F.O.M.
Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e. V.

Projektplan

IndiPrint: Automatische Chairside-Individualisierung von monolithischen keramischen Dentalrestaurationen (01IF23188N)

Motivation

Im Jahr 2021 wurden laut Angaben der Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV) 24,2 % der Ausgaben für zahnärztliche Behandlungen in Deutschland durch Zahnersatz verursacht. Dazu trägt auch die Nachfrage nach hochwertigen Individualisierungen der Restaurationen bei. Hochästhetische Individualisierungen werden dem Stand der Technik entsprechend durch die manuelle Auftragung von keramischen Mal- und Glasurmassen und unter erheblichem Zeit- und Kostenaufwand durch erfahrene Zahntechniker oder Zahntechnikerinnen durchgeführt. Allerdings ist die Anzahl der Beschäftigten in diesem Bereich in Deutschland von 1999 bis 2022 um 18 % gesunken (Bundesagentur für Arbeit, 2023). Um diesem Umstand entgegenzuwirken kann der Einsatz einer automatisierten Lösung helfen, Zahntechniker zu entlasten. Dem Fachkräftemangel wird so langfristig entgegengewirkt und ermöglicht eine größere Verfügbarkeit von kostengünstigem, hochästhetischem Zahnersatz.
In diesem Projekt sollen Konzepte für ein computergestütztes, interaktives Kolorierungssystem untersucht werden, welches die Anwendung des Systems direkt in der zahnärztlichen Praxis ermöglicht. Ein solches System soll das Expertenwissen und die handwerklichen Fähigkeiten eines Zahntechnikers abbilden. So soll die komplexe Individualisierung dentaler Restaurationen automatisiert und für einen breiten Patientenkreis zugänglich gemacht werden.

Forschungsziel

Das Ziel des interdisziplinären IGF-Vorhabens IndiPrint ist das Expertenwissen im Bereich der Werkstoffkunde, Zahnfarben, -formen und -merkmale, Oberflächenvorbehandlungen und Brennprozesse sowie die handwerklichen Fähigkeiten eines Zahntechnikers in einer Datenbank für ein computergestütztes interaktives Kolorierungssystem abzubilden. Auf diese Weise soll die komplexe Herstellung von individualisierten Restaurationen automatisiert werden. In diesem Projekt soll nachgewiesen werden, dass die automatisierte Herstellung hochästhetischer Restaurationen durch ein solches System möglich ist. Der Fähigkeitsnachweis erfolgt durch Vergleich der erzeugten Restaurationen mit den Zielvorgaben und manuell hergestellten Restaurationen. Eventuelle Abweichungen können in einem erneuten Designschritt des Systems berücksichtigt werden.
Die folgenden Teilziele lassen sich aus dem formulierten Forschungsziel des Vorhabens zusammenfassen:

- Bestimmung der optischen Eigenschaften (Streu- und Absorptionsspektren) der Malmassen, der Glasurmasse und des Restaurationswerkstoffes,
- Farbnahme der individualisierten Restauration mittels Spatial Frequency Domain Methode (SFD) und Übertragung in Lab-Werte,
- Analyse der Auswirkung des Brennprozesses auf das Erscheinungsbild der Restaurationen,

- Entwicklung einer Oberflächenvorbereitung der keramischen Restauration für die Individualisierung,
- Abbildung des Expertenwissens bzgl. des Brennprozesses, der Farbmischung und des Schichtdickenauftrags in das System,
- Entwicklung einer einfach nutzbaren Graphical User Interface (GUI) zur Charakterisierung und Darstellung einer Individualisierung sowie einer Schnittstelle zur Kommunikation mit dem Dosiersystem,
- Prädiktive Simulation des Auftragsprozesses mit physikbasiertem 3D-Rendering und Darstellung im Vergleich mit den Nachbarzähnen über die GUI,
- Entwicklung eines innovativen Dosierverfahrens für die Mischung und den Auftrag von viskosen Zahnfarben,
- Entwicklung eines Labormusters für das Chairside- / InOffice-Kolorierungssystem.

