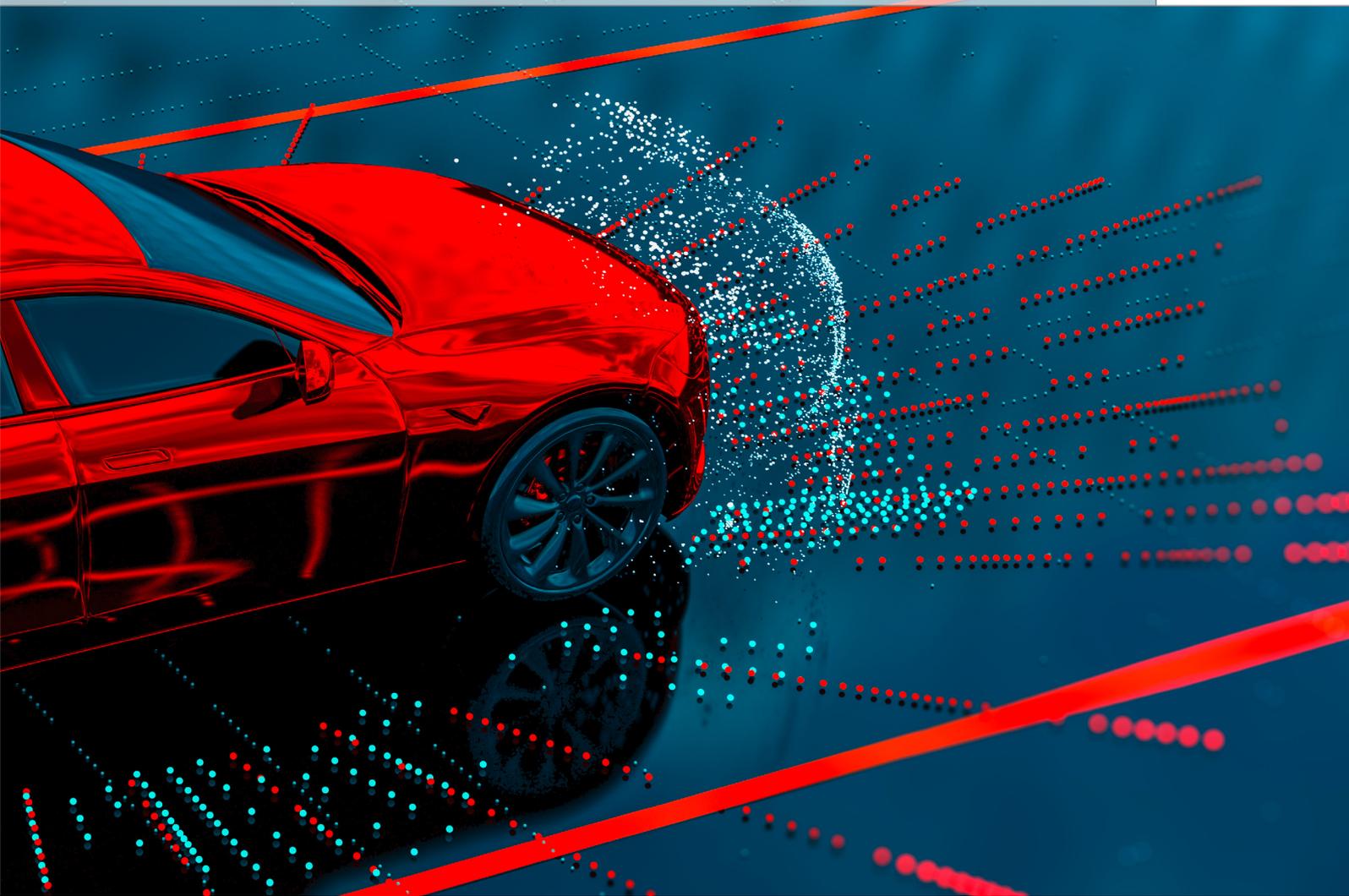
A red car is shown from a high-angle perspective, partially obscured by a digital overlay of colorful dots and lines in red, blue, and yellow, representing sensor data or a simulation environment. The background is dark blue with a grid of light blue dots.

