskenstruktur und (rechts) gemessenes Bild eines Testtargets.

Beteiligte Partner



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

Rainbow3D

AKTIVES SINGLE-SHOT-3D DURCH SPEKTRALMULTIPLEXING

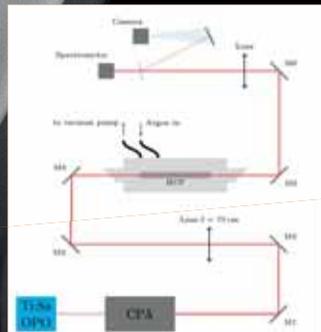


Abb. 1: Querschnitt einer nanostrukturierten ANDI-Faser, wie sie zur nichtlinearen Pulsverbreiterung zum Einsatz kommt (links) sowie Aufbaukonzept der nichtlinearen Pulsverbreiterungsstufe mit einem regenerativen Verstärker (rechts). Die edelgasgefüllte Kapillarfaser ist im Bild als „HCF“ bezeichnet. Der graue Bereich ist die Vakuumkammer mit Edelgasatmosphäre.

Problembeschreibung

Mimik oder Gestik sind ein essenzieller Bestandteil menschlicher Kommunikation und menschlichen Handelns. Um die gesamte Bandbreite menschlicher Interaktion technisch nutzbar zu machen, müssen diese Bewegungen in drei Raumdimensionen schnell, umfänglich und kosteneffizient erfasst werden. Sowohl in Raum und Zeit müssen dabei mehrere Größenordnungen abgedeckt werden. Mikroexpressionen gehen mit Gewebeverschiebungen im Bereich von Millimetern einher, ausgreifende Bewegungen erreichen Verschiebungen im Bereich von Metern. Schnelle Bewegungen, beispielsweise der Augen und Augenlider, dauern kaum mehr als 15 Millisekunden an, komplexe Bewegungsabläufe, Gestiken und Mimikabfolgen können viele Sekunden beanspruchen.

Technische Systeme, welche die raum-zeitliche Gesamtheit menschlicher Expressionen detektieren sollen, müssen daher texturarme Oberflächen (z. B. Haut) mit hoher räumlicher Genauigkeit, hoher zeitlicher Auflösung (ca. 60 3D-Frames pro Sekunde), sowie mit beliebig langer Bildfolgendauer erfassen können. Um die Vision von 3Dsensation umzusetzen und eine wirkliche Durchdringung der Lebens- und Arbeitswelten von Nutzern zu erreichen, müssen 3D-Kameras für die Mensch-Maschine-Interaktion zudem kostengünstig darstellbar sein.

Ergebnisse

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.

Zu diesem Zweck 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 übrig bleiben, die auf mit einem Infrarot-Hyperspektralarray versehene Detektoren abgestimmt sind. Während mithilfe mikrostrukturierter Normaldispersionsfasern (ANDI) zwar die notwendige spektrale Verbreiterung realisiert werden konnte, ließen sich auf diese Weise lediglich Spitzenleistungen im niedrigen Megawattbereich erreichen, sodass die hinreichende Belichtung des Kamerabildes mit einem Lichtpuls nicht sicherzustellen war. Im Gegensatz dazu sind Edelgas-gefüllte Kapillarfasern besonders für den Betrieb mit regenerativen Verstärkern ausgelegt. Daher wurde nach der Konstruktion einer ein-

Quelle: Rainbow3D

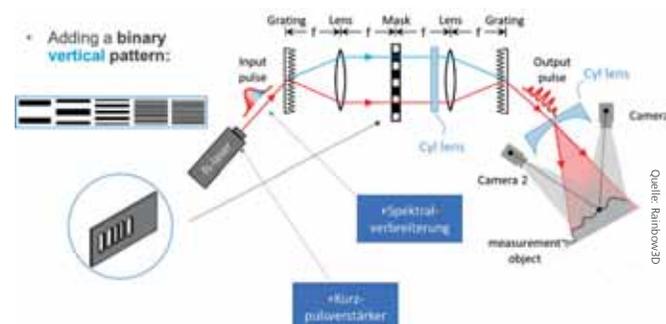
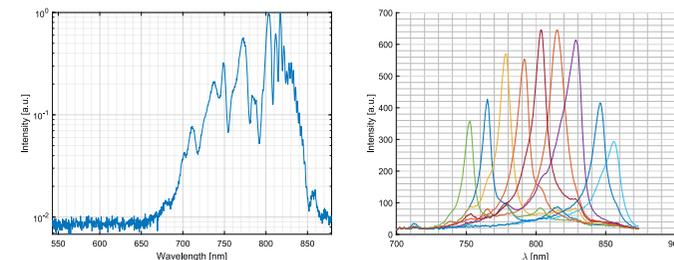


Abb. 2: Schema der Musterprojektionseinheit mit Kurz-pulsverstärker und nichtlinearer Spektralverbreiterung.

Abb. 3: Spektrum eines einzelnen Laserpulses nach Verbreiterung auf 150 nm (links) sowie Belichtungsantwort von 9 Spektralkanälen der Hyperspektralkameras nach Spektralverbreiterung und Einsatz einer 9-Kanal-Maske (rechts).



Quelle: Rainbow3D

fachen Vakuumkammer zur Herstellung einer Edelgasatmosphäre mit einstellbarem Druck die Möglichkeit der Spektralverbreiterung unter Zuhilfenahme derartiger Fasern untersucht. Durch Parameteroptimierung konnte eine Verbreiterung von ca. 40 auf 150 nm erreicht werden, sodass mindestens 15 Kanäle der zur Verfügung stehenden Hyperspektralkameras hinreichend ausgeleuchtet werden konnten.

Die Generierung aperiodischer Sinus-Muster erfolgte mithilfe eines optischen Systems, das aus einem Beugungsgitter, zwei sphärischen Linsen in 4f-Anordnung, einer Dia-Maske sowie zwei Zylinderlinsen besteht. Die angefertigte Maske erlaubte die Ausleuchtung von 9 Kanälen der Hyperspektralkameras mit paarweise verschiedenen Streifenmustern und damit die Rekonstruktion einer 3D-Punktwolke aus jedem 2D-Bild. Dadurch können einerseits hohe 3D-Bildraten erreicht werden und müssen andererseits deutlich weniger Daten ausgewertet werden, sodass die Anforderungen an Latenzzeiten, Datenbus sowie Speicher- und Rechenkapazität nachgeschalteter Systeme reduziert sind. Der Verzicht auf Hochge-

schwindigkeitskameras 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. Der Ansatz des Vorhabens bietet daher das Potenzial, das bisherige Limit für die Messzeit von Musterprojektionssystemen um mehrere Größenordnungen zu unterbieten und so schnellste 3D-Prozesse in Natur und Technik zu studieren. Dazu gehören z. B. Fragestellungen des strukturellen Versagens hartspröder Materialien, der Plasmadynamik, der Dynamik mechanischer Schockwellen, der Ausbreitung von Ultraschallwellen oder der direkten Analyse von Phononenspektren exotischer Festkörpergeometrien.

Beteiligte Partner

- Fraunhofer IOF
- Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Angewandte Physik

EndoS3D

ENDOSKOPISCHE, SPECKLE-BASIERTE 3D-VERMESSUNG

Abb. 1. Einzelaufnahme einer Büste des Dichters Johann Wolfgang von Goethe (Höhe 5 cm) unter Speckle-Beleuchtung (links) und Höhenkoordinaten der Rekonstruktion des Objektes mit dem EndoS3D-System in Falschfarben (Einheiten in μm).

Problembeschreibung

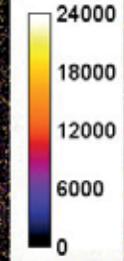
Die Erfassung von 3D-Informationen wird bereits in vielen Anwendungsfeldern wie z.B. der Medizin, der Industrie und der Archivierung kunsthistorischer Objekte täglich praktiziert. Eine wesentliche Voraussetzung für beinahe alle Verfahren ist dabei, dass das Objekt unverstellt beleuchtet und beobachtet werden kann. Allerdings sind die zu untersuchenden Objekte im Messvolumen oftmals schwer zugänglich, und so müssen unter Umständen große Anstrengungen unternommen werden, um trotzdem einen messtechnischen Zugang zu ihnen zu ermöglichen. Dabei ist oft auch die Baugröße der meisten Messsysteme ein wesentlich limitierender Faktor (Abb. 2).

Ergebnisse

Die bereits bekannte Technik der Projektion wiederholbarer Speckle-Muster wurde zum Zweck der Objektvermessung miniaturisiert ausgeführt und mit einer vom Institut für Angewandte Optik und Biophysik (IAOB) und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik Jena (IOF) entwickelten Methode kalibriert. Es wurde ein Messkopf mit einem Durchmesser von 2,5 cm

angefertigt (Abb. 3), der die 3D-Erfassung von Oberflächen mit nur einer Kamera auch an schwer zugänglichen Orten ermöglicht.

Dabei war zu beachten, dass die Aufnahmen mit einer geeigneten Miniaturkamera stark verzeichnet sein können und dass ein stabiler Aufbau des Systems aus Kamera und Beleuchtungseinheiten gewährleistet werden musste (Abb. 4). Dazu wurde ein fasergekoppelter Laser über einen Faserschalter mit den im Messkopf ringartig um die Miniaturkamera angeordneten zwölf Beleuchtungsfasern verbunden. Durch eine vor den Fasern angeordnete ringförmige Streuscheibe können dann zwölf unterschiedliche objektive Speckle-Muster durch das Einschalten der Fasern wiederholbar erzeugt und damit der prinzipielle Nachweis erbracht werden, dass mit diesem Messkopf 3D-Rekonstruktionen von Objekten erstellt werden können (Abb. 1). Verbesserungsmöglichkeiten des Systems liegen vor allem bei der Anordnung der Beleuchtungsfasern in Bezug auf die Streuscheibe, um die Mustergröße leichter an die Größe und den Abstand des Messobjektes anpassen zu können. Eine Lösungsvariante wäre z. B. ein variabel einstellbarer Abstand zwischen Fasern und Streuscheibe.



Quelle: EndoS3D

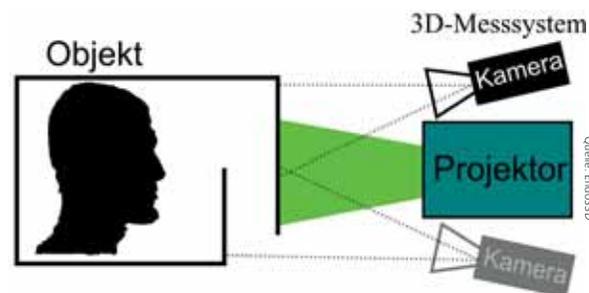


Abb. 2. 3D-Messsystem mit einer oder zwei Kameras, das keinen unverstellten Blick auf ein Messobjekt ermöglicht, weil seine Baugröße dies nicht zulässt.



Abb. 3. Prinzipieller Aufbau der Messkopfhaltung (ohne Fasern) im Vergleich mit einer 2€ Münze (Durchmesser 2,5 cm).



Abb. 4. Mit Fasern verbundener Messkopf in einer Dreipunkthalterung. Die auf der Achse befindliche Miniaturkamera ist außen von einer ringförmigen Streuscheibe umgeben, die von 10 Fasern beleuchtet wird.

Beteiligte Partner



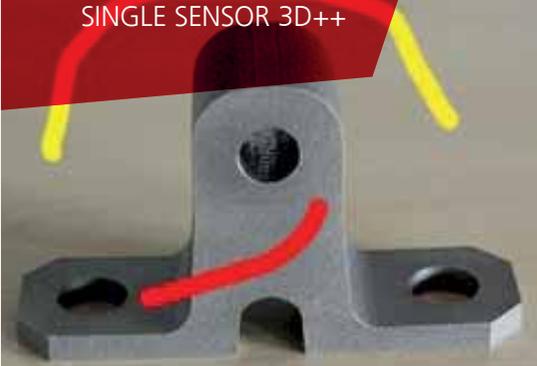
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Institut für Angewandte Optik und Biophysik
Prof. Dr. Richard Kowarschik (Projektleiter)
M. Sc. Eugene Wong
M. Sc. Andreas Stark



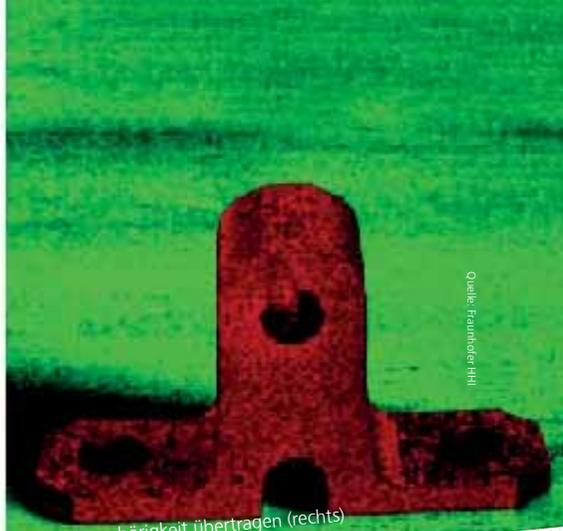
Fraunhofer Institut für Angewandte
Optik und Feinmechanik

SS3D++

SINGLE SENSOR 3D++



Nutzerhinweise werden in eine Wahrscheinlichkeitsmaske zur Objektzugehörigkeit übertragen (rechts)



Quelle: Fraunhofer HHI



Problembeschreibung

Moderne AR-basierte Unterstützungssysteme im industriellen Bereich (z.B. zur Montage-Unterstützung, Wartung) erfassen die Arbeitsumgebung und die Lage einzelner Objekte, um dem Nutzer Informationen visuell zur Verfügung zu stellen. Gerade Objekte in diesem Bereich besitzen allerdings häufig sehr komplexe Form- und Oberflächeneigenschaften (Texturlos, reflektierend), was eine Lagebestimmung und Formrekonstruktion auf klassischer Photogrammetrie erschwert.

