# Presseinformation



## PFAS-freie Beschichtungen: Fraunhofer ILT entwickelt laserbasierte Prozesse für industrielle Funktionsschichten

**Das Fraunhofer ILT entwickelt laserbasierte Verfahren für die Herstellung PFAS-freier Funktionsschichten auf Metallbauteilen, Gleitlagerkomponenten und Elastomerwalzen. Die Projekte RePEEK, EPOS, LEMBAS und pureWaterSeal zeigen: Der Ausstieg aus den Ewigkeitschemikalien gelingt nicht allein durch geeignete Ersatzmaterialien. Ebenso entscheidend sind Fertigungsprozesse.**

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, kurz PFAS, sind funktional kaum zu übertreffen: Sie sind chemisch und thermisch extrem stabil und genau deshalb regulatorisch unter Druck. Doch die etablierten Stoffe lassen sich nicht einfach austauschen: Sie senken Reibung, schützen vor Verschleiß und Korrosion, verhindern Anhaftungen und sichern Notlaufeigenschaften, wenn Schmierfilme versagen. Wer sie ersetzen will, braucht nicht nur ein anderes Material, sondern auch ein Verfahren, das dieses Material zuverlässig auf sehr unterschiedliche Bauteile bringt.

In den Projekten RePEEK, EPOS, LEMBAS und pureWaterSeal entwickelt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT laserbasierte Verfahren für PFAS-freie Hochleistungsbeschichtungen auf großen Metallbauteilen, Gleitlagern, Dichtungen und empfindlichen Elastomerwalzen. Je nach Anwendung trägt der Laser Schichten auf, schmilzt Werkstoffe lokal auf oder strukturiert Oberflächen gezielt. Dabei bringt er die Energie präzise, räumlich begrenzt und nur für kurze Zeit in das Bauteil ein. So lassen sich PFAS-freie Ersatzwerkstoffe verarbeiten, die klassische Ofenprozesse nur mit hohem Energieaufwand aufbringen oder bei denen die notwendige Wärme das darunterliegende Bauteil schädigen.

### Das Material allein löst das Problem nicht

»Der Wunsch nach PFAS-freien Alternativen klingt zunächst einfach: Ein kritischer Stoff soll verschwinden, ein anderer soll seine Aufgabe übernehmen«, sagt Dr. Samuel Moritz Fink, Gruppenleiter Dünnschichtverfahren am Fraunhofer ILT. »In der Praxis ist dieser Austausch jedoch deutlich komplexer. PFAS-haltige Materialien sitzen oft genau dort, wo Bauteile am stärksten belastet werden.«

Ersatzstoffe müssen auf Metall, Kunststoff oder Gummi haften, hohe Temperaturen aushalten, sich bei Belastung nicht lösen und auch bei großen Bauteilen wirtschaftlich aufgebracht werden können. »Ein Material wie Polyetheretherketon, kurz PEEK, ist chemisch und mechanisch sehr interessant, erreicht aber nicht automatisch alle Eigenschaften von beispielsweise

PTFE«, erklärt Fink. PTFE steht für Polytetrafluorethylen. »PEEK ist steifer, teurer und je nach Anwendung schwieriger zu verarbeiten. Für viele industrielle Bauteile reicht es daher nicht, ein anderes Pulver, eine andere Folie oder einen anderen Kunststoff auszuwählen.«

Entscheidend ist das Verfahren. Wie kommt das Ersatzmaterial auf die Oberfläche? Wie verbindet es sich mit dem Bauteil? Wie lässt sich verhindern, dass ein temperaturempfindlicher Werkstoff darunter beschädigt wird?

»Wir betrachten PFAS-Alternativen nicht als reine Materialfrage«, erläutert Dr. Christian Vedder, Abteilungsleiter Oberflächentechnik und Formabtrag am Fraunhofer ILT. »Unsere Forschung konzentriert sich auf laserbasierte Verfahren, mit denen sich innovative Schichtsysteme gezielt aufbauen lassen.« Laserprozesse setzen genau dort an, wo ein Ersatzmaterial die geforderten Eigenschaften nicht vollständig erreicht. Sie strukturieren Oberflächen, verbessern die Verbindung zum Bauteil oder verändern Schichten lokal, ohne das gesamte Bauteil stark zu erwärmen.

