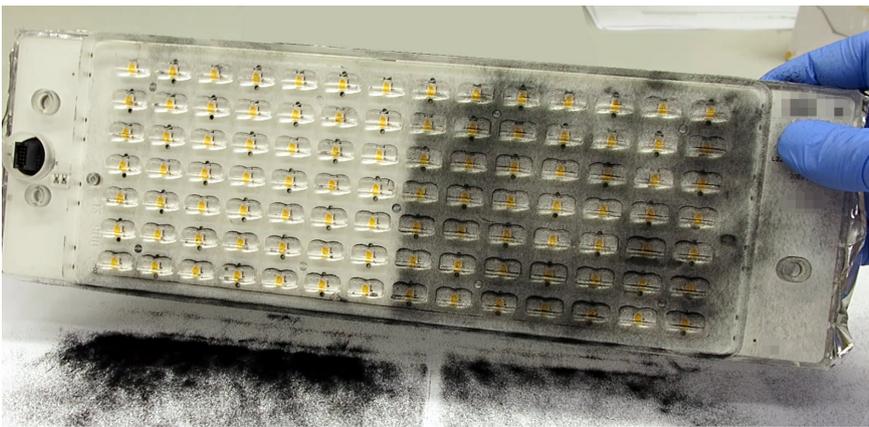


# Staub und Verschmutzungen ohne Chance

## *Oberflächenmodifikation von LSR-Bauteilen verhindert störende Anhaftungen*

LSR Optiken haben eine breite Palette von Anwendungen aufgrund ihrer optischen Brillanz, der Möglichkeit, Hinterschnittgeometrien zu produzieren, und nicht zuletzt auch der wettbewerbsfähigen Preise. Die adhäsive Oberfläche, die fast nicht zu reinigen ist, macht die LSR-Teile jedoch anfällig für Verschmutzungen. Diese Eigenschaft setzt dem Einsatz der Technologie klare Grenzen. In einem Gemeinschaftsprojekt versuchen Wilhelm Weber und das Fraunhofer IFAM diese Grenzen aufzuheben.



Die eine Hälfte der Platine wurde VUV-bestrahlt, die andere beschattet. Danach wurde gleichmäßig Normstaub auf die Platine aufgetragen und (in aufrechter Position) einmal abgeklopft. Auf der unbehandelten Fläche bleibt der Staub haften, auf der behandelten fällt er ab © Wilhelm Weber

Das große Potenzial von LSR (Liquid Silicone Rubber, Flüssigsilikonkautschuk) für optische Anwendungen ist auf seine vielen Vorteile zurückzuführen. Neben seiner optischen Qualität zählen dazu auch seine Flexibilität sowie die einstellbaren Eigenschaften. Das Material ist außerdem chemisch stabil, unempfindlich gegenüber Lichteinwirkung und natürlicher UV-Strahlung sowie in einem weiten Temperaturbereich von  $-60^{\circ}\text{C}$  bis  $+250^{\circ}\text{C}$  einsetzbar. Darüber hinaus ist es durch Umspritzen von LED-Leiterplatten möglich, die Elektronik zu versiegeln und die Optik in einem einzigen Schritt zu implementieren.

Die empfindlichen, klebrigen Oberflächen, die sich nach Verschmutzungen nicht reinigen lassen, sind hingegen ein großer Nachteil. Aus diesem Grund ist eine spezielle Behandlung während der Produktion und Installation erforderlich, um Aus-

schussteile zu vermeiden und einen stabilen Prozess zu gewährleisten. Daraus ergeben sich auch neue Anwendungsmöglichkeiten für Teile und Komponenten aus LSR in einer nicht gekapselten Umgebung.

Um diese Einschränkungen zu überwinden, hat die Wilhelm Weber GmbH & Co. KG, Esslingen, gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) in Bremen ein staatlich gefördertes ZIM-Projekt (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) ins Leben gerufen. Ziel: eine geeignete chemikalienfreie Oberflächenmodifikation zu entwickeln (die inzwischen unter dem Markennamen OpSiLight eingetragen ist). Wilhelm Weber ist seit fast 15 Jahren Pionier im Bereich der optischen Silikonanwendungen. Die komplexe LSR-Optik verschiedener LED-Matrix-Scheinwerfer ist eines der aktuellen Produkthighlights.

