

# ATZ extra



INTERIEUR | HOLOGRAFIE

## Multifunctional-Smart-Glass-Technik





# Holografie für automobile Anwendungen

Head-up-Displays auf Basis klassisch-optischer Ansätze mit Linsen und Spiegeln benötigen enorm viel Bauraum, was deren Einsatzmöglichkeiten stark einschränkt. Die von Zeiss entwickelte Multifunctional-Smart-Glass-Technik verkleinert den Bauraum solcher Systeme auf weniger als die Hälfte, wodurch Augmented Reality als Sicherheitsausstattung in nahezu jedes Auto integriert werden kann.

Head-up-Displays (HUDs) haben sich im Pkw-Interieur als Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Erleichterung der Fahraufgabe etabliert. HUDs der neuen Generation werden nicht mehr nur wenige Fahrinformationen wiedergeben, wie etwa die Geschwindigkeit oder den Tankinhalt, sondern die vollständige Augmentierung (Über-

lagerung digitaler Inhalte mit der realen Umgebung) im Sichtfeld des Fahrers ermöglichen. So können sie einen wichtigen Beitrag für die Fahrsicherheit leisten. Nun wird Zeiss den Automobilherstellern seine in mehr als vier Jahrzehnten in Luft- und Raumfahrt erworbene Kompetenz bei holografischen Lösungen für ihre Produkte zur Verfügung stellen.

Dank der Replikationstechnologie sollen holografische Lösungen bereits in naher Zukunft ihren Weg in die automobilen Serienproduktion finden. Zeiss hat vier Anwendungsbereiche seiner Multifunctional-Smart-Glass-Technologie vorgestellt [1], in denen holografische Mikrooptik das Autofahren sicherer, interaktiver und komfortabler machen kann: transparente Displays, schwebende Schalter, unsichtbare Kameras sowie holografische Interieur- und Exterieurbeleuchtung.

## TECHNOLOGIE AUS DER RAUMFAHRT

Auf Komponenten von Zeiss wie optische Gitter für Spektrometer zur Gasanalyse, die holografische Verfahren nutzen, verlassen sich Weltraummissionen von ESA

VERFASST VON



**Dr.-Ing. Roman Kleindienst**  
ist Head von Zeiss Microoptics  
in Jena.



**Dipl.-Ing. Christoph Erler**  
ist Head of FOB Automotive & Consumer  
bei Zeiss Microoptics in Jena.



**Dipl.-Ing. Martin Thom**  
ist Head of Business Development  
bei Zeiss Microoptics in Jena.



**BILD 1** In einer Vielzahl von Reinraumeinrichtungen und Laboren mit hochmodernen und speziell entwickelten Geräten entstehen die Originale aller verschiedenen Hologrammtypen (© Zeiss)

und Nasa seit vielen Jahrzehnten. In Reinraumeinrichtungen, **BILD 1**, und Laboren mit hochmodernen und speziell entwickelten Geräten entstehen die Originale aller verschiedenen Hologrammtypen. Diese holografischen optischen Elemente werden zu robusten, industrietauglichen Masterelementen verarbeitet und können beim Kunden in einem vollautomatischen Replikationsprozess kopiert werden. Diese Holografie-

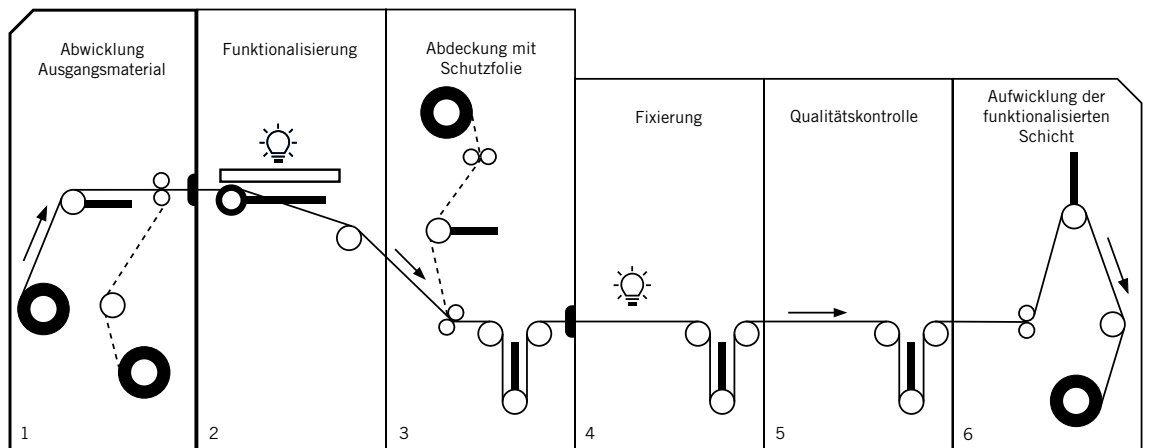
technik ist heute so ausgereift, dass sie sich aufgrund der kontrastreichen, farbtreuen und brillanten Wiedergabe ideal für HUDs eignet und damit den Weg in völlig neue Märkte eröffnet.

