

Test- und Trainingsdaten für ATO-Perzeptionssysteme – Anforderungen an ein Messsystem

Wenn automatisiertes Fahren im Vollbahnbereich Aufgaben des Zugpersonals ersetzt, müssen Sensoren und algorithmische Perzeption notwendige Entscheidungen beim Zugfahren, Rangieren oder Fahrgastwechsel ermöglichen. Forschung, Entwicklung und Zulassung benötigen hierfür Test- und Trainingsdaten realer Betriebssituationen. Das in einem DZSF-Projekt erarbeitete Messsystem soll dies mit einem Querschnitt möglicher Perzeptionssysteme ermöglichen.



1. Einleitung

Im Metro-Verkehr zeigt der automatisierte Bahnbetrieb bereits heute sein Potenzial, Pünktlichkeit, Flexibilität und Kapazität zu erhöhen. Eine Einführung von ATO (Automatic Train Operation) auch im EBO-Bereich ist erforderlich, damit der Schienenverkehr künftig den erwarteten Beitrag zur Erfüllung der Klimaziele leistet, deutlich effizienter und flexibler wird und mehr Passagiere und Güter als heute befördern kann [2]. Die Basis von ATO-Systemen besteht darin, dass Aufgaben des Triebfahrzeugführers (Tf), wie das Erkennen betrieblicher Gefahren und Hindernisse bei Fahrten, auf ein automatisiertes System übergehen. Solche auf technischer Perzeption beruhende Systeme erfordern geeignete Sensoren und Algorithmen, für deren Entwicklung und Zulassung reale Test- und Trainingsdaten benötigt werden.

ATO-Systeme werden durch den Grad der Automatisierung (GoA) klassifiziert. Er gibt an, welche Aufgaben automatisiert sind und welche noch vom Menschen durchgeführt oder überwacht werden. Bei GoA2 ist der Tf noch für Steuerung und Sicherheit des Fahrzeugs verantwortlich und überwacht den Fahrweg auf Hindernisse und betriebliche Gefahren, während das Fahren selbst weitgehend automatisiert erfolgt. Diese Betriebsart wird unter ETCS bereits im Realbetrieb als „ATO over ETCS“ erprobt. Um eine vollständige Automatisierung wie bei Metro-Systemen auf

den EBO-Bereich zu übertragen, müssen jedoch höhere Automatisierungsgrade erreicht werden. Hier muss kein Tf im Führerraum (GoA3) respektive kein Zugbegleiter (Zub) im Zug (GoA4) anwesend sein; deren Aufgaben, u.a. in der Wahrnehmung und Lokalisierung, gehen auf technische ATO-Systeme über.

Bei höheren Automatisierungsgraden ab GoA3 (GoA3+) müssen Triebfahrzeuge über Systeme zur technischen Wahrnehmung ihrer Umgebung, also über Perzeptionssysteme, verfügen. Diese basieren etwa auf Kamera-, LiDAR- oder Radarsensoren, deren Rohdaten algorithmisch, auch mittels Verfahren des maschinellen Lernens (ML) bzw. der künstlichen Intelligenz (KI), verarbeitet werden [8]. Für die Entwicklung der Algorithmen, sowie für deren Validierung bzw. Sicherheitsnachweis, werden reale Sensordaten aus dem Bahnbetrieb benötigt. Diese müssen hohen Anforderungen genügen, z. B. hinsichtlich der Abdeckung betrieblicher Einsatzbereiche und möglicher Umgebungs- und Umweltbedingungen, um die Zulassung solcher Systeme erreichen zu können.

In der Automobilindustrie sind umfangreiche offene Datensätze aus dem realen Verkehr für Forschung und Entwicklung zugänglich; so nennt [9] etwa 60 Perzeptions-Datensätze für den Straßenverkehr, beispielsweise [3, 4, 10], gegenüber nur zwei Datensätzen für den Bahnsektor [11, 5]; hier besteht folglich Nachholbedarf.



