

Entwicklung automatisierter Fahrzeuge auf dem Mercedes-Benz Prüfgelände in Immendingen – Strassenmarkierungsprojekte

Dr. Nils Katzorke

- 2016 B.A. in Transport und Logistikmanagement von der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Braunschweig
- 2018 Master of Businessengineering, Steinbeis Hochschule in Berlin
- 2023 Doctor of Business Administration, Wirtschaftsuniversität in Prag
- 2016 – 2018 Projektkoordinator für den Bau des Mercedes-Benz Prüf- und Technologiezentrums in Immendingen
- Seit 2018 Zuständig für die strategische Weiterentwicklung des Mercedes-Benz-Prüf- und Technologiezentrums





Entwicklung automatisierter Fahrzeuge auf dem Mercedes-Benz Prüfgelände in Immendingen – Straßenmarkierungsprojekte

Nils Katzorke

Projektleiter für Prüfgeländeweiterentwicklung

16. November 2023

SISTRA-Fachtagung in Sursee, Schweiz

Mercedes-Benz



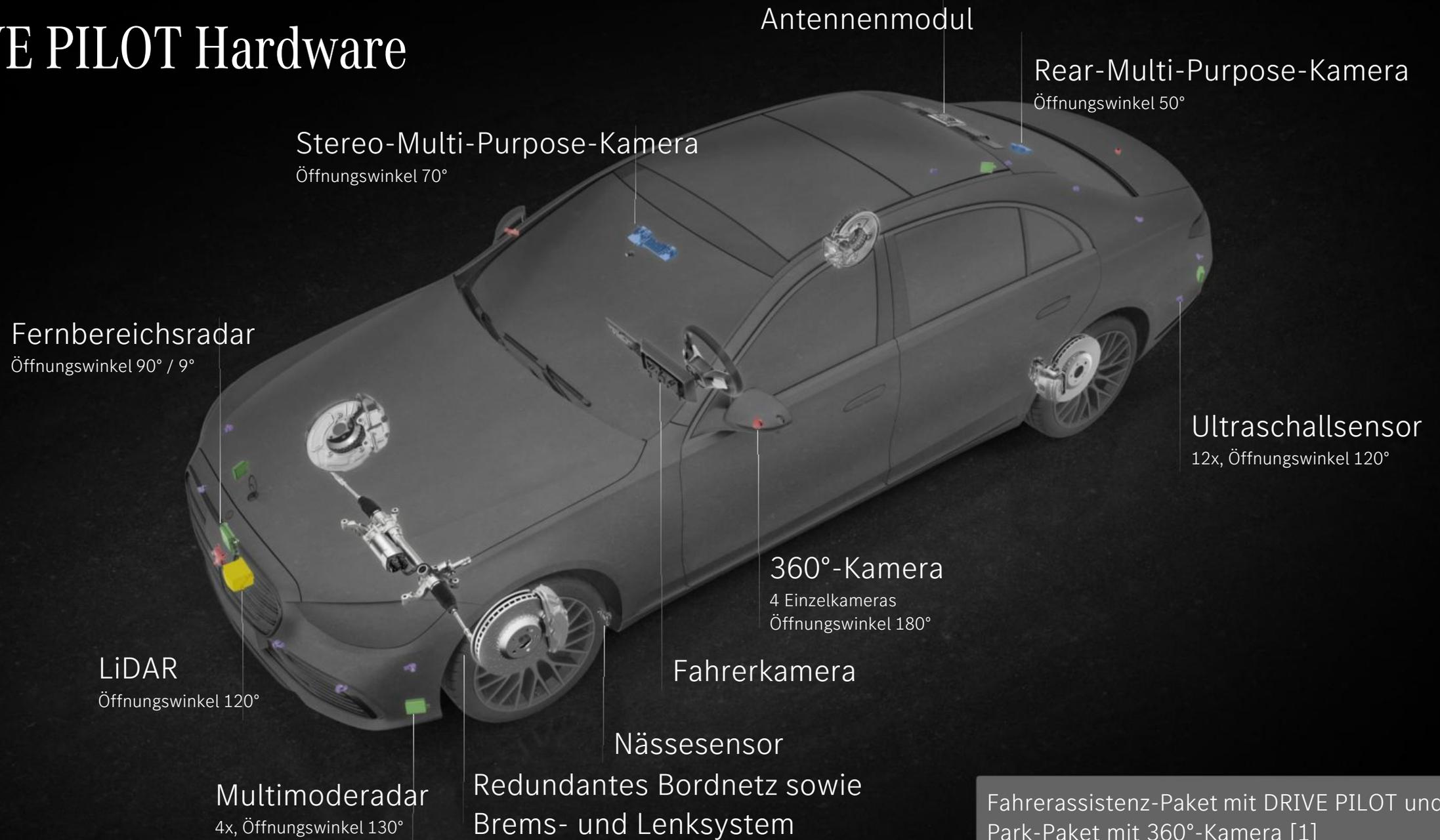
Agenda

1. Die Bedeutung von Straßenmarkierungen für automatisierte Fahrzeuge
2. Die ganze Welt an einem Ort
3. Maximierung der Vielseitigkeit von Prüfgeländen

Agenda

1. Die Bedeutung von Straßenmarkierungen für automatisierte Fahrzeuge
2. Die ganze Welt an einem Ort
3. Maximierung der Vielseitigkeit von Prüfgeländen

DRIVE PILOT Hardware

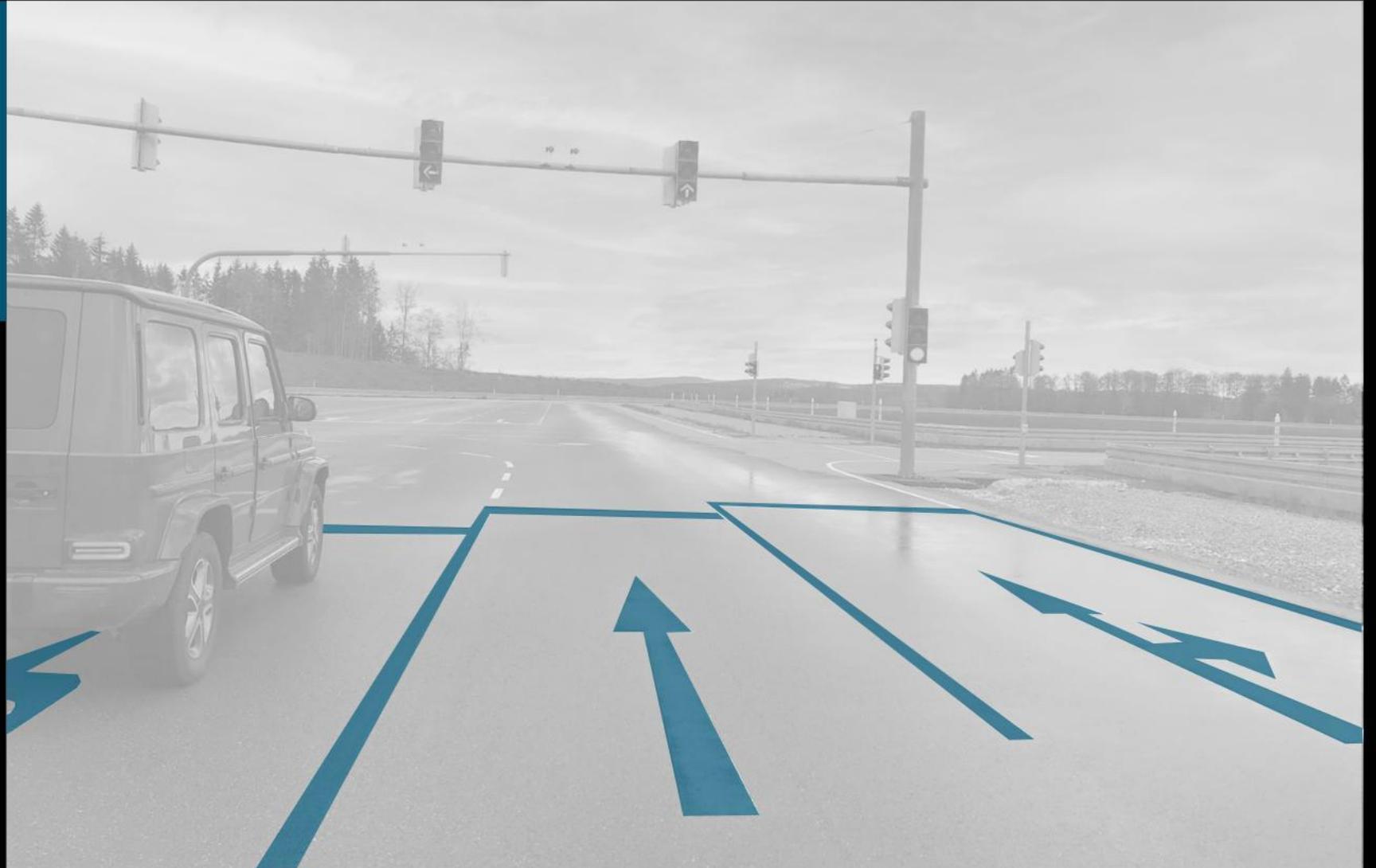


Fahrerassistenz-Paket mit DRIVE PILOT und
Park-Paket mit 360°-Kamera [1]

Eigenschaften von Straßenmarkierungen

Straßenmarkierungen

- Farbe
- Muster
- Kontrast
