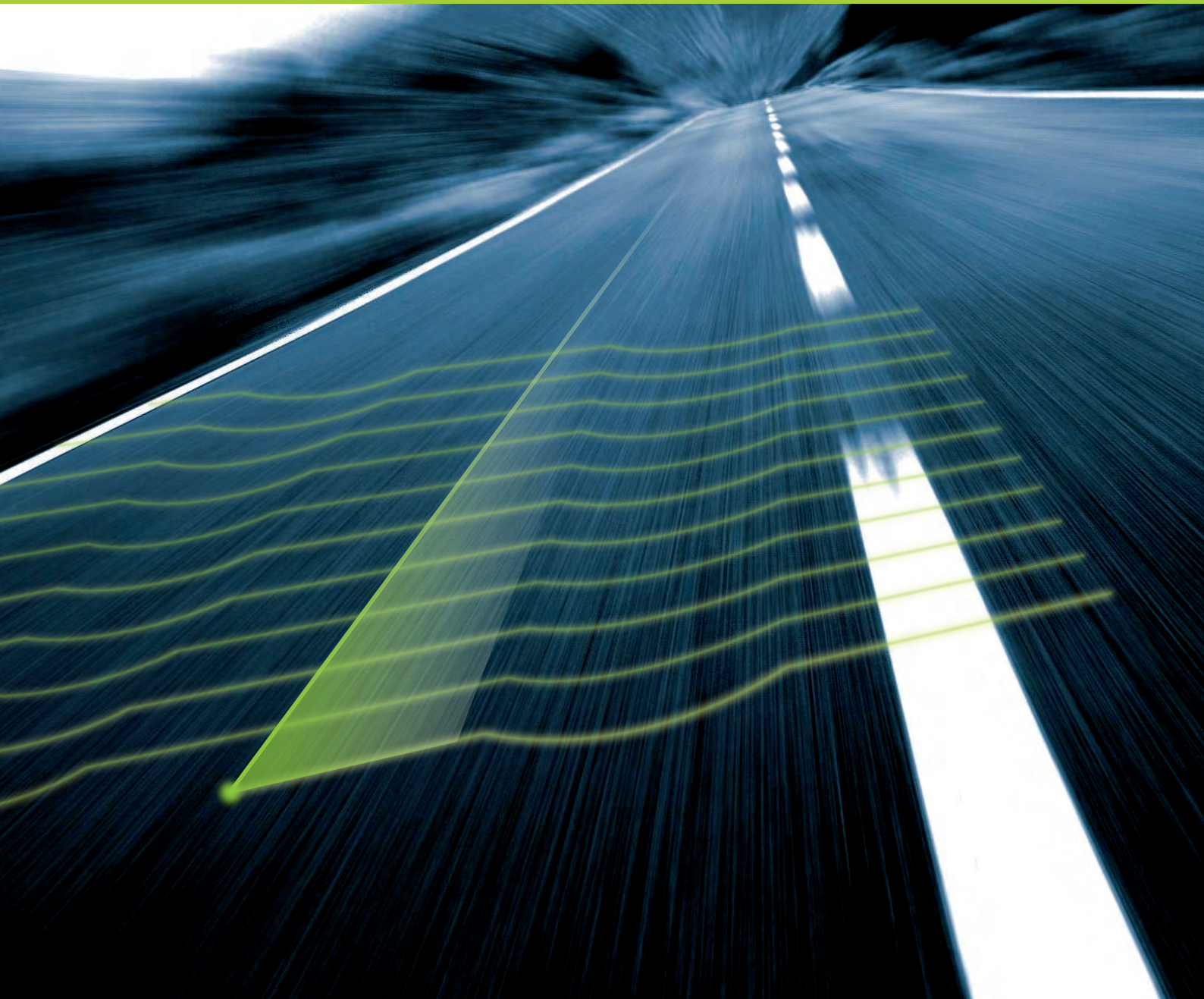


**MOBILE MAPPING**  
**Laserscanner nehmen**  
**Straßenbeläge ins Visier**

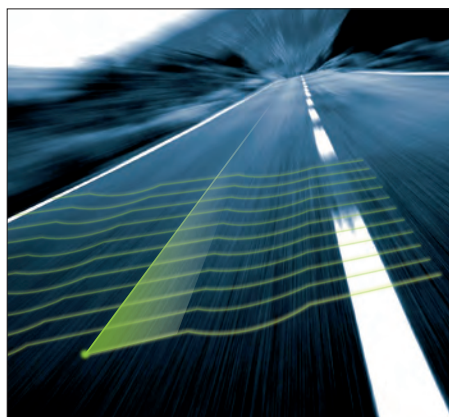


# MOBILE MAPPING

## Laserscanner nehmen Straßenbeläge ins Visier

Das deutsche Straßennetz ist aufgrund seiner zentralen Lage in Europa eines der am stärksten befahrenen der Welt. Vor allem der zunehmende Schwerlastverkehr belastet die Infrastruktur. Gemeinsam mit Industriepartnern arbeitet Fraunhofer IPM an einem mobilen Messsystem, das auch bei hoher Fahrgeschwindigkeit kleinste Unebenheiten im Fahrbahnbelag erkennt. Herzstück des Systems ist ein am Institut entwickelter Laserscanner, der mit bisher unerreichter Präzision und Geschwindigkeit misst.

Die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche ist wichtig für Sicherheit und Komfort im Straßenverkehr. In Deutschland ist es Aufgabe von Bund, Ländern und Kommunen, das Straßennetz mit seinen insgesamt mehr als 230.000 Kilometern instand zu halten. Autobahn- und Straßenmeistereien ermitteln