Entwicklung von Funktionen für  
ADAS und autonomes Fahren

# Sensor basiert fahren

Mit der Test- und Analyseplattform „Autonomous Data and Analytics Platform for Testing (ADAPT)“ möchte P3 seine Kunden dabei unterstützen, die Implementierung von Funktionen für ADAS und autonomes Fahren zu evaluieren. Analysiert und verifiziert werden insbesondere bildbasierte Funktionen, Funktionen für den Sensortest sowie Sensorkonfigurationen und -algorithmen. Dafür kommt die Multisensor-Entwicklungsumgebung RTMaps zum Einsatz.



**D**urch neue Trends sieht sich die Automobilindustrie derzeit einem starken Wandel ausgesetzt. P3 möchte OEMs und Zulieferer auf ihrem Weg in die Zukunft unterstützen und stellt deshalb effektive Strategiekonzepte bereit – mit dem Ziel, neue vernetzte Services und Technologien für autonomes Fahren (AD) auf den Markt zu bringen. Für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge und Fahrerassistenzsysteme (ADAS) bietet P3 daher ein umfassendes Service-Portfolio:

- Entwicklung von Technologie-Roadmaps und Geschäftsstrategien
- Benchmarking für globale Produkte und Mobilitätsservices
- Definition von funktionalen System- und Subsystemanforderungen
- Analyse der funktionalen Sicherheit (ISO 26262)
- Rapid Prototyping (HW/SW)

- Datenstrategie und Datenanalyse
- Agile Prozesssteuerung und Markteinführung

Das Know-how von P3 in diesen Bereichen wurde kürzlich durch die Tochtergesellschaft P3 North America anhand eines ADAPT-Fahrzeugs unter Beweis gestellt, das durch anspruchsvolle ADAS und Equipment für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge überzeugt.

#### **Betrachtungen zur Autonomie**

Während der Spezifikationsphase wurden die Sensortypen sowie Software und Hardware für zukünftige Tests definiert. Die Entwickler legten die Test- und Analyseplattform ADAPT so breitbandig aus, dass sie autonome Fahrzeuge ab SAE-Level 3 mit ihren zahlreichen Konfigurationen unterstützt. Das Ziel der Ingenieure war es, ein modulares Fahrzeug zu schaffen, das mit einer Vielzahl statischer und

dynamischer Sensoren ausgestattet werden kann und das zuverlässig Echtzeitdaten bereitstellt, unabhängig von Wetter- oder Verkehrsbedingungen. Die P3-Ingenieure führten eine Benchmark-Studie durch, um diverse Kombinationen unterschiedlicher Sensoren zu untersuchen. Dazu zählen Kameras für die Front-, Rundum- und periphere Sicht, Radarsensoren für Kurz-, Mittel- und Langstrecke, ein Lidar sowie Ultraschallsensoren. Gleichzeitig evaluierten sie gängige Kommunikationsschnittstellen, zum Beispiel USB, Ethernet und CAN. Zur Demonstration und Abdeckung unterschiedlicher Konzepte sind für das Fahrzeug Scan- und Solid-State-Lidars, Ultraschallsensoren sowie verschiedene Kamera- und Radarsensoren vorgesehen.

#### **Design-Spezifikationen**

Um die ADAS-Funktionen für das Demofahrzeug zu entwerfen und zu >>



Das Demofahrzeug für die ADAPT-Plattform von P3 verfügt über einen PC mit RTMaps für die Datenaufzeichnung und einen Sensorsatz (Lidar, Ultraschall, Frontkamera, Frontradar).



modellieren, setzte P3 auf einen modellbasierten Engineering-Ansatz, der auch den Systementwurf unterstützt. Dazu gehört es, zunächst ein Fahrzeug- und Funktionsarchitekturmodell zu erstellen sowie sämtliche funktionalen und für den Softwaretest notwendigen Anforderungen zu identifizieren. Dazu wurden die jeweils geeigneten Testmethoden (Model-in-the-Loop (MIL), Software-in-the-Loop (SIL), Hardware-in-the-Loop (HIL) usw.) festgelegt, immer mit dem Ziel, Software und Hardware für