Ziel des Vorhabens

Um die komplexen Form- und Oberflächeneigenschaften zu adressieren, werden in diesem Projekt Verfahren entwickelt, die zusätzliche Eigenschaften als Informationsträger (Cues) der 3D Geometrie nutzen, z.B. Objektkanten, Reflektionen, Schatten usw. Anstatt diese Bild-Information (z.B. Silhouetten- und Kanteninformation) aber in einem fehleranfälligen Vorverarbeitungsschritt losgelöst von der Geometrie zu extrahieren, soll der direkte Zusammenhang zwischen Bildinformation und 3D Geometrie genutzt werden. Dabei werden die Bildinformation und die resultierenden Oberflächeneigenschaften über geeignete KI-Verfahren in Verbindung mit Modellwissen so in Einklang gebracht, dass sie über alle Ansichten konsistent sind. Dadurch wird eine Oberflächenrekonstruktion und Lageschätzung auch bei schwierigen Reflexions- und Formeigenschaften erreicht. Zusätzlich soll es ermöglicht werden, grobe Nutzerhinweise einzubeziehen, die Information zur Form beitragen, indem sie z.B. Kanten, Flächen und Formen in Beziehung zueinander setzen oder einfache semantische Hinweise liefern.

Beteiligte Partner

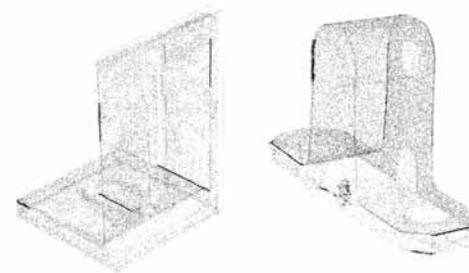


Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik,
Heinrich-Hertz-Institut (HHI)
Dr. Anna Hilsmann



Quelle: Fraunhofer HHI

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



Quelle: Fraunhofer HHI

Erste Ergebnisse der Integration von Kanteninformation in den Formschatzungsprozess (Überlagerung der Punktwolken und der Kantendetektion)

3DImHapt

3D IMAGE TO HAPTIC DEVICE

Gefährdung Walze

Problembeschreibung

Verkehrsteilnehmer sind immer in ihrer Aufmerksamkeit gefordert. Schon im regulären Straßenverkehr fällt das unter Umständen sehr schwer. Umso mehr jedoch im Werksverkehr, wenn Verkehrsflächen von unterschiedlichsten Teilnehmern gemeinsam genutzt werden und die Konzentration darüber hinaus auch anders gearteter Arbeit gilt. Es geschehen entsprechend häufig Unfälle in der Intralogistik und im Werksverkehr nicht, weil die Beteiligten allgemein zu unkonzentriert, sondern im Gegenteil, weil sie zu fokussiert waren. Nur eben nicht auf den Verkehr, sondern beispielsweise als Fahrer auf das Balancieren der Güter auf dem Gabelstapler oder als Fußgänger auf das Zählen von Boxen und Kisten am Rand einer Verkehrsfläche.

Akustische und optische Warnsignale werden dabei insbesondere in komplexen Szenarien überhört oder übersehen – psychologische Phänomene wie der Cocktailparty-Effekt oder Tunnelblick entstehen eben gerade, wenn man sich stark konzentriert.

Ziel des Vorhabens

Abhilfe verspricht ein dritter Sinn – die haptische Wahrnehmung. Menschen reagieren sehr stark auf Berührungen, da dieses als Eindringen in die „Privatsphäre“ und damit instinktiv als ggf. vermeintlicher Angriff gewertet wird. Wird eine haptische Information also sparsam eingesetzt, wird sie kaum

adaptiert und kann sehr gezielt in Warnsystemen verwendet werden. Hierauf basiert das Projekt. Es werden über verschiedene Sensorverfahren räumliche Objektinformationen aus der Umgebung gewonnen und nach ihrem Gefährdungsgrad für die zu schützende Person – z.B. einem Lagerarbeiter – bewertet. Wird eine Gefahr erkannt, da die Objektgeschwindigkeit und Richtungsvektor eine Kollision vermuten lassen, wird eine haptische Warnung über einen Aktor ausgegeben.

Aktueller Stand

Im bisherigen Projektverlauf wurden verschiedene Sensorsysteme – dabei Ultraschall, Radar und Time-of-Flight-Sensoren aufgebaut und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Dabei ist zu beachten, dass die Sensoren prinzipbedingt unterschiedlich auf verschiedene Materialien reagieren. Während Radar insbesondere leitfähige Materialien gut erkennt, detektiert ein ToF-Sensor auch nicht leitfähige Materialien – solange diese nicht transparent oder hochglänzend sind. Die Datenauswertung läuft also auf eine Kombination der verschiedenen Systeme hinaus, um die Objekterkennung möglichst sicher zu gestalten.

Werden die Problemstellungen gelöst, lässt sich der Projektansatz in einer immensen Breite von Applikationen überführen – von der genannten Warnung des Lagerarbeiters bis hin zum Schutz von Joggern auf abendlichen Landstraßen.



Quelle: 3DImHapt

Quelle: Proshay

Beteiligte Partner

-  ATB Arbeit, Technik u. Bildung GmbH
-  AUDI AG
-  Becker Umweltdienste GmbH
-  FusionSystems GmbH
-  iFD AG
-  INB vision AG
-  Intenta GmbH
-  IMM electronics GmbH
-  Sander Fördertechnik GmbH
-  3dvisionlabs GmbH



Gefährdung Gabelstapler

Quelle: 3DImHapt

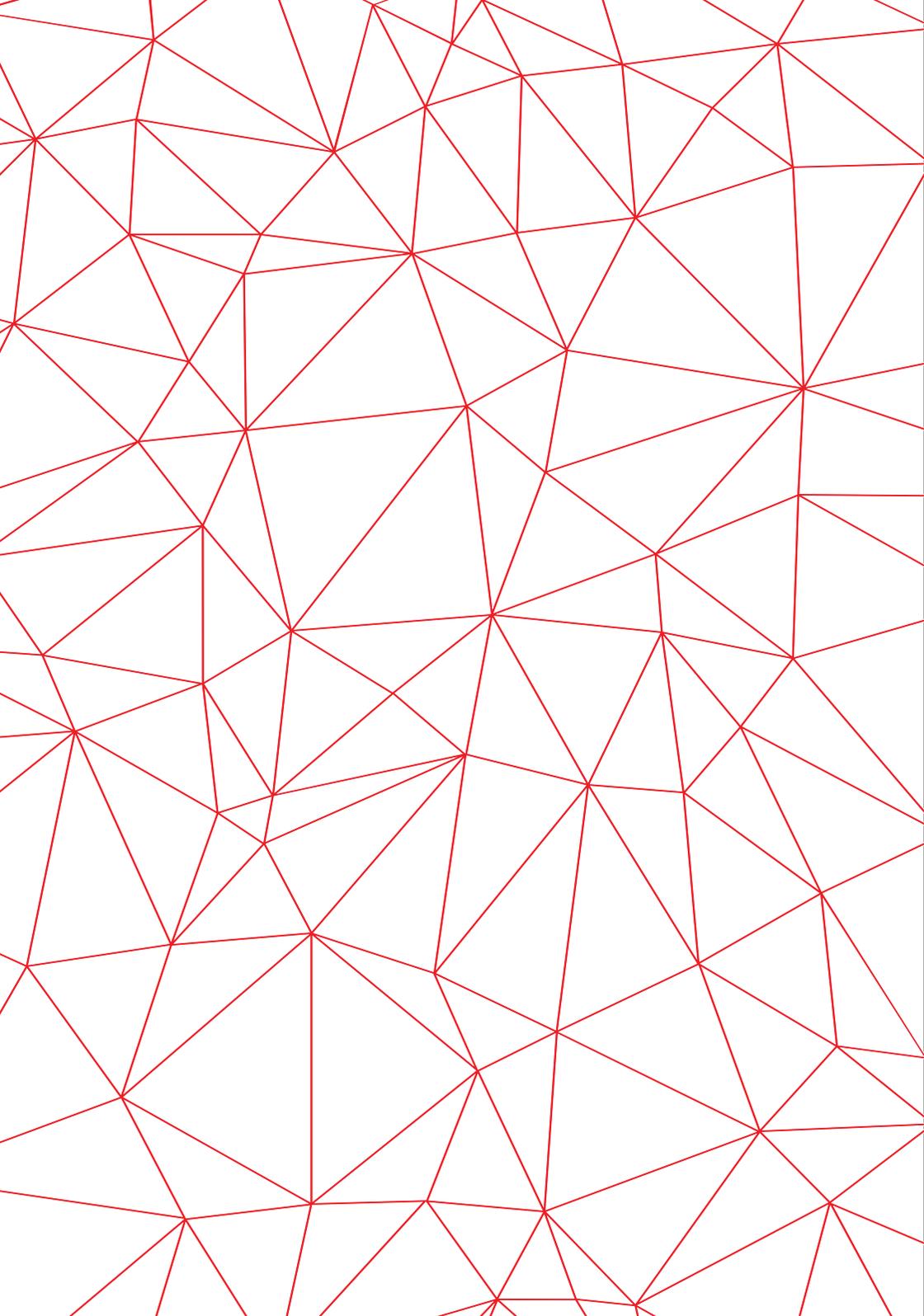


5 sächsischer Tag der Automation

Quelle: 3DImHapt



QUALIFIZIERUNG UND NACHWUCHSFÖRDERUNG



QUALIFIZIERUNG UND NACHWUCHSFÖRDERUNG
Graduiertenforschungskolleg



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.

Ziel des Vorhabens und Projektfortschritt

Hier wurden neue Möglichkeiten zur 3D-Visualisierung und 3D-Materialbearbeitung entwickelt und

bestehende verbessert. 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.

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, der es erstmals 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.

Quelle: 3D-FastFeedback



Quelle: 3D-FastFeedback

Vereinfachtes Messprinzip zur Messung von Femtosekundenlaserpulsen im MIR (aus Geib et al., 2020).

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)

Publikationen

Nils C. Geib, Matthias Zilk, Thomas Pertsch, and Falk Eilenberger, "Common pulse retrieval algorithm: a fast and universal method to retrieve ultrashort pulses," *Optica* 6, 495-505 (2019)

Python for ultrashort laser pulse retrieval, <https://github.com/ncgeib/pypret>

Nils C. Geib, Matthias Zilk, Thomas Pertsch, and Falk Eilenberger, "Common Pulse Retrieval Algorithm: a Fast and Universal Method to Retrieve Ultrashort Pulses", CLEO/Europe-EQEC, Munich, 2019

Nils C. Geib, Heiko Knopf, Gia Quyet Ngo, Thomas Pertsch, Falk Eilenberger, "Common Pulse Retrieval Algorithm: a Fast and Universal Method to Retrieve Ultrashort Pulses", CLEO, 2020

Nils C. Geib, Richard Hollinger, Elissa Haddad, Paul Herrmann, François Légaré, Thomas Pertsch, Christian Spielmann, Michael Zürich, Falk Eilenberger, "Discrete dispersion scan setup for measuring few-cycle laser pulses in the mid-infrared", submitted

3DGIM 2

3D GESICHTSANALYSE FÜR IDENTIFIKATION UND MENSCH MASCHINE KOMMUNIKATION



Abb. 1: Beispiele synthetischer Gesichtsausdrücke. Mund und Augen können dabei unabhängig voneinander gesteuert werden.

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 Repräsentation der 3D Form und Bewegung des menschlichen Gesichts. Obwohl es in den letzten Jahren deutliche Fortschritte in der 3D Gesichtserfassung gab, gelten Gesichtsbereiche mit komplexen Materialeigenschaften oder Deformationsverhalten als schwierig zu erfassen (z.B. Augen, Mund). Da aber vor allem Bereiche wie Mund oder Augen besonders wertvolle Informationen liefern bzw. bei Unstimmigkeiten in der Synthese große Aufmerksamkeit auf sich ziehen, zielt dieses Projekt darauf ab spezialisierte Modelle für eine realitätsgetreue Erfassung und Wiedergabe solcher Problemstellen zu entwickeln.