Einer dieser Märkte ist die Anwendung in Cockpits für Verkehrsflugzeuge, wo diese Technik kurz vor der Serienreife steht. Sie bietet entscheidende Vorteile gegenüber konventionellen HUDs, die in der Luftfahrt schon lange unverzichtbar sind. Diese bestehen aktuell aus einem Set mehrerer komplexer Linsen und Spiegel, was sie schwer und teuer macht. Die HUDs projizieren ein komplettes Sichtfeld als virtuelles Bild und erlauben dank ihrer Mikrooptiktechnologie eine Reduzierung des Bauraums von rund 40 auf weit unter 10 l. Dabei

wiegen sie nur rund ein Zehntel der konventionellen Displays, denen sie in Performance-Kriterien wie der Bildqualität, einem riesigen Sichtfeld und einer Bildweite im Unendlichen ebenbürtig sind.

**VOM EINZELSTÜCK ZUR MASSENPRODUKTION**

Mit der Nutzung der Multifunctional-Smart-Glass-Technologie für automobiler Anwendungen erfolgt nun der zweite Schritt in der Kaskadierung der Mikrooptiktechnologie. Bisher ließen sich ultrakompakte, holografische Augmented-Reality HUDs nur in beschränkter Stückzahl produzieren. Durch die entwickelte Replikationstechnologie ist es erstmals möglich, ein Masterhologramm



**BILD 2** Schematischer Aufbau der Replikationsmaschine (© Zeiss)



**BILD 3** Warnsymbole oder Emojis können vollkommen individuell gestaltet werden – auch auf Heck- oder Seitenscheiben; zudem sind eingespielte Informationen zu Sehenswürdigkeiten, Restaurants oder Events denkbar; Videos können abgespielt werden (© Zeiss)



**BILD 4** Ein Beispiel für holografische Schalter als Alternative zu klassischen 3-D-Bedienelementen: Die Aktivierung kann beispielsweise durch Sprachbefehl oder Gestensteuerung erfolgen (© Zeiss)

vollautomatisiert in großen Stückzahlen zu vervielfältigen und jedes Replikat ohne Verlängerung der Taktzeit einer vollständigen Qualitätssicherung zu unterziehen.

Herzstück der Technologie ist eine Schicht, auf der ultrahochpräzise Optiken auf kleinstem Raum angebracht sind. Diese Schicht zeichnet sich durch höchste Transparenz und Klarheit aus und ermöglicht auch Fahrzeugherstellern den Einsatz der Holografietechnologie dort, wo Bauraum, Gewicht und Kosten dies bisher nicht zuließen.

In den Replikations- und Qualitätssicherungsanlagen, **BILD 2**, wird die unbelichtete Schicht auf einer Trägerfolie in Rollenform geliefert und in

Modul 1 eingelegt. Nach dem Freilegen der lichtempfindlichen Schicht wird diese in das Modul 2 transportiert, wo die Kopie durch eine optische Übertragung aller Informationen erstellt wird. Anschließend wird die Kopie mit einem transparenten Kunststofflaminat geschützt. Danach durchläuft sie das Fixierungsmodul 4, wo ausgewählte Lichtwellenlängen und -dosen verwendet werden, um die chemischen Reaktionen zu stoppen und die optische Funktion zu fixieren. Nach der Fixierung wird die Qualität eines jeden kopierten Hologramms geprüft. Am Ende der Linie erfolgt die Aufwicklung der fertig funktionalisierten Schicht.

### VORTEIL FÜR SICHERHEIT UND KOMFORT

Im Pkw haben Augmented-Reality-HUDs zahlreiche Vorteile: Autofahrer und Autofahrerinnen können sich auf die Straße konzentrieren und erhalten trotzdem die für sie notwendigen Infos ohne eine störende Defokussierung. Sie bekommen in ihrem Blickfeld von bis zu 25° und einer Bildweite von 10 m selektiv Informationen angezeigt, wenn diese für sie relevant oder gerade gewünscht sind. Daraus ergibt sich ein wesentlicher Sicherheitsvorteil vor allem gegenüber immer breiter werdenden Displays, die potenziell das Risiko tragen, die Aufmerksamkeit des Fahrers abzulenken, **BILD 3**.

Im Vergleich zum klassischen HUD-Ansatz mit konventionellen Spiegeln und Linsen ermöglicht die Zeiss-Microoptics-Technik eine signifikante Volumenreduzierung um mehr als 50 % und maximale Designflexibilität bei bisher unerreichter Bildqualität. Damit lässt sich dieses Komfort- und Sicherheitsmerkmal in nahezu jedem Fahrzeug realisieren.

Auch ohne Augmented-Reality-Darstellung bietet die Holografietechnologie entscheidende Sicherheitsvorteile. Die integrierte, transparente und funktionalisierte Folie benötigt nur einen Bauraum von weniger als 1 l. Alle wichtigen Informationen können bei den transparenten In-Plane-Displays im unteren Bereich der Windschutzscheibe angezeigt werden – was eine völlig neuartige Gestaltung von Fahrzeugcockpits ermöglicht. Weitere Vorteile sind die einfache Funktion und der zusätzliche Komfort: So lassen sich beispielsweise für den Beifahrer Unterhaltungsinhalte ebenfalls direkt in das Sichtfeld projizieren. Die transparente Schicht und ihre Displayfunktion eignen sich auch für Seiten- und Heckscheiben.

### DESIGNSPIELRÄUME FÜR DIE GESTALTUNG

Mit dem konstant steigenden Trend zu schlichten, wohnlichen Cockpits, bei denen nur noch die sicherheitsrelevanten Bedienelemente als mechanische Regler oder Knöpfe ausgeführt sind, wächst die Kritik von Fachleuten und Kunden an menügeführten, wenig intuitiven Bedienstrukturen von Komfortfunktionen über Displays. Holografische Lösungen können



**BILD 5** Die Transparenz der Folie von nahezu 100 % ermöglicht den Einsatz unsichtbarer Kameras (© Zeiss)

aktuelle Forderungen nach Designvielfalt, Individualisierung, Funktionalisierung und Clean Design wirksam unterstützen, dabei aber gleichzeitig maximale Nutzerfreundlichkeit garantieren.

Mit der Multifunctional-Smart-Glass-Technologie eröffnen sich auch hier neue Designspielräume. Mit ihr ist eine vollkommen neue Gestaltung der Instrumententafel und des gesamten Fahrzeuginterieurs möglich – inklusive deren individueller Konfiguration und Aktualisierung über den Lebenszyklus. Sie umfasst schwebende Schalter sowie unsichtbare Kameras und Sensoren, deren Technik im Folgenden näher erläutert wird.

### SCHWEBENDE SCHALTER

Ein Beispiel für die neuen Gestaltungsmöglichkeiten sind die schwebenden Schalter, **BILD 4**. Herzstück auch dieser Technologie ist die holografische Schicht, die auch bei HUDs und transparenten In-plane Displays zur Anwendung kommt. Sie erlaubt, 3-D-Bedienelemente als Schalter oder Regler auf cleanen Black-Panel-Oberflächen holografisch, also rein durch Lichtprojektionen, on-demand darzustellen. Neben dem Design der Bedienelemente selbst eröffnet dies Designern neue Freiheiten bei der Gestaltung von Innenräumen und Flächen. Die schwebenden Schalter

werden nur dann aus der Oberfläche heraus projiziert, wenn sie benötigt und per Sprachbefehl oder Gestensteuerung aktiviert werden. Ihre Positionierung kann beliebig und individuell gesteuert werden. Definierte Positionen für physische Schalter können nahezu vollständig entfallen, während das Feedback für den Nutzer audiovisuell oder per Ultraschall erfolgen kann.