Dr.-Ing. Christian Klotz

Wissenschaftlicher Referent Automatisierung, betreute das Projekt „ATO Sensorik“ seitens DZSF Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
klotzC@dzsf.bund.de



Dr.-Ing. Dirk Leinhos

Projektleiter, verantwortete als Leiter des Perzeptionslabors die Fachkompetenz für Perzeptionssysteme
DB Systemtechnik GmbH
dirk.leinhos@deutschebahn.com



Franz Ponholzer

verantwortete im Projekt die Fachkompetenz für automatisiertes Fahren
DB Systemtechnik GmbH
Franz.ponholzer@deutschebahn.com



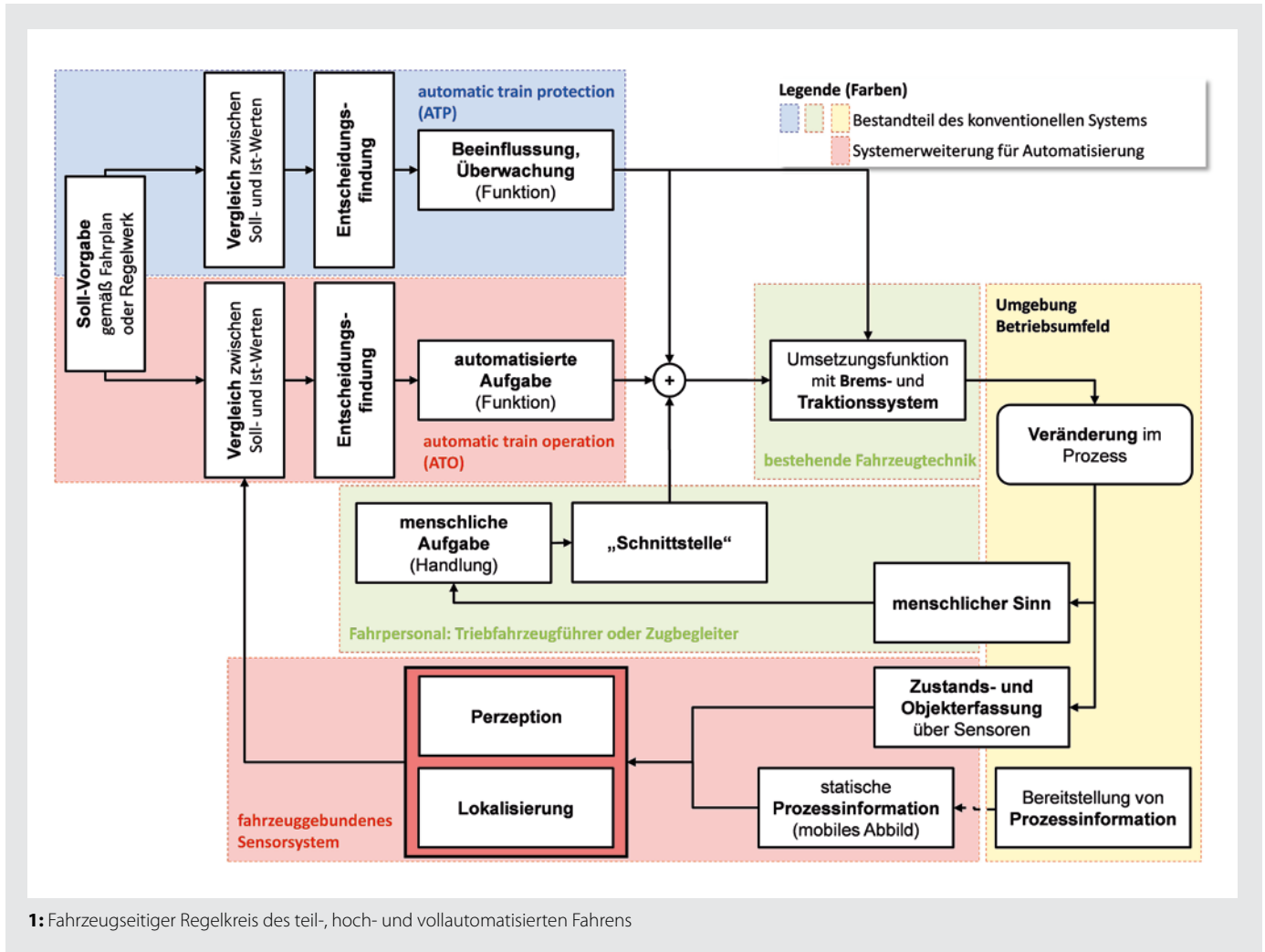
Prof. Dr.-Ing. Stefan Witte

arbeitete im Projekt „ATO Sensorik“ seitens der TH OWL mit Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe (TH OWL)
stefan.witte@th-owl.de