Ergebnisse

Während des Projektes wurde ein neues Verfahren zur Erfassung und Darstellung komplexer Gesichtsregionen entwickelt. Dabei nutzen wir dynamische Geometrie und Texturen, um Mimik zu erfassen und realistisch wiedergeben zu können. Zur Erstellung des Modells nutzen wir einen 360° Videodatensatz mit 32 hochauflösenden Kameras. Mit Hilfe eines personalisierten 3D Blendshapemodells verfolgen wir die 3D Kopfpose und Gesichtsformationen (bedingt durch Sprache, Mimik). Basierend auf der verfolgten Kopfgeometrie erzeugen wir einen dynamischen Texturstrom, der sämtliche Details wie feine Bewegungen oder Veränderungen der Haut erfasst. Die Kombination aus dynamischer Geometrie- und Textur ermöglicht eine realistische Wiedergabe von Mimik und Sprache. Zur Steuerung des Gesichtsmodells wird ein Variational-Autoencoder (VAE) mit GAN-Loss genutzt. Dieser besteht aus 3 neuronalen Netzen: Encoder, der Geometrie und Textur auf einen gemeinsamen latenten Merkmalsvektor abbildet. Decoder, der Geometrie und Textur aus dem latenten Merkmalsvektor rekonstruiert und dem Diskriminator, der lernt, synthetische von realen Texturen zu unterscheiden. Während der VAE nur aus Encoder und Decoder besteht, dient der Diskriminator als zusätzlicher Fehlerterm und stellt sicher, dass die rekonstruierten Texturen detailliert und möglichst realistisch wirken.

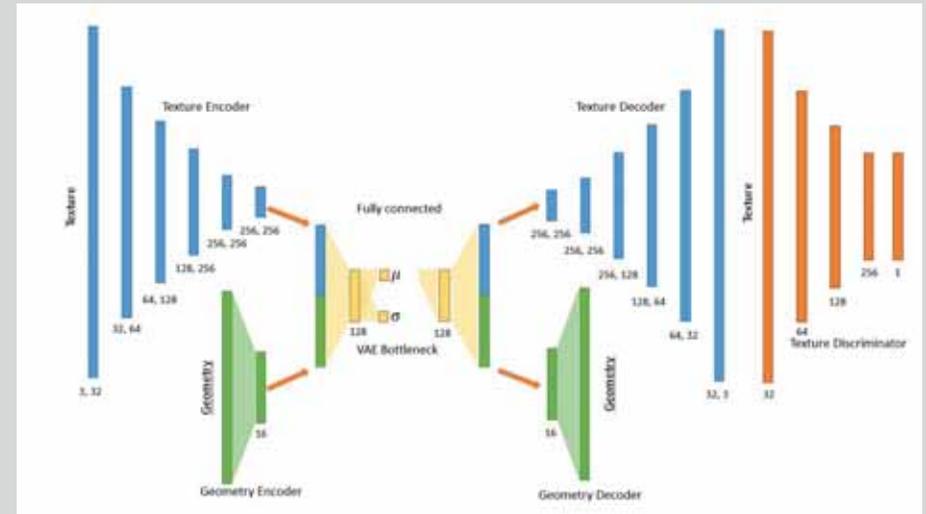


Abb. 2: Schematische Darstellung der Architektur unseres Autoencoders. Der blaue Pfad beschreibt die Kodierung und Dekodierung der Textur. Der grüne Pfad beschreibt die Kodierung und Dekodierung der Geometrie. In den fully-connected Schichten (gelb), werden Informationen von Textur und Geometrie vereint und zu einem kompakten Merkmalsvektor transformiert, der den Gesichtsausdruck repräsentiert. Zusätzlich wird die rekonstruierte Textur durch ein Diskriminatornetzwerk (orange) analysiert, welches versucht Merkmale zu lernen anhand derer es die wahre Textur optimal von der Rekonstruierten unterscheiden kann. Das Diskriminatornetzwerk agiert als zusätzlicher Fehlerterm und zwingt den Dekoder möglichst realistische Texturen zu generieren.



Abb. 3: Weitere Ergebnisse des Projekts. Dabei wurde mit Hilfe eines linearen Geometriemodells und statischer Gesichtstextur der Mund animiert. Da der Mund mit diesem einfachen Modell nicht vollständig repräsentiert werden kann, nutzen wir ein cGAN (conditional GAN) um fehlerhafte Bereiche zu korrigieren. Links das initiale gerenderte Bild. Die Mundhöhle und Zähne sind nicht modelliert und erzeugen bei der Animation Artefakte. In der Mitte, das korrigierte Bild. Das neuronale Netz konnte eine plausible Mundhöhle synthetisieren und an das Eingabebild anpassen. Rechts, das Zielbild.

Projektbearbeitung



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

Publikationen

Wolfgang Paier, Anna Hilsmann, Peter Eisert, Interactive Facial Animation with Deep Neural Networks, IET Computer Vision, 2020.

Problembeschreibung

Zum Arbeitsschutz und zur Gesunderhaltung von Angestellten wurden insbesondere im letzten Jahrzehnt neue Verfahren in der Forschung erprobt, um Belastung und Beanspruchung am modernen Arbeitsplatz zu ermitteln. Die Herausforderung besteht jedoch weiterhin darin, geeignete Parameter zu definieren, anhand derer die individuellen Anforderungen und Fähigkeiten, die erbrachte Leistung sowie die individuellen Ressourcen des Arbeitnehmers analysiert werden können. Angesichts des großen Anteils von Bildschirmtätigkeiten kommt der psychischen Beanspruchung dabei eine entscheidende Rolle zu. Hinzu kommt, dass in eigenen Untersuchungen zur Erfassung der muskulären Aktivität bei Bildschirmtätigkeiten anhand der Oberflächen-Elektromyographie die Gesamtbeanspruchung gering ausfiel. Wie in der Literatur angegeben, können demnach nicht die Tätigkeiten allein für den hohen Anteil an muskuloskelettalen Beschwerden verantwortlich sein. Untersuchungen können derweil Beziehungen zwischen physiologischen Signalen und selbst eingeschätzten Stressempfinden belegen (Smets et al., 2018). Dennoch existiert kein objektives Kriterium, um eine Beanspruchung oder auch Stress zu bewerten (Lemanski & Benkhaj, 2013), sodass die Suche nach geeigneten Methoden in den Fokus

rückt, die einerseits eine kontinuierliche Messung verschiedenster Parameter zulassen aber andererseits auch eine hohe Aussagekraft vorweisen, aus der Handlungsempfehlungen hervorgehen können.

Ziel des Vorhabens

Die Ergründung der Auswirkungen unterschiedlicher Belastungen am Bildschirmarbeitsplatz auf den Organismus und eine Ableitung hinsichtlich praxistauglicher Sensorik waren Ziel des Vorhabens. Grundlage der neu eingesetzten Verfahren ist, dass Beanspruchung durch physische und/oder physiologische Änderungen wie ein Anstieg der Herzfrequenz und ein reduzierter Hautleitwert messbar ist. Angestrebt wurde eine Zuverlässigkeitssteigerung der objektiven Messgrößen, indem verschiedene Parameter auf ihren Zusammenhang überprüft wurden. Aufgrund von intra- und interindividuellen Unterschieden hinsichtlich der physiologischen Reaktion auf Anforderungen und der Vielzahl an Einflussgrößen auf die Beanspruchung wurden objektiv und subjektiv erfassbare Parameter in die Untersuchungen einbezogen. Um die physiologischen Reaktionen des Organismus auf unterschiedliche Belastungen am Bildschirmarbeitsplatz zu ermitteln fanden verschiedene Untersuchungen mit kontaktbasierten Sensoren statt.

Ergebnisse

Ein Zusammenhang zwischen subjektiven und objektiven Parametern der Beanspruchung konnte bereits in verschiedenen Untersuchungen bei evoziertem Stress belegt werden. In welchem Grad eine Situation als beanspruchend wahrgenommen wird, hängt von der individuellen Bewertung der Person ab. Daraus ergibt sich die dringende Notwendigkeit, subjektives Empfinden in die Analyse einfließen zu lassen. Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen genau diesen Aspekt. Der evozierte sukzessive Belastungsanstieg zeigt sich ausschließlich anhand der subjektiven Bewertung der Beanspruchung. Wenngleich die gemessenen Biosignale Herzfrequenz und Hautleitwert Tendenzen aufzeigen, sind die Daten zwischen den verschiedenen hohen Belastungen nicht zu unterscheiden. Das bedeutet, dass nach der gemessenen Baseline ein Anstieg verzeichnet wurde, der jedoch über den Verlauf hinweg auf dem gleichen Niveau verblieb und erst wieder in der Erholung einen signifikanten Unterschied aufwies. Demnach ist in dem vorliegenden Setting ein Rückschluss auf den Beanspruchungsgrad anhand der Biosignale nur mit Vorbehalt möglich. Erst die Verbindung zum subjektiven Anstrengungsempfinden lässt eindeutige Schlussfolgerungen zu. Die Folge ist, dass bei mittleren Belastungen, wie in dem vorliegenden Setting angestrebt wurden, verlässliche Aussagen über den Beanspruchungsgrad ausschließlich über die Verknüpfung subjektiver und objektiver Parameter zu treffen sind. Liegen jedoch Überlastungen im Sinne von Stress vor, können objektive Parameter mit geeigneten Auswertetools ausreichen.

Die hier eingesetzte kontaktbasierte Sensorik stellte sich in einer Untersuchung von 13 Probanden an ihrem individuellen Arbeitsplatz als nicht praxistauglich heraus, obwohl das Rating unter Laborbedingungen anhand der System Usability Scale (SUS) mit 63,8% $\pm 15,7$ durchaus positiv ausfiel. Dennoch mussten zum einen Elektroden (EKG, OEMG) direkt auf die Haut am Oberkörper aufgebracht werden und zum anderen waren die Kabel während der Bewerksstellung der Tätigkeiten hinderlich. Darüber hinaus ist bekannt, dass kontaktbasierte Sensoren die Erfahrung der zu untersuchenden Personen beeinflussen können und demnach zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen könnten. Um praxisbezogene und -relevante Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Selbstbefähigung durch den Angestellten zu treffen, ist zur kontinuierlichen Aufzeichnung die Anwendung kontaktloser Systeme anzuraten.

Beteiligte Partner



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

Publikationen

Nisser, M., Puta, C., Hoyer, H., Buder, A., Baumbach, P., Best, N.: Erfassung von Biosignalen bei Bildschirmtätigkeiten: Zusammenhang von subjektiven und objektiven Beanspruchungsparametern. Zeitschrift für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin (noch nicht eingereicht)

3D-NanoVisual 2

DREIDIMENSIONALE
VISUALISIERUNGSSYSTEME AUF BASIS
PHOTONISCHER NANOSTRUKTUREN

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

Problembeschreibung

Optische Sensor- und Visualisierungssysteme spielen eine fundamentale Rolle in allen Bereichen moderner Hochtechnologie. 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. Um den Designprozess zukünftiger Technologien auf dieser Grundlage zu erleichtern, soll weiterhin ein intuitives Optimierungsverfahren entwickelt werden, welches das bestmögliche nano-photonische Materialdesign für eine gegebene Funktion liefert.

Ergebnisse

Fundament des Designs photonischer Nanostrukturen für die Anwendung ist die Kenntnis über den Zusammenhang aus Nano-Geometrie und Lichteigenschaften. Hierfür wurde eine große Zahl an Simulationen durchgeführt, die verschiedene Typen von Nanostrukturen nach Geometrie und Material variiert haben. 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. Es wurden spezifische Designs ausgewählt und am Standort hergestellt.

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 [1]. Mit dieser Methodik lassen sich Polarisationsoptiken entwerfen, die zur chemischen Analyse oder erweiterten Kodierung von Hologrammen Anwendung finden könnten.

Um in Zukunft präzise Designs photonischer Materialien auf Basis gestapelter Metaoberflächen durchführen zu können, wurden deren interne

REM-Bild eines Schnitts in einen chiralen Metamaterialstapel aus Gold-Nanoantennen mit unterschiedlicher Drehrichtung. [1]

Wechselwirkungsmechanismen genauer untersucht [2]. Dabei wurde ein theoretisches Modell 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.

Zitate

1. J. Sperrhake, M. Decker, M. Falkner, S. Fasold, T. Kaiser, I. Staude, and T. Pertsch, "Analyzing the polarization response of a chiral metasurface stack by semi-analytic modeling," *Opt. Express*, vol. 27, no. 2, p. 1236, Jan. 2019.
2. J. Sperrhake, M. Falkner, S. Fasold, T. Kaiser, T. Pertsch, "On the equivalence of reflection paths of light and Feynman paths in stacked metasurfaces," *ArXiv-Preprint*, Dez. 2019

Beteiligte Partner



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

Publikationen

J. Sperrhake, M. Decker, M. Falkner, S. Fasold, T. Kaiser, I. Staude, and T. Pertsch, "Analyzing the polarization response of a chiral metasurface stack by semi-analytic modeling," *Opt. Express*, vol. 27, no. 2, p. 1236, Jan. 2019.