Die schwebenden Schalter sind realisierbar, weil die holografische Schicht auf jede transparente oder nicht transparente Oberfläche appliziert werden kann. Auch eine homogene, lackierte Oberfläche im Außenbereich ist für die Projektion von Informationen geeignet. So sind Anwendungen für das autonome Fahren denkbar – etwa in der Car2X-Kommunikation –, weil Inhalte für andere Verkehrsteilnehmer gut lesbar auf Scheiben oder Karosserieanbauteilen wie Stoßfängern angezeigt werden können. So wird Autofahren gleichzeitig sicherer, komfortabler, individueller und interaktiver.

### UNSICHTBARE KAMERAS UND SENSOREN

Dank ihrer Transparenz von nahezu 100 % können Kameras oder Sensoren hinter der holografischen Schicht platziert und intelligent versteckt werden,

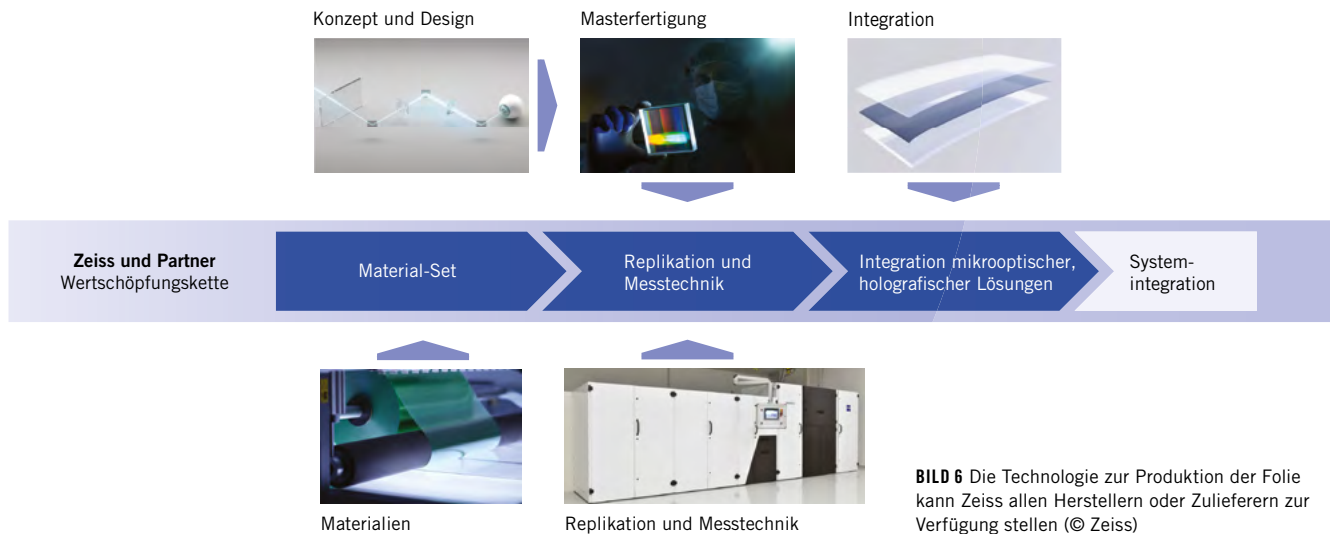
**BILD 5.** Das ist im Außenbereich etwa für Abstandsregelsysteme oder Einparkhilfen interessant, im Innenraum für Müdigkeitsassistenten oder eine Gestensteuerung. Die Transparenz schafft neue Freiräume für die ideale Positionierung von Kameras oder Sensoren, da die Größe des verfügbaren Bauraums nicht mehr berücksichtigt werden muss. Das ermöglicht nicht nur ein cleaneres Design, sondern verbessert auch die Detektion, die nun an Stellen erfolgen kann, wo dies bisher nicht möglich war, wie zum Beispiel im Sichtfeld des Fahrers. So kann unter anderem die Qualität einer Gestenerkennung deutlich verbessert werden: Der Bereich, in dem eine Geste ausgeführt werden kann, ist um ein Vielfaches größer als bei klassischen Kamerasystemen und erhöht die Interpretationsgenauigkeit für die verschiedenen Funktionen.

### FUNKTION AUF ABRUF

Ein weiterer automobiler Trend erfährt durch die Multifunctional-Smart-Glass-Technologie neue Impulse, denn sie ist softwaregesteuert und damit auch als Funktion auf Abruf (Function-on-Demand) ausgelegt. Alle Ausstattungs- und Leistungsmerkmale holografischer Lösungen können nachträglich dazugebucht wer-

## Industrielle Massenfertigung von Hologrammen

Das Zeiss-Microoptics-Ökosystem



**BILD 6** Die Technologie zur Produktion der Folie kann Zeiss allen Herstellern oder Zulieferern zur Verfügung stellen (© Zeiss)

den und gelangen drahtlos in den Pkw. Damit wird eine immer wichtiger werdende Vertriebsstrategie von Fahrzeug-individualisierungen und ein zusätzliches Geschäftsmodell der OEMs unterstützt.

### LIEFERANT VON SYSTEM-TECHNOLOGIE STATT HARDWAREPRODUZENT

Die beschriebene Technik besitzt das Potenzial, Bauteile und Komponenten in Design und Funktion vollkommen neu zu denken – Bauteile, die Zeiss aber nicht selbst produzieren will. Dort liegt die Kernkompetenz im Optikdesign, der Erstellung von Master-Hologrammen und – als Weltneuheit – deren Replikation im industriellen Format als transpa-

rente Folien. Die Technologie zur Produktion dieser Folie kann allen Herstellern oder Zulieferern zur Verfügung gestellt werden, die ihre Produkte aufwerten und mit Funktionen anbieten wollen, wie sie aktuell – wenn überhaupt – nur für Astronauten und Piloten zugänglich sind, **BILD 6**.

Aufgrund des modularen Aufbaus der Replikationsmaschinen, die von Zeiss in Jena in Zusammenarbeit mit spezialisierten Partnern gebaut werden, können Funktionen je nach Kundenwunsch angepasst oder hinzugefügt werden. Die Maschinen können sowohl im eigenständigen Modus als auch vollintegriert in externe Fertigungsprozesse eingesetzt werden. Nationale, internationale und firmeneigene Standards sowie

Qualitätsprozesse und Manufacturing-Execution-System-Anforderungen werden unterstützt. Darüber hinaus begleitet das Unternehmen seine Kunden mit maßgeschneiderter Konzeptberatung vom ersten Schnitt bis hin zur fertigen Hardware – ein weiterer wichtiger Baustein, um die Multifunctional-Smart-Glass-Technologie in der Automobil-Großserienfertigung langfristig als neuen Standard zu etablieren.

#### LITERATURHINWEIS

[1] Zeiss (Hrsg.): Zeiss erstmals auf der IAA Mobility. Online: <https://www.zeiss.de/corporate/ueberzeiss/gegenwart/newsroom/pressemitteilungen/2023/vorstellung-multifunctional-smart-glass-bei-iaa.html>, aufgerufen: 20. November 2023

#### IMPRESSUM

Sonderausgabe 2024 in Kooperation mit Carl Zeiss Jena GmbH, ZEISS Gruppe, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

#### GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

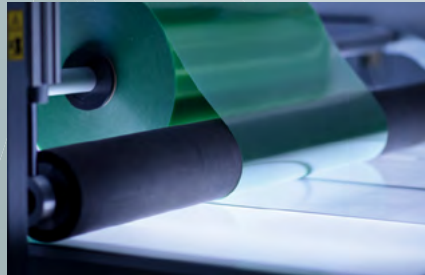
TITELBILD: © Carl Zeiss Jena GmbH



Seeing beyond

# ZEISS Microoptics

## Your holography one-stop-shop!



### 100% value chain coverage

ZEISS is the leading provider of sophisticated microoptical and holographic-optical solutions for a variety of applications in the automotive, hometech and consumer sectors. We offer the complete value chain from optical design and mastering to holographic replication systems for series production.

[zeiss.com](http://zeiss.com)