Dr.-Ing. Dennis Sprute

verantwortete im Projekt die Perspektiven automatisiertes Fahren auf der Straße und industrielle Automatisierung
Institutsteil für industrielle Automation INA des Fraunhofer IOSB.
dennis.sprute@iosb-ina.fraunhofer.de



1: Fahrzeugseitiger Regelkreis des teil-, hoch- und vollautomatisierten Fahrens

Im Projekt des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF): „Sensorik als technische Voraussetzung für ATO-Funktionen“ [7] leiteten die DB Systemtechnik, das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB und die TH Ostwestfalen Lippe (OWL) Sensoranforderungen für die Erhebung entsprechender Datensätze einerseits aus bahnbetrieblichen Aufgaben des Zugpersonals her, andererseits aus den Erwartungen von Un-

ternehmen und Forschungseinrichtungen im Sektor her. Projektziel war die Spezifikation eines sensorbasierten Messsystems für die Ausrüstung von Bahnfahrzeugen im Versuchsbetrieb zur Erhebung allgemein verfügbarer Entwicklungs- und Referenzdatensätze für Perzeption.

2. Zugpersonal als Anforderungsbasis für Perzeptionssysteme

Für grundlegende Überlegungen zu den betroffenen Aufgabenfeldern ist das folgende strukturelle Zielbild in Form eines fahrzeugseitigen Regelkreises für das teil-, hoch- und vollautomatisierte Fahren hilfreich, wie es Bild 1 zeigt.

Rot hinterlegt ist das automatisierte Fahrsystem bestehend aus dem ATO-Steuerungssystem und dem fahrzeuggebundenen Sensorsystem. Dieses erfasst die betrieblichen Umgebungszustände, z.B. Fahrzeuge im Nachbargleis, Signalstellungen oder den Status am Bahnübergang

sowie mögliche Objekte in der Umgebung und dem Betriebsumfeld (gelb hinterlegt).

Die Informationen aus dem Sensorsystem werden durch das ATO-Steuerungssystem mit den Sollzuständen, die sich aus dem betrieblichen Regelwerk oder dem Fahrplan ergeben können, verglichen. Bei Abweichungen ist eine Handlungsentscheidung herbeizuführen, die im Anschluss über automatisierte Funktionen umgesetzt wird. Hierzu erfolgen Eingriffe in das Traktions- und Bremssystem des Schienenfahrzeugs (bestehende Fahrzeugtechnik). Diese technischen Abläufe werden vom Zugsicherungssystem (blau hinterlegt) überwacht. Sollten dabei zulässige Grenzen, z.B. Bremskurven, absehbar verletzt werden, unterbindet die Zugsicherung die Ausführung, ggf. durch Eingriff ins Traktions- und Bremssystem. Bei den Automatisierungsgraden GoA2 und GoA3 führt das Fahrpersonal auf dem Schienenfahrzeug (grün hinterlegt) weiterhin betriebliche Aufgaben neben dem automatisierten

Für die Entwicklung der Algorithmen, sowie für deren Validierung bzw. Sicherheitsnachweis, werden reale Sensordaten aus dem Bahnbetrieb benötigt.

Tabelle 1: Standard- und Teilaufgaben des Triebfahrzeugführers je Automatisierungsgrad (Auszug)

