



© Cepton

## Hürden bei der Skalierung der Lidar-Produktion

# Lidar überall?

Lidar gilt als Schlüsseltechnologie für das automatisierte Fahren – ohne Lidar sind Experten überzeugt, lässt sich Level 3 nicht umsetzen. Doch auf dem Weg von der Prototypenphase zur Massenfertigung muss die Lidar-Industrie noch große Herausforderungen bewältigen.

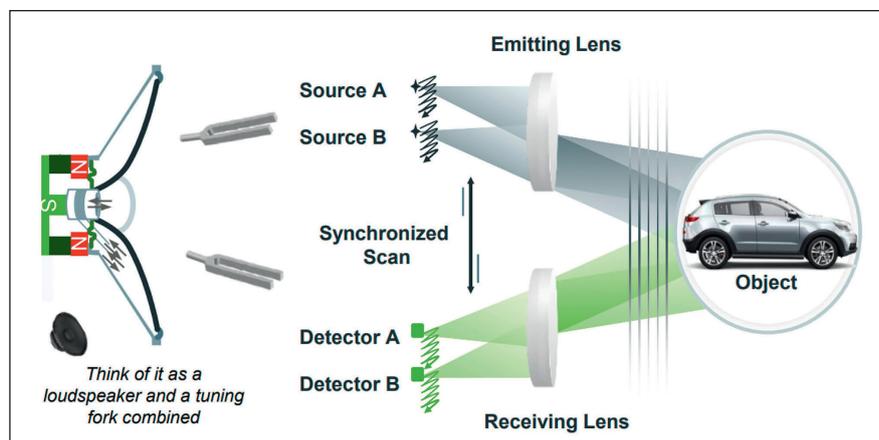
**Henri Häfner**

Die Lidar-Industrie ist noch jung und steht momentan an einem spannenden Wendepunkt: Immer mehr Lidar-Hersteller verkünden Serien-Aufträge von OEMs. Einige sind bereits dabei den Massenproduktionsprozess einzuläuten. Zu den Herstellern, die ihre Produktionskapazitäten skalieren, gehört auch Cepton. Der Lidar-Produzent aus dem Silicon Valley hat einen Großauftrag von General Motors für den Einsatz von Lidar-Systemen in zahlreichen Fahrzeugklassen erhalten. Doch auf dem Weg von der Prototypenphase zur Massenfertigung ist die Lidar-Industrie noch mit großen Herausforderungen konfrontiert.

Der Übergang in die Massenfertigung ist mit vielen Unwägbarkeiten und einer steilen Lernkurve verbunden. Es gibt jedoch einige grundlegende Fragen, mit denen sich zunächst alle Lidar-

Hersteller auseinandersetzen müssen. Dazu gehört die Entscheidung, ob sich ein Lidar-Produzent mit einem Tier-1-Zulieferer zusammenschließt oder die Produktion selbst verantwortet. Weitere

Bausteine sind die Produktionsanlagen und das Know-how der Belegschaft: Neben Rohstoffen und Chips ist auch qualifiziertes Personal eine knappe Ressource. Eine besondere Gratwande-



**Bild 1:** Die MMT-Technologie ist ein 3D-Bildgebungsverfahren ohne Spiegel, Rotation oder reibungserzeugende Elemente. © Cepton

rung ist darüber hinaus die Senkung der Kosten, ohne die Zuverlässigkeit und Qualität des Sensors zu beeinträchtigen.

### Massenproduktion in Automobilqualität

Die Qualitätsanforderungen in der Automobilbranche sind hoch, was die Produktion von Lidar-Sensoren aufwendig macht. Die Hersteller müssen eine Vielzahl von Standards einhalten und den strengen Qualitätskontrollen der Autobauer und Tier-1-Zulieferer entsprechen. Standards wie AEC-Q100 oder AEC-Q102 für optoelektronische Bauelemente prüfen zum Beispiel die Funktion der Bauteile in bestimmten Temperaturbereichen und wechselnden Klimabedingungen. Eine weitere wichtige Norm ist die ISO 16750, die Versuche und Testverfahren unter verschiedenen Umweltbedingungen definiert. Dazu zählen Umweltfaktoren, mechanische und elektrische Belastungen, der Fahrzeugtyp, Betriebsarten des Fahrzeugs und die Integration im Fahrzeug. Darüber hinaus klassifizieren die Automotive Safety Integrity Level auf Basis der ISO 26262, inwieweit der Ausfall von Bauteilen funktionale Sicherheitsrisiken birgt. Neben den etablierten Standards gilt es auch die eigens entwickelten Normen der Automobilbauer zu erfüllen. Autobauer wie BMW, Audi oder VW entwickelten beispielsweise die Norm LV 124, die Anforderungen und Tests für elektrische, elektronische sowie mechatronische Komponenten für den Einsatz in Fahrzeugen bis 3,5 t spezifiziert. Ergänzend zu den strengen Anforderungen an die Hardware wird auch der Software-Code einer eingehenden Prüfung unterzogen. Ein solcher Software-Audit ist ein langwieriger Prozess, der zum Teil auch an externe Dienstleister ausgelagert wird.

Außerdem findet ein gründlicher Audit-Prozess entlang der Lieferkette statt. Dieser umfasst beispielsweise die Freigabepfung der Produktionsanlagen sowie deren Kalibrierung. Daneben gibt es auch Audit-Prozesse, die die eigentliche Produktion auf den Prüfstand stellen. Zum Beispiel Run@Rate Audits, in denen untersucht wird, ob die vertraglich geforderten Stückzahlen problemlos produziert werden können.



**Bild 2: Mögliche Platzierungsorte für gerichtete Lidar-Sensoren, z. B. am Kühlergrill, an den Seitenspiegeln, an der Heckklappe und an der hinteren Stoßstange.** © Cepton

Eng damit verbunden ist das PPAP-Verfahren (Part Production Approval Process), das vorrangig die Qualität der Bauteile überprüft und ein Rahmenwerk für die Beurteilung durch den Abnehmer bereitstellt. Um diese Vorgaben zu erfüllen, müssen die Sensoren bereits in den frühen Phasen der Prototypentwicklung entsprechend ausgelegt werden.

### Vom Prototyp zur Massenproduktion

Spätestens bei der Vorstellung der A- und B-Muster spielen Konzepte wie Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) eine zentrale Rolle bei der Konstruktion, da es sich beim Produktdesign um einen wichtigen Kostenfaktor handelt: Das Design definiert 70 bis

80 Prozent der Produktkosten. Die fertigungs- und montagegerechte Gestaltung eines Sensors reduziert unter anderem systematisch Bauteile, Schnittstellen und jegliche Fehlermöglichkeiten im Herstellungsprozess. DFMA ist aber nicht das einzige Prinzip, das im Rahmen der Optimierung der Produktion zum Einsatz kommt. Ergänzend finden zum Beispiel Lean-Management-Konzepte oder die TRIZ-Methode Anwendung. Das Sensor-Design kann sich durch diesen Optimierungsprozess von Grund auf verändern.

Ob ein Lidar-Sensor für die Produktion in hohen Stückzahlen geeignet ist, hängt zunächst von der Sensor-Technologie ab. Die variierenden Technologieansätze, wie Solid-State-Sensoren oder Sensoren mit rotierenden Spiegeln, eignen sich unterschiedlich gut für höhere



**Bild 3: Beispiele für Lang- und Kurzstrecken-Sensoren von Cepton. Rechts ist der Nova-Sensor zu sehen.** © Cepton

Produktionsvolumen. Hier ist es jedoch schwierig eine pauschale Aussage zu treffen. Zweckmäßiger sind aber auf jeden Fall Technologien, die auf kostengünstigen Komponenten mit einem hohen Reifegrad und einer möglichst sicheren Lieferkette basieren. Komplexe Designs lassen sich nur schwer oder überhaupt nicht skalieren. Bei Ceptons Technologie kommen daher Edge-Emitting Laserdioden (EEL) und Avalanche-Photodioden (APD) zum Einsatz. Gleichzeitig kommt die Micro Motion Technologie (MMT) ohne Spiegel, rotierende oder reibungserzeugende Elemente aus (Bild 1), was die Zuverlässigkeit der Sensoren verbessert und den Produktionsaufwand minimiert. Trotzdem musste auch Cepton in Vorbereitung auf die Massenproduktion Änderungen an den Bauteilen vornehmen: Beispielsweise wurden das Aluminium-Gehäuse oder 3D-gedruckte Bauteile durch Komponenten ersetzt, die im Spritzgussverfahren gefertigt werden.

Eine besondere Herausforderung bei der Lidar-Produktion stellt die Kalibrierung der Sensoren dar, die bei optischen Sensoren anspruchsvoll ist. Bereits kleine Abweichungen im optischen Pfad können zu einem veränderten Detektionsergebnis führen. Lidar-Sensoren werden deshalb sowohl intrinsisch wie auch extrinsisch kalibriert. Für die intrinsische Kalibrierung ist der Lidar-Hersteller und/oder der beteiligte Tier-1-Zulieferer zuständig. Dabei wird unter anderem eine geometrische Kalibrierung vorgenommen, die systematische Fehler aus der 3D-Punktewolke eliminiert. Außerdem überprüft der Hersteller im Rahmen der intrinsischen Kalibrierung die Erkennung verschiedener Intensitäten. Lidar-Sensoren müssen je nach Reflektivität einer Oberfläche zuverlässig unterschiedliche Intensitäten

darstellen können. Weiße Flächen erscheinen so in einer anderen Farbe als zum Beispiel schwarze Abschnitte. Auch die Reichweitenmessung muss für jeden Sensor, der vom Band läuft, zuverlässig funktionieren.

Die extrinsische Kalibrierung fällt in den Verantwortungsbereich der Automobilhersteller. Am Ende der Montage wird der Sensor auf einen Referenzpunkt im Fahrzeug kalibriert. So ist sichergestellt, dass alle im Fahrzeug verbauten Sensoren, egal ob Lidar, Radar oder Kamera, dasselbe Koordinatensystem verwenden – das ist für die Sensorfusion essenziell. Als Referenzpunkt dient meist der Mittelpunkt der Hinterachse. Wichtig ist im Rahmen der extrinsischen Kalibrierung auch eine Echtzeit-Erkennung der Sensor-Ausrichtung: Das Fahrzeug muss auch nach kleineren Unfällen erkennen, ob sich die Position oder Ausrichtung des Sensors verändert hat. Eine durchdachte Sensorplatzierung kann dabei unterstützen, dass solche Szenarien eher die Ausnahme bleiben.

### Sensor-Platzierung als Stellschraube

An welcher Stelle der Sensor platziert ist, hat einen großen Einfluss auf die Komplexität und die Abmessungen eines Lidar-Sensors. Idealerweise sind Lidar-Sensoren so geschützt und hoch wie möglich verbaut. Zum einen lässt sich somit ein viel umfänglicheres Bild der Umgebung erzeugen, zum anderen ist eine geringere IP-Schutzart vonnöten. Ein Sensor hinter der Windschutzscheibe muss offensichtlich weniger gut gegen Wasser, Fremdkörper oder Berührungen geschützt sein als ein Sensor, der im Kühlergrill oder in die Karosserie des Fahrzeugs integriert wurde. Hier ist der Entwicklungsaufwand ungleich höher.

Trotz der offenkundigen Vorteile einer Platzierung hinter der Frontscheibe ist die Platzierung der Sensoren stets getrieben vom jeweiligen Anwendungsfall (Bild 2). Für vorwärts gerichtete Systeme wie Spurhalte- und Notbremsassistenten und viele andere Anwendungen in Fahrerassistenzsystemen eignet sich tatsächlich eine möglichst hohe Montierung. So können die Sensoren weit im Voraus Informationen

zum Streckenverlauf sammeln und werden nicht durch Hindernisse wie Mauern oder andere Verkehrsteilnehmer blockiert. Auch für die Lokalisierung des Fahrzeugs mithilfe von hochauflösendem Kartenmaterial ist eine möglichst große Rundumsicht auf Wegmarken wie Brücken oder Kreuzungen nötig. Für eine Abstandserkennung hingegen würde sich auch eine Anbringung im Grill – oder im Falle eines Elektrofahrzeugs hinter den vorderen Blenden – eignen. Der Fortschritt beim Automated Valet Parking treibt auch die Nachfrage nach Kurzstrecken-Lidar-Sensoren voran: Solche kompakten Lidar-Sensoren, wie der Nova von Cepton (Bild 3), können wie ein Sicherheitsgürtel um das Fahrzeug herum angebracht werden.

Aufgrund der zahlreichen unterschiedlichen Platzierungsoptionen müssen Lidar-Hersteller zwangsläufig flexibel bleiben. Nicht jeder Autobauer hat die Möglichkeit, den Lidar-Sensor optimal zu integrieren, und auch die Abmessungen des Sensors müssen häufig individuell angepasst werden. Die wechselnden Anforderungen für verschiedene Modell-Derivate erfordern eine flexible Architektur der Sensoren – das ist absolut ausschlaggebend für eine erfolgreiche Massenproduktion.

### Passende Technologie und Architektur

Zusammengefasst steht und fällt die erfolgreiche Skalierung der Lidar-Produktion mit einer geeigneten Sensor-Technologie und Architektur. Zunächst sollten die Sensoren natürlich die vorgegebenen KPIs der Automobilhersteller in Hinsicht auf Field of View (FoV), Reichweite, Auflösung und Frame-Rate erfüllen. Vor allem aber muss sich die zugrundeliegende Technologie auch für die Produktion im großen Maßstab eignen. Das bedeutet, die Sensoren sollten auf zuverlässigen, ausgereiften und kostengünstigen Bauteilen basieren – hier wird die Zeit zeigen, welche Hersteller auf die richtige Technologie gesetzt haben. ■ (eck)

[www.cepton.com](http://www.cepton.com)



**Henri Häfner** ist Director Product Management & Marketing bei Cepton. © Cepton