J. Sperrhake, M. Falkner, S. Fasold, T. Kaiser, T. Pertsch, "On the equivalence of reflection paths of light and Feynman paths in stacked metasurfaces," *ArXiv-Preprint*, Dez. 2019

J. Sperrhake, M. Decker, M. Falkner, S. Fasold, T. Kaiser, I. Staude, and T. Pertsch, "Semi-analytic modeling of chiral metasurface stacks", *CLEO 2019* (Konferenzbeitrag)

J. Sperrhake, M. Decker, M. Falkner, S. Fasold, T. Kaiser, I. Staude, and T. Pertsch, "Semi-analytic modeling of chiral metasurface stacks", *CLEO/ Europe-EQEC 2019* (Konferenzbeitrag)

3DPersA 2

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

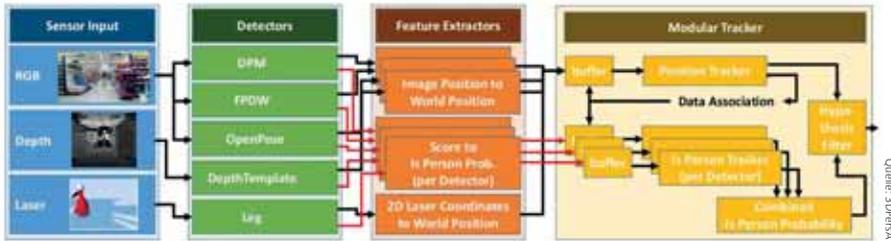


Abb. 1: Gesamtsystem zum tracken von Personen.

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.

Ziel 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

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.



Abb. 3: System zur Schätzung der Oberkörperorientierung.

Abb. 2: Laserprojektion einer Personenhypothese mit geschätzter Oberkörperorientierung (orientierter Kreis) und geplante Trajektorie des Roboters als Linienzug.

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.

Publikationen

[Wengefeld 2019a] Wengefeld, T., Müller, S., Lewandowski, L., and Gross, H.-M., Probabilistic Framework for Tracking People on Mobile Platforms, in: Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 8 pages, 2019

[Wengefeld 2019b] Wengefeld, T., Lewandowski, L., Seichter, D. and Gross, H.-M., Real Time Person Orientation Estimation using Colored Pointclouds., in: European Conference on Mobile Robots (ECMR), 7 pages, 2019

[Lewandowski 2019a] Lewandowski, B., Liebner, J., Wengefeld, T. and Gross, H.-M., A Fast and Robust 3D Person Detector and Posture Estimator for Mobile Robotic Applications., in: International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 4869-4875, 2019

[Lewandowski 2019b] Lewandowski, B., Seichter, D., Wengefeld, T. and Gross, H.-M., Deep Orientation: Fast and Robust Upper Body Orientation Estimation for Mobile Robotic Applications., in: Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 441-448, 2019

[Wengefeld 2020a] Wengefeld, T., Höchemer, D., Lewandowski, B., Köhler, M., Beer, M., Gross, H.-M.: „A Laser Projection System for Robot Intention Communication and Human Robot Interaction.“, in: IEEE Int. Symp. on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 259-265, 2020

[Wengefeld 2020b] Wengefeld, T., Lewandowski, L., Seichter, D. and Gross, H.-M., Real Time Person Orientation Estimation and Tracking using Colored Pointclouds., to appear: Robotics and Autonomous Systems

geMAAP3D 2

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

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. Dies wird dadurch erreicht, dass N eindeutige, aperiodische Beleuchtungsmuster mit N verschiedenen Aperturen anstelle einer Apertur wie bei DLP-Systemen projiziert werden.

Ein geometrisches Modell für Multi-Apertur-Array-Projektoren, das für eine exakte 3D-Rekonstruktion (Triangulation mit einer das Messobjekt beobachtenden Kamera) notwendig ist, gab es bisher nicht, sondern alle bekannten geometrischen Modelle sind auf einaperturige Systeme beschränkt. Wenn es jedoch gelingt, den Array-Projektor geometrisch so zu modellieren und zu kalibrieren, dass analog zu den Standardverfahren der Photogrammetrie und Phasogrammetrie eine 3D-Messpunktberechnung möglich wird, ergibt sich hieraus ein signifikantes Verbesserungspotenzial für solche Sensorsysteme.

Ergebnisse

Das Ziel des Vorhabens, das vom Institut für Angewandte Optik und Biophysik (IAOB) der Friedrich-Schiller-Universität Jena in Kooperation mit dem Fraunhofer IOF, Jena, bearbeitet wurde, war die geometrische Modellierung und Kalibrierung von 3D-Messsystemen mit Multi-Apertur-Array-Projektoren und ihre experimentelle Validierung. Ein solches Modell eröffnet die Möglichkeit für 3D-Messungen mit nur einer Kamera und einem Projektor, womit wesentlich kompaktere High-speed-3D-Sensoren mit einem deutlich kleineren Bauraum realisiert werden können. Insbesondere bei Ultra-High-Speed-Kameras ist die damit einhergehende Kostenersparnis bei einem Verzicht auf eine Kamera nicht unbeträchtlich.

Sowohl die Simulation als auch die experimentellen Ergebnisse haben gezeigt, dass das entwickelte geometrische MAAP-Modell für die 3D-Rekonstruktion mit nur einer Kamera geeignet ist. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf der Verbesserung und Automatisierung der Kalibrierung sowie ihrer späteren Validierung beim Einsatz des Systems unter konkreten Messbedingungen einschließlich einer partiellen Korrekturmöglichkeit, um eine vollständige Neukalibrierung zu vermeiden.

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 dieser Kalibrieremethode wurde auch ein Verfahren für eine Neukalibrierung des MAAP erarbeitet, das den Einsatz des Messverfahrens beim Anwender spürbar erleichtert. Dieses Verfahren erlaubt die Synthetisierung künstlicher Ansichten, die mit dem MAAP beleuchtet werden, nach der Erstkalibrierung für beliebige neue und unbekannte Kameraansichten. Auf diese Weise kann die Kamera in andere günstige Positionen oder Orientierungen gebracht werden, ohne dass der gesamte MAAP-Kalibrierungsprozess erneut durchlaufen werden muss.

Beteiligte Partner



Institute of Applied Optics,
Friedrich-Schiller-Universität Jena

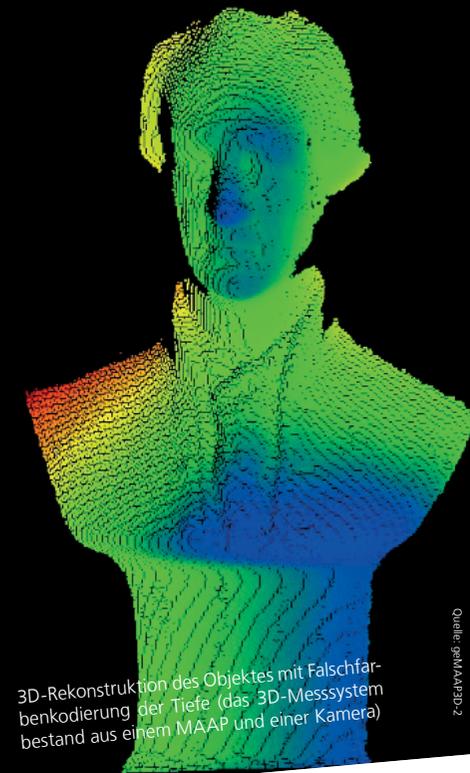
Prof. Dr. Richard Kowarschik (Projektleiter)
M. Sc. Eugene Wong
Dr. Holger Babovsky
M. Sc. Andreas Stark



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

Publikationen

E.Wong, S. Heist, C. Bräuer-Burchardt, H. Babovsky, and R. Kowarschik, »Calibration of an array projector used for high-speed three-dimensional shape measurements using a single camera.« Appl. Opt. 57, 7570-7578 (2018)



3D-Rekonstruktion des Objektes mit Falschfarbencodierung der Tiefe (das 3D-Messsystem bestand aus einem MAAP und einer Kamera)

Quelle: geMAAP3D-2

A. Stark, E. Wong, D. Weigel, H. Babovsky, and R. Kowarschik »Repeatable speckle projector for single-camera three-dimensional measurement,« Opt. Eng. 57(12), 120501 (2018).

E. Wong, S. Heist, C. Bräuer-Burchardt, A. Stark, H. Babovsky, and R. Kowarschik »Optimization-based extrinsic calibration of a three-dimensional sensor composed of an array projector and a single camera,« Optical Engineering 58(10), 104109 (2019).

E. Wong, S. Heist, C. Bräuer-Burchardt, H. Babovsky, R. Kowarschik, » New View Post-Calibration of an Array Projector«, DGaO Jahrestagung Proceedings, Darmstadt, (12 Juni 2019).

E. Wong, S. Heist, C. Bräuer-Burchardt, A. Stark, H. Babovsky, and R. Kowarschik »Extrinsic calibration of a 3D sensor based on an array projector and a single camera«, Proc. SPIE 11056, Optical Measurement Systems for Industrial Inspection XI, 1105617 (21 Juni 2019);

Patente

C. Bräuer-Burchardt, S. Heist, E. Wong, R. Kowarschik, »Verfahren und Vorrichtung zum berührungslosen Vermessen dreidimensionaler Oberflächenkonturen«, DE 10 2017 220 720 A1,

A. Stark, E. Wong, D. Weigel, H. Babovsky, R. Kowarschik, »Verfahren zur strukturierten Beleuchtung«, DE 10 2018 004 078.0, 22.05.2018

Autostereoskopischer Monitor der SeeFront GmbH



Quelle: SeeFront GmbH

Problembeschreibung

Das Vorhaben „INIT3D“ soll im Sinne einer Generalisierung der Ergebnisse des Vorgängerprojektes IVIS-3D einen breiteren Anwendungsrahmen bestimmen in dem 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. Gelingt beides, also eine belastungsarme technische Realisation der Inhalte sowie die Entwicklung eines gebrauchstauglichen 3D User-Interfaces, so wird eine hohe Systemakzeptanz durch den Endanwender erreicht.

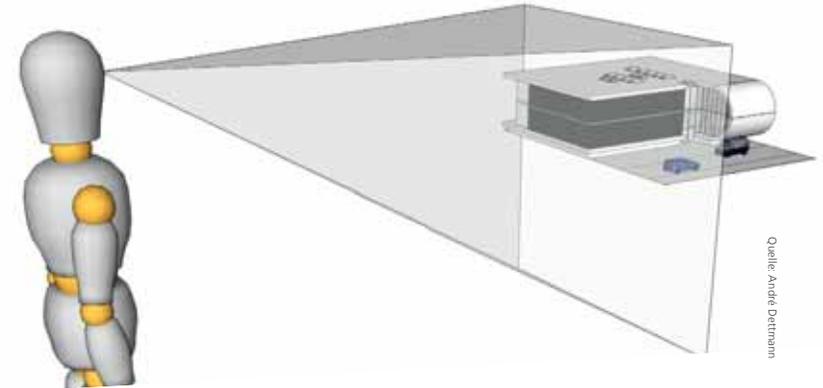
Ergebnisse

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 Bewegungskrankheit können zum einen auf technologie-inhärente Probleme, basierend auf dem Funktionsprinzip stereoskopischer Anzeigen, zurückgeführt werden und zum anderen auf die softwareseitige grafische Umsetzung der Inhalte. Technologie-inhärent ist z. B. der Akkommodations-Konvergenz Konflikt (Hopf et al. 2015), der bei allen konventionellen 3D-Monitoren auftritt. Dieser Mechanismus stereoskopischer Anzeigen führt bei längerer Betrachtung und extremen Abständen zu erhöhtem Diskomfort und Symptomen der visuell induzierten Bewegungskrankheit und muss bei der Gestaltung der Benutzeroberflächen beachtet werden.

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



Quelle: André Dettmann

Art der Darstellung von Inhalten

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 (Projektleiter)
Dipl.-Ing. André Dettmann

MOD3D 2

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



Verarbeitung von multimodalen Daten

Problembeschreibung

In immer mehr Bereichen des täglichen Lebens werden technische Systeme eingesetzt, wodurch auch immer mehr Menschen mit solchen Systemen interagieren müssen – ob im Bereich der Mobilität im Rahmen von Fahrerassistenzsystemen oder im Bereich der Gesundheit und Pflege, zum Beispiel beim betreuten Wohnen. Eine solche Interaktion kann vor allem bei älteren und weniger versierten Nutzern Probleme verursachen. Um diese Nutzergruppen 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.

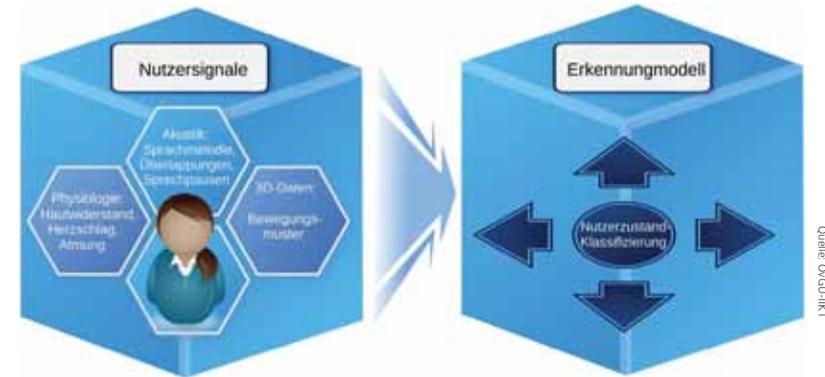
Aktueller Stand

Das Projekt wurde inzwischen nach zwei erfolgreichen Förderperioden abgeschlossen. Dabei wurden drei verschiedene Nutzerzustände bzw. Verhaltenskategorien auf Grundlage von multimodalen Daten untersucht: Überforderung, Zufriedenheit und Kooperativität. 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 dieses Zustands wurden im

Rahmen des Projekts akustische Merkmale wie Sprache und Paralinguistik, physiologische Signale wie Puls, Atmung und Hautleitwiderstand, sowie 3D-Bewegungsmuster genutzt. Weiterhin wurde untersucht, wie physiologische Signale aus akustischen Signalen extrahiert werden können. Die zweite untersuchte Verhaltenskategorie ist die Zufriedenheit, wobei hier zur Erkennung vor allem aus der Nutzersprache extrahierte prosodische Merkmale verwendet wurden. In diesem Zusammenhang wurden auch Methoden zur Merkmalsreduktion untersucht. Für die Erkennung von Kooperativität wurden Sprachüberlappungen als Marker benutzt. Hierbei handelt es sich um solche Interaktionsabschnitte, in denen mehrere Interaktionspartner gleichzeitig sprechen. Dabei konnte gezeigt werden, wie zwischen kooperativen und kompetitiven Sprechverhalten anhand der emotionalen Färbung der Sprache unterschieden werden kann. Um die spätere praktische Verwendbarkeit zu gewährleisten, wurden alle Untersuchungen an natürlichen Interaktionsdaten durchgeführt, die in anwendungsnahen Szenarien aufgenommen wurden.



Quelle: OGU/UKT



Schematische Darstellung der Datenverarbeitung für das Erkennungsmodell

Quelle: OGU/UKT

Ergebnisse

Bereits in der ersten Förderperiode stand die Modellierung des Zustands der Zufriedenheit im Fokus, dabei wurden prosodische Merkmale des Nutzers benutzt, und Erkennungsraten (F-Measure) von bis zu 87% erreicht. In der laufenden zweiten Förderperiode wurde festgestellt, dass sich für die Modellierung des Zustands der Überforderung

3D-Bewegungsmuster am besten eignen, da sie eine Erkennungswahrscheinlichkeit (F-Measure) von etwa 74% ermöglichen, und dabei im Vergleich zu physiologischen Signalen leichter erhebbare sind. Weiterhin wurde die Modellierung von Kooperativität sowohl aus der emotionalen Färbung als auch der Prosodie der Nutzersprache untersucht. Dabei wird eine Erkennungswahrscheinlichkeit (F-Measure) von etwa 70% erreicht.

Beteiligte Partner



Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Prof. Dr. Andreas Wendemuth (Projektleiter)
Olga Egorow

Publikationen

O. Egorow, A. Wendemuth. On Emotions as Features for Speech Overlaps Classification In: IEEE Transactions on Affective Computing - New York, NY: IEEE, 2019.

O. Egorow, T. Mrech, N. Weißkirchen, A. Wendemuth. Employing Bottleneck and onvolutional features for speech-based physical load detection on limited data amounts In: Interspeech 2019, S. 1666-1670, 2019.

A. F. Requardt, O. Egorow, A. Wendemuth. Machine learning-assisted affect labelling of speech data. In: Elektronische Sprachsignalverarbeitung 2020 - Tagungsband der 31. Konferenz Magdeburg, S. 199-205, 2020.

O. Egorow. Accessing the Interlocutor. Recognition of Interaction-related Interlocutor States in Multiple Modalities. Dissertationsschrift, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, 2020.

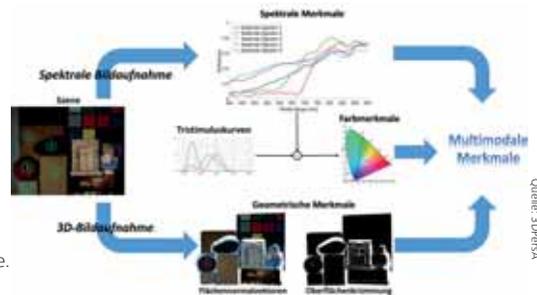


Abb. 1: Gewinnung multimodaler Merkmale.

Problembeschreibung

Die Kombination verschiedener Bildgebungsmodalitäten (hier 3D und Multi-/Hyperspektral) hat ein hohes Anwendungspotenzial in verschiedenen Bereichen. Einesteiis ermöglicht die gleichzeitige Erfassung von 3D-Oberflächenform und deren optischen Eigenschaften die Kombination von geometrischen und spektralen Merkmalen, womit ein tieferes und sicheres Bildverstehen bei komplexen Szenen gewährleistet werden könnte. Andernteils lässt sich das bildgebende 3D-Verfahren mittels strukturierten Lichtes mithilfe der Multispektral-Bildsensoren hinsichtlich der Geschwindigkeit oder Robustheit weiterentwickeln. Dieses komplexe Forschungsvorhaben umfasst sowohl die Entwicklung von innovativen Bilderfassungssystemen als auch die Erarbeitung von neuartigen Algorithmen für die Bildverarbeitung und -auswertung.

Ziel 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 Projektziel ist die Untersuchung der spektralen Aspekte des flächenhaften 3D-Messverfahrens mittels Musterprojektion, sowie die Entwicklung von neuartigen 3D-Bildgebungsverfahren auf Basis der Multispektral-Sensorik.

Ergebnisse

Für die Hyperspektral-3D-Bildgebung wurden zwei Multispektralkameras mit unterschiedlichen Spektralkanälen mittels Musterprojektion in einem gemeinsamen Kanal korreliert. In diesem Ansatz werden 3D-Bilddaten pixelsynchron zu Hyperspektralbilddaten rekonstruiert, und eine höhere spektrale Auflösung lässt sich durch Kombinieren der Spektralkanäle in beiden Kameras erzielen. Des Weiteren wurden Algorithmen für die Kompensation des Farbquerfehlers und die Shading-Korrektur anhand von 3D-Modellen erarbeitet. Mit dem aufgebauten Funktionsdemonstrator wurden verschiedene Beispielmessungen (Abb. 2 und Abb. 3) durchgeführt. Dieses Hyperspektral-3D-System lässt sich für Aufgaben in verschiedenen Bereichen wie industrielle Inspektion, Mensch-Maschine-Interaktion, Medizintechnik etc. anpassen.

Darüber hinaus wurden die Einflüsse der Wellenlänge des strukturierten Lichtes auf das 3D-Messergebnis bei verschiedenen Oberflächen (opak und transluzent) untersucht, dadurch lässt sich bei transluzenten Objekten eine signifikante Abhängigkeit der rekonstruierten Oberflächenform von der Lichtwellenlänge bestätigen. Für opake Oberflächen wurde ein Snapshot-3D-Verfahren entwickelt, indem verschiedene Muster durch eine Multi-Wellenlängen-Projektionseinheit gleichzeitig

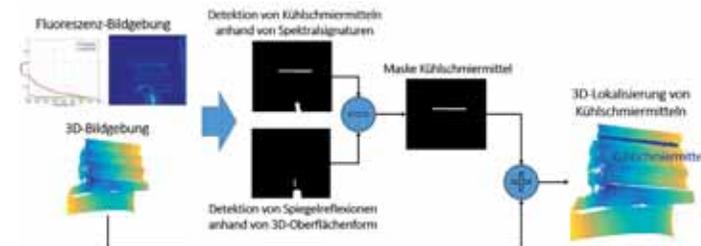


Abb. 2: Fremdstoffdetektion mittels 3D-Fluoreszenz-Bildgebung.

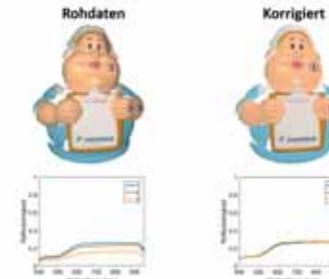


Abb. 3: Shading-Korrektur anhand von 3D-Oberflächenform.

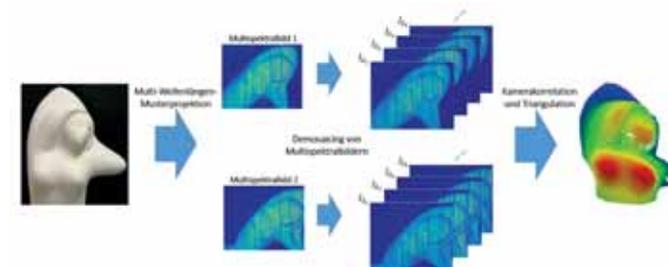


Abbildung 4: 3D-Bildgebung mittels Multi-Wellenlängen-Musterprojektion.

bei unterschiedlichen Wellenlängen projiziert und mit zwei Snapshot-Multispektralkameras detektiert werden. Experimentelle Untersuchungen konnten einen Konzeptnachweis (Abb. 4) liefern, und dieser neuartige Ansatz könnte für Hochgeschwindigkeits-3D-Messungen bei texturarmen Objektoberflächen umgesetzt werden.

Beteiligte Partner

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

Publikationen

- C. Zhang, A. Brahm, A. Breitbarth, M. Rosenberger, G. Notni: Single-shot 3D shape reconstruction using multi-wavelength pattern projection. In Proc. SPIE 10991, Dimensional Optical Metrology and Inspection for Practical Applications VIII, 109910H, 2019.
- C. Zhang, M. Rosenberger, G. Notni: 3D multispectral imaging system for contamination detection. In Proc. SPIE 11056, Optical Measurement Systems for Industrial Inspection XI, 1105618, 2019.
- C. Zhang, P.-G. Dittrich, M. Rosenberger, G. Notni: Simulation-based investigation on optical 3D surface measurement with composite spectral patterns. In Proc. SPIE 11144, Photonics and Education in Measurement Science 2019, 1114400, 2019.

Vitalkam 2

KONTAKTFREIE KAMERABASIERTE
MESSUNG VON VITALPARAMETERN
MIT VERBESSERTER STÖRSICHERHEIT

Gesichtserkennung mit Landmarken (links), Hauterkennung (rechts)

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 Klebe Elektroden bzw. Federklemmen eingesetzt werden.

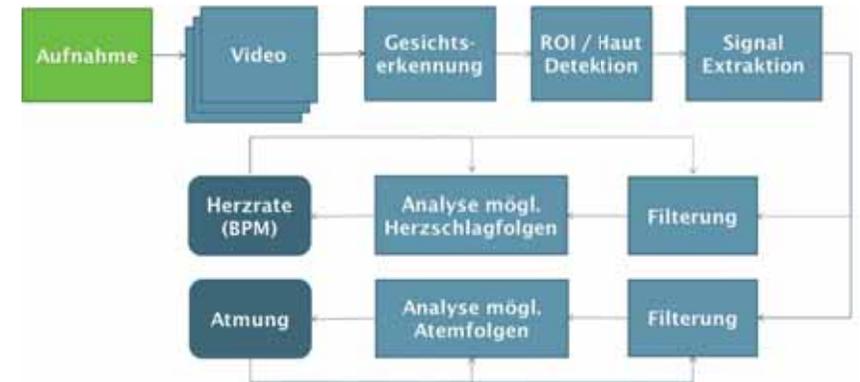
Ziel des Vorhabens

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

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 platzsparender 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.

Quelle: Michal Rapczynski



Schematisches Ablaufdiagramm der Kontaktlosen Vitalparameterschätzung.