Im Rahmen der Untersuchung, die bis 30. September 2021 läuft, werden das Gesamtprinzip des Prozesses sowie die neuesten Ergebnisse zur Veränderung des Brechungsindex, der Reflexion und der Durchlässigkeit sowie der Wirkung von Mikrorissen betrachtet. Darüber hinaus werden die geometrischen Effekte der UV-Behandlung wie potenzieller Verzug, das Langzeitverhalten der behandelten Komponenten und der Einfluss der Temperierung auf den Prozess dargestellt. Die Anwendungspotenziale und die Einschränkungen sowohl in Bezug auf die Formteilgestaltung als auch auf die Produktionsprozesse werden ebenfalls diskutiert und repräsentative Teile vorgestellt.

### *Oberflächenmodifikation zur Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten*

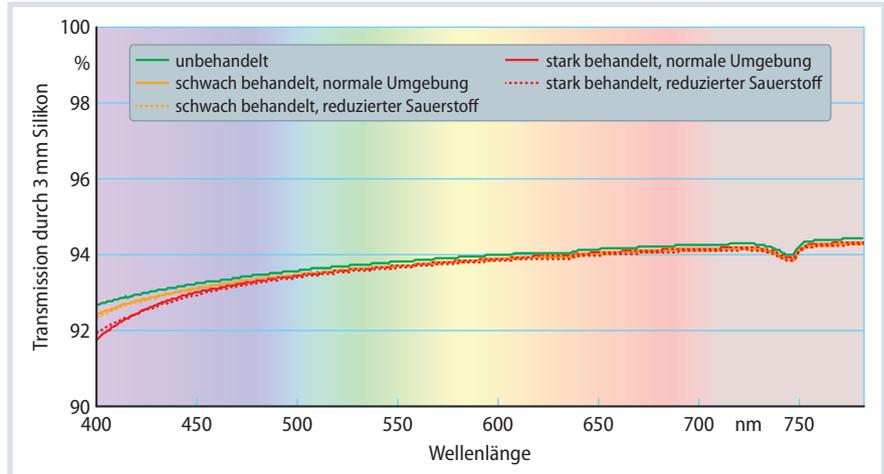
Bei Standard-Silikonteilen kann eine solche Oberflächenmodifikation durch die Bestrahlung mit sehr kurzwelligen UV-Photonen erreicht werden. Bei optischen LSR-Teilen ist jedoch der Einfluss auf die optischen und geometrischen Eigenschaften



**Bild 1.** Zur Verglasung der LSR-Oberflächen werden 185-nm-Quecksilber-Niederdruckstrahler als VUV-Lampen eingesetzt © Fraunhofer IFAM

ten bislang unerforscht. Was ist der Sinn hinter der UV-Bestrahlung? Die Oberflächen werden mit einer Wellenlänge von maximal 200 nm, typischerweise 185 nm (**Bild 1**) oder 172 nm, bestrahlt. Die Photonen haben damit genügend Energie, um Bindungen der Silikonmoleküle auf der Oberflächenschicht aufzubrechen.

Für die ersten Tests der Modifikationseffekte wurden kleine optische LSR-Scheiben mit 32 mm Durchmesser verwendet. Um den Einfluss auf die Oberflächengüte exakt bewerten zu können, wurden sowohl Teile aus einer Form mit einer erodierten Oberfläche (VDI 24, entsprechend einer Rauheit von  $1,60 \mu\text{m R}_a$ ) als auch weitere aus einem Werkzeug mit hochglanzpolierter Oberfläche hergestellt und untersucht. Die gute Abformung im letztgenannten Fall führte dazu, dass die Teile glasklar sind, während die anderen leicht opak erscheinen. Anhand einer XPS-Analyse (Röntgenphotoelektronenspektroskopie) der modifizierten Bauteiloberfläche konnte gezeigt werden, dass sich die Sauerstoff-Konzentration durch die Behandlung mehr als verdoppelt, während



**Bild 2.** Einfluss der Verglasung auf die Transmission, gemessen durch eine 3 mm dicke Silikon-scheibe. Nur für Wellenlängen  $< 450 \text{ nm}$  reduziert sich die Transmission minimal, was für die Anwendung im Normalfall aber nicht relevant ist. Quelle: Wilhelm Weber; Grafik: © Hanser

die Kohlenstoff-Konzentration um bis zu Faktor 10 reduziert werden kann. Die Analyse hat entsprechend ergeben, dass auf der Oberflächenschicht die meisten Moleküle modifiziert werden.