Standard- und Teilaufgaben	GoA0	GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
Zug fahren					
Geschwindigkeit kontinuierlich regeln (bremsen, beschleunigen, fahren, anhalten)	X	X	S + (X)	S	S
Einhaltung der signalisierten, ortsabhängigen Geschwindigkeit gemäß Fahrerlaubnis	X	X	S + (X)	S	S
Kontinuierliche Bestimmung des aktuellen Orts	X	X	S + (X)	S	S
Führungsgrößen bei anzeigegeführtem Zugleitbetrieb beachten und entsprechend reagieren (gemäß Regelwerk)	n/a	X	S + (X)	S	S
bei Bremsungen erforderliche Verzögerung bestimmen und Haftwertbedingungen berücksichtigen	X	X	S + (X)	S	S
am Halt-zeigenden Signal (gewöhnlichen) Halteplatz festlegen und nach Bremsung dort anhalten (planmäßiges Halten); bei Reisezug auch Halten am Betriebshalt (Regel- und Bedarfshalt) möglich; auch Halten an planmäßigen Haltepunkten (Bahnanlage ohne Weichen), an denen Züge beginnen oder enden dürfen	X	X	S + (X)	S	S
Zug rangieren					
Geschwindigkeit kontinuierlich regeln (bremsen, beschleunigen, fahren, anhalten)	X	X	S + (X)	n/a	S
Einhaltung der zulässigen Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Mindestsichtweite	X	X	S + (X)	n/a	S + A
Kontinuierliche Bestimmung des aktuellen Orts	X	X	S + (X)	n/a	S + A
Annähern und Ankuppeln an anzukuppelnde Fahrzeuge	X	X	S + (X)	n/a	S + A
Fahrweg überwachen (Kontinuierliche Überwachung des aktuell zu befahrenden Fahrwegs gemäß Fahrerlaubnis hinsichtlich ...)					
möglicher Objekte im / am eigenen Gleis erkennen	X	X	X	S + A	S + A
Kollision mit als Fahrthindernis eingestufte Objekte erkennen	X	X	X	S + A	S + A
Kollision mit Personen im / am Gleis für eigenes Fahrzeug und fremdes Fahrzeug im direkten Nachbargleis erkennen	X	X	X	S + A	S + A
Legende:					
X = verantwortet von Fahrpersonal (kann durch technisches System realisiert werden)					
S = realisiert durch technisches System					
S + (X) = verantwortet durch technisches System, aber von Fahrpersonal überwacht					
S + X = verantwortet vom Fahrpersonal mit technischem System					
A = es wird Sensorik / ein Sensorsystem für die automatisierte Aufgabe benötigt					
n/a = not applicable (nicht anwendbar)					

Fahrssystem aus. Es kann analog zur Zug-sicherung störungsbedingt oder notfalls eingreifen.

Je Automatisierungsgrad hat das DZSF-Projekt eine Zuordnung der Standard- und Teilaufgaben des Tf dahingehend durchgeführt, ob sie durch ein technisches System, Fahrpersonal oder Sensorik erfüllt werden. Die Tabelle 1 ist ein Auszug aus dem Forschungsbericht [7]. Anhand von Anwendungsfällen wurden daraus konkrete Anforderungen an die Sensorik abgeleitet, z. B. in Bezug auf Sensorauflösung oder Wahrnehmungsbereiche.