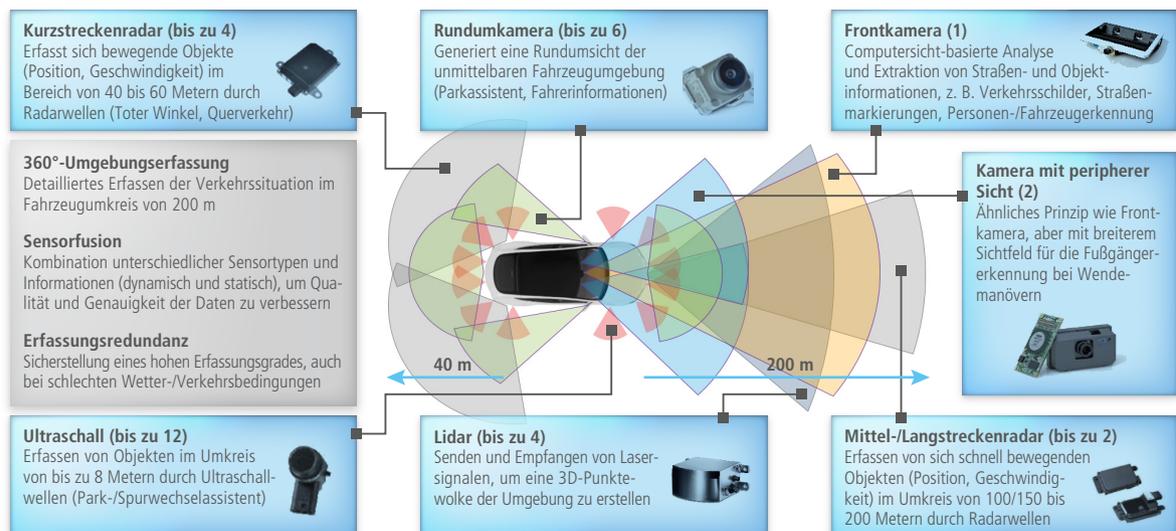
die Serienreife abzusichern. Darüber hinaus identifizierten die Ingenieure von P3 sicherheitskritische Szenarien und definierten entsprechende Zielvorgaben für die Systemsicherheit. Basierend auf dieser ersten Bewertung, wurden die systemtechnischen und sicherheitstechnischen Anforderungen für die Implementierung festgelegt.

**Fahrzeugausstattung**

Mit den gewonnenen Erkenntnissen zu den funktionalen Sicherheitsanforde-

rungen begannen die P3-Ingenieure, das Demofahrzeug mit Mess- und Testequipment auszustatten und die verschiedenen Sensoren am Fahrzeug zu installieren. Dazu wurden die Sensorstecker und die Verkabelung entsprechend der definierten Architektur und der Schnittstellen verbaut. Zusätzlich installierte PCs dienen zur Aufzeichnung der Sensordaten. Bei der Ausstattung des Fahrzeugs mit diesen Instrumenten mussten wichtige Aspekte beachtet werden:

Systeme für autonome Fahrzeuge bestehen aus zahlreichen Sensoren sowie verschiedener Software und Hardware





Solid-State-Lidar auf dem Fahrzeugdach.



Leistungsmanagement, I/O, Datenaufzeichnung und Processing Units im Kofferraum.

- Umsetzung des Fahrzeugkonzepts, das über genügend Flexibilität und Offenheit für zukünftige Sensorpositionen und Erweiterungen verfügt
- Einsatz von Sensoren mit gängigen Kommunikationsschnittstellen, zum Beispiel USB, Ethernet und CAN
- Verbau von Fahrzeugsensoren innen und außen
- Einbau eines zuverlässigen Powermanagements, um die Stromversorgung von Zusatzgeräten und Mehrfachkonfigurationen sicherzustellen
- Erweiterbarer Datenspeicher, der auch die umfangreichsten Sensorkomplexe und Testszenarien unterstützt
- Einfacher Zugang zu allen Geräten, mit ausreichend Platz für Erweiterungen, wobei trotzdem genügend Raum für die Fahrgäste bleibt sowie die Sicherheit und die Integrität des Fahrzeugs gewahrt werden
- Optimale Kabelführung, die robust genug ist, um Umweltbelastungen und Dauereinsatz standzuhalten, aber kurz genug, um Datenverluste zu reduzieren
- Vermeiden von Störungen im Zusammenspiel mit bestehenden Sensoren, zum Beispiel in Form von blockierten Sichtfeldern anderer Sensoren, Netzwerkstörungen oder Rauschen

