

# Wie autonome Fahrzeuge planen und entscheiden

**Pfronstetten-Aichelau. Autonome Fahrzeuge erfassen ihre Umgebung, sie steuern, bremsen, beschleunigen – doch der eigentliche Kern der Autonomie liegt dazwischen: in der Software, die plant, vorhersagt und entscheidet. Genau hier entsteht aus Daten ein Fahrverhalten. Und genau hier entscheidet sich, ob ein System wirklich autonom ist – oder nur reaktiv. Zwischen Wahrnehmung und Bewegung liegt die kritische Schicht der Fahrzeugintelligenz: Planung, Entscheidung und Ausführung in Millisekunden.**

In jedem Steuerzyklus wird eine komplexe Kette durchlaufen:

Die Umgebung wird erfasst, Objekte klassifiziert, das eigene Fahrzeug lokalisiert. Dann prognostiziert das System das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer, berechnet einen sicheren Pfad – und setzt diesen unmittelbar über Drive-by-Wire um. Dieser Ablauf wiederholt sich alle zehn bis 50 Millisekunden – schneller als ein menschlicher Wimpernschlag.

Wie Prof. J. Christian Gerdes vom Center for Automotive Research der Stanford University betont: „Fahren bedeutet nicht nur erkennen – es bedeutet reagieren. In der Autonomie kann die Verzögerung zwischen Input und Aktion über Sicherheit oder Unfall entscheiden.“

**Software-Stack: Mehrschichtig denken, redundant handeln**

Ein modernes autonomes System besteht aus modularen Software-Komponenten, die jeweils eine Funktion erfüllen – und gemeinsam ein dynamisches Gesamtverhalten ermöglichen.

Dazu gehören: Mapping & Lokalisierung mit SLAM-Algorithmen und HD-Karten, Objekterkennung & Prädiktion via Kalman-Filter, Deep Learning und Reinforcement Learning Pfadplanung durch Algorithmen wie Hybrid A\*, RRT\* oder verhaltensbasierte Planung

Entscheidungslogik auf Basis regelbasierter Zustän-



Von der Wahrnehmung zur Aktion: Autonome Fahrzeuge analysieren. 41 Wahrnehmung in Aktion..

de, ergänzt durch Machine-Learning-Komponenten Fallback-Strategien bei Störungen: Umplanung, Notstopp oder Übergabe an Teleoperation. Diese modulare Architektur ermöglicht die Anpassung an unterschiedlichste Fahrzeugtypen und Einsatzzwecke. Führende Anbieter wie Mobileye, NVIDIA oder Oxbotica setzen auf flexible Software-Stacks mit zertifizierter Hardwareintegration – ähnlich wie bei Arnold NextG, wo NX NextMotion als Bewegungsebene speziell für den Einsatz in sicherheitskritischen Entscheidungsarchitekturen ausgelegt ist. Durch standardisierte Schnittstellen (unter anderem ASAM OpenX) kann das System direkt an Prädiktion, Pfadplanung und Teleoperations-Backends angebunden werden.

### **Entscheidungsarchitektur: Fail-operational ist Pflicht**

In Feldern wie Verteidigung, Hafenlogistik, Bau oder Mining sind Ausfälle keine Option – weder beim Sensor, noch bei der Entscheidungsebene. Systeme müssen im Fehlerfall nicht nur stillsetzen, sondern kontrolliert und nachvollziehbar reagieren.

Genau darauf ist NX NextMotion ausgelegt: Die Plattform verfügt über vier separate Steuerpfade mit unabhängigen Entscheidungslogiken, doppelt abgesicherte Spannungsversorgung und selektiv ansteuerbare Aktuatoren. In Kombination mit sicherheitsgerichteter Watchdog-Überwachung und eingebauter Zustandsdiagnostik erfüllt sie Anforderungen aus ISO 26262, ISO 61508, UNECE R155 und UL 4600 – inklusive Vorhaltung eines forensisch auslesbaren Blackbox-Loggings.

### **Anwendung bestimmt Architektur: adaptive Intelligenz statt Standardlösung**

Ob Geofencing im ÖPNV, dynamische Pfadanpassung in der Logistik oder ethisch regulierte Systeme im Verteidigungseinsatz – jedes autonome Fahrzeug stellt andere Anforderungen an die Tiefe und Redundanz seiner Entscheidungslogik.

NX NextMotion bietet dafür eine anwendungs offene Bewegungsschicht, die auf Systemebene deterministisch auf Planungsentscheidungen reagiert. In der Landwirtschaft ermöglicht sie robuste Umsetzung vorgeplanter Pfade in schwierigem Gelände; in militärischen Plattformen erlaubt sie eine saubere Trennung zwischen Entscheidung und Ausführung – auch bei temporärem Funkverlust oder externer Teleoperation.

### **Transparenz als technisches Kriterium: Zulassung braucht Nachvollziehbarkeit**

Simulation, Validierung und Auditierbarkeit sind keine Zusatzfunktionen, sondern Kernanforderungen moderner Autonomieentwicklung. Regulatoren fordern Szenariodeckung (beispielsweise durch PEGASUS oder ASAM OpenSCENARIO), erklärbare Entscheidungsmodelle und dokumentierte Systemverläufe.

NX NextMotion liefert diese Nachvollziehbarkeit durch ein integriertes Steuerprotokollsystem, das Steuerimpulse, Zustandswechsel und Reaktionen in Echtzeit erfasst. Entwickler, Prüfstellen und OEMs erhalten damit eine belastbare Datengrundlage – sowohl für die Zulassung als auch für Continuous Safety Monitoring im Betrieb.

**Fazit:** Autonomie erfordert verlässliche Ausführung – und klare Systemverantwortung. Autonome Systeme dürfen nicht nur „klug“ entscheiden – sie müssen diese Entscheidungen auch sicher und nachvollziehbar umsetzen. NX NextMotion wurde bei Arnold NextG genau für diesen Zweck entwickelt: als bewegungsnahe Ausführungsschicht, die sich nahtlos in zertifizierte Entscheidungsarchitekturen integrieren lässt – fail-operational, modular und auditsicher.

Text, Grafik: Arnold NextG GmbH