- Reflexion (diffuse Reflexion / Retroreflexion bei Dunkelheit)



Agenda

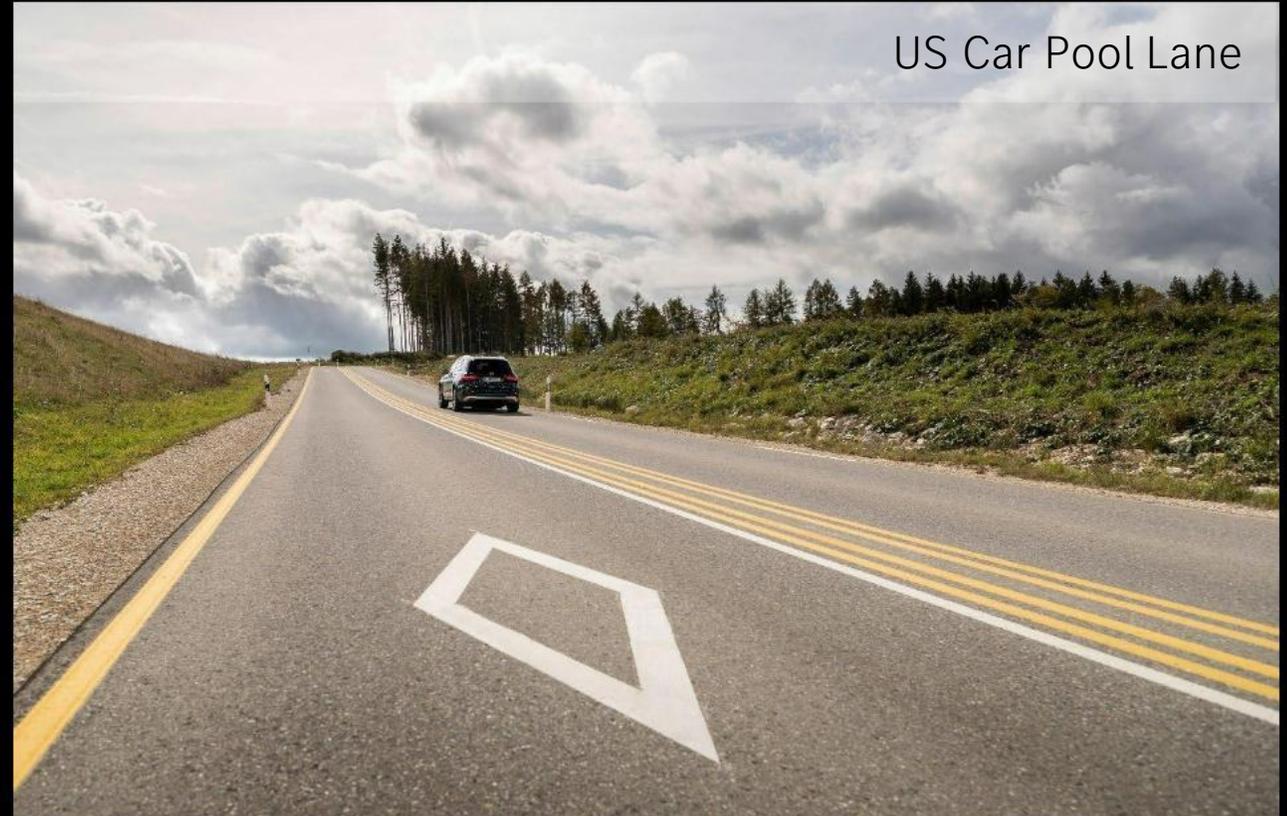
1. Die Bedeutung von Straßenmarkierungen für automatisierte Fahrzeuge
2. Die ganze Welt an einem Ort
3. Maximierung der Vielseitigkeit von Prüfgeländen