#### Aufbau des Datenaufzeichnungssystems

Damit die Funktionen für ADAS und autonomes Fahren fehlerfrei arbeiten, müssen die Echtzeitdaten exakt erfasst werden. Mit diesem Ziel vor Augen definierten die Ingenieure verschiedene Anforderungen und Bedingungen, die beim Aufbau des Datenaufzeichnungssystems zu berücksichtigen waren. Dabei standen die folgenden Aspekte im Fokus:

- Zusammenwirken und Kommunikation zwischen den Sensoren
- Datenverarbeitung für notwendige Live-Visualisierungen, zum Beispiel Konvertieren der Radardaten von Polarkoordinaten (Entfernung, Winkel) in kartesische Koordinaten (x, y, z)
- Datensynchronisation in Echtzeit oder mit dem GPS-Takt
- Überwachen der Sensorkommunikation (RTMaps-Watchdog-Blöcke, um die Datenaufzeichnung sicherzustellen)
- Speichern der Rohdaten (zum Testen geänderter Algorithmen in einem Wiedergabediagramm)
- Speichern von verarbeiteten Daten (um Zeit beim Wiedergeben nach dem Test zu sparen)
- Sicherstellen, dass die Sensoren korrekt mit weiteren Komponenten interagieren (P3 nutzt RTMaps, um notwendige Informationen bereitzustellen, darunter CAN, Gierrate etc.)

>>



„Wir haben bereits mit der dSPACE MicroAutoBox und mit ControlDesk gearbeitet und würden beides weiterempfehlen, um ADAS/AD-Prototypen robuster zu machen. So können Prototypensysteme unter nahezu realen Fahrzeugbedingungen betrieben werden.“

*Modar Horani, geschäftsführender Direktor des System-Engineerings bei P3 North America*



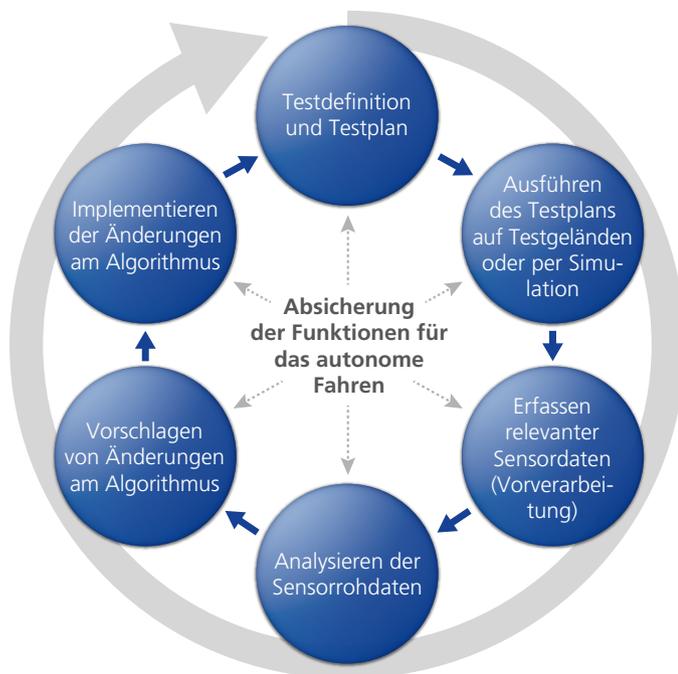
Meilensteine beim Aufbau und Feinjustieren des autonomen Fahrzeugsystems.