## RePEEK: PEEK-Beschichtungen im Hybridverfahren

Im Projekt RePEEK untersuchen die Oberflächenexperten, wie sich PEEK-basierte Beschichtungen auf metallische Bauteile aufbringen lassen, die in bewegten und stark belasteten Systemen arbeiten. Im Fokus stehen Anwendungen aus dem Maschinenbau: große Gleitlager, Dichtungen, Kolben und Magnetventile.

Besonders anschaulich wird die Aufgabe bei großen Gleitlagern, wie sie in Windkraftanlagen vorkommen: Eine Welle läuft in einer beschichteten Lagerschale, bislang meist mit PTFE-haltigen Schichtsystemen. Wie der Name schon ahnen lässt, setzt RePEEK ebenfalls auf PEEK.

»PEEK wird heute bei großen Bauteilen oft als Folie aufgebracht oder als Pulver verarbeitet und anschließend thermisch gefügt«, sagt Samuel Fink. »Bei kleinen Bauteilen kann das funktionieren. Bei tonnenschweren Metallkomponenten wird es dagegen aufwendig: Das gesamte Bauteil muss in einen Ofen, auf hohe Temperatur gebracht und danach wieder langsam abgekühlt werden.« Der Energieaufwand ist hoch, der Prozess dauert lange, und erhitzt wird am Ende viel mehr Material, als für die eigentliche Beschichtung nötig wäre.

Die Forschenden erzeugen zunächst mit einem laserbasierten Auftragsverfahren eine metallische Schicht. Diese Oberfläche ist gezielt rau und gibt dem Kunststoff Halt. Anschließend bringen sie PEEK-Pulver im selben Prozessumfeld auf und schmelzen es lokal auf. Der Kunststoff verankert sich in der rauen Metalloberfläche; so entsteht ein Verbund aus metallischer Funktionsschicht und PEEK-basierter Deckschicht.

Das Team hat für das PEEK-Pulver eine spezielle Düsentechnik entwickelt und das Verfahren bereits zum Patent angemeldet. Eine Zyklondüse bremst den Gasstrom stark ab, sodass das Pulver mit geringer Geschwindigkeit auftrifft, statt abzuprallen. Dadurch nutzt der Prozess mehr Material, lässt sich besser steuern und arbeitet effizienter.

## EPOS: Mehrlagige PEEK-Schichten für große Gleitlager

An RePEEK schließen bereits weitere Arbeiten an. Im Projekt EPOS untersucht Delil Idris Demir am Fraunhofer ILT, wie sich PEEK-basierte Schichten auf großformatigen Gleitlagerkomponenten prozesssicher und in mehreren Lagen aufbauen lassen. Der schrittweise Auftrag soll

größere Schichtdicken ermöglichen, ohne tonnenschwere Bauteile vollständig in einem Ofen zu erwärmen. ACS Coating Systems bringt dafür seine langjährige Erfahrung mit PEEK-Beschichtungen ein, insbesondere auch für ebensolche Gleitbeschichtungen. Das Unternehmen entwickelt solche Schichtsysteme seit Mitte der 1990er-Jahre und fertigt heute Beschichtungen mit Dicken von wenigen Mikrometern bis zu einem Millimeter. Geschäftsführer Dr. Christoph Stecher begleitet das Projekt mit Blick auf den Schichtaufbau, die industrielle Applikation und die spätere Serienfertigung.

Die Polymer Service GmbH Merseburg, kurz PSM, prüft und bewertet die entstehenden Schichten unter der Leitung von Prof. Dr. Katrin Reincke. Im Fokus stehen unter anderem die Kristallinität, die Gefügestruktur und der thermische Zustand des PEEK sowie die mechanischen und thermomechanischen Eigenschaften. Diese Daten sollen dabei helfen, den Laserprozess und den mehrlagigen Schichtaufbau so aufeinander abzustimmen, dass die Beschichtung gleichmäßig haftet und den Belastungen im Gleitlager dauerhaft standhält. EPOS verbindet damit die laserbasierte Prozessentwicklung des Fraunhofer ILT, die industrielle Beschichtungserfahrung von ACS und die werkstofftechnische Expertise von PSM.

## LEMBAS: Anti-Haft-Schichten für empfindliche Elastomerwalzen

Das Projekt LEMBAS setzt bei elastomeren Walzen und Rollen an, wie sie in der Folienherstellung, Verpackungsindustrie, Papierproduktion und Medizintechnik laufen. Partikel aus der Walzenoberfläche können dort schnell zum Problem werden.