Quelle: Michal Rapczynski

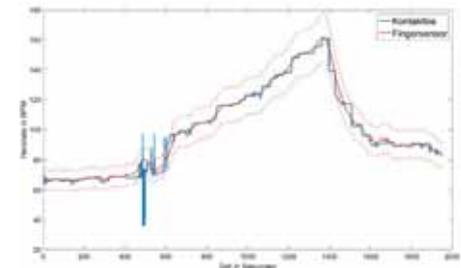
Beteiligte Partner



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

Publikationen

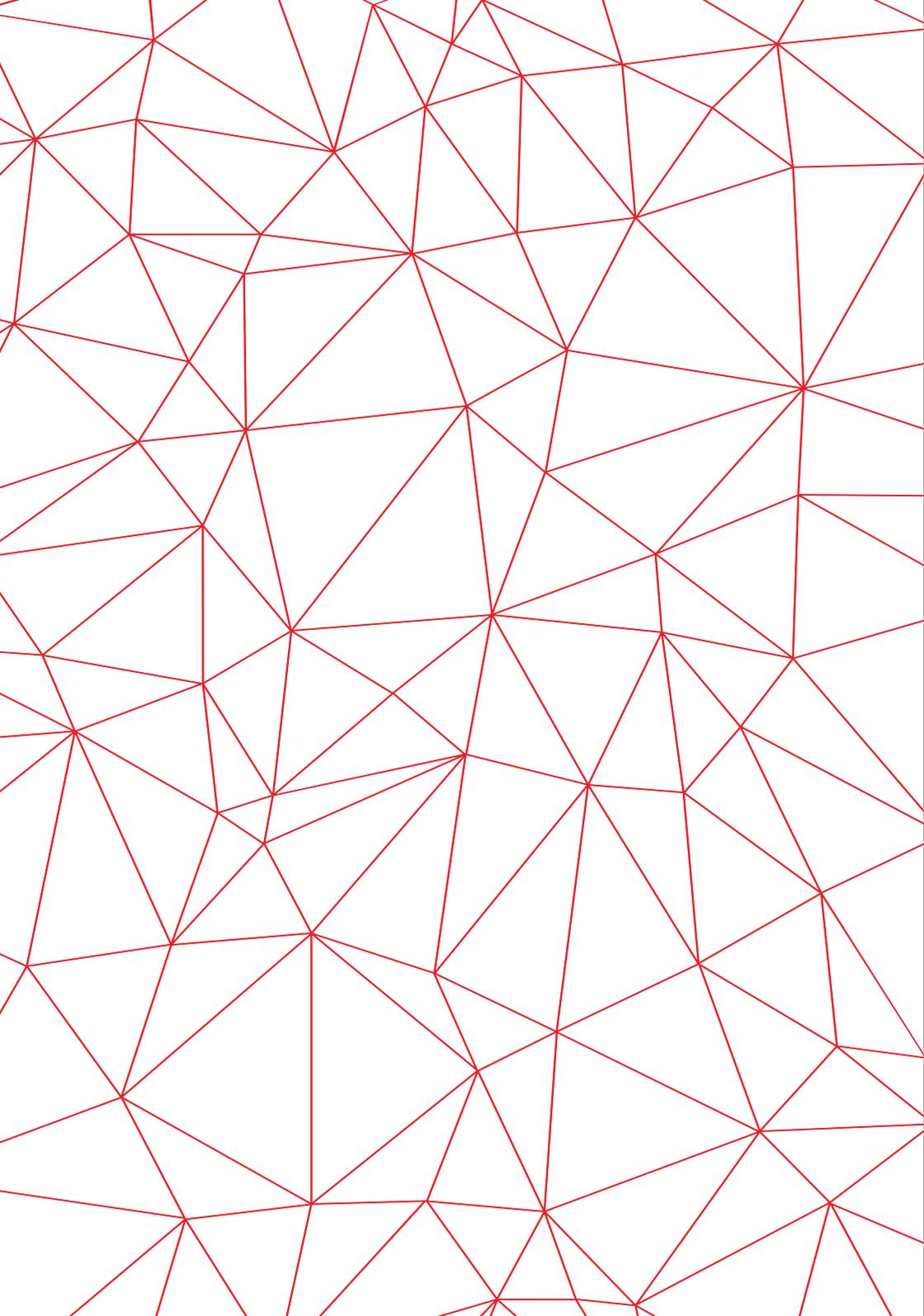
- [1] Michal Rapczynski, Philipp Werner, Ayoub Al-Hamadi, Continuous Low Latency Heart Rate Estimation from Painful Faces in Real Time, 23th International Conference on Pattern Recognition (2016)
- [2] Michal Rapczynski, Philipp Werner, Ayoub Al-Hamadi, „Kontaktfreie kamerabasierte Messung der Herzrate in Echtzeit“, in: interact conference (2016)
- [3] Michal Rapczynski, Chen Zhang, Maik Rosenberger, Ayoub Al-Hamadi, „Multispektrale Vermessung der Haut zur Verbesserung kontaktloser Herzraten-schätzung“, 22. Workshop Farbbildverarbeitung- Ilmenau 2016
- [4] Michal Rapczynski, Frerk Saxen, Philipp Werner, Ayoub Al-Hamadi, „Der Einfluss von Hautfarbensegmentierung auf die kontaktfreie Schätzung von Vitalparameter“, 22. Workshop Farbbildverarbeitung- Ilmenau 2016
- [5] Rapczynski, M., Werner, P., Saxen, F., & Al-Hamadi, A. (2018, October). How the Region of Interest Impacts Contact Free Heart Rate Estimation Algorithms. In 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 2027-2031). IEEE.



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

Quelle: Michal Rapczynski

- [6] Rapczynski, M., Zhang, C., Al-Hamadi, A., & Notni, G. (2018, October). A Multi-Spectral Database for NIR Heart Rate Estimation. In 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) (pp. 2022-2026). IEEE.
- [7] Michal Rapczynski, Philipp Werner, Ayoub Al-Hamadi, Effects of Video Encoding on Camera Based Heart Rate Estimation, March 2019, IEEE Transactions on Biomedical Engineering PP(99):1-1 DOI: 10.1109/TBME.2019.2904326
- [8] M. Fiedler, M. Rapczynski and A. Al-Hamadi, "Fusion-Based Approach for Respiratory Rate Recognition From Facial Video Images," in IEEE Access, vol. 8, pp. 130036-130047, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3008687.



QUALIFIZIERUNG UND NACHWUCHSFÖRDERUNG
Graduiertenforschungsverbund



HyperSense

AUTOMATISCHE KONTAKTLOSE
STRESSERFASSUNG IN ECHTZEIT

Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopbild einer Anordnung hergestellter nano-optischer Pixel. (Material: Gold auf Glassubstrat).

Problembeschreibung

In der modernen Medizin zählt das kontinuierliche und sichere Monitoring lebenswichtiger Parameter, sogenannter Vitalparameter, bei Patienten zu einer der wichtigsten Aufgaben. Diese Parameter umfassen unter anderem Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Sauerstoffgehalt und Atmung. Aber auch in Bereichen der Arbeitswelt werden diese Parameter genutzt, um objektiv Beanspruchungen insbesondere Stress zu erfassen. Durch die Beziehung zu weiteren leistungsorientierten und subjektiven Daten können Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden, um positiv auf das Gesundheitsmanagement von Angestellten einzuwirken. 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.

Ziel 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. Der geplante Messapparat soll auf eine möglichst kompakte Form gebracht werden, um zu Demonstrationszwecken eingesetzt werden zu können und sowohl auf mobile als auch stationäre Anwendungsszenarien vorbereitet werden. Hierbei werden die entwickelten photonischen Nanomaterialien einen wesentlichen Beitrag liefern. Angeordnet nach dem Prinzip von Bayer-Matrizen ermöglichen die nanostrukturierten Schichten räumlich aufgelöste multispektrale Filterelemente, die in Bildsensoren integriert werden können. Damit übernehmen die nanooptischen On-Chip-Elemente die Aufgabe eines gesamten Messsystems. Die Anzahl an Kameras zur Aufnahme der Vitalzeichen könnte somit durch eine Kombination beider Systeme stark reduziert werden.



Abb. 2: Demonstrator zur Vitalparametermessung

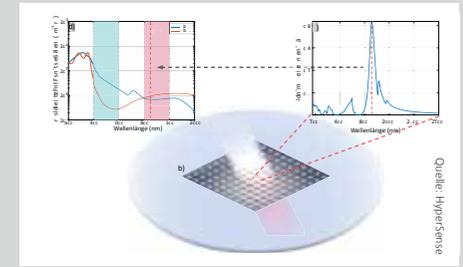


Abb. 3: Schematische Darstellung des Wirkprinzips nano-optischer Filter im Kontext der Vitalparametermessung. a) Hämoglobinextinktionskurve mit unterem (UB) und oberem spektralem Band (OB) zur Vitalparametermessung. b) Künstlerische Darstellung eines metallischen Nanofilters. c) Transmissionsfunktion des Nanofilters.

Ergebnisse

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, dessen 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 Bedarfsweld Arbeit zum Beispiel durch medizinische Überwachung zur Vorbeugung überlastungsbedingter Krankheiten gegeben. Dadurch streut das erreichte Ergebnis in viele Bereiche der Interaktion von Mensch und Maschine.

Publikationen

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

Jan Sperrhake, Maria Nisser, Michal Rapczynski, Chen Zhang, et al. Messsystem zur dreidimensionalen Detektion und multispektralen Charakterisierung von Personen und Gegenständen. Patent in der Anmeldung.

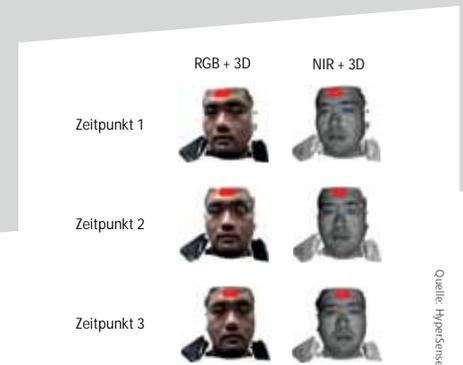
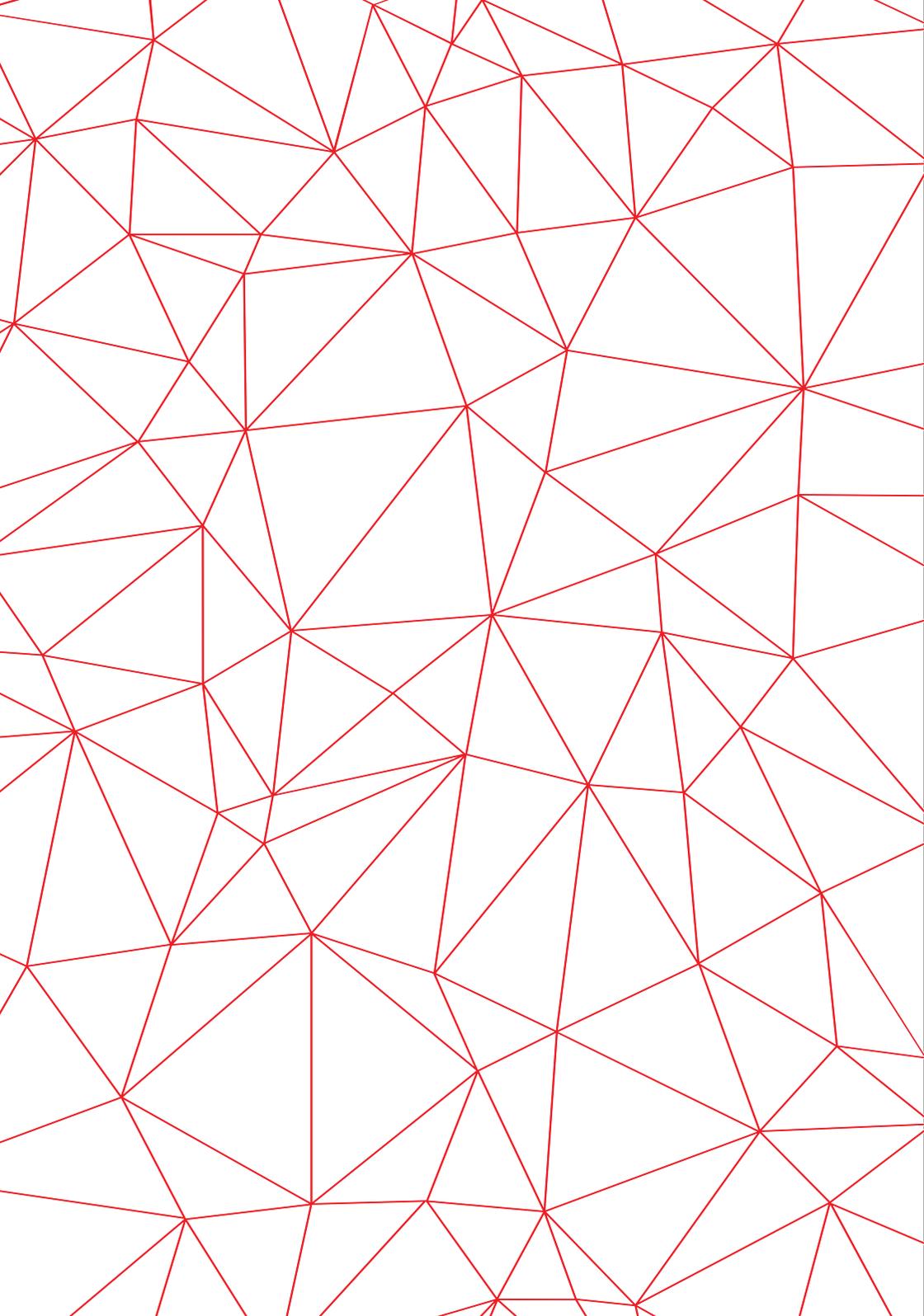


Abb. 4: Verfolgung der Messfläche in Multispektral-3D-Video

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 Rehabforschung; 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