Prüfgelände Immendingen



Herausforderungen für Prüfgeländebetreiber [2]

- > 64,2 Mio. km Straßennetz weltweit [3]
 - Unterschiedliche, länderspezifische Standards
 - Einhaltung der Standards ist nicht vollständig sichergestellt
- Verschleiß / Verschmutzung
- Fehlende Markierungen (Road Edge)
- Baustellen und andere temporäre Einflüsse



Identifizierung kritischer Szenarien und agile Anpassung der Markierungen auf Prüfgeländen nötig

[2] Katzorke, 2021

[3] CIA, 2013

Länderspezifische Straßenmarkierungen

China



Frankreich



Japan



Spanien



Südkorea



USA



Spezifische Parkplatzmarkierungen

- Immendingen hat eine hohe Anzahl verschiedener, internationaler Parkplatzmarkierungen
- Nutzung zum Testen von Parkassistenzsystemen sowie als reguläre Parkplätze für Mobilitätszwecke



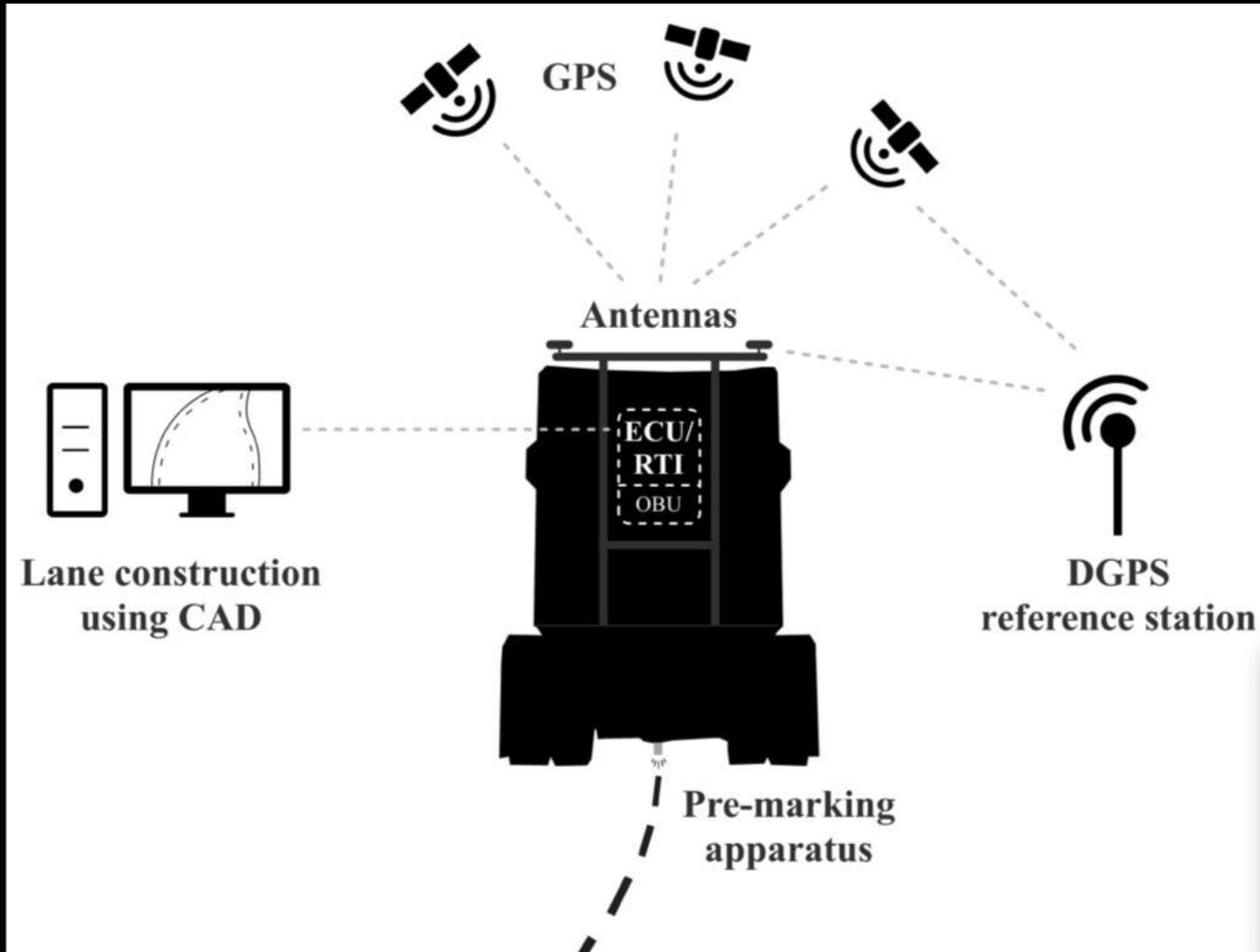
Spezifische Parkplatzmarkierungen



Agenda

1. Die Bedeutung von Straßenmarkierungen für automatisierte Fahrzeuge
2. Die ganze Welt an einem Ort
3. Maximierung der Vielseitigkeit von Prüfgeländen

Automatisierte Fahrzeuge zum Vormarkieren temporärer Markierungsmuster [4]



Systemaufbau für RTK-gestütztes automatisiertes Vormarkierungskonzept

Automatisierte Fahrzeuge zum Vormarkieren temporärer Markierungsmuster [4]

© IEEE 2022 | <https://doi.org/10.1109/ICCVE52871.2022.9743020>