»Bisher nutzen Unternehmen für solche Anwendungen häufig Silikonbeschichtungen«, erklärt Adam El-Sarout, ebenfalls aus der Gruppe Dünnschichtverfahren am Fraunhofer ILT. »Sie bieten zwar die nötigen Anti-Haft-Eigenschaften, erreichen aber nicht immer die Beständigkeit, die moderne Hochgeschwindigkeitsprozesse verlangen.« Bei LEMBAS entwickelt das Team gemeinsam mit dem Beschichtungsspezialisten Rhenotherm laserbasierte Verfahren, bei denen Hochleistungspolymere wie PEEK, Polyamid oder Polypropylen zum Einsatz kommen. Diese Materialien sind abriebfester, chemisch beständiger und langlebiger als Silikon und kommen vollständig ohne PFAS aus.

»Die technische Hürde liegt im Temperaturfenster«, verrät El-Sarout. »Hochleistungspolymere brauchen beim Aufschmelzen hohe Temperaturen. Elastomere wie EPDM vertragen diese Wärme aber nur begrenzt. Würde man eine Gummiwalze vollständig in einem Ofen erhitzen, würde das Substrat Schaden nehmen.« Der Laser löst genau dieses Problem: Er erzeugt die hohe Temperatur nur lokal und nur für kurze Zeit im Beschichtungsmaterial. So schmilzt die Funktionsschicht auf, während das elastomere Bauteil darunter thermisch geschont bleibt.

Damit die Schicht dauerhaft hält, entwickeln die Forschenden neben dem Anti-Haft-Material auch eine Zwischenschicht, die das Elastomer schützt und die Verbindung zur Deckschicht stärkt. Außerdem passen sie die optischen und rheologischen Eigenschaften der Materialien an den Laserprozess an und untersuchen geeignete Verfahren für Auftrag und Laservorbehandlung.

»Ein Ersatzstoff muss nicht nur die gewünschte Funktion erfüllen, sondern auch zum Bauteil, zur Temperaturgrenze des Substrats und zum Produktionsprozess passen«, sagt Vedder. Gelingt dieser Schritt, verbindet das Verfahren mehrere Vorteile: weniger Abrieb, weniger Produktverunreinigungen, weniger Reinigungs- und Lösungsmittel sowie deutlich weniger Energieaufwand als bei klassischen Ofenprozessen.

## pureWaterSeal: PFAS-freie Dichtungen für wasserbasierte Schmiermittel

Im Projekt pureWaterSeal entwickeln Forschende der Fraunhofer-Institute für Lasertechnik ILT und für Werkstoffmechanik IWM nachhaltige Dichtungen, die ohne PFAS auskommen und sich mit wasserbasierten Schmiermitteln betreiben lassen. Damit setzt das Team zugleich bei zwei Umweltproblemen an: PFAS reichern sich dauerhaft in der Umwelt an, während ölhaltige Schmierstoffe Böden und Gewässer belasten.

Matthias Laermann, Leiter des Teams Oberflächenstrukturierung am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT betont: »Allein in Deutschland werden jährlich rund eine Million Tonnen ölhaltiger Schmierstoffe verbraucht. Ein einziger Liter kann bis zu einer Million Liter Grundwasser verseuchen. Die Folgen sind verölte Böden, verseuchte Nahrungsmittel und zerstörte Ökosysteme. Wir finden Lösungen, die diese Herausforderungen zusammen adressieren.«

Expertinnen und Experten des Fraunhofer IMW entwickelten hierfür diamantähnliche Kohlenstoffbeschichtungen (Diamond-like carbon, DLC), die für PFAS-freie Kunststoffkomponenten ausgelegt sind. Das Fraunhofer ILT Team strukturierte die Beschichtung anschließend mit dem Laser und baute dadurch innere Spannungen und mechanische Belastungen lokal ab, ohne die Stabilität der gesamten Schicht zu beeinträchtigen. Gleichzeitig senkt die Kombination aus Beschichtung und Laserstrukturierung die Reibung, erhöht die Verschleißfestigkeit und verlängert die Lebensdauer der Dichtungen.

Erste Prototypen arbeiten bereits in Pumpen von Geothermiekraftwerken. Gemeinsam mit Industriepartnern passen die Forschenden die Dichtungen nun an weitere Einsatzfelder an, darunter Anwendungen in Pkw, Schiffsschrauben, Windrädern und Erntemaschinen. Parallel bereitet das Team die Übertragung auf größere Anlagen und industrielle Stückzahlen vor.

