

Projektplan

ReMultiMi: Replikative Herstellung multifunktionaler Mikrofluidikfolien (21934 BR)

Die Fertigung von Mikrofluidikpolymerfolien für „Lab-on-Chip“-Diagnostiksysteme durch Heißprägen ist aufgrund der geringen Effizienz kommerziell verfügbarer Anlagen auf hochpreisige Nischenprodukte begrenzt. Zudem erfordern steigende Anforderungen an Reproduzierbarkeit und Genauigkeit von Lab-on-Chip-Systemen im Bereich Life-Science neue Werkzeuge für die Abformung von Polymerfolien mit ortsselektiv funktionalisierten Oberflächen. Eine massenproduktionsfähige und kostengünstige Alternative zur Strukturierung von Mikrofluidikfolien ist das neuartige Fertigungsverfahren des UV-Spritzguss. Derzeitige Untersuchungen haben zum Ziel, multifunktionale Folien durch einen zweistufigen Prozess zu generieren. Dabei kommt es jedoch zu sich ausbreitenden Mikrodelaaminierungen, die ein unerwünschtes Unterlaufen der zweiten injizierten UV-härtbaren Komponente in entferntere Werkzeugbereiche begünstigt.

Arbeitsdiagramm

Arbeitspaket	Zeitraum																														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
AP 1: Entwicklung von Mikrostrukturen und Prozessauslegung Laserstrukturierung zur Oberflächenfunktionalisierung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AP 2: Fertigungsentwicklung der Formeinsätze zur Replikation													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
AP 3: Einstellung des Replikationsprozesses																															
AP 4: Demonstrator und Ergebnissynthese																															
AP 5: Kompetenz- und Risikomanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Meilensteine													■									■								■	

MS 1 = Vielversprechende Mikrostrukturen identifiziert und getestet

MS 2 = Prozessparameter angepasst und Fertigstellung Formeinsätze für den Replikationsprozess

MS 3 = Formeinsätze erprobt, Replikationsprozess eingestellt und Demonstrator fertiggestellt

Forschungsziel

Projektziel ist eine selektive Multifunktionalität der Folien, unabhängig ihrer chemischen Zusammensetzung in einem einstufigen Prozess, durch eine laserbasierte, lokale Mikro- und Nanostrukturierung

ausgewählter Bereiche der Replikationswerkzeugoberflächen für abformende Verfahren. Infolge können gezielte, fluidbeeinflussende Eigenschaften (hydrophob, hydrophil) effizient eingestellt werden. Dazu wird eine vollständige Prozesskette für die replikative Mikrostrukturierung für die Herstellung funktionalisierter Polymerfolien durch abformende Verfahren entwickelt. Das beinhaltet die Fertigung oberflächenfunktionalisierter, mikrotexturierter Replikationswerkzeuge für den UV-Spritzguss und den Heißprägeprozess. Hierfür sollen komplexe funktionale Mikrostrukturen mit Strukturgrößen von 0,1 – 100 µm mit Direkter Laser(interferenz)strukturierung entwickelt werden. Für die Anwendung in der industriellen Praxis wird ein kinematisches Simulationsmodell im Zusammenspiel mit einer Vorhersageplattform („predictive modelling“) für die Oberflächenfeingestalt aufgebaut, so dass optimale Mikrostrukturvarianten simuliert und folglich der Entwicklungsaufwand komplexer Mikrostrukturen auf Werkzeugen deutlich reduziert werden kann.

Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Um die Funktionalisierung der Polymerfolien zu erreichen, müssen die Replikationswerkzeuge mittels Laserablation gezielt mikrostrukturiert werden. Somit soll unabhängig von der Formulierung eine Multifunktionalität der Folie erreicht und bestimmte fluidbeeinflussende Eigenschaften eingestellt werden. Um dies zu erreichen, ist die Betrachtung der gesamten Prozesskette zur Herstellung funktionaler Mikrostrukturen notwendig. Die nachfolgende Abbildung stellt die Projektstruktur und die Abläufe des Projektes schematisch dar.