**Sensordaten erfassen**

Nachdem die Struktur des Datenaufzeichnungssystems feststand, musste im nächsten Schritt ein Weg gefunden werden, um die verschiedenen Sensordaten zu verarbeiten und zu verwalten. Dazu richtete P3 ein Datenvorverarbeitungssystem im Fahrzeug ein, das mit verschiedenen Systemen für die Datenerfassung kompatibel ist. Die ADAPT-Plattform ist dafür ausgelegt, die Entwicklung neuer Funktionen für autonomes Fahren und ADAS zu beschleunigen. Sie vereint alles, was für das effiziente, robuste und zuverlässige Testen von Sensoren, Sensorkonfigurationen und Algorithmen notwendig ist. Die Plattform ermöglicht das Erfassen realer Daten für das Benchmarking und die Datenanalyse. Zudem können OEMs und Tier-One-Zulieferer unterschiedliche Konfigurationen aus Hardware und Software unter realen, dynamischen Fahrbedingungen in Echtzeit testen. ADAPT ist mit RTMaps (Real-Time Multisensor Applications) ausgestattet, einer Multisensor-Entwicklungsumgebung von Intempora, die von dSPACE vertrieben wird. Sie ermöglicht die Datenerfassung in Echtzeit sowie das Testen der datenverar-

beitenden Algorithmen. RTMaps sorgt stets für zeitliche Kohärenz, auch bei zahlreichen parallelen Software-Tasks und einer hohen Bandbreite der Rohdatenströme. Modar Horani ist ge-

schäftsführender Direktor des System-Engineerings bei P3 North America. Er leitet ein Team aus Systemingenieuren, das Kunden (OEMs und Tier-One-Zulieferer) bei der Entwicklung funk-



Wichtige Schritte beim Planen von Tests und beim Analysieren der Daten.



„Wir sind sehr zufrieden mit den Möglichkeiten, die RTMaps uns bietet. Die Performanz war durchgängig hoch und die Aufzeichnung zuverlässig.“

Modar Horani, geschäftsführender Direktor des System-Engineerings bei P3 North America

tionaler Anforderungen für Systeme und Subsysteme, bei der funktionalen Sicherheitsanalyse (ISO 26262) und beim Rapid Prototyping (Hardware/Software) unterstützt. Laut Horani kommt RTMaps bei P3 zum Einsatz, um die Daten vieler unterschiedlicher Sensoren aufzuzeichnen, zum Beispiel Kamera, Lidar, Radar, GPS, IMU, Ultraschall sowie CAN-Daten. Dabei fügte sich RTMaps nahtlos in die dSPACE Werkzeugkette ein. „Die intuitiv bedienbare Oberfläche von RTMaps erleichtert das Arbeiten. Erstellte Diagramme lassen sich sehr schnell ändern“, erklärt Horani. „Um die korrekte Funktion der Sensoren zu gewährleisten, können wir mit Hilfe von RTMaps Steuersignale an die Sensoren schicken, und das integrierte Watchdog-Paket stellt sicher, dass gültige Daten an das Logging-Diagramm übertragen werden. Insgesamt sind wir sehr zufrieden mit den Möglichkeiten, die RTMaps bietet. Die Performanz war durchgängig hoch und die Aufzeichnung zuverlässig.“

### Testplanung und Analyse aufgezeichneter Daten

Im Anschluss an den Einbau der Sensoren und des Datenaufzeichnungssystems im Demofahrzeug definierte P3 eine Reihe durchzuführender Fahrversuche. Mit den Testfahrten verfolgte P3 mehrere Ziele:

- Bestätigen der Systembereitschaft und Sensorkalibrierung
- Erfassen von Daten unter vielen verschiedenen Straßen-, Wetter- und Verkehrsbedingungen
- Verifizieren der Performanz der zu testenden Algorithmen

Es wurde eine sorgfältige Versuchsplanung durchgeführt, um beste Test- und Experimentierbedingungen zu schaffen. Darüber hinaus galt es, variable Faktoren zu identifizieren, zum Beispiel den Einfluss unterschiedlicher Wetterbedingungen. Dabei mussten Sensordaten an sonnigen, regnerischen,

verschneiten und nebligen Tagen bei Fahrten auf ein und demselben Straßenabschnitt erfasst werden. Mit Hilfe von GPS-Tracking konnten die aufgezeichneten Daten abgeglichen und die Herausforderungen bei widrigen Bedingungen identifiziert werden. Einige Testfahrten fanden auf einem spezi- >>