## Der Laser macht den Materialwechsel erst praktikabel

Die unterschiedlichen Projekte am Fraunhofer ILT zeigen, dass der PFAS-Ausstieg kein reiner Materialwechsel ist, sondern auch passende Fertigungs- und Oberflächenprozesse erfordert. Der Laser spielt dabei eine Schlüsselrolle: Er trägt Materialien lokal auf, schmilzt sie gezielt auf oder strukturiert Funktionsschichten, ohne das darunterliegende Bauteil unnötig zu belasten.

Für Unternehmen entsteht dadurch ein neuer Spielraum. Sie müssen nicht auf eine einzige Ersatzlösung warten, die alle PFAS-Anwendungen abdeckt. Das Fraunhofer ILT entwickelt gemeinsam mit Industriepartnern angepasste Schichtsysteme für unterschiedliche Bauteile und Anforderungen: reibungsarme Oberflächen für Gleitlager, abriebfeste Anti-Haft-Schichten für Walzen sowie PFAS-freie Dichtungssysteme für wasserbasierte Schmiermittel.

**Bild 1:**
**Im Projekt RePEEK entwickelt Dr. Samuel Moritz Fink (rechts) gemeinsam mit Rebar Hama-Saleh Abdullah (links) und Julius Funke (mitte) ein neuartiges Verfahren, um PEEK laserbasiert auf metallische Bauteile aufzubringen.**
**© Fraunhofer ILT, Aachen.**

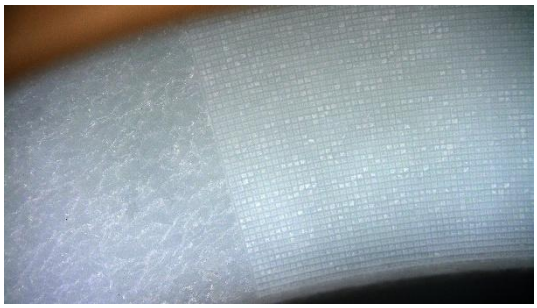

**Bild 2:**
**Die PFAS-freie DLC-Beschichtung wird durch eine laserbasierte Mikrostrukturierung gezielt angepasst. Die strukturierte Variante (rechts im Bild) reduziert innere Spannungen und ermöglicht den Einsatz wasserbasierter Schmiermittel.**
**© Fraunhofer ILT, Aachen.**

**Bild 3:**
**Auf großen Frachtschiffen kommen zahlreiche Dichtungen zum Einsatz, die bislang häufig PFAS enthalten und mit erdölbasierten Schmiermitteln betrieben werden. pureWaterSeal verbindet Dichtungen ohne PFAS mit wasserbasierten Schmiermitteln und kann so Umweltbelastungen verringern.**
**© pixabay / Georg Wietschorke.**

**Bild 4:**
**Große Gleitlager in Windkraftanlagen arbeiten bislang häufig mit PTFE-haltigen Schichtsystemen. In den Projekten RePEEK und EPOS entwickelt das Fraunhofer ILT laserbasierte Verfahren für robuste PEEK-Beschichtungen als PFAS-freie Alternative.**
**© pixabay / Sinousxl.**

## Kontakt

Fachliche Ansprechpersonen

**Dr. Samuel Fink**
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Gruppenleiter Dünnschichtverfahren
Tel. +49 241 8906-624
samuel.fink@ilt.fraunhofer.de

**Dr. Christian Vedder**
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Abteilungsleiter Oberflächentechnik und Formabtrag
Tel. +49 241 8906-378
christian.vedder@ilt.fraunhofer.de

Pressekontakt

**Petra Nolis**
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Kommunikation
Gruppenleitung
Tel. +49 1714115001
petra.nolis@ilt.fraunhofer.de

www.ilt.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft. Seit ihrer Gründung als gemeinnütziger Verein im Jahr 1949 nimmt sie eine einzigartige Position im Wissenschafts- und Innovationssystem ein.
Mehr als 30 000 Mitarbeitende an 74 Instituten und selbstständigen Forschungseinrichtungen in Deutschland erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon entfallen 3,2 Mrd. € auf das zentrale Geschäftsmodell von Fraunhofer, die Vertragsforschung.