Aus dieser schematischen Übersicht leiten sich die erforderlichen Arbeitspakete nach den Forschungsschwerpunkten Simulation, Fertigung und Validierung ab:

In Phase 1 sind verschiedene Laserabtragstechnologien zu evaluieren, spezielle periodische und aperiodische Mikrostrukturen auf Basis von Literatur, bestehendem Know-How und „predictive modelling“-Ansätzen zu entwickeln. Dafür wird ein kinematisches Simulationsmodell aufgebaut, das die Wirkung von verschiedenartigen Mikrostrukturen auf die Oberflächenrauheit und das Benetzungsverhalten abbildet und als Auslegungshilfe für eine gezielte, anwendungsnahe Mikrostrukturierung von Formeinsätzen dient. Zudem wird die bestehende Vorhersageplattform („predictive modelling“) zur Nutzung funktionaler Oberflächenstrukturen für Benetzbarkeitsanwendungen auf Werkzeugen für Prägeanwendungen erweitert.

Ausgehend von einer initialen Auswahl von Mikrostrukturen und deren Abbildung in einer Simulation wird in Phase 2 die Mikrostrukturierung mittels Laser optimiert. Die dabei erarbeiteten Erkenntnisse werden in einer Bewertungstabelle für den Vergleich der unterschiedlichen Lasersysteme und Prozesseinstellungen zusammengefasst. Es folgt die Erstellung des Negativs der durch Simulation selektierten

Mikrostrukturvarianten. Mittels der Fertigungsverfahren Laserstrukturieren und Direkte Laserinterferenzstrukturierung werden die Testformeinsätze mikrostrukturiert.