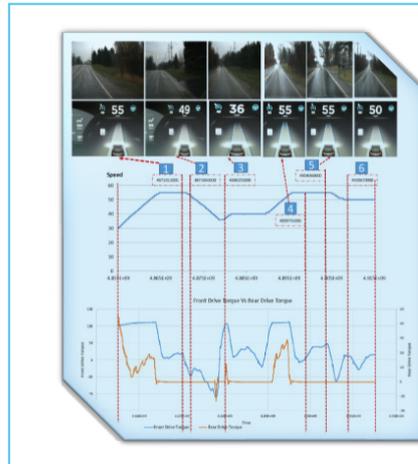


RTMaps und die MicroAutoBox spielten eine wichtige Rolle bei der Zusammenführung von Sensordaten und der Ausführung relevanter Verarbeitungsalgorithmen in Echtzeit.

ellen Testgelände statt, um die Ergebnisse mittels bekannter Referenzwerte (z.B. Abstände) zu verifizieren. Diese sogenannten Ground-Truth-Daten sind insbesondere zur Kalibrierung der Sensoren und Detektionsalgorithmen erforderlich. Mit den aufgezeichneten Echtzeitdaten der verschiedenen Sensoren gelang es P3, die korrekte Funktion der Sensoren nachzuweisen.

**Algorithmen optimieren**

In verschiedenen Fahrversuchen, bei denen Funktionen wie die Kollisionsvermeidung hinten und vorne sowie ein Spurhalteassistent getestet wurden, ließen sich zahlreiche Sensordaten erfassen. Mit den gewonnenen Daten konnten die Ingenieure sämtliche Ergebnisse und deren Auswirkungen auf die Systemleistung bewerten. Das versetzte sie in die Lage, Fehler zu identifizieren und verschiedene ADAS-Algorithmen zu modifizieren sowie schnell zu implementieren, um die Leistung des Demofahrzeugs zu verbessern. Für diese Aufgaben setzte P3 auf das Prototyping-System dSPACE MicroAutoBox II und die Experimentier-



*Absicherung und Verifikation mit RTMaps und weiteren Lösungen: Frühe Bestätigung durch Review und Analyse, ob alle Sicherheitsanforderungen korrekt implementiert sind.*

Software dSPACE ControlDesk. Modar Horani erläuterte, dass die MicroAutoBox II für seine Entwickler einfach zu bedienen sei und gut mit den wichtigsten modellbasierten Entwicklungswerkzeugen (z.B. MATLAB®/Simulink®) zusammenarbeitet, was die Umsetzung neuer und innovativer Konzepte beschleunigt. „Wir haben bereits mit der MicroAutoBox II und mit Control-

Desk gearbeitet und würden beides jederzeit weiterempfehlen, um ADAS/AD-Prototypen robuster zu machen“, so Horani. „So können Prototypsysteme unter nahezu realen Fahrzeugbedingungen betrieben werden.“

**Einsatz von RTMaps**

Neben dem Demofahrzeug setzt P3 RTMaps auch in zwei weiteren Szenar-

*Analyse von Sensorrohdaten und verarbeiteten Daten mit RTMaps.*

rien für die Verifikation und Absicherung von ADAS-Algorithmen ein: Erstens in einem Szenario auf der Straße, in dem der Fahrzeug-PC die Algorithmen ausführt sowie Live-Daten erfasst und visualisiert, und zweitens in einem Labor-Szenario, bei dem die Performanz der Algorithmen auf Basis der erfassten Daten abgesichert wird. Zudem wurde RTMaps auch in anderen Projekten eingesetzt, bei denen Algorithmen in verschiedenen Programmiersprachen entwickelt wurden, zum Beispiel Python, C oder MATLAB, und weiter integriert werden mussten. „RTMaps verfügt schon über eine sehr gute native Unterstützung von Sensoren, die sich mit entsprechenden Interface-Blöcken anbinden lassen“, erklärt Horani. „Allerdings verlangen Kunden oftmals den Einsatz proprietärer Sensoren. Hierfür stellt RTMaps Werkzeuge bereit, die die Entwicklung eigener Interface-Blöcke vereinfachen.“