Lösungsweg zum Erreichen des Forschungsziels

Zunächst wird das Projekt- und Risikomanagement etabliert, bei dem die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Forschungseinrichtungen (ILM, LMU, TUM) koordiniert und überwacht wird. Auf regelmäßigen Treffen, die alle Partner einbinden, werden die Projektfortschritte, die durch eine kontinuierliche Risikoanalyse validiert werden, präsentiert und ausgewertet.
Im nächsten Schritt werden die Analyse und Digitalisierung relevanter Zahnmerkmale fokussiert. Die beteiligten Wissenschaftler definieren Zahnmerkmale und implementieren diese in eine Monte-Carlo-Simulation, wobei digitale Modelle von Zahnrestaurationen erstellt und optische Eigenschaften prognostiziert werden. Parallel dazu wird an der LMU eine Datenbank für Zahnmerkmale entwickelt, während an der TUM die physikalischen Eigenschaften der verwendeten Mal- und Glasurmassen im applikations-fähigen Zustand untersucht und optimiert werden.
In der darauffolgenden Phase werden mechanische und optische Eigenschaften der Materialien weiter analysiert. Die Simulationsergebnisse werden validiert und zur Entwicklung einer anwenderfreundlichen GUI zur Steuerung des Chairside- / InOffice-Kolorierungssystems verwendet.
Im weiteren Verlauf liegt der Schwerpunkt auf der Erprobung und Optimierung des Dosier- und Brennprozesses. Hierzu wird ein Teststand aufgebaut, um die Druckprozesse unter realen Bedingungen zu testen und zu verbessern.
Abschließend werden die Monte-Carlo-Simulation und das Dosiersystem zusammengeführt und das Gesamtsystem erprobt und optimiert. Ziel ist es, einen praxisnahen Workflow zu entwickeln und sicherzustellen, dass die Ergebnisse den klinischen Anforderungen entsprechen.