Kurve ($r = 500 \text{ m}$)

S-Kurve

Luftbild auf Manövermarkierungen auf der Fahrdynamikfläche

Fazit: Automatisiertes Vormarkierungskonzept [4]

- Genauigkeiten sind unterhalb nationaler Normen (Deutschland, England, Irland) für permanente Markierungen
- Genauigkeiten sind ausreichend für Zertifizierungs- und Ratingtests
- Positive Rückmeldung der Nutzer → Manövermarkierungen häufig angefragt
- Schwingung des Lkws verursacht Positionierungsfehler [5]
 - kleine automatisierte Fahrzeuge wie Pkws oder Target-Plattformen sind empfohlen

Proof of Concept erreicht

- | | |
|-----------------------------|---|
| + Geringe Aufwände | - Genauigkeiten unterhalb nationaler Normen |
| + Ausreichende Genauigkeit | (bessere Ergebnisse werden mit kleineren |
| + Geringe Applikationsdauer | Fahrzeugen erreicht) |

[4] Katzorke, 2022

[5] Heinrich, 2021

Untersuchung geeigneter Materialeigenschaften [6]



Aufbau des Experiments

Längs- und Quermarkierungen als Folie mit verschiedenen Eigenschaften (Typ I und II, weiß und gelb, mit und ohne Primer, verschiedene Klebstoffe)

Beispielprojekte | Testfeld Parksysteme

- Verschiedene länderspezifische Parkplatzmarkierungen
- Objekte wie Wheel-Stoppers, Barrieren, Pfosten und Bordsteinkanten werden bei Bedarf platziert
- Fahrzeug- und Fußgängerdummies werden genutzt



