

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Automated Valet Parking

Bassem Hichri

Institut für Fahrzeugtechnik

Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik