



© Bertrandt

## AUTOR



**Dipl.-Ing. Peter Schiekhofer**  
ist Director Advanced Engineering  
and Autonomous Driving des  
Bertrandt-Konzerns in Ehningen.

Digitalisierung, autonomes Fahren, Vernetzung und Elektromobilität – das sind die vier Megatrends, die derzeit die Automobilbranche bewegen. Diese Themen zu beherrschen und miteinander zu vereinen, erfordert vielseitiges Wissen und Erfahrung. Mit seiner Innovationsplattform HARRI hat Bertrandt den Nachweis der kombinierten Anwendung erbracht und einen Technologieträger geschaffen, der batterieelektrisch auf dem Weg zum SAE-Level 5 ist.

## VERBINDUNG DER MEGATRENDS

Die Anforderungen an Ingenieurdienstleister steigen ständig. Es werden weniger Einzelprojekte vergeben, stattdessen verstärkt Entwicklungslösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Automobils angefragt. Darüber hinaus wird erwartet, dass Entwicklungspartner an neuen Mobilitätskonzepten für die Zukunft arbeiten und Kunden bei deren Geschäftsmodellen entsprechend begleiten.

Bertrandt hat aus diesem Grund in konzern- und fachübergreifender Zusammenarbeit die Innovationsplattform HARRI [1] aufgebaut, um Interessenten – innerhalb und außerhalb der Automobilbranche – die Bandbreite an technologischen Kompetenzen zu zeigen. Die Verbindung der vier Megatrends Digitalisierung, automatisiertes und autonomes Fahren, Vernetzung und Elektromobilität präsentiert Bertrandt in diesem Technologieträger. Sie beweist, wie die komplexen Zusammenhänge

# Aufbau eines Technologieträgers für das autonome und elektrische Fahren

zwischen den einzelnen Megatrends durch intelligente Lösungen realisiert werden können.

## AUF DEM WEG ZU SAE-LEVEL 5

Autonomes Fahren ist schon heute möglich. Die rasante Entwicklung der Fahrerassistenzsysteme beschleunigt den Weg zur fahrerlosen Mobilität. Künstliche Intelligenz ist auf dem Vormarsch, das Zusammenspiel von Mensch und Maschine muss neu gedacht werden. Neben Sensorik und funktionaler Sicherheit ist die künstliche Intelligenz der wichtigste Treiber hin zum autonomen Fahren. Algorithmen für die Sensorsysteme der Umfelderkennung sowie Softwarewerkzeuge zur Datenanalyse, die über das maschinelle Lernen [2] erfolgt, müssen entwickelt werden. In zahlreichen Projekten zum automatisierten Fahren in den SAE-Levels 3 und 4 sowie zum autonomen Fahren in Level 5 zeigt sich profundes Engineering-Know-how bei Lokalisierung, Vernetzung und Cloudanwendungen.

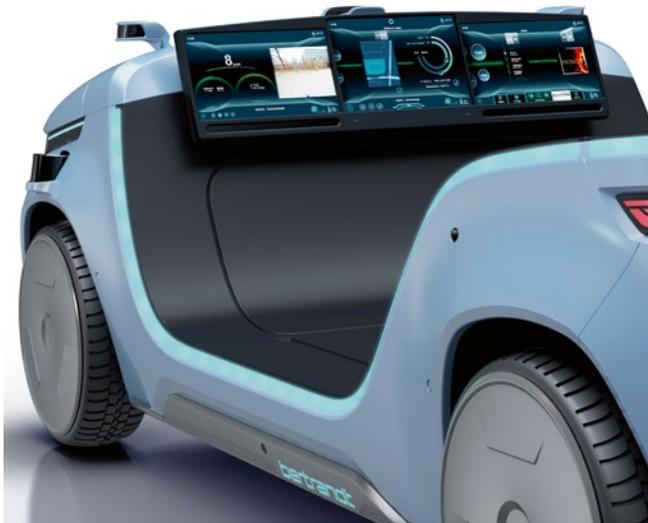
Dabei sind die Planung und Ausführung der autonomen Bewegung ein zentrales Thema. Bertrandt entwickelte in einem Gesamtprojekt seinen Technologieträger HARRI als intelligentes autonomes Fahrsystem, das durch Informationen aus dem Umfeld selbstständig reagieren und entscheiden kann. Im Fokus stand dabei die Softwareentwicklung, aber auch das Gesamtverständnis der Zusammenhänge

zwischen Software und Hardware sowie Mechanik. Das Projekt hatte die Aufgabe, den Pkw autonom und sicher zu einer vorgegebenen Parkmöglichkeit zu fahren, nach Befehl wieder zurückzuholen und darüber hinaus auch noch selbstständig den Ladevorgang zu starten. Dies erforderte, dass sich die Ingenieure mit vielen Problemstellungen auseinandersetzten, denen das Fahrzeug täglich auf der Straße begegnen wird: hochgenaue Lokalisierung, Hinderniserkennung, Problemstrategieplanung etc., **BILD 1**.

Wichtige Faktoren darüber hinaus sind Umfelderkennung, Trajektorienplanung, Längs- und Querführung sowie weitere übergeordnete Funktionen. Der Pkw muss jederzeit wissen, wo er sich befindet und wie er positioniert ist. Die Umfelderkennung hilft mit diversen Sensoren, die Umgebung zu erfassen und zum Beispiel Objekte zu erkennen und zu klassifizieren. Weitere Themen, die in der Entwicklung hin zum autonomen Fahren eine immense Rolle spielen, sind Vernetzung und Backend, ADAS-Absicherung, elek-



**BILD 1** Autonomes Fahren erfordert großes Know-how in Bereichen wie Lokalisierung, Hinderniserkennung und Problemstrategieplanung (© Zapp2Photo | shutterstock)



**BILD 2** Für den Technologieträger wurde das HMI völlig neu entwickelt (© Bertrandt)

trische Speicher, Laden und Ladeinfrastruktur, Leistungselektronik, Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human-machine Interface, HMI), aber auch innovative Konzepte, Prozesse und Methoden. Nicht zuletzt muss die Qualität und Sicherheit immer gewährleistet sein.

Die Innovationsplattform HARRI enthält all diese benötigten Bausteine und zeigt die Unternehmenskompetenz auch im Bereich des Softwareengineering. Bei dem Projekt wurden sowohl Ansätze der agilen Entwicklung als auch des Bewertungsstandards Automotive Spice vereint. Darüber hinaus präsentiert die Plattform eine außergewöhnliche User Experience auf Basis von psychologischen Untersuchungen und technischen Ansätzen bis hin zur intuitiven Kommunikation zwischen Mensch und Maschine über ein benutzerfreundliches HMI.

### ENTWICKLUNG EINES DISPLAYS FÜR DAS HMI

Displays und Maschinen werden zunehmend komplexer und intelligenter. Ob und wie gut die Nutzer damit umgehen, hängt von der Qualität des HMI ab. Fernab von Schalter, Drehknopf, Touchscreen und Co. entwickelte Bertrandt deshalb neue Methoden, um das Verständnis zwischen Mensch und Maschine zu verbessern. Primäres Ziel war die Entwicklung eines innovativen Displays für den HARRI-Technologieträger, **BILD 2**. Es ging um die technische Gestaltung von Displays dieser Art, aber auch um nutzerseitige Themen wie die

Bewertung solcher Schnittstellen. Ein Schwerpunkt war die Entwicklung eines Anzeige-Bedien-Konzepts für den Technologieträger. Außerdem wurde ein Fahr Simulator aufgebaut, mit dem auch Nutzerstudien durchgeführt werden konnten. Displaykonzepte wurden so bereits in einer frühen Entwicklungsphase evaluiert.

Einen zusätzlichen Schwerpunkt bildete die Smartphone-App-Softwareentwicklung. Sie ermöglicht dem Nutzer, mit dem Pkw zu interagieren – nicht direkt, sondern aus der Ferne. So lässt sich beispielsweise sein Ladezustand abfragen oder der Befehl übermitteln, zu einem festen Zeitpunkt an einen definierten Ort zu fahren.

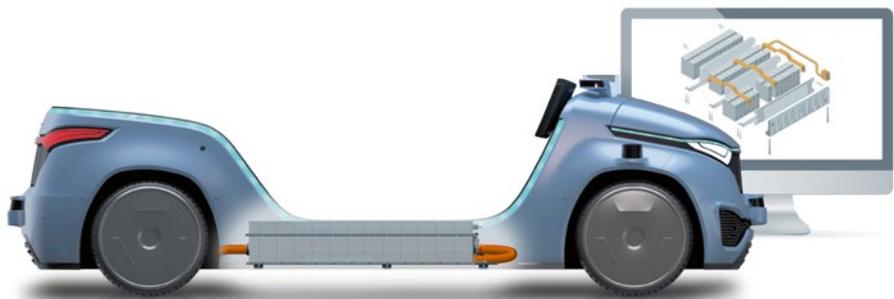
Außerdem wurde ein HMI für die Außenkommunikation entwickelt, um innovative Lösungen anzubieten: Wie interagiert ein autonom fahrendes Fahr-

zeug mit seinem Umfeld? Wie kommuniziert es beispielsweise mit einem Fußgänger oder einem Radfahrer? In dem neu entwickelten Design sieht das Unternehmen ein enormes Potenzial an Möglichkeiten hinsichtlich visueller Funktionen zur Interaktion zwischen Fahrzeug und anderen Verkehrsteilnehmern.

Die Datenverarbeitung im und außerhalb des Fahrzeugs ist Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Digitalisierung und Vernetzung. Dieser Technologieträger demonstriert weiterhin Themen wie eine solide Backendstruktur, schnelle Erkennung und Verarbeitung von gesammelten Daten und Car2X-Kommunikation.

### BASIS FÜR EINE CLOUDBASIERTE ARCHITEKTUR

Um die Architektur für das autonome Fahren zu entwickeln, galt es, Übertragungswege zu sichern sowie eine cloudbasierte Plattform zu konzipieren. Mit dieser Plattform können beispielsweise Fahrzeugdaten über Sensoren aufgezeichnet und in der Microsoft Cloud Azure gespeichert sowie ausgewertet werden. Bertrandt beschäftigte sich hier mit der Kommunikation zwischen Pkw und den Backendsystemen, um die Daten zu verarbeiten, die für das autonome Fahren notwendig sind. Daraus hat sich eine lösungsorientierte Plattform entwickelt. Die Vernetzungsexperten unterstützten dabei, mehrere Pkw – oder zukünftig Fahrzeugflotten – an die Bertrandt Cloud anzubinden; ebenso konnten zusätzliche Geräte wie Mobiltelefone, die als HMI dienen und ein Fahrzeug nach Benutzerbestätigung sicher in den autonomen Vorgang überführen, eingebunden werden.



**BILD 3** Das entwickelte Lithium-Ionen-Batteriesystem ist 60 % leichter als aktuell übliche Systeme (© Bertrandt)

Die von Bertrandt entwickelte Automotive Analytics and Development Plattform bietet eine Lösung, um Sensordaten zu analysieren und Algorithmen unter Einsatz künstlicher Intelligenz zu entwickeln. Schnittstellen gibt es in alle Bereiche des autonomen Fahrens. Für Software und Funktionen waren Informationen aus dem Backend nötig, beispielsweise zur Lokalisierung und Umfelderkennung. Die HMI-Systeme brauchten zur Visualisierung im Fahrzeug Daten, die im Backend produziert wurden, oder Statusmeldungen darüber, welche Aktionen der Technologieträger gerade ausführte oder als nächstes ausführen wird. Für die Elektro-Ladeinfrastruktur mussten Kommunikationskanäle offen sein, die Fahrzeug- und Ladeinformationen bereithalten. Mit dem eigenentwickelten modularen Werkzeug- und Engineering-Baukasten steht eine skalierbare gesamtheitliche Lösung zur Verfügung, die sich an die Bedürfnisse des Kunden individuell anpassen lässt.

#### AUSFÜHRUNG AUTONOMER BEWEGUNGEN

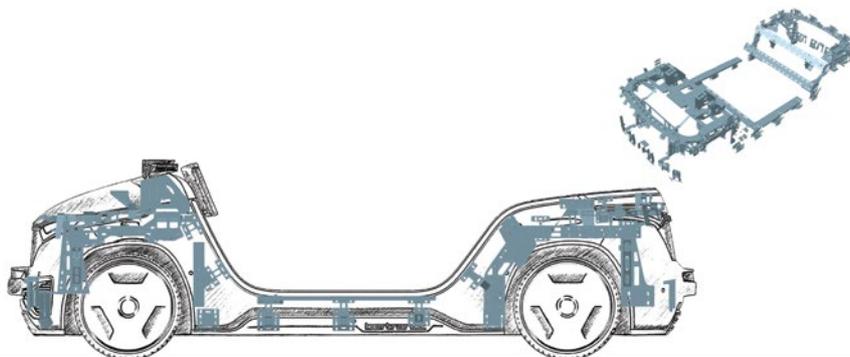
Die Planung und Ausführung der autonomen Bewegung war das zentrale Thema des Projekts. Bertrandt entwickelte ein intelligentes autonomes Fahrsystem, das durch Informationen aus dem Umfeld selbstständig reagieren und entscheiden kann. Ein Schwerpunkt dabei ist die Softwareentwicklung. Der Technologieträger fährt aktuell auf abgesperrtem Terrain autonom mit zwölf Kameras, fünf Lidarsystemen und zehn Ultraschallsensoren. Für dieses Sensorpaket wurden die Algorithmen ebenfalls selbst entwickelt. Über künstliche Intelli-

genz angelernt, erkennt das autonome Fahrsystem bereits heute die Verkehrs-schilder auf den Autobahnen oder Halte-linien an Kreuzungen.

Nach der Bewegungsplanung wurde deren Überführung in tatsächliche Bewegungen entwickelt. Hierzu musste das Drive-by-Wire-System angesteuert werden. Das System dient sowohl der Ansteuerung der Lenkung und der Bremse als auch des Fahrpedals und kann für unterschiedliche Prototypanwendungen adaptiert werden. Die manuelle Lenkung lässt sich über eine integrierte Joysticksteuerung realisieren. Obwohl dies eigentlich für ein Level-4-System nicht notwendig wäre, ist eine solche Rückfallebene durchaus sinnvoll beziehungsweise brauchbar bei Level 3-Anwendungen. Die eigentliche Zielübergabe erfolgte jedoch über die mit dem Fahrzeug verbundene App. In diesem Beispiel war es die Auswahl des Parkplatzes und die Rückholanforderung.

#### LEISTUNGSFÄHIGES BATTERIE-MANAGEMENT-SYSTEM

Auch der Trend Elektromobilität ist beim HARRI-Technologieträger berücksichtigt worden. Es entstand ein skalierbares Batteriesystem als Eigenentwicklung, das die elektrischen Verbraucher des Fahrzeugs mit der erforderlichen Energie und Leistung versorgt. Zum Einsatz kommen moderne Lithium-Ionen-Zellen mit einer hohen volumetrischen und gravimetrischen Energiedichte. Das Batteriesystem ist dadurch etwa 60 % leichter und kompakter als bisher verwendete Speicher, **BILD 3**. Es besteht aus mehreren Batteriemodulen in einer Karosserie-struktur, **BILD 4**, einem leistungsfähigen Batterie-Management-System (BMS) und



**BILD 4** Technisches Innenleben des Technologieträgers mit seiner Karosseriestruktur (oben rechts)  
(© Bertrandt)

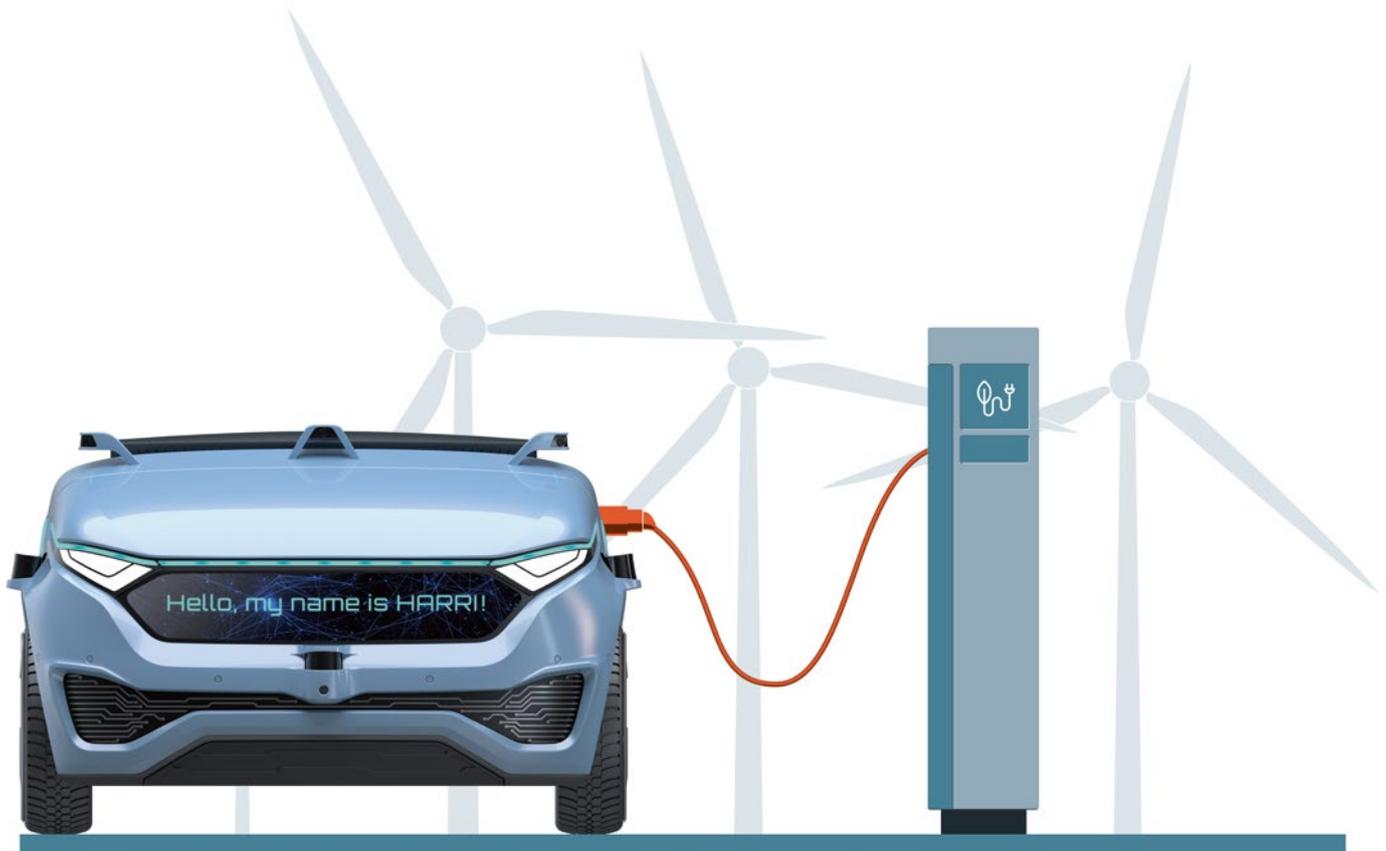


BILD 5 Konduktive Lademöglichkeit für den Technologieträger (© Bertrandt)

einem Batterieanschlusskasten. Jedes Modul verfügt über Sensoren zur Überwachung der Temperaturen und Spannungen. Diese Informationen werden von Zellcontrollern an das BMS übermittelt. Softwarealgorithmen in dem BMS stellen anhand der ermittelten Daten sicher, dass die Zellen in einem sehr engen Temperatur- und Spannungsbereich betrieben werden. Die BMS-Daten werden anschließend per CAN an das Fahrzeug übertragen.

Aus dem autonomen Fahren ergeben sich beispielsweise spezielle Energie-, Leistungsvermögen- und Verfügbarkeitsanforderungen an das Hochvoltsystem des Fahrzeugs. Dieses System besteht aus dem elektrischen Speicher und der Leistungselektronik. Die Batterie stellt die Antriebs- und Bordnetzenergie zur Verfügung. Die Leistungselektronik wandelt diese in die benötigte Energieform um. Das Laden der Batterie erfolgt wahlweise an einer herkömmlichen Haushalts-Steckdose über ein integriertes AC-Ladegerät oder an einer externen Schnellladesäule, **BILD 5**. Die Batteriedaten werden über das BMS per CAN-Kommunikation an die Domänencontroller des Technolo-

gieträgers übermittelt und vom HMI auf interaktiven Displays angezeigt. Vernetzungsfunktionen und Backendsysteme stellen sicher, dass diese Daten auch an die Bertrandt Automotive Cloud gesendet werden und von dort beispielsweise über Smartphone-Apps abgerufen werden können. Ein interner Software-Entwicklungsprozess und kombinierte agile Ansätze stellen sicher, dass das Batteriesystem auch funktionale Sicherheitsanforderungen hinsichtlich ISO 26262 erfüllt und den Qualitätsvorgaben von Automotive Spice entspricht.

#### WEITERENTWICKLUNG VON FUNKTIONSBEREICHEN

Aktuell beschäftigt sich Bertrandt intensiv mit zwei Themenfeldern. Dazu zählt zum einen die Funktion des hochautomatisierten Ladens, ob konduktiv mit Roboterarm oder über innovative Steckverbindungen oder auf induktivem Weg. Zum anderen ist die hochdynamische Routenplanung mit dynamischer Objekterkennung ein weiteres spannendes Thema für die Weiterentwicklung von Unternehmens-Funktionsbereichen.

Die Innovationsplattform HARRI ist der Beweis dafür, dass Bertrandt nicht nur Lösungen für die einzelnen Trendthemen bietet, sondern auch deren kombinierte Anwendung beherrscht.

#### LITERATURHINWEISE

- [1] CES Aktuell: Bertrandt – Zukunftsweisende Innovationsplattform. In: ATZechnik 14 (2019), Nr. 12, S. 8
- [2] Schiekofer, P.; Erdogan, Y.; Schindler, S.; Wendl, M.: Maschinelles Lernen für das automatisierte Fahren. In: ATZ 121 (2019), Nr. 12, S. 48-51



**READ THE ENGLISH E-MAGAZINE**  
Test now for 30 days free of charge:  
[www.atz-worldwide.com](http://www.atz-worldwide.com)