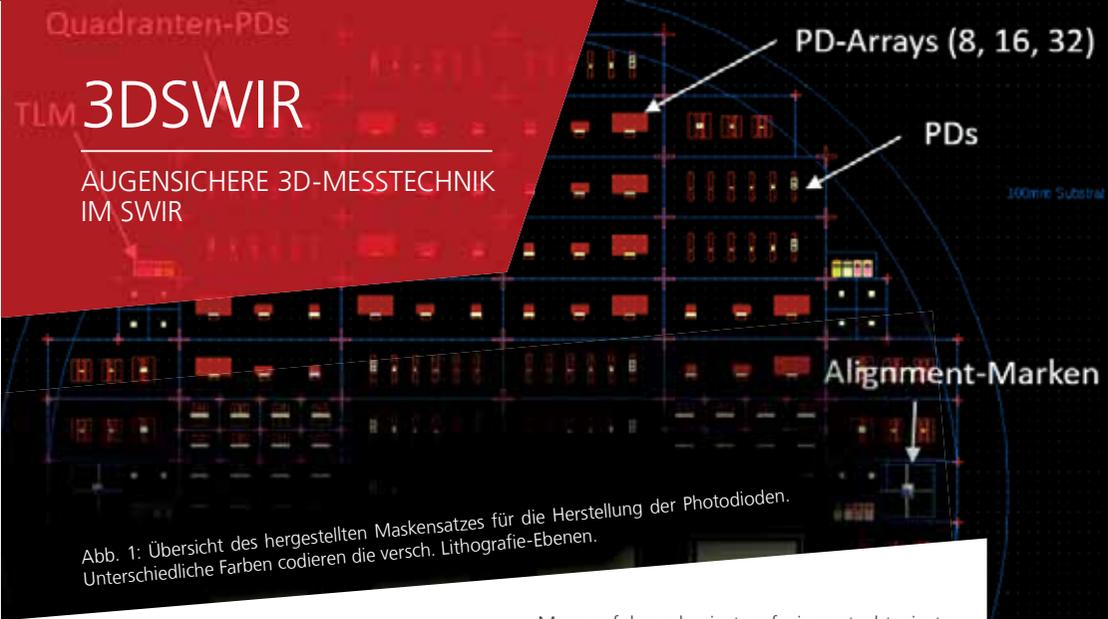


Abb. 1: Übersicht des hergestellten Maskensatzes für die Herstellung der Photodioden. Unterschiedliche Farben codieren die versch. Lithografie-Ebenen.

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.

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 µm zu überführen, um deren Einsatz in Anwendungsfeldern mit Mensch-Maschinen-Aktion zu ermöglichen.

Ergebnisse

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 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.

Sensor

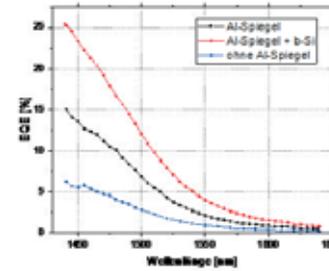


Abb. 2: Gemessene externe Quanteneffizienz (EQE) von Ge-on-Si-Photodioden (200 x 200 µm²) in verschiedenen Konfigurationen bei einer Vorspannung von -0,1V.

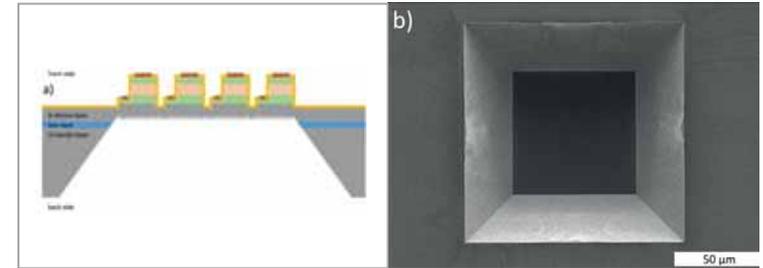


Abb. 3: Skizze eines rückseitig lokal ausgedünnten Photodioden-Chips mittels KOH (a) sowie REM-Bild (Draufsicht) einer lokalen KOH-Ätzung (b).

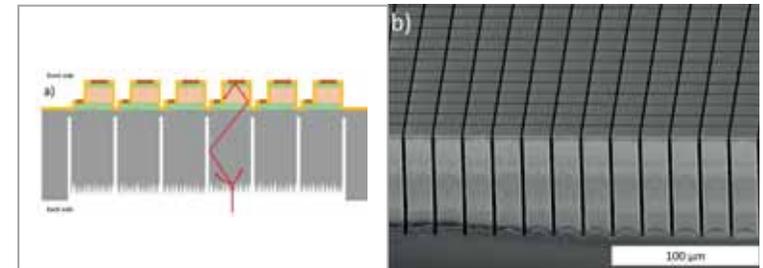


Abb. 4: Skizze eines Photodioden-Arrays, dessen Pixel durch schmale tiefe Trenches voneinander separiert werden, um das gestreute Licht in den vorgesehenen Pixel zu leiten (a) sowie REM-Bild (Schrägsicht) tiefgeätzter Trenches mit einer Grabenbreite von jeweils 2 µm (b).

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

Publikationen

- D. Schmelz, M. Steglich, K. Dietrich, T. Käsebier, U. Zeitner, Proc. SPIE 11031, 1103109 (2019).
- S. Heist, M. Landmann, M. Steglich, Y. Zhang, P. Kühmstedt, G. Notni, Proc. SPIE 10991, 109910J (2019).
- Y. Zhang, H. Gross, Adv. Opt. Technol. 8 (5), 313 (2019).
- Y. Zhang, H. Gross, Adv. Opt. Technol. 8 (5), 349 (2019).
- Y. Zhang, H. Gross, Adv. Opt. Technol. 8 (5), 385 (2019).

Hyper3D

HOCHDYNAMISCHE 3D-SENSORIK IN ERWEITERTEN SPEKTRALBEREICHEN



Abb. 1: 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 schnelle, genaue und berührungslose dreidimensionale Erfassung bewegter Objekte und Szenen ist eine elementare Aufgabe in unzähligen Anwendungsbereichen. Ein typischer Vertreter optischer 3D-Messverfahren ist die Musterprojektion. 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 die anschließende Rekonstruktion von Objektpunkten mittels Triangulation.

Üblicherweise wird für die Beleuchtung Licht im sichtbaren Spektralbereich verwendet. Durch den Wechsel in andere Spektralbereiche können Oberflächen, die im sichtbaren Bereich unkooperativ sind, messbar werden. Zudem eröffnen Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Spektrums Möglichkeiten zur Bestimmung sowohl der Oberflächenform als auch der spektralen Eigenschaften von Objekten.

Ergebnisse

Im Rahmen des Vorhabens wurde daher unter anderem ein Messsystem entwickelt, mit dem die Form (Koordinaten x, y, z) und die wellenlängenabhängige Reflexion $R(\lambda)$ von makroskopischen Objekten als Funktion der Zeit t mit hoher Auflösung und Genauigkeit bestimmt werden kann. Ein

solcher hyperspektraler 5D-Sensor eignet sich unter anderem zur digitalen Dokumentation von Kunst- und Kulturgütern, zur Pflanzenphänotypisierung oder zur Untersuchung des Eindringverhaltens von Licht in transluzente Objekte.

Die Entwicklung eines SWIR-3D-Sensors (Abb. 1) wiederum ermöglicht die sowohl irritationsfreie als auch augensichere Gesichtsvermessung, da das menschliche Auge in diesem Spektralbereich (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, sodass die Gesichter zahlreicher Personen, insbesondere unterschiedlicher Hautfarbe (u. a. europäischer, asiatischer, lateinamerikanischer und indischer Typ, Abb. 2), dreidimensional vermessen werden konnten. Durch Verwendung einer zusätzlichen RGB-Kamera ließ sich zudem die VIS-Farbtexur erfolgreich auf die rekonstruierte 3D-Punktwolke übertragen.

Ein ebenfalls im Rahmen des Vorhabens entwickelter Hochgeschwindigkeits-3D-Thermografie-Sensor mitsamt daran angepasstem Kalibrierverfahren erlaubt die Untersuchung der Veränderung der Oberflächenform und gleichzeitig -temperatur extrem schneller Prozesse. So konnten zum Beispiel

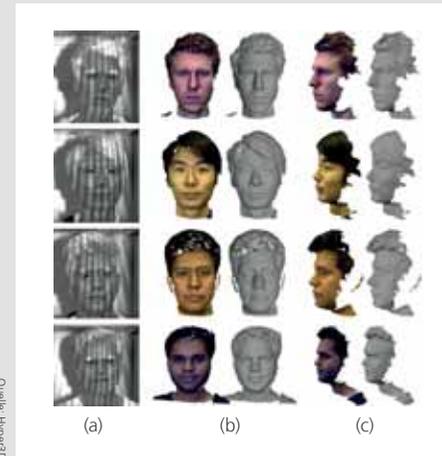


Abb. 2: 3D-Gesichtsvermessung einer Person europäischer, asiatischer, lateinamerikanischer und indischer Ethnizität (von oben nach unten): (a) eines der SWIR-Kamerabilder, (b) Vorderansicht und (c) Seitenansicht des 3D-Oberflächenmodells.

3D-Thermogramme der Explosion eines Fahrerairbags oder eines dribbelnden Basketballspielers (Abb. 3) aufgenommen werden. 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

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



Abb. 3: 3D-Thermogramme eines Basketballspielers, die zu verschiedenen Zeiten erfasst wurden.

erweiterten Spektralbereichen entwickelte Prinzip der GOBO-Projektion aperiodischer Sinus-Muster optimiert werden. Mit dem erstellten Framework steht nun ein Werkzeug zur Verfügung, um für zukünftige GOBO-projektionsbasierte 3D-Messsysteme Masken zu designen, die zu optimalen 3D-Ergebnissen führen. Die Übertragbarkeit der simulierten Ergebnisse auf reale Sensoren wurde experimentell bestätigt.

Publikationen

M. Landmann, S. Heist, P. Dietrich, P. Lutzke, I. Gebhart, J. Templin, P. Kühmstedt, A. Tünnemann & G. Notni: „High-speed 3D thermography“, *Optics and Lasers in Engineering* 121, 448–455 (2019).

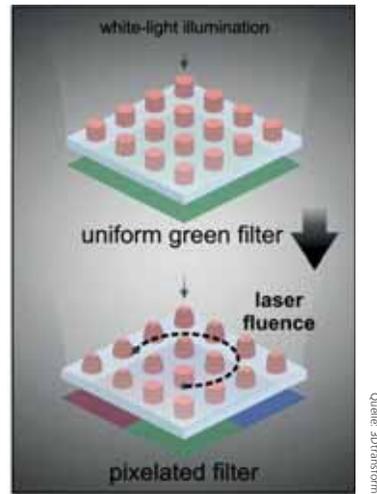
P. Dietrich, S. Heist, M. Landmann, P. Kühmstedt & G. Notni: „BICOS—An Algorithm for Fast Real-Time Correspondence Search for Statistical Pattern Projection-Based Active Stereo Sensors“, *Applied Sciences* 9, 3330 (2019).

M. Landmann, S. Heist, P. Kühmstedt & G. Notni: „3D shape from thermal patterns: investigation of projection parameters in simulation and experiment“, *Proc. SPIE* 11056, 1105615 (2019).

M. Landmann, S. Heist, P. Dietrich, P. Lutzke, I. Gebhart, J. Templin, P. Kühmstedt & G. Notni: „Simultaneous high-speed measurement of 3D surface shape and temperature“, *Proc. SPIE* 10991, 109910O (2019).

S. Heist, M. Landmann, M. Steglich, Y. Zhang, P. Kühmstedt & G. Notni: „Pattern projection in the short-wave infrared (SWIR): accurate, eye-safe 3D shape measurement“, *Proc. SPIE* 10991, 109910J (2019).

Abb. 1: 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 spezifischer designer 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.

Aktueller Stand

Die Kontrolle des Transmissionsspektrums erlaubt es, sehr kleine RGB-Farbfilter 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. Wie in Abb. 1 dargestellt, wurde dazu 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 Farbfilter lokal mit hoher Genauigkeit und Flexibilität eingestellt und an einen spezifischen Einsatzzweck angepasst werden, ein Beispiel für verschiedene realisierte Farbfilterstrukturen ist in Abb. 2 zu sehen. Unsere Ergebnisse konnten im Magazin Optics Express publiziert werden (Opt. Express 28, 1539-1553 (2020)).

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. Eine dafür

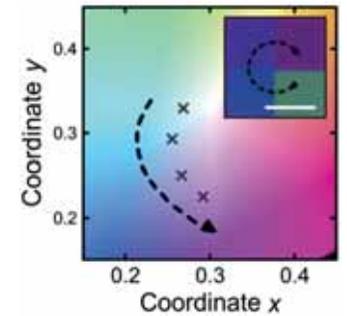


Abb. 2: Farbraumdiagramm, in dem Filterstrukturen, welche durch laserinduzierte Modifikationen aus einer nanostrukturierten Oberfläche erzeugt wurde, durch ein Kreuz markiert sind. Ein Mikroskopbild der entsprechenden vierteiligen Filterstruktur ist im Bildeinsatz zu sehen.