#### Wie geht es weiter?

Nach der funktionalen Absicherung des autonomen Fahrzeugs ist P3 nun bestens aufgestellt, um die Funktionen für

ADAS und autonomes Fahren in Folgeprojekten weiterzuentwickeln. Dazu gehört die Erweiterung der ADAPT-Plattform durch zusätzliche Sensoren, um zum Beispiel die V2X-Kommunikation zu testen. Außerdem soll die Implementierung bildbasierter ADAS-Funktionen genauer evaluiert werden. P3 bietet Management-Beratung und innovative Engineering-Lösungen, die die Entwicklung von Produkten und Services im Bereich Mobilität beschleunigen. Aufgrund der Kompetenzen von P3 in den Bereichen Management-Support, Beratungsservice und Engineering-Lösungen kennt man dort die Herausforderungen sehr genau, die mit einer schnellen und flexiblen Implementierung neuer Technologien verbunden sind. In Nordamerika liegen die Schwerpunkte von P3 neben neuen Mobilitätsdiensten und digitaler Transformation auf autonomer, vernetzter und elektrischer Mobilität. Weltweit beschäftigt P3 ca. 4.000 Berater und Ingenieure an über 40 Standorten, die an der Entwicklung und der Implementierung innovativer Lösungen für die Herausforderungen komplexer Tech-

nologien von heute arbeiten. Die erfolgreiche Implementierung der ADAS-Evaluierungsplattform erweitert das Portfolio von P3 und unterstützt seine Ingenieure bei der Entwicklung und Absicherung von Funktionen für ADAS und autonomes Fahren. Von der intuitiven Bedienung und der Modularität der Plattform profitiert der komplette Entwicklungszyklus – vom frühen Forschungsstadium und Prototyping über die Produktentwicklung bis hin zur Integration und Absicherung. P3 setzt diese Plattform weltweit ein, um den Übergang in eine autonome Mobilität zu beschleunigen, die sicherer, umweltfreundlicher und vernetzter sein wird. ■

*Mit freundlicher Genehmigung von P3, Inc.*

## Auf einen Blick

### Die Aufgabe

Aufbau eines Demofahrzeugs, das auf einer Daten- und Analyseplattform für autonomes Fahren basiert. Diese soll Kunden dabei unterstützen, die Implementierung von Funktionen für ADAS und autonomes Fahren zu evaluieren. Sie umfasst den Test bildbasierter Funktionen sowie von Sensoren, Sensor-konfigurationen und Algorithmen.

### Die Herausforderung

Das zuverlässige Erfassen präziser Echtzeitdaten ist für den ordnungsgemäßen Betrieb der Funktionen für ADAS und autonomes Fahren unerlässlich. Daher

müssen unterschiedliche Sensorschnittstellen und Kommunikationsprotokolle unterstützt und deren Signale synchron verarbeitet werden. Das Überwachen von Sensordaten, das Speichern von Roh- und verarbeiteten Daten und ein flexibles Routing von Signalen sind maßgeblich, um die Performanz der zu testenden Algorithmen abzusichern.

### Die Lösung

P3 entschied sich für RTMaps und die MicroAutoBox, um die Sensoren anzuschließen und die Daten zahlreicher Sensoren aufzuzeichnen, darunter Kamera, Lidar, Radar, CAN, GPS, IMU und Ultra-

schall. RTMaps ermöglicht die Datenerfassung in Echtzeit sowie das Testen von datenverarbeitenden Algorithmen. Die Plattform arbeitet trotz zahlreicher Software-Tasks und der hohen Bandbreite der Rohdatenströme zeitkohärent und in Echtzeit. Die MicroAutoBox II wurde in Verbindung mit ControlDesk eingesetzt, um die ADAS-Algorithmen zu modifizieren, zu implementieren und in Echtzeit im Fahrzeug auszuführen.



Sehen Sie die Datenerfassung mit RTMaps im Video: [www.dspace.com/go/dMag\\_20181\\_P3](http://www.dspace.com/go/dMag_20181_P3)