Arbeitspakete und Zeitplan zum Erreichen des Forschungsziels

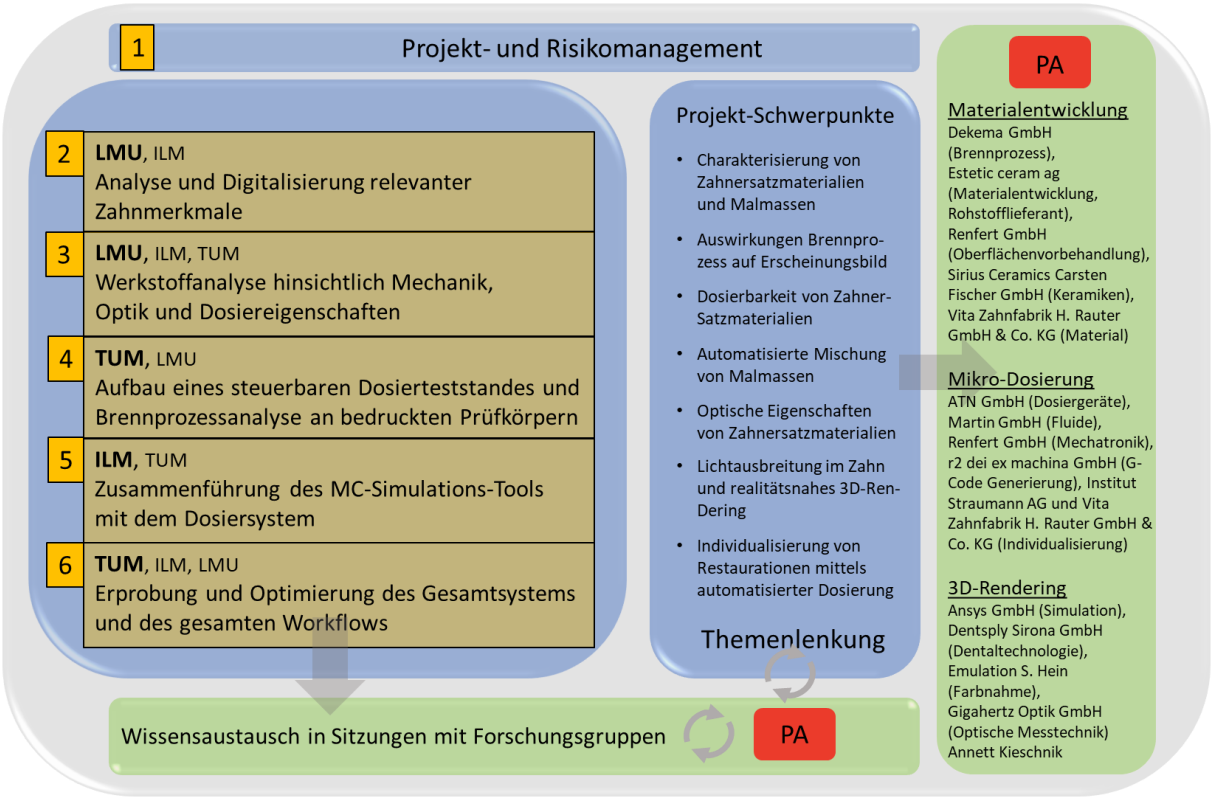

Abbildung 1: Projektplan mit Schnittstellen zum projektbegleitenden Ausschuss (PA)

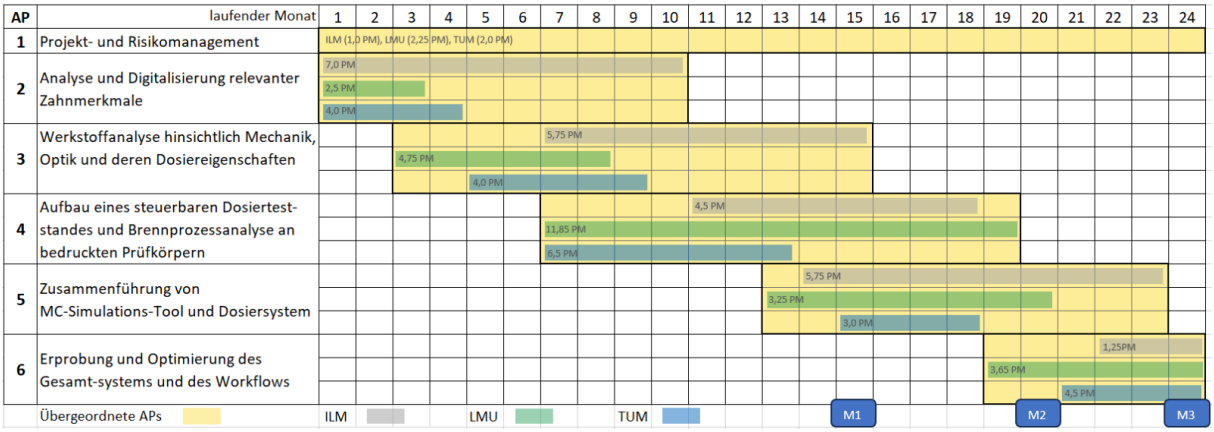

Abbildung 2: Arbeits- und Personalplanung der Forschungseinrichtungen und Meilensteine

Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas

Ein Chairside- / InOffice-Kolorierungssystem zur automatisierten hochästhetischen Individualisierung von dentalen monolithischen Restaurationen ist bis dato nicht kommerziell verfügbar. Der zunehmende Bedarf an ästhetisch anspruchsvollen Zahnrestaurationen erfordert innovative, kosteneffiziente Lösungen. Das geplante System automatisiert die bisher manuell durchgeführte Individualisierung, was zu erheblichen Zeit- und Kostenersparnissen führt und gleichzeitig dem Fachkräftemangel in der Dentaltechnik entgegenwirkt.

Projektbegleitender Ausschuss

Unternehmen
Annett Kieschnick KMU
Ansys GmbH
ATN Automatisierungstechnik Niemeier GmbH KMU
Dekema Dental-Keramiköfen GmbH KMU
dentrepublic GmbH KMU
Emulation S. Hein KMU
estetic ceram ag KMU
Gigahertz Optik GmbH
Institut Straumann AG
Martin GmbH KMU
r2 dei ex maschina GmbH KMU
Renfert GmbH KMU
Sirius Ceramics Carsten Fischer GmbH KMU
Sirona Dental System GmbH
Vita Zahnfabrik H. Rauter GmbH & CO. KG

Das IGF-Vorhaben IndiPrint (01IF23188N) der Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e. V. (F.O.M.), Werderscher Markt 15, 10117 Berlin, wurde im Rahmen des von dem DLR Projektträger (DLR-PT) betreuten Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschafts-forschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG