



© Birm | istockphoto

Vom Wettlauf der Sensortechnologien zur Harmonie der Systeme

Die Kombination macht's

Um automatisiertes Fahren zu ermöglichen, müssen die Fahrzeuge ihr Umfeld rundum erkennen. Eine wichtige Voraussetzung hierfür sind Sensoren, wie Kameras, Radare oder Lidare. Diese sorgen nur im Zusammenspiel für die notwendige Sicherheit eines automatisierten Fahrzeugs.

Hanno Holzhüter

Die Nachfrage nach automatisierten Fahrsystemen wächst mit den technischen Möglichkeiten. Was heute längst zum erweiterten Kompaktklassenstandard gehört – etwa Spurhalteassistenten oder Auffahrwarnsysteme –, waren noch vor wenigen Jahren die Messehighlights der Oberklasse. Dabei steht auf dem Weg zum vollautomatisierten und später autonomen Fahrerlebnis nicht nur der Komfort im Fahrzeug durch eine Entlastung der Fahrer:innen im Vordergrund, sondern vor allen Dingen eine Steigerung der Sicherheit. Doch gerade in diesem Punkt wird die öffentliche Diskussion häufig emotional. Die Funktionsfähigkeit von Sensoren und die Algorithmen-basierte Verarbeitung der generierten Daten über das Wohlergehen von Menschen entscheiden zu lassen, fällt vielfach

schwer. Vor allen Dingen dann, wenn man erkennt, dass jede Sensortechnologie in den hochkomplexen verschiedenen Situationen im täglichen Straßenverkehr irgendwann an ihre Grenzen stößt. Dogmatische Diskussionen über die Überlegenheit bestimmter Systeme und der entsprechend kategorische Verzicht auf andere sorgen zwar für Hersteller-Publicity, verkennen jedoch die Tatsache, dass die verschiedenen Technologien, zum Beispiel Kamerasysteme, Radar- oder Lidar-Sensoren, nur in ihrer Kombination wirklich für die Sicherheit sorgen, die in der Alltagsmobilität benötigt wird. Doch wo liegen eigentlich die Vor- und Nachteile der jeweiligen Sensorgattungen? Wo ergänzen sie sich oder stoßen an ihre Grenzen? Welche Herausforderungen gibt es dabei, die Daten der unterschiedli-

chen Sensoren miteinander in Einklang zu bringen und in entsprechende Fahrzeugsteuerungen umzuwandeln? Und wie können Solid-State-Lidar-Sensoren wie der ibeoNext (**Bild 1**) das automatisierte Fahren disruptieren?

Zuverlässiges Gesamtsystem

Wer sich als Fahrzeughersteller heute ernsthaft mit dem Thema Level-3-Zulassung beschäftigt – also dem hochautomatisierten Fahren, bei dem die Fahrer:innen zumindest vorübergehend in bestimmten Situationen Fahraufgaben und Verkehr der Technik überlassen dürfen –, muss sich gleich mehreren Herausforderungen stellen. Zum einen suggerieren bisweilen etwas zu selbstbewusste Ankündigungen einzelner Automobilhersteller, entsprechende Fahr-

zeuge müssten doch eigentlich schon längst serienfertig zur Verfügung stehen. Zum anderen sorgen neue Regularien oder angepasste Crashtest-Anforderungen zu Recht dafür, dass der Wettstreit um die begehrten Level-3-Zulassungen nicht zulasten der Sicherheit geht. Denn – abgesehen vom persönlichen Leid eines jeden Unfalls – ein Unfall durch eine technische Fehlfunktion während eines automatisierten Fahrvorgangs wäre für die Fahrzeughersteller ein Super-GAU und würde schwere Image-Schäden nach sich ziehen. Während sich etwa Tesla-Chef Elon Musk dabei noch verschiedenen Sensortechnologien verschließt und primär auf Kamerasysteme setzt, kombinieren die Entwicklungsabteilungen fast aller anderen Hersteller mittlerweile eine Vielzahl verschiedener Sensormodalitäten, namentlich Kamera-, Radar- und Lidar-Sensoren. Dabei werden nicht nur die jeweiligen Kernkompetenzen der Technologien genutzt, um die jeweils beste Leistung in einem abgrenzbaren Anwendungsbereich zu gewährleisten. Es geht darum, Redundanzen herzustellen, um bei Störungen der einzelnen Technologien für mehr Sicherheit zu sorgen. Also das Bestreben, so viele verschiedene Sensoren wie möglich mit ihren unterschiedlichen Stärken und Schwächen zu fusionieren, um



Bild 1: Der Solid-State-Lidar-Sensor IbeoNext kommt ohne bewegliche Teile aus und soll bereits Ende 2022 serienreif sein.

© ibeo

letztendlich ein stets zuverlässiges Gesamtsystem abzubilden.

Kernkompetenzen konsequent nutzen

Bei Kamera-, Radar- und Lidar-Systemen ist die Abdeckung großer Sichtfelder möglich – mit jeweils unterschiedlichen Kernkompetenzen: So haben etwa Kamerasysteme eine vergleichsweise hohe Auflösung und können Farben gut wahrnehmen, zum Beispiel Ampeln oder Verkehrsschilder. Es ist heutzutage verhältnismäßig einfach, kamerabasiert Objekte zu identifizieren. Kameras sind außerdem vergleichsweise günstig und

durch ihre kompakte Größe einfach integrierbar. Allerdings sehen Kameras eben genau dann schlecht, wenn auch das menschliche Auge an seine Grenzen stößt – bei Dunkelheit oder generell schlechten Sichtverhältnissen. Sie können nur mit großem Aufwand Entfernungen einschätzen und Personen nachbildungen, zum Beispiel im Rahmen von Werbeaufdrucken auf Lkw, häufig nicht von realen Menschen unterscheiden.

Lidar- und Radarsensoren erweisen sich dagegen auch bei schlechten Sichtverhältnissen als verlässlichere Quellen. So ist Radar gut für die Detektion von metallischen Objekten (Autos) und rela-

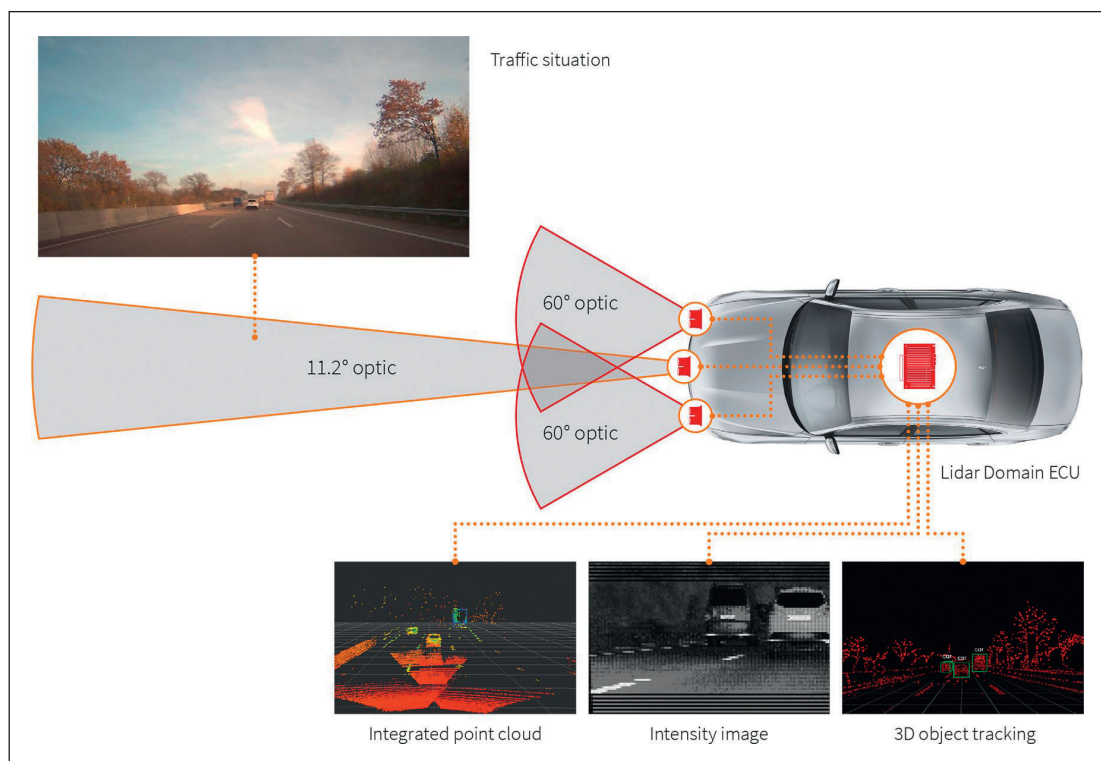
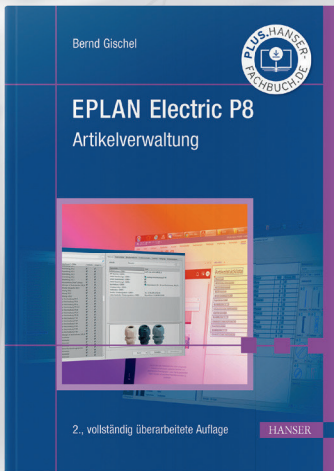


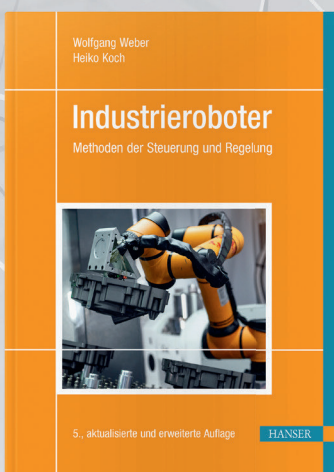
Bild 2: Der IbeoNext sendet als Sequential-Flash-Lidar-Variante das Licht dorthin, wo auch die Detektoren hinschauen.

© ibeo

Ihr kompakter Einstieg in:



ISBN 978-3-446-46454-4 | € 69,99



ISBN 978-3-446-46869-6 | € 34,99



ISBN 978-3-446-46939-6 | € 39,99

tiv robust gegen Wettereinflüsse. Während Radar dabei Radiowellen nutzt, verwenden Lidar-Sensoren Laserlicht im nicht sichtbaren Infrarotbereich. Allerdings streut das im Vergleich zum Radar kurzwelligere Laserlicht beispielsweise stärker an Nebeltröpfchen, wodurch die Performance gemindert werden kann. Da Radiowellen um ein Vielfaches größer sind, genaugenommen im Millimeterbereich, während sich Lidar im Mikrometerbereich befindet, erfolgt bei Radarsensoren kaum eine Streuung an kleinen Teilchen. Deshalb werden sie nur unwesentlich von Nebel oder Staub beeinträchtigt. Der Nachteil der größeren Wellenlänge bei Radar im Vergleich zum Lidar-Sensor ist die ungenauere Winkelauflösung. So können zum Beispiel zwei Objekte, die in ähnlicher Entfernung dicht beieinanderstehen, als ein Objekt dargestellt werden, während Lidar-Sensoren mit „Punktwolken“-Strukturen im Stande sind, Objekte bis ins kleinste Detail darzustellen.

Lidar-Sensoren können mit einer hohen Winkel- und Distanzauflösung Entfernungen bestimmen und sind so in der Lage, die Schwächen von Radar und Kamera zu kompensieren. Noch sind konventionelle Lidare allerdings um ein Vielfaches kostenintensiver als Kameras oder Radare. Der Grund liegt in der Bauart: Die rotierenden Teile in herkömmlichen Lidar-Systemen sind ein zusätzliches Bauteil in der Bill of Material (BOM) und wegen des mechanischen Aufbaus, der wartungsfrei über die gesamte Lebensdauer des Autos funktionieren muss, in der Regel teurer als rein elektronisch angesteuerte Systeme.

Wesentlich günstiger, kompakter und zuverlässiger sind dagegen Solid-State-Lidar-Sensoren, die das gesamte Blickfeld (Field of View, FOV) ohne rotierende Spiegel abdecken: Sie benötigen keine beweglichen Teile und sind bei einer entsprechenden Konstruktion kleiner, einfacher im Design und nahezu verschleißfrei.

Datengenerierung über Solid-State-Lidar-Systeme

Aktuell gibt es verschiedene Konstruktionsweisen für Solid-State-Lidare. Der Lidar-Spezialist Ibeo hat sich beim Ibeo-Next für eine Version des Sequential

Flash Lidar entschieden. Hier wird das Licht dahin ausgesendet, wo auch die Detektoren hinschauen, anstatt, wie sonst beim Flash-Lidar üblich, das gesamte Sichtfeld mit Licht zu fluten (**Bild 2**). Obwohl das Sensormodul dabei so klein ist, dass es auf eine Kreditkarte passt, ist es leistungsfähig und erzeugt eine hochauflösende dreidimensionale Punktwolke.

Durch das Time-Correlated-Single-Photon-Counting-Messverfahren (TCSPC) können die empfangenen Daten umfangreich digital verarbeitet und mehr Informationen erfasst werden als mit herkömmlichen Lidar-Systemen. Das betrifft nicht nur die Distanz, sondern beispielsweise auch bestimmte Objekteigenschaften und Wetterbedingungen. Und: Der Solid-State-Lidar-Sensor von Ibeo wurde bereits ausgiebig getestet, die Serieneinführung ist für 2022 geplant. Ein weiterer großer Schritt in Richtung automatisiertes Fahren.

Zusammenspiel der verschiedenen Sensorsysteme dank Software

Für die Umwandlung der sensorgenerierten Informationen sorgt die entsprechende Ibeo-Perception-Software. Dafür erhält sie von den Lidar-Sensoren die Punktwolke sowie das sogenannte Intensitätsbild. Jeder Punkt der Punktwolke beinhaltet dabei Detailinformationen zu Distanz, Winkel und Intensität der Reflexion. Daraus lässt sich dann nicht nur die Position, sondern auch die Beschaffenheit der Umgebungsobjekte ableiten. Die Perception-Software erstellt so ein detailliertes Umgebungsmodell, das weit über räumliche Punktwolkendaten hinausgeht und somit verschiedene Fahrmanwendungen sicher ermöglicht. Sie lokalisiert dafür die Objekte und erkennt, ob es sich etwa um Pkw, Lkw, Fußgänger:innen oder aber um (unbewegliche) Infrastruktur handelt. Über die Intensitätsinformationen lassen sich zudem auch Fahrspuren erkennen. Des Weiteren erfasst die Perception-Software „Free Space“, also Räume, in denen sich keine Objekte befinden. Dieses Umgebungsmodell wird dann an die Steuerung der Fahrfunktionen weitergegeben, die entscheidet, welche Schlüsse daraus für das Fahrzeug zu ziehen sind, und letzt-

endlich entsprechende Befehle an die vom OEM gestalteten Aktuatorik-Systeme des Fahrzeugs gibt.

So stark die unterschiedlichen Sensorsysteme in ihren jeweiligen Disziplinen auch sind, ohne eine entsprechende Fusionierung bleiben sie Einzelkämpfer. Für eine Harmonie und etwa bei Sensorausfällen wichtige Systemredundanz in der Datenerhebung sorgen erst spezielle Schnittstellen, zum Beispiel Unsicherheitsabschätzungen für die Fusion aller Sensorsysteme. Doch damit das funktioniert, müssen die Hersteller der Sensoren diese undogmatisch mit offenen Schnittstellen versehen, damit die Daten zentral prozessiert und verschiedene Befehle – zum Beispiel lenken, bremsen oder beschleunigen – an die entsprechenden Systeme des Fahrzeugs weitergeleitet werden können.

Kamera-, Lidar- und Radarsensoren generieren hierfür unterschiedliche Daten, die für eine Fusion in ein gemeinsames Raster, ein gemeinsames Koordinatensystem, gebracht werden müssen. Ein verbreiteter Ansatz hierbei ist es, mit „Confidencen“ zu arbeiten. Jeder Sensor gibt dabei zusätzlich zu seinen Daten auch eine Wahrscheinlichkeit dafür an, wie sicher die jeweiligen Datenerhebungen sind. Wenn alle drei verschiedenen Sensormodalitäten das tun, kann man diese Wahrscheinlichkeitsaussagen im Rahmen eines Gesamtsystems kombinieren und fusionieren.

Nur so kann es eine echte integrative Zusammenarbeit der verschiedenen Sensoren geben. Auf dem Weg zu einem wirklich sicheren weitgehend automatisierten Fahren der Stufen 3 oder sogar 4 stehen also die Integrationsfähigkeit der Einzelsysteme und deren Fusion als eine der Kernherausforderungen im Aufgabenheft der Entwicklungsabteilungen. Aus Herstellersicht wünschenswert ist eine Sensorfusion auf möglichst niedrigem Level, d. h. bereits bei den Rohdaten von Kamera, Radar und Lidar. Aufgrund der großen Datenmengen ist es aktuell jedoch technisch kaum möglich, ei-

ne Rohdatenfusion auf einer zentralen Recheneinheit im Auto in Echtzeit zu realisieren.

Ein Kompromiss liegt in der Abstraktion: Die Daten von Lidar, Kamera und Radar werden getrennt zu Objekten verarbeitet und anschließend miteinander fusioniert. Hierbei gehen zwar Informationen verloren, doch auch eine Fusion auf Objektebene bedeutet bereits heute eine erhebliche Erweiterung des Technologiepotenzials – mit einem Plus an Komfort, vor allen Dingen aber auch mit erheblichen Steigerungen der Sicherheit im Verhältnis zu einer weitge-

hend menschlichen Fahrzeugsteuerung. Doch mit Blick auf die rasant wachsenden Übertragungs- und Rechengeschwindigkeiten wird eine Sensorfusion im Fahrzeug bald auch mit weitaus detaillierteren Daten möglich sein. ■ (eck)

www.ibeo-as.com



Hanno Holzhüter arbeitet als Research Project Manager bei Ibeo Automotive Systems und ist gleichzeitig Doktorand mit Schwerpunkt digitale Signalverarbeitung in Lidar-Sensoren an der Leibniz Universität Hannover und bei Ibeo AS. © ibeo

VISIONARY CABIN MONITORING

Die neue KI-basierte Kameratechnologie von Gentex kombiniert maschinelle Bildverarbeitung, Tiefenwahrnehmung und Mikrovibrationserkennung, um vielfältige Cabin Monitoring Funktionen bereitzustellen.

Die ideale plattformübergreifende Lösung. Diskret in den Rückspiegel (oder nahegelegenen) integriert für optimierte Leistung, hohe Verfügbarkeit, verbessertes Styling und gemeinsam genutzte Elektronik.

Umfassend und skalierbar:

- + Fahrerbeobachtung – Ablenkung, Müdigkeit, plötzliches Unwohlsein, Rückkehr zur manuellen Steuerung
- + Innenraumbesichtigung – Insassen, Verhalten, Objekte
- + Kommunikation – Videotelefonate, Meetings, Selfies
- + Überwachung der Luftqualität – Rauch, Dämpfe, chemische Substanzen

Besuchen Sie Gentex.com, um mehr zu erfahren.