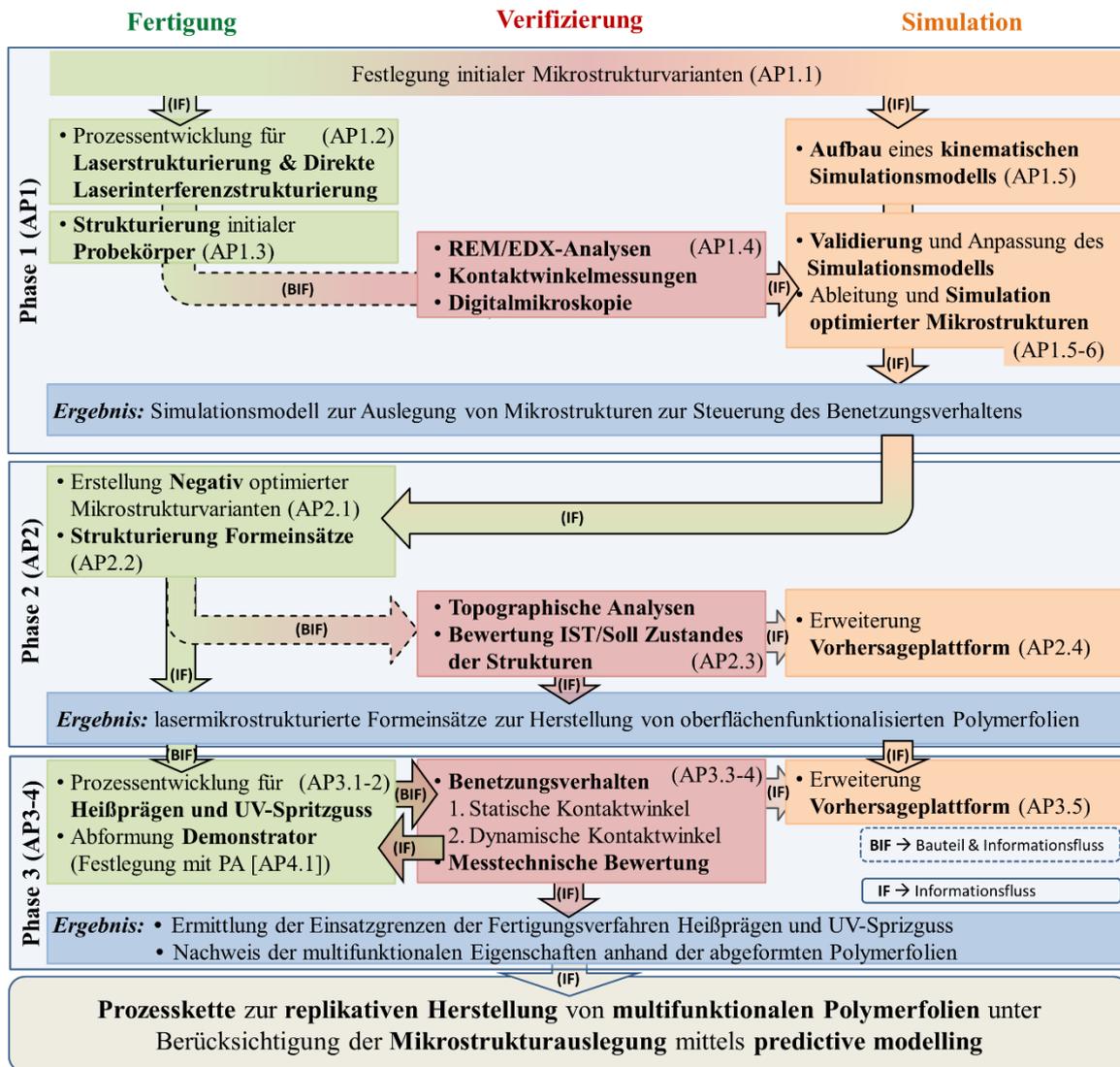


Abbildung 1: Übersicht der im Projekt geplanten Inhalte und Arbeitsschema

In Phase 3 wird der positive Einfluss der Mikrostrukturen auf das Benetzungsverhalten anhand der abgeformten Mikrofluidikfolie (Demonstrator) nachgewiesen. Hierfür werden hydrophile und/oder superhydrophobe Eigenschaften in einem einstufigen, replikativen Prozess auf die Polymerfolien mittels Heißprägen und UV-Spritzguss übertragen. Es wird davon ausgegangen, dass dadurch die Entwicklungs- und Herstellungszeiten für Polymerfolien verkürzt und der Energieaufwand reduziert werden kann.

Der im Projekt adressierte Ansatz aus einer laserbasierten Oberflächenfunktionalisierung in Kombination mit der Werkzeugentwicklung für UV-Prägeverfahren ist bzgl. Funktionalität (maßgeschneiderte Benetzbarkeit) als auch Nachhaltigkeit (Vorhersagemodelle) singulär.

Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas

Folglich stehen nach Projektende zum einen eine neue Technologie zur Herstellung von multifunktionalen Polymerfolien in einem Prozessschritt und zum anderen die Strukturierungs- sowie Simulationskompetenz für funktional strukturierte Formeinsätze im Werkzeug- und Formenbau zur Verfügung. Folien mit der Zusatzfunktionalität können von KMU, die nicht die Ressourcen für die Entwicklung solcher Prozessketten haben, aber flexibler in der Umstellung ihrer Produktion sind, direkt nach Projektende kostengünstig hergestellt werden. So ermöglichen die Ergebnisse den KMU eine Vorreiterrolle in der Medizintechnikbranche einzunehmen und ihre dortige Position langfristig zu stärken. Zusammenfassend ist der Nutzen für Unternehmen, insb. KMU, in geringeren Produktionskosten und -zeiten, einer gesteigerten Qualität der Polymerfolien und der Stärkung ihrer Position im Markt zu sehen. Durch die Technologieentwicklung zur Werkzeugstrukturierung ergibt sich kurz- und mittelfristig weiteres technisches Potential bei der Übertragung sowohl des Fertigungsverfahrens (UV-Spritzguss) als auch der mikrostrukturierten Werkzeugeinsätze auf weitere Anwendungen, Geschäftsfelder und Verfahren mit entsprechender Sensorik vor dem Hintergrund der gezielten Steuerung von z. B. der Tribologie, Benetzbarkeit, Biokompatibilität, Adhäsion, Absorption, Vereisungsschutz, Dekoration, Anwendungen im Bereich Prothetik durch Erhöhung der Anhaftung von Knochenzellen auf Implantaten und Produktschutzapplikation.

Projektbegleitender Ausschuss

Unternehmen
Acsys Lasertechnik GmbH ^{KMU}
Bio-Gate AG ^{KMU}
Coherent Kaiserslautern GmbH
Fischer Werkzeugbau GmbH ^{KMU}
Fusion Bionic GmbH ^{KMU}
GBS mbH ^{KMU}
Gebr. Ficker GmbH ^{KMU}
ibidi GmbH ^{KMU}
neolase GmbH ^{KMU}
OPTOGON Deutsche Industrielaser GmbH ^{KMU}
Pulsar Photonics GmbH ^{KMU}
SensLab GmbH ^{KMU}

SilcoTek GmbH <small>KMU</small>
SITEC Industrietechnologie GmbH <small>KMU</small>
Vorwerk Nickern GmbH <small>KMU</small>
Werkzeugbau Hartmann GmbH <small>KMU</small>
WESKO GmbH

Das IGF-Vorhaben Nr. 21934 BR der Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.