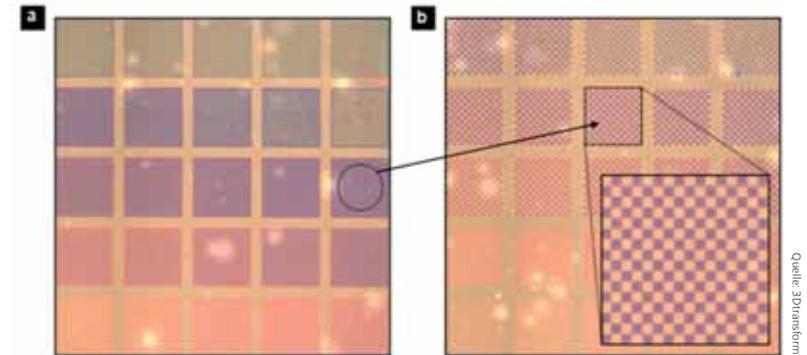


Abb. 3: Mikroskopbilder von (a) großflächigen und (b) pixelierten Filterstrukturen für die Integration in CCD-Kamerasensoren.

geeignete Filterstruktur ist in Abb. 3 dargestellt, wobei die pixelierten Strukturen dafür genutzt werden können, 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 Augenbrauen, 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 berührunglose 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.

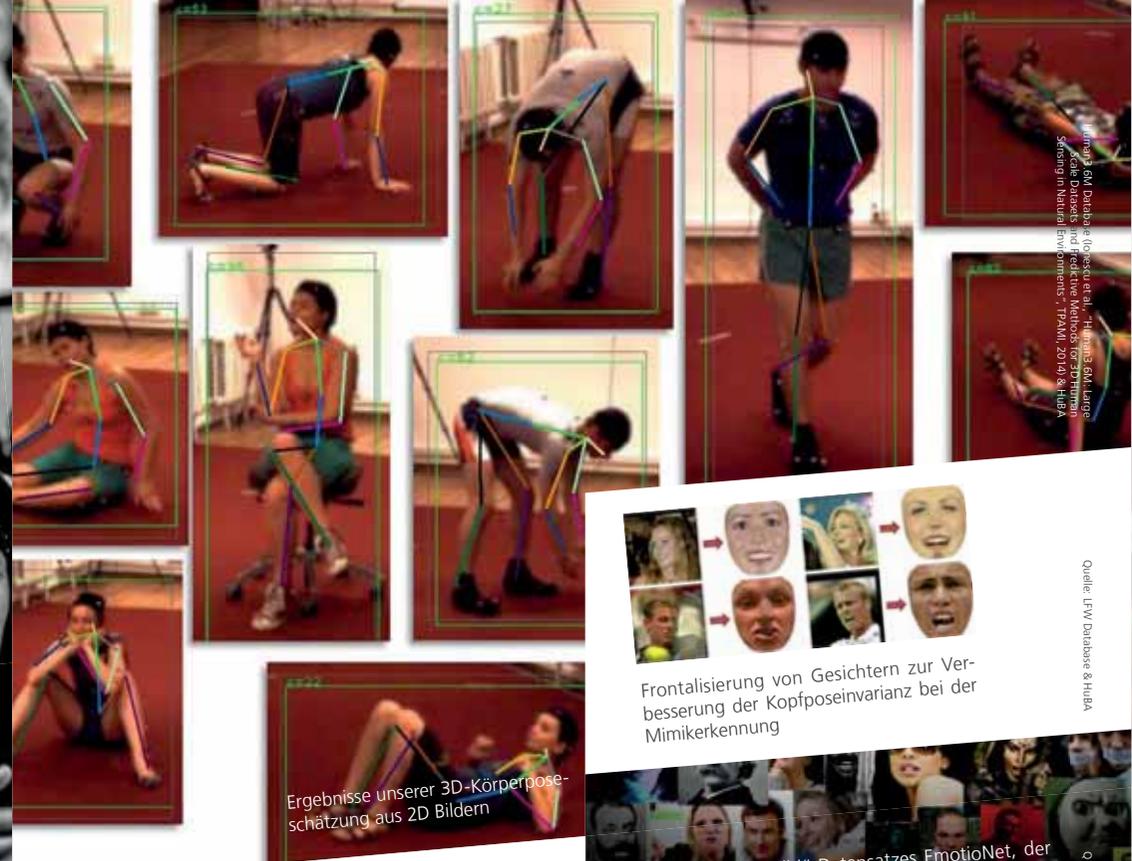
Ziel des Vorhabens

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 even-

tuell 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.

Aktueller Stand

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 Körperposeschätz-



Ergebnisse unserer 3D-Körperposeschätzung aus 2D Bildern

Frontalisierung von Gesichtern zur Verbesserung der Kopfposeinvarianz bei der Mimikererkennung

verfahren 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.

Projektbearbeitung

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

Publikationen

- Philipp Werner, Frerk Saxen, Ayoub Al-Hamadi, "Facial Action Unit Recognition in the Wild with Multi-Task CNN Self-Training for the EmotioNet Challenge", IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, 2020.
- Philipp Werner, Frerk Saxen, Ayoub Al-Hamadi, Hui Yu, "Generalizing to Unseen Head Poses in Facial Expression Recognition and Action Unit Intensity Estimation", IEEE International Conference on Face and Gesture Recognition (FG), 2019.
- Philipp Werner, Ayoub Al-Hamadi, Sascha Gruss, Steffen Walter, "Twofold-Multimodal Pain Recognition with the X-ITE Pain Database", International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII) Workshops, 2019.

Kennzahlen

Die Forschungsallianz 3Dsensation ist charakterisiert durch Interdisziplinarität und eine stark heterogene Konsortialstruktur mit aktuell 82 industriellen und akademischen Partnern. (Hinweis: die jeweiligen

Fraunhofer-Institute und die Fakultäten der Universitäten zählen getrennt.)

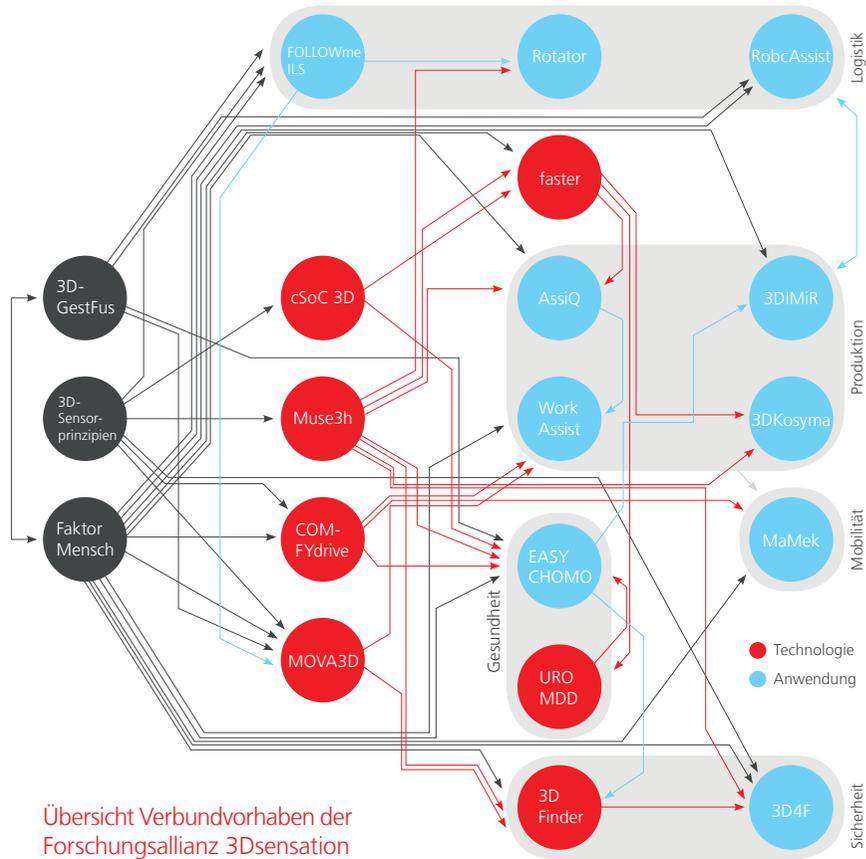
Die Koordinierungsstelle 3Dsensation erhebt alle projektrelevanten Kennzahlen der Allianz.

Basis vorhaben

1. Phase

2. Phase

3. Phase



Übersicht Verbundvorhaben der Forschungsallianz 3Dsensation

100%
Technologie

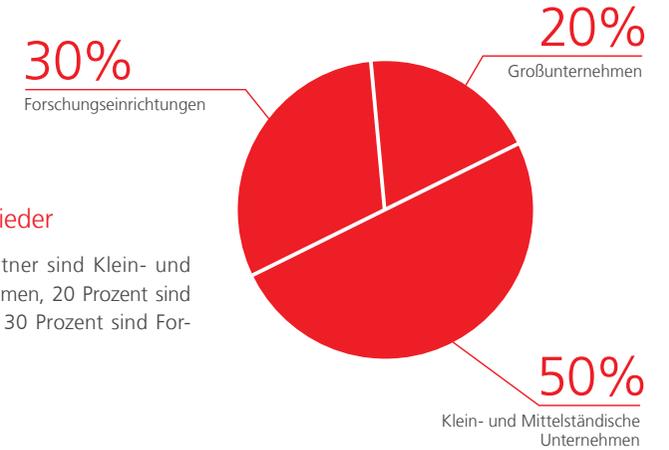
80%
Technologie

56%
Technologie

100%
Technologie

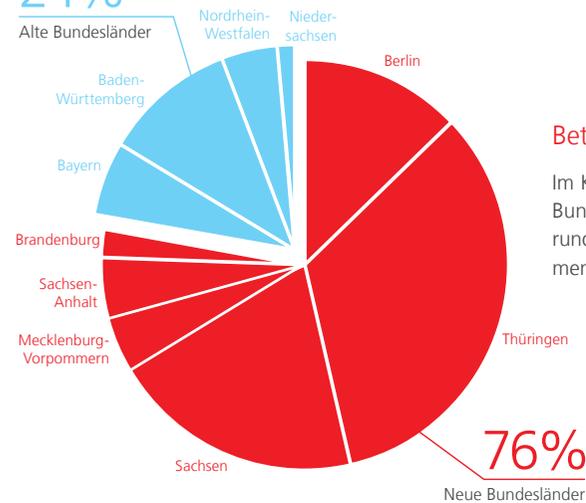
Kategorie der Mitglieder

50 Prozent unserer Partner sind Klein- und Mittelständige Unternehmen, 20 Prozent sind Großunternehmen und 30 Prozent sind Forschungseinrichtungen.



24%

Alte Bundesländer



Beteiligung der Bundesländer

Im Konsortium sind 76 Prozent neue Bundesländer vertreten, davon sind rund 34 Prozent Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen.

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.

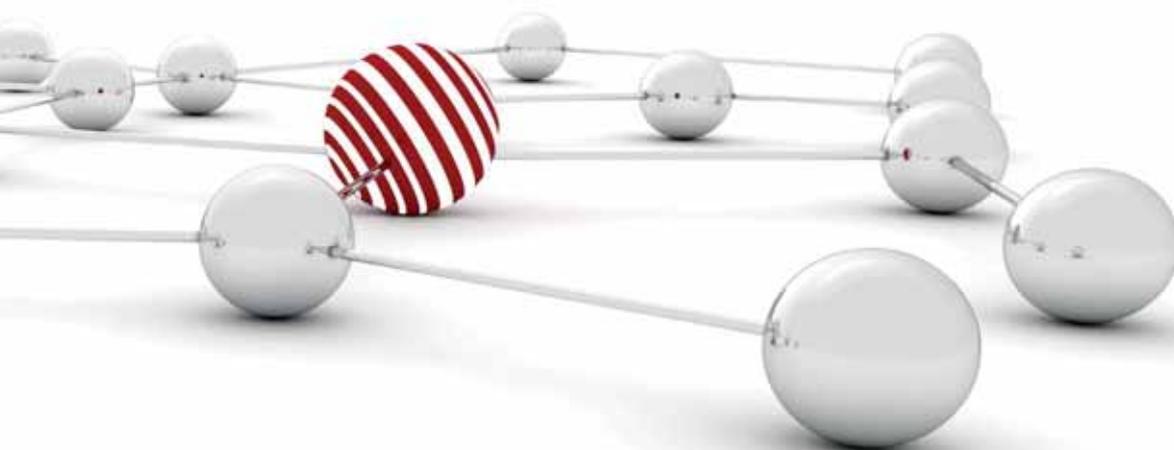
<https://www.unternehmen-region.de/de/7647.php>

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 2020

www.3D-sensation.de



Koordinierungsstelle Allianz 3Dsensation
c/o Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik
Albert-Einstein-Straße 7
07745 Jena