regelmäßig die Oberflächenbeschaffenheit der Straßen, indem sie unter anderem Quer- und Längsunebenheiten messen. Zusammen mit weiteren Parametern wie etwa Dicke und Alter der Schichten, Aufbau des Belags, Erhaltungsgeschichte oder erwartetem Verkehrsaufkommen erstellt die Bundesanstalt für Straßenwesen BAST aus den erhobenen Daten eine einheitliche Bewertung des gesamten Straßennetzes. Auf dieser Grundlage lassen sich langfristige Prognosen zur Dringlichkeit von Wartungsarbeiten ableiten. Je genauer die Messdaten sind, desto besser können Baumaßnahmen geplant, desto effizienter die dafür vorgesehenen finanziellen Mittel eingesetzt werden. Nur so lässt sich die Qualität der Infrastruktur dauerhaft sichern.

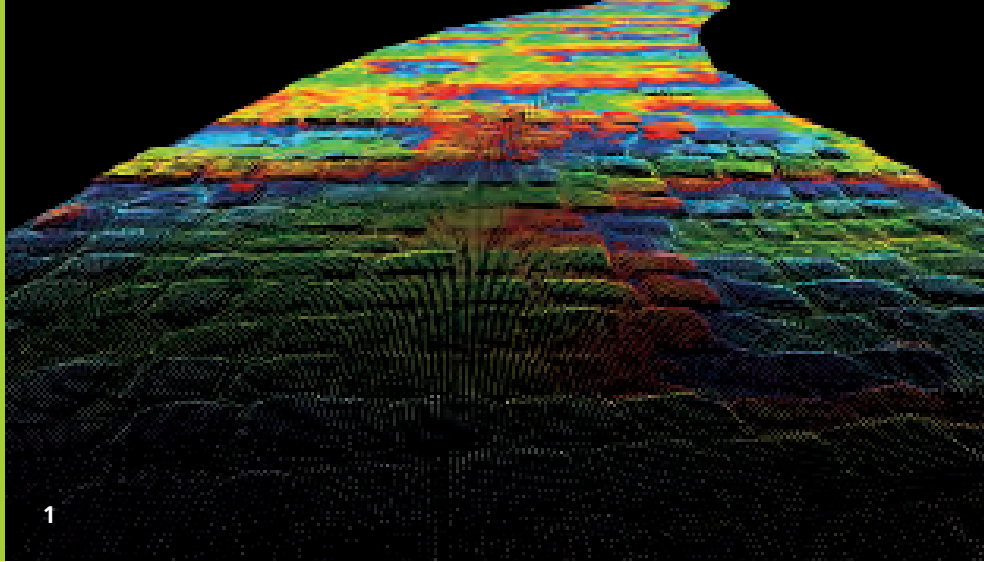


*Mit modernen Messverfahren lässt sich der Zustand von Straßen genau erfassen. Dies hilft, Instandhaltungsmaßnahmen besser zu planen. Ein am Fraunhofer IPM entwickelter Laserscanner erstellt ein dreidimensionales Bild der Fahrbahnoberfläche mit bisher unerreichter Präzision.*

*(Bildquelle: fotolia)*

### Engpass: sperrige Messfahrzeuge

Die lokalen Straßen und Autobahnmeistereien arbeiten mit unterschiedlichen Messtechniken und -fahrzeugen. Zur Ebenheitsmessung von Fahrbahnoberflächen kommen heute in der Regel Triangulations-Lasersensoren zum Einsatz. Sie vermessen das Höhenprofil eines Objekts mit einem Laserpunkt oder einer schmalen Laserlinie, die in einem definierten Winkel auf die Oberfläche projiziert wird. Die Abbildung auf eine Kamera liefert dann die Entfernung zum jeweiligen Messpunkt auf der Straßenoberfläche. Je nach Messaufgabe sind bei heutigen Mobile-Mapping-Fahrzeugen mehr als 40 solcher Sensoren auf einem starren Rahmen am Messfahrzeug befestigt. Sie vermessen Querrillen auf einer Breite von bis zu vier Metern mit einer Genauigkeit deutlich unter einem Millimeter. Dasselbe Messprinzip wird auch zur Identifikation von Spurrillen – also Vertiefungen, die längs zur Fahrbahn verlaufen – genutzt; dazu werden einige Sensoren auf der Längsachse unter dem Fahrzeugboden montiert. Die Fahrzeuge messen im laufenden Verkehr bei Geschwindigkeiten bis zu 100 Stundenkilometer. Die hohe Anzahl an Sensoren bereitet in der Praxis nicht selten Probleme, denn sie erfordert mitunter überbreite Messvorrichtungen, sodass es an schmalen Stellen zu Kollisionen kommen kann. Zudem arbeiten die Lasersysteme mit sehr hohen optischen Leistungen, die die Arbeitssicherheit gefährden. Alternative Messverfahren sind daher gefragt.



**1** Ein einziger Laserstrahl scannt die Fahrbahnoberfläche auf einer Breite von vier Metern quer zur Fahrtrichtung. Durch das Abrastern in der Vorwärtsbewegung entsteht ein dreidimensionales Bild.

(Bildquelle: 3D Mapping Solutions)

### »Pavement-Scanner« der neuen Generation

Fraunhofer IPM setzt mit seinem »Pavement Profile Scanner PPS« auf eine alternative, in der Bahnmesstechnik bewährte Technologie: Ein einzelner hochauflösender Laserscanner genügt, um die Fahrbahnoberfläche auf einer Breite von vier Metern mit einem Laserstrahl abzutasten (Abb. 1). Der Scanner ist kaum größer als ein Schuhkarton und wird in etwa drei Metern Höhe über der Straße auf einem Messfahrzeug montiert (Abb. 2 und 3). Aus dem reflektierten Licht lassen sich Rückschlüsse auf die Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn ziehen. Gemessen wird die Laufzeit des modulierten Laserstrahls über die Phasenverschiebung zwischen Messstrahl und reflektiertem Strahl. Diese in vielen mobilen Scanner-Anwendungen bewährte Technologie ermöglicht eine hohe Messgenauigkeit bei gleichzeitig hoher Messgeschwindigkeit. Die Laufzeit vom Scanner zur Straße und zurück liefert punktförmig den Abstand zur Straßenoberfläche. Durch das Abrastern entsteht ein dreidimensionales Abbild des Fahrbahnbelags.

### Schnell und präzise

Die Anforderungen an die Messgenauigkeit sind hoch: Gemittelt über kleine Flächenelemente von typischerweise  $2 \times 2 \text{ cm}^2$  oder  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  werden Höhenauflösungen von wenigen Zehntel-Millimeter gefordert. Die Laufzeitmessung des Laserstrahls muss also eine Auflösung von 1 bis 2 Pikosekunden ( $10^{-12} \text{ s}$ ) erreichen – dies entspricht dem Millionstel einer millionstel Sekunde. Kein anderer derzeit am Markt erhältlicher Laserscanner bietet eine derartig hohe Messgenauigkeit. Mit dem am Fraunhofer IPM entwickelten Laserscanner sind nun erstmals solche extrem präzisen Laufzeitmessungen möglich. Für den Scanner der neuen Generation nutzt Fraunhofer IPM Komponenten aus der Hochfrequenzelektronik, beispielsweise aus dem Bereich

Mobilfunk, und neue Verfahren zur Signalauswertung. Selbst bei einer derartig hohen Präzision führt der Scanner eine Million Messungen pro Sekunde durch.

Der Laser scannt die Straßenoberfläche quer zur Vorwärtsbewegung des Messfahrzeugs mithilfe eines rotierenden Polygonspiegels und erzeugt dabei 800 Querprofile pro Sekunde. Eine Million Mal pro Sekunde wird die Entfernung zur Straßenoberfläche gemessen, sodass jedes Profil aus zirka 900 Messpunkten besteht. Die gewonnen Messwerte werden zunächst auf Plausibilität geprüft und dann mit verschiedenen Filteroperationen so aufbereitet, dass ein dreidimensionales Abbild der Straßenoberfläche entsteht. Führt das Messfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h,

**2** Ein rotierendes Polygon mit acht Planspiegeln lenkt den Laserstrahl über die Fahrbahnoberfläche. Dabei erzeugt der Laser 800 Querprofile pro Sekunde. Ein einziges Profil liefert 900 Messpunkte.

(Bildquelle: Auslöser, Kai-Uwe Wudtke, Fraunhofer IPM)







**3** Der Laserscanner ist kaum größer als ein Schuhkarton und wird im Abstand von drei Metern über der Straße am Messfahrzeug montiert (rechts oben). Er ersetzt die bis zu 40 Sensoren herkömmlicher Messfahrzeuge. Ein Infrarot-Laser sorgt für Augensicherheit beim Einsatz auf öffentlichen Straßen.

(Bildquelle: 3D Mapping Solutions)

so liegen innerhalb der zu betrachtenden Flächenelemente von  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  noch immer bis zu einhundert Messpunkte. Mit einer solch hohen Messpunktdichte lassen sich die Werte über ein bestimmtes Flächenareal mitteln, ohne die hohe Messgenauigkeit zu beeinträchtigen.

Da der Scanner auf einem fahrenden Fahrzeug montiert ist, enthält dieses 3D-Bild zunächst alle Fahrzeugbewegungen wie zum Beispiel Einfederung oder Schwingungen. Diese Bewegungen sind um ein Vielfaches größer als die geforderte Genauigkeit der Ebenheitsmessung und müssen daher mit mindestens der gleichen Präzision erfasst werden. Mit optischen Kreiseln ausgestattete Inertial-Messsysteme liefern die entsprechenden Werte. Auf dieser Basis lassen sich die Fahrzeugbewegungen aus den Messdaten herausrechnen, sodass am Ende die präzise Informationen über Fahrbahnebenheiten in Längs- und Querrichtung zur Verfügung stehen.

#### Infobox Pavement-Scanner im Überblick

Messprinzip	Lichtlaufzeitmessung, scannender Laserstrahl
Scanfrequenz	800 Hz
Messfrequenz	1 MHz
Wellenlänge	1,5 $\mu\text{m}$
Laserleistung	> 100 mW
Höhenauflösung*	0,2 mm

\*graue Straßenoberfläche, gemittelt über  $10 \times 10 \text{ cm}^2$

#### Augensicherheit

Um für Straßenmessungen zugelassen zu werden, muss das System trotz Verwendung eines Lasers absolut augensicher sein. Zufällig anwesende Passanten dürfen nicht geschädigt werden, auch wenn sie einmal über längere Zeit in den Laserstrahl blicken. Die vergleichsweise dunkle Straßenoberfläche allerdings reflektiert so wenig Licht, dass nur mit einer recht hohen Laserleistung von mehr als 0,1 W genügend Licht am Detektor ankommt. Die Wissenschaftler von Fraunhofer IPM nutzen daher einen infraroten Laserstrahl. Dieser ist für das menschliche Auge unsichtbar und deutlich weniger gefährlich. So ist das System ohne Einschränkungen auch im öffentlichen Raum einsetzbar.

Der »Pavement Profile Scanner« wird im Team Bahnmesstechnik entwickelt. Dazu gehören: Martin Dambacher, Nikolaos Dimopoulos, Ingo Maindorfer, Stefan Schwarzer und Harald Wölfelschneider.

#### Kontakt:

Fraunhofer-Institut  
für Physikalische  
Messtechnik IPM

Heidenhofstraße 8  
79110 Freiburg

[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)



Dr. Heinrich Höfler  
Telefon +49 761 8857-173  
[heinrich.hoefler@ipm.fraunhofer.de](mailto:heinrich.hoefler@ipm.fraunhofer.de)