3. Sektorale Erwartungen an ein Messsystem

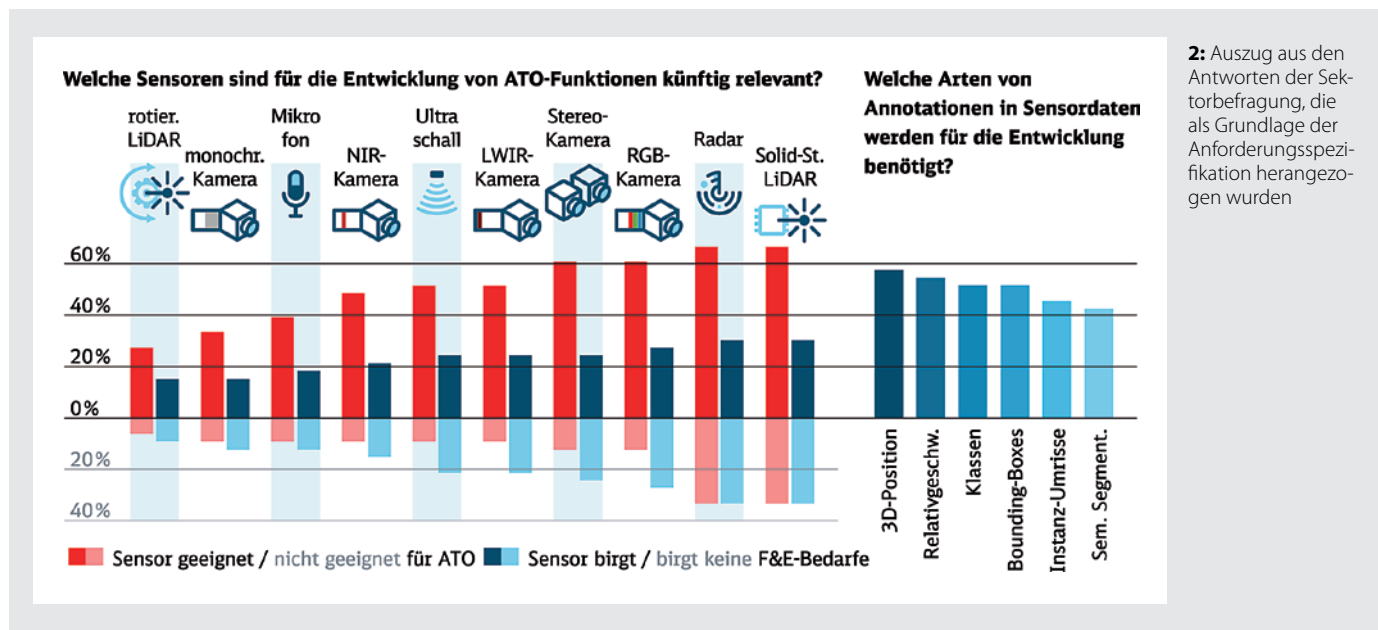
Die Überführung heutiger Aufgaben eines Tf in ein technisches Perzeptionssystem für den automatisierten Zugbetrieb mit GoA3+ erfordert die Nutzung innovativer Technologien sowohl in der Sensorik als auch in der Sensorauswertung. Für ein entsprechendes Sensorsetup gibt es jedoch eine Vielzahl von Ausstattungsvarianten, die das Erhebungssystem berücksichtigen muss. Um in dessen Spezifikation Erwar-

tungen und Expertise des Sektors einfließen zu lassen, wurde im Rahmen des Projekts eine breit aufgestellte Befragung von über 30 Organisationen durchgeführt, darunter Fahrzeug- und Sensorhersteller, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Entwicklungs- und Engineeringdienstleister für Hard- und Software sowie Forschungsinstitutionen. Der Fragebogen enthielt 53 Fragen, u.a. aus den Bereichen ATO-Anwendungen, Sensorik, Datenaufnahme und -management, Umwelteinflüsse und Absicherung/Nachweisführung von ML- und KI-gestützten Systemen. Im Folgenden sollen exemplarische Ergebnisse diskutiert werden; eine ausführliche und detaillierte Auswertung der Sektorbefragung findet sich in [7].

Übergreifend sieht der Sektor hohes Potenzial für zukünftige ATO-Anwendungen, durch die Kapazität, Flexibilität, Sicherheit und Zuverlässigkeit signifikant erhöht werden können. Dies betrifft beispielsweise personalintensive Rangier- und Zugbildungsarbeiten. Generell wird die Standardaufgabe des Überwachens des eigenen Fahrweges als besonders herausfordernd angesehen, die sowohl ein geeig-

netes Sensorsetup als auch darauf aufbauende komplexe Algorithmen erfordert, um Variationen in Einsatzumgebung und Situationen zuverlässig abzudecken [6], z. B. bei Hinderniserkennung unter variierender Witterung.

In Bezug auf Sensortechnologien zeichnen die Ergebnisse ein sehr differenziertes Meinungsbild. So zählen LiDAR und Radar gleichzeitig zu den am dringendsten gefragten und den am skeptischsten betrachteten Sensoren, sowohl in Bezug auf ATO-Relevanz als auch in Bezug auf Forschungsbedarfe (vgl. Bild 2). Auch verschiedene LiDAR-Bauformen werden sehr unterschiedlich bewertet: Während Solid-State-Systeme zu den aussichtsreichsten Sensoren gezählt werden, sieht der Sektor bei mechanisch rotierenden Systemen deutliche Zuverlässigkeitsrisiken. Allgemein werden als Hinderungsgründe für die Bahnfestigkeit von Sensoren beispielsweise funktionale Sicherheit, Brandschutz, EMV, Schock- und Vibrationsfestigkeit, Temperaturbereich, Langzeitverfügbarkeit und nicht bahnkonforme Schnittstellen genannt. Zu den eher unstrittigen Bedarfen zählen RGB-Kameras (Farbkameras) und



2: Auszug aus den Antworten der Sektorbefragung, die als Grundlage der Anforderungsspezifikation herangezogen wurden

Stereokameras; dennoch: Ein einheitliches Verständnis, was das „optimale Sensor-setup“ künftiger ATO-Lösungen definiert, existiert (noch) nicht.

Die Nachfrage nach zugehörigen Annotationen der Sensordaten, die der Sektor zu deren Nutzung benötigt, reicht von 3D-Positionen von Objekten bis hin zu pixelgenauen semantischen Segmentierungen. Ferner werden eine genaue örtliche und zeitliche Kalibrierung der Sensoren sowie eine ausreichende Varianz und Abdeckung der Szenarien in den zu erhebenden Datensätzen als dringend notwendig betrachtet. Die Mehrheit der Befragten gibt an, dass sie zurzeit nicht über eine vergleichbare Möglichkeit der Datenerhebung verfügt, sodass sich hieraus ein dringender Bedarf für den Aufbau von realen Messsystemen ergibt.

4. Überblick Sensorsetup und punktuelle Motivationen

Aus den identifizierten Wahrnehmungsaufgaben, den Ergebnissen der Sektorbefragung sowie dem Wissen im Projektteam wurde das in Bild 3 dargestellte Sensor-setup entwickelt, geleitet durch folgende Handlungsprämissen:

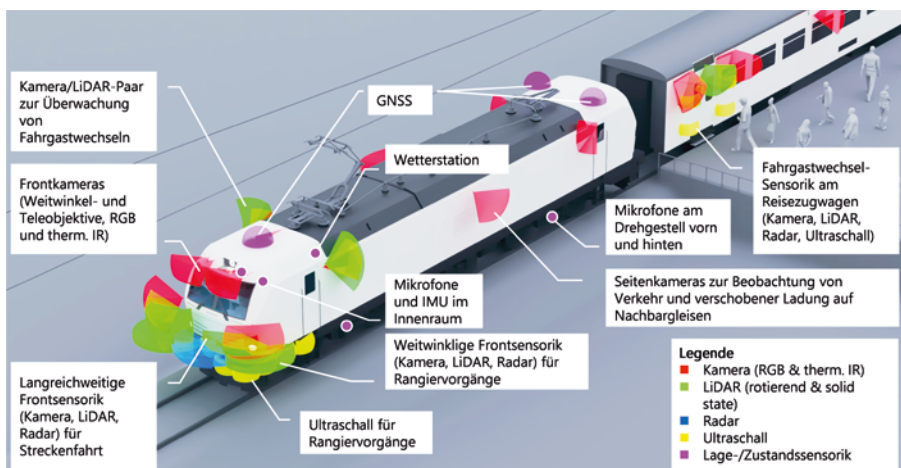
- Verschiedene Sensoransätze werden im Sinne einer „Obermenge“ integriert, um für unterschiedliche Fahr- und Betriebs-szenarien zugleich Test- und Trainingsdaten zu erheben.
- Anforderungen an die Sensoren (Reichweiten, Auflösungen, Sichtfelder etc.)

spiegeln reale Möglichkeiten der Tf oder der Zub wieder. Geometrische Randbedingungen aus Gleisverläufen und Streckeneigenschaften sind berücksichtigt.

- Lösungen können durch verschiedene Sensoren oder deren Kombinationen entstehen.

Die Kernausrüstung des Sensorsetups findet sich im Frontbereich des Triebfahrzeugs. Ultraschallsensoren im unteren Bereich (frontal und seitlich) sollen den Nahbereich bei geringen Geschwindigkeiten (z.B. Rangieren) abdecken, bei Annäherungsfahrten sowie zur Erkennung von Hindernissen unmittelbar vor dem Fahrzeug. In mittlerer Fahrzeughöhe werden

Radar und LiDAR-Sensoren verbaut. Die Radarsensorik besteht aus einem Fernradar (schmäler Sichtwinkel) und zwei Nahbereichsradaren (weiter Sichtwinkel). Diese haben das Potenzial, hinreichend reflektierende Objekte auch bei schlechter optischer Sicht erkennen zu können und auch Relativgeschwindigkeiten direkt messen zu können. Vergleichbar ausgerichtet ist die LiDAR-Sensorik: Den Fernbereich decken je nach Auslegungsvariante zwei oder drei Sensoren ab, die im Nahbereich jeweils links und rechts durch Weitwinkel-LiDAR komplementiert werden. Die Systeme decken gezielt unterschiedliche Messtechnologien mit „Time of Flight“ vs. „FMCW“ [1] ab, sowie unterschiedliche Strahlen-



3: Konzeptionelle Darstellung des Sensorsetups für das Messsystem (Verbauorte am Triebfahrzeug und am Reisezugwagen)

Das Erhebungssystem soll Basis für die Erhebung von Datensätzen sein, die für eine technologische Weiterentwicklung in Richtung GoA4 erforderlich sind.

kungstechnologien wie MEMS, Rotation und Flash. Kamerasysteme bilden den optischen Sinn des Tf ab und werden entsprechend im oberen Fahrzeugbereich verbaut. Zwei RGB-Kameras auf Augenhöhe des Tf erlauben eine sehr breite Abdeckung des Sichtfeldes sowie eine Stereo-Abstandsbestimmung. Für den Fernbereich sind zusätzlich zwei RGB-Tele-Kameras vorgesehen. Ergänzend werden hier auch für den Nah- und Fernbereich zwei Kameras für langwelliges (thermisches) Infrarot installiert, um insbesondere Lebewesen auch bei Nacht identifizieren zu können.

Um die Rückspiegelfunktionen abzubilden, werden auf jeder Seite eine RGB-Kamera und ein LiDAR-System integriert. Für den Hör- und Gleichgewichtssinn des Tf werden im Innenraum zwei Mikrofone (z. B. für Warnsignale bei Gleisbauarbeiten) vorgesehen, sowie eine Inertial Measurement Unit (IMU), um Beschleunigungs- und Rotationsdaten während der Fahrt erfassen zu können. In den Drehgestellen werden Mikrofone zur Identifikation von Störungen vorgesehen. Auf dem Dach sind drei gekoppelte GNSS-Antennen für die Lokalisierung und 3D-Lageschätzung, eine 360°-Kamera zur Identifikation von Landmarken sowie zur Erkennung von Störungen an der Oberleitung sowie eine Wetterstation verbaut. Seitlich am Fahrzeug befindet sich eine RGB-Kamera, um Unregelmäßigkeiten (z. B. Ladungsverschiebungen) an vorbeifahrenden Zügen zu identifizieren.

Für weitere Details und die Beschreibung des Sensorsetups am Reisezugwagen zur Automatisierung der Fahrgastwechsel-Überwachung wird an dieser Stelle auf den Forschungsbericht [7] zum Projekt verwiesen.

5. Ergebnisse und Ausblick

Das vorgestellte Konzept stellt ein mögliches Messsystem zur Erhebung von Test- und Trainingsdaten für ATO-Anwendungen dar, das ausgehend von den heute gelten-

den Anforderungen an Triebfahrzeugführer künftige Forschungs- und Entwicklungsfragen des Sektors im Bereich Sensortechnologien, Automatisierung und Algorithmik (u.a. ML bzw. KI) berücksichtigt.

Der nächste Entwicklungsschritt ist die Realisierung des Messsystems als vollständiges Erhebungssystem – also der Aufbau eines Experimentalzugs als Sensorträger für das Messsystem, die Realisierung einer im Sektor standardisierten Systemarchitektur zur Synchronisation, Kalibration und gegebenenfalls Adaption der Sensorik für Messfahrten sowie die Umsetzung eines fahrzeugeitigen Datenmanagementsystems. Das Erhebungssystem soll Basis für die Erhebung von Datensätzen sein, die für eine technologische Weiterentwicklung in Richtung GoA4 erforderlich sind.

Über den technischen Aufbau des Messsystems hinaus soll sich dieses in ein breiteres Ökosystem zur Nutzbarmachung, Dissemination und Ergänzung der erhobenen Daten einbetten. Dazu zählen Annotation und Qualitätskontrolle der Daten, die dedizierte Behandlung von Datenschutzaspekten, Methoden zur Augmentierung und Synthetisierung/Simulation sowie die automatisierte Selektion nach Relevanzkriterien, aber auch die Anbindung an verwandte internationale Initiativen, insbesondere die europäischen Aktivitäten zur Entwicklung und Absicherung risikoreicher KI-Systeme.