Durch die Bindung von Sauerstoffradikalen aus der umgebenden Atmosphäre

an die Silikonmolekülfragmente und die Entfernung von Kohlenstoff kann eine glasartige Molekülstruktur entstehen. Die Dicke der Schicht im Mikrometer-Bereich kann durch die Strahlendosis sowie die verwendete Wellenlänge angepasst werden. Der gesamte Prozess kann unter »

# ELKALUB



**Hochleistungs-Schmierstoffe**  
High Performance Lubricants

SPRITZGUSS-WERKZEUGE:

## MAXIMALER OUTPUT

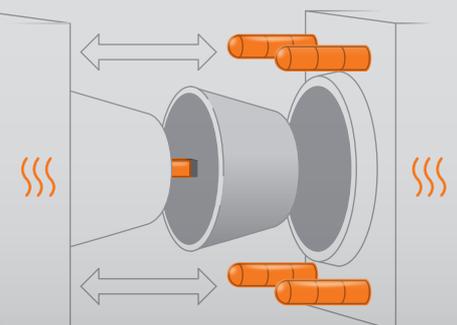
NEU!

**ELKALUB GLS 563: Höchstleistung bei hohen Temperaturen – schmiert, wie und wo es soll.**

Neues **PFPE-Spezialfett** für **Führungselemente, Schieber und Auswerfer**

- › verlängerte Schmierintervalle
- › keine Produktkontamination
- › höhere Werkzeugstandzeit
- › besonders ergiebig

zum Produkt:



**ELKALUB.com**

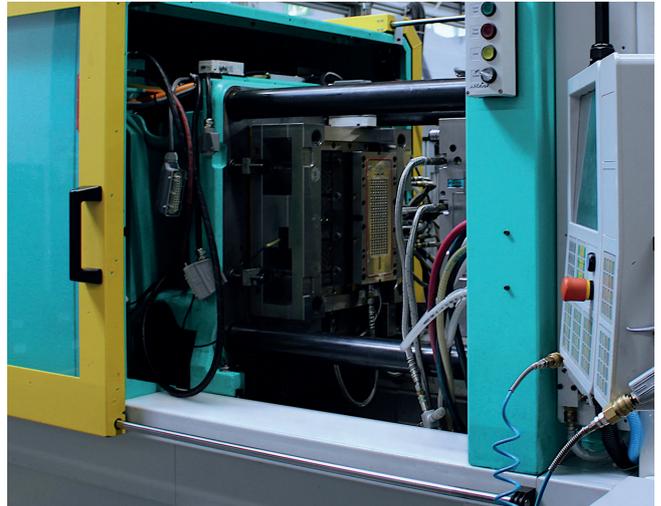
normaler oder sauerstoffreduzierter Atmosphäre laufen, es werden keine zusätzlichen Chemikalien benötigt. Da er rein strahlungsinduziert ist, muss allerdings sichergestellt sein, dass die Strahlung alle zu behandelnden Flächen erreicht. Dank eines breiten Prozessfensters sind auch komplexe und teilverschattete Geometrien möglich.

### Optische Qualität bleibt erhalten

Erste Experimente haben gezeigt, dass Staub von Standard-Polyamid-Testfasern leicht durch Druckluft abgeblasen wer-

**Bild 3.** Blick in das Platinen-Werkzeug, mit dem die Tests zur Modifizierung der Platinenoberfläche gefahren wurden

© Wilhelm Weber



den kann, während unbehandelte Teile schlichtweg nicht gereinigt werden können. Darüber hinaus haben detaillierte Messungen zur spektralen Transmission und Reflexion keinen Unterschied zum unbehandelten Material gezeigt. Auf der Oberfläche können jedoch kleine Mikrorisse auftreten, die eine mögliche Quelle für Eigenschaftsänderungen sein könnten. Diese Mikrorisse lassen sich aber durch die Wahl der Prozessparameter minimieren oder sogar ganz vermeiden.

### Erste Behandlungserfolge mit einer LED-Leiterplatte

Bei der Behandlung der 3 mm dicken Scheiben aus LSR (Typ: Silastic MS-1002; Hersteller: Dow) wurde sowohl die Bestrahlungsdauer als auch die Umgebung variiert. Sichtbar wird, dass sich selbst bei stärkster Bestrahlung die Transmission für Wellenlängen > 450 nm nicht ändert, darunter ist die Transmission geringfügig reduziert, was aber für die Anwendung im Normalfall nicht relevant ist (**Bild 2**).

Die Vorteile der Behandlung mit energiereicher VUV-Strahlung (Vakuum-Ultraviolet-Strahlung) zeigten sich in einigen Testreihen. So wurde eine LED-Leiterplatte mit 98 LEDs (**Titelbild**), die mit einer Silikondichtung und integrierter Optik umspritzt wurde (**Bild 3**), zu 50% abgedeckt und UV-bestrahlt. Nach dieser Behandlung wurde Normstaub – in diesem Fall Polyamidfasern mit einer Länge von 0,3 mm – auf die Bauteiloberfläche aufgetragen.