Beispielprojekte | US Highway Divider

- Gemäß MUTCD
- Enthält Markierungsknöpfe



Retroreflexion der Knöpfe
bei Nacht und Tag

Beispielprojekte | Fußgängerüberwege

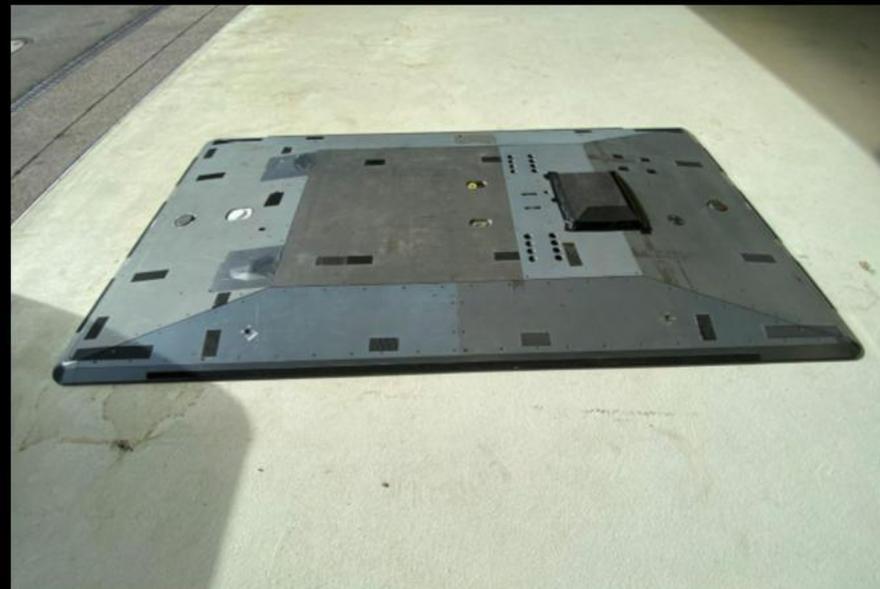


Target-Plattformen für automatisierte Applikation von Folien

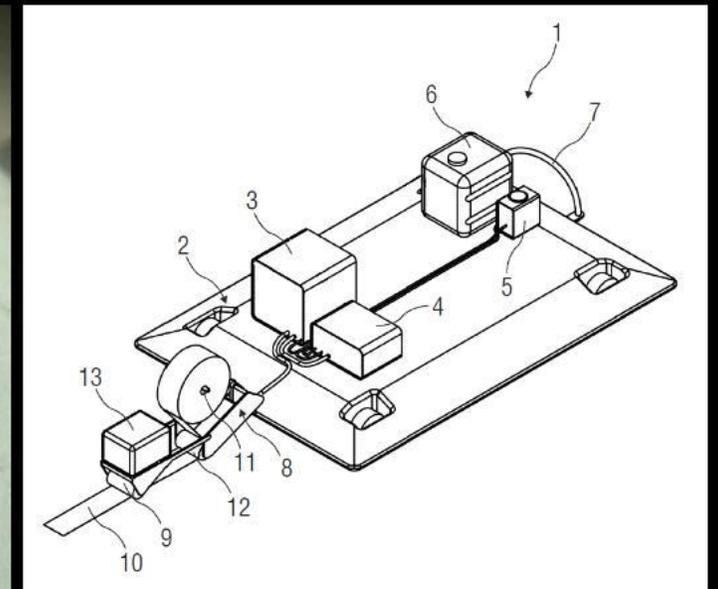
- Vorrichtung und Methode für automatisierte Applikation von Folien unter der Verwendung georeferenzierter Daten
- Zur flexiblen Anpassung von Markierungsmustern auf ca. 20 ha Asphaltfläche in Immendingen genutzt
- Patent angemeldet in 2022



Global Vehicle Target (GVT)



Plattform



Markierroboter [7]

[7] Rottler et al., 2022

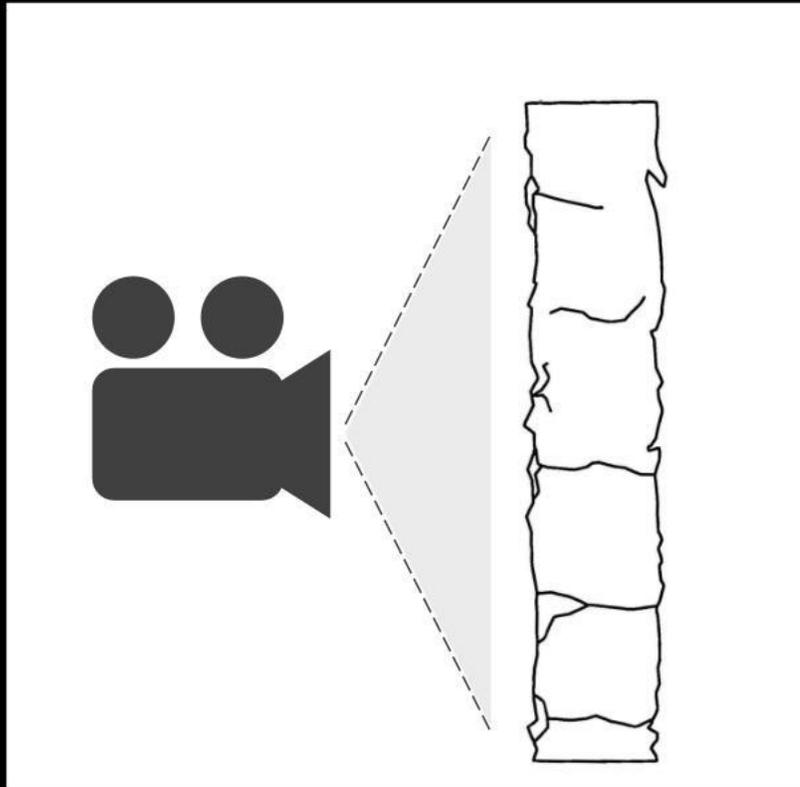
Mercedes-Benz

Digitalisierung aktuell applizierter Markierungen für virtuelle Tests

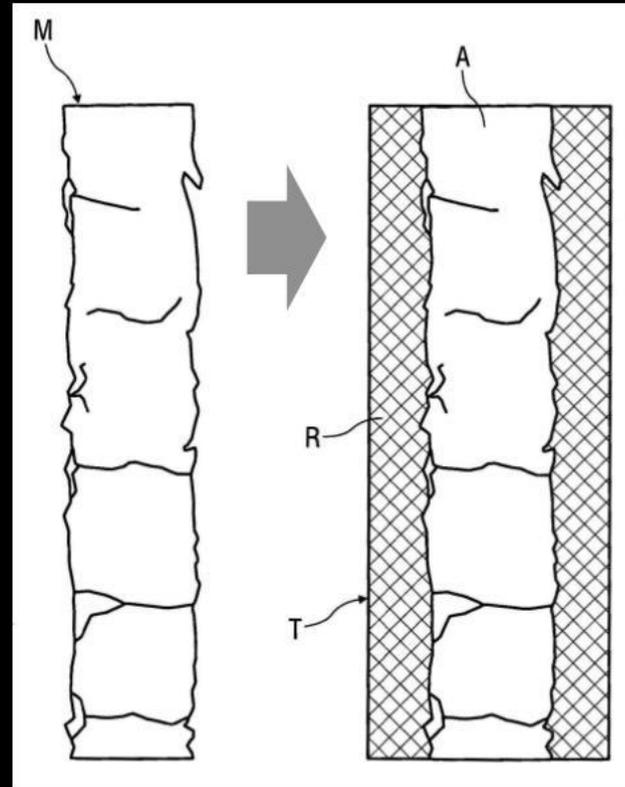
Agil applizierte Straßenmarkierungen können im digitalen Prüfgeländezwilling schnell modelliert werden, wenn georeferenzierte Liniendaten vorliegen.



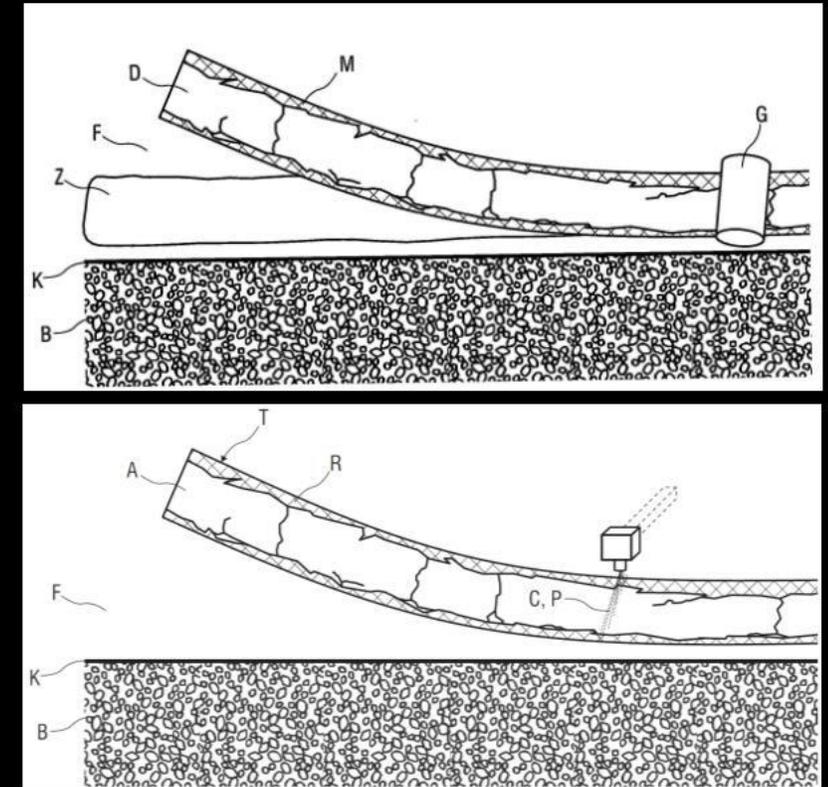
Reproduzierbar geschädigte Straßenmarkierungen



Erfassen von
Schädigungsmustern aus dem
öffentlichen Verkehrsraum



Fertigung einer Schablone



Direktapplikation mittels Farbe
/ Spritzplastik oder Herstellung
einer Klebefolie

Fazit & Kontakt

Kernbotschaften

- Automatisierte Fahrzeuge nutzen Straßenmarkierungen, um durch den Verkehr zu navigieren
- International harmonisierte Standards für Markierungen beschleunigen die Einführung automatisierter Fahrsysteme
- Agile Markierungsanpassung auf Prüfgeländen erlaubt die Abbildung vieler Szenarien

Nils Katzorke, DBA

 nils.katzorke@mercedes-benz.com

Weitere Veröffentlichungen

 researchgate.net/profile/nils-katzorke-2

Literatur

-
- [1] J. Haab und C. Rössing, “Autonomes Fahren – Intelligent Drive in der neuen S-Klasse im Spannungsfeld zwischen Komfort und Sicherheit,” präsentiert auf dem VDI-Abend „Autonomes Fahren“, Stuttgart, Deutschland, 16. März 2021.
-
- [2] N. Katzorke, “Erkennung von Straßenausstattung durch automatisierte Fahrzeuge: Entwicklung und Erprobung,” präsentiert auf dem Aachener Fachsymposium Straßenwesen – Smart Infrastructure, Aachen, Deutschland, 17. Juni 2021. [LINK](#).
-
- [3] Central Intelligence Agency. “The World Factbook.” CIA.gov. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/roadways/> (abgerufen am 15. Mai 2021). [LINK](#).
-
- [4] N. Katzorke, “Using RTK-based automated vehicles to pre-mark temporary road marking patterns for test maneuvers of automated vehicles,” IEEE ICCVE, Lakeland, FL, USA, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCV52871.2022.9743020. [LINK](#).
-
- [5] L. Heinrich, “Handlungsempfehlungen zur Entwicklung eines Vorgehens zur anforderungsgerechten Vormarkierung für temporäre Straßenmarkierungen,” nicht veröffentlicht.
-
- [6] N. Katzorke, S. Kastner, P. Kolar und H. Lasi, “Agile altering of road marking patterns for lane detection testing,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2022, doi: 10.1109/TITS.2022.3174919, [LINK](#).
-
- [7] D. Rottler, S. Werr, N. Strube und N. Katzorke, “Vorrichtung und Verfahren zum Aufbringen einer Fahrbahnmarkierung auf einen Untergrund,” Deutsches Patent DE 10 2022 003 420.4, 2022, [LINK](#).
-
- [8] N. Katzorke, “Verfahren zur physischen Simulation von geschädigten Fahrbahnmarkierungen und/oder Rückständen entfernter Fahrbahnmarkierungen,” Deutsches Patent DE 10 2023 000 230.5, 2023, [LINK](#).
-