6. Danksagung

Das Projektteam bedankt sich bei allen Teilnehmenden des Begleitkreises und der Sektorbefragung für ihre wertvollen fachlichen Hinweise und Einschätzungen sowie die anregenden Diskussionen, insbesondere (in alphabetischer Reihenfolge) ANavS GmbH, AVL Deutschland GmbH, Alstom Transport, Austrian Institute of Technology, Bosch Engineering GmbH, Continental AG, DB AG, DB Cargo AG, DB Netz AG, DLR, Fraunhofer FHR, Fraunhofer IMS, Fraunhofer IZM, IAV GmbH, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Knorr-Bremse SFS GmbH, SBB AG, SBB Cargo AG, Siemens Mobility GmbH, TH Nürnberg, Thales Deutschland Group, dSPACE GmbH, iMAR Navigation GmbH sowie ÖBB AG.

Wir möchten uns weiterhin bei unseren DZSF-Kollegen, Pavel Klasek und Dr. Rustam Tagiew, sowie bei Dr. Masoud Roschani und Jens Ziehn vom Fraunhofer IOSB und Andreas Schmelter von der TH OWL für die Impulse bei der Erstellung dieses Artikels bedanken.

Literatur

- [1] Aeva Becomes First FMCW 4D LiDAR on NVIDIA DRIVE Autonomous Vehicle Platform. Businesswire (Mar 2022)5. BMDV: Autonomes Fahren im Schienenverkehr. FE-Nr. 97.370/2016 (2018).
- [2] BMDV: Autonomes Fahren im Schienenverkehr. FE-Nr. 97.370/2016 (2018).
- [3] Cordts, M., Omran, M., Ramos, S., Rehfeld, T., Enzweiler, M., Benenson, R., Franke, U., Roth, S., Schiele, B.: The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding. In: IEEE CVPR (2016).
- [4] Geiger, A., Lenz, P., Urtasun, R.: Are We Ready For Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite. In: CVPR (2012).
- [5] Harb, J., Rébena, N., Chosidow, R., Roblin, G., Potarusov, R., Hajri, H.: FRSign: A Large-Scale Traffic Light Dataset for Autonomous Trains. arXiv:2002.05665 (Feb 2020).
- [6] Kalb, T., Roschani, M., Ruf, M., Beyerer, J.: Continual Learning for Class-and Domain-Incremental Semantic Segmentation. In: 2021 IEEE IV. pp. 1345–1351 (2021).
- [7] Leinhos, D., et al.: Sensorik als technische Voraussetzung für ATO-Funktionen. Tech. Rep., Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (2022).
- [8] Ristić-Durrant, D., Franke, M., Michels, K.: A Review of Vision-Based On-Board Obstacle Detection and Distance Estimation in Railways. Sensors 21(10), 3452 (May 2021).
- [9] Tagiew, R., Buder, T., Tilly, R., Hofmann, K., Klotz, C.: Datensätze für das autonome Fahren als Grundlage für GoA3+. ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 9 (2021), <https://eurailpress-archiv.de/SingleView.aspx?show=2760103>.
- [10] Yu, F., Chen, H., Wang, X., Xian, W., Chen, Y., Liu, F., Madhavan, V., Darrell, T.: BDD100K: A Diverse Driving Dataset for Heterogeneous Multitask Learning. In: IEEE/CVF CVPR. pp. 2636–2645 (2020).
- [11] Zende, O., Murschitz, M., Zeilinger, M., Steininger, D., Abbasi, S., Beleznaï, C.: Rail-sem19: A Dataset For Semantic Rail Scene Understanding. In: IEEE/CVF CVPR. pp. 0–0 (2019).

Summary

Test and training data for ATO perception systems – requirements on a measuring system

Besides great opportunities, ATO is facing considerable challenges, not least in terms of perception. Research needs to explore a wide design space of possible sensor types and configurations, as well as operating conditions and tasks and also require different development and test data sets. The specified measurement system for their collection bridges the gap between today's driving tasks and future technological issues. Its implementations should significantly contribute to solving the major challenges of safe automation towards GoA4.