Danach wurde die Komponente geschüttelt und die Fasern durch Druckluft

abgeblasen. Während der Staub auf der unbehandelten Oberfläche haften blieb, war die behandelte Fläche staubfrei (**Bild 4**). Am abgefallenen Staub sieht man, wie viele Partikel auf der unbehandelten Seite im Vergleich tatsächlich hängengeblieben sind. Hinzu kamen haptische Vorteile wie eine verringerte Adhäsion der behandelten Oberflächen.

Weiterhin wurden verschiedene optische Parameter wie etwa die Mittelwertintensität, die Standardabweichung oder die Farbverschiebung mit Prüfgeräten bewertet. Dabei fiel auf, dass sich die Intensitätswerte zwischen behandelten (32,8 x 2,9 AE) und unbehandelten Bereichen (31,9 x 2,0 AE) nicht unterscheiden. Auch die Bilder der Intensitätsmuster und der Leiterplatten selbst zeigten keinen Unterschied in Strahlungsverteilung, Abstrahlwinkel oder Spektralverteilung.

### Zusätzliche Vorteile der VUV-Behandlung

Die neu geschaffene „glasartige“ Oberfläche des LSR ist also deutlich weniger staubempfindlich. Darüber hinaus sind auch Umspritzen und Kleben als nachgeordnete Arbeitsschritte möglich. Weitere Pluspunkte der VUV-Behandlung:

- Über einen Testzyklus von 18 Monaten zeigte sich die Modifikation langfristig stabil.
- Die Modifikation ist resistent gegen Klimaveränderungen, Erwärmung, Lagerung im Wasser, Chemikalien usw.
- Das Kleben auf dem Substrat ist mit typischen Verfahren wie Epoxidharz, Polyurethanharzen oder Klebebändern möglich, insgesamt hat die behandel-

## Der Autor

**Dipl.-Phys. Univ. und MBA Andreas Schäfert** ist Leiter Geschäftsentwicklung und Vertrieb Medizintechnik der Wilhelm Weber GmbH & Co. KG, Esslingen; a.schaefert@weber-esslingen.de

## Im Profil

Die **Wilhelm Weber GmbH & Co. KG** wurde 1925 durch Wilhelm Weber und Ernst Eberspächer gegründet. Der Firmensitz befindet sich in Esslingen am Neckar. Das Angebot von Weber steht mittlerweile auf drei Säulen: der Herstellung von hochwertigen Mehrkomponenten-Spritzgießwerkzeugen, der Produktion von Mehrkomponenten-Spritzgussteilen sowie der Fertigung von Drehsystemen. Weber ist hier Systemlieferant über die gesamte Wertschöpfungskette, von der Entwicklung und Produktion bis hin zur Validierung. Viele der namhaften Kunden von Weber kommen aus der Automobil- und Elektronikindustrie oder der Medizintechnik. Das Unternehmen ist nach DIN EN ISO 9001:2008 und ISO/TS 16949:2009 zertifiziert und beschäftigt aktuell ca. 120 Mitarbeiter.

➤ [www.weber-esslingen.de](http://www.weber-esslingen.de)

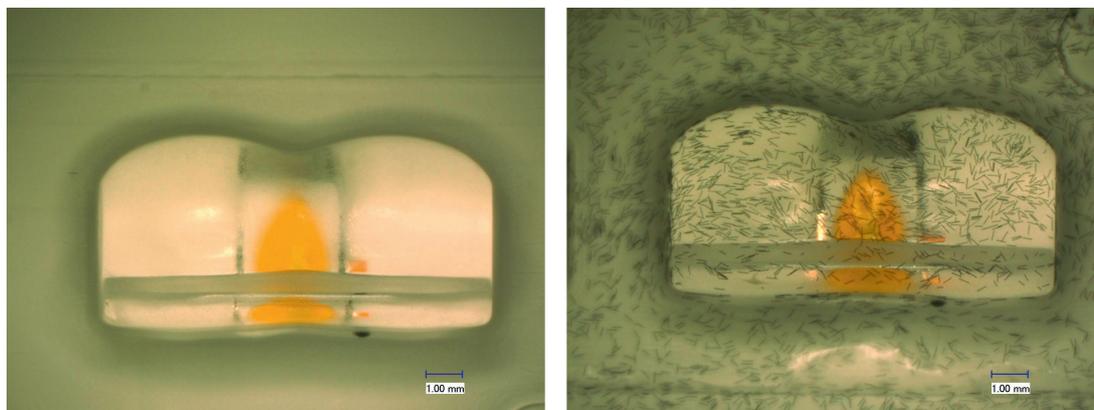
## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2020-10](http://www.kunststoffe.de/2020-10)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine **Kunststoffe international** or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 4.** Die vergleichenden Detailaufnahmen der Platine mit Beispieloptik zeigen einmal die behandelte (links) und einmal (rechts) die unbehandelte Seite nach dem Abklopfen der Verunreinigungen

© Fraunhofer IFAM

te Oberfläche eine signifikant höhere Oberflächenenergie.

- Auch eine klebstofffreie Verklebung auf Glas ist mit einem frisch behandelten Silikon möglich.
- Die glasähnliche Oberfläche weist ein angenehmes „Silk-Touch“ Gefühl auf.
- Der behandelte Anteil ist hoch biokompatibel.

Mit der Oberflächenveränderung geht eine Erhöhung der Härte des LSR einher. Die Messungen der Nanohärte und des

E-Moduls wurden mit einem Nanoindenter gemessen. Hierbei wurden die Messwerte mit fortschreitendem Eindringen der Messspitze aufgenommen.

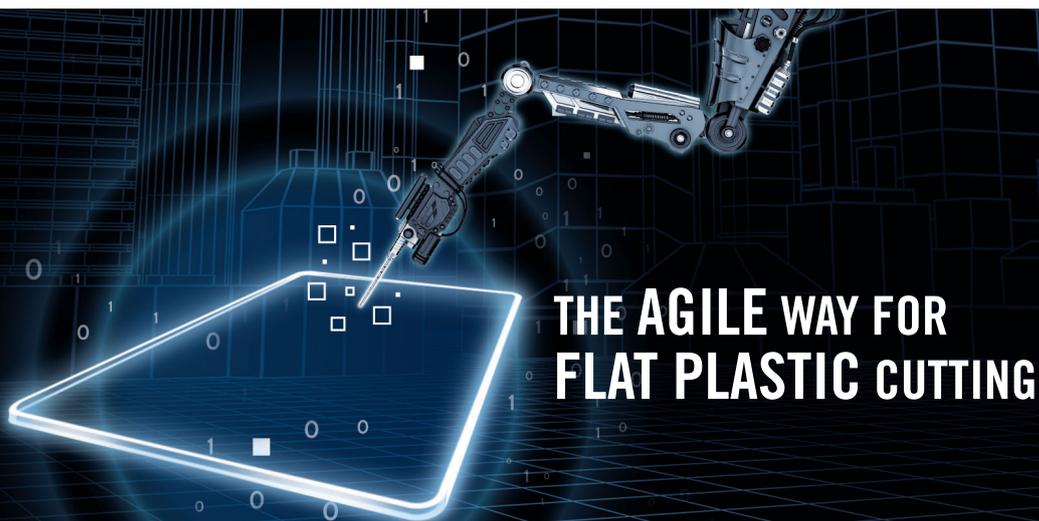
Bei mehreren Multiindentierungen mit einer maximalen Kraft von 0,055 mN zeigte sich der oberflächennahe Bereich der Probeteile deutlich steifer und härter. Bei > 20 mm Kontakttiefe lag der Steigerungsfaktor zur Referenz bei > 100 (!), dem im Literaturvergleich höchsten erreichten Wert.

#### *Ausblick: Anwendungspartner erwünscht*

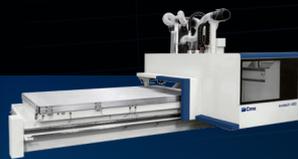
Aktuell wird das Prozessfenster noch genau bestimmt, parallel dazu wird eine Computersimulation durchgeführt, um für die Bauteile eine ideale Bestrahlung simulieren und dann umzusetzen zu können. Der Bestrahlungsprozess ist einsatzbereit, derzeit sucht Weber Projekte und Anwendungspartner, bei denen die Vorteile auch zum Tragen kommen. ■

**Cms**  
plastic technology

**ENJOY THE FUTURE**



**THE AGILE WAY FOR FLAT PLASTIC CUTTING**



**EVOTECH**



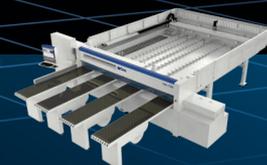
**TIME 100**



**TRACER 100**



**TRACER X**



**HELIX**

**3/5-AXIS CNC MACHINING CENTERS (PASSAGE IN Z UP TO 500 MM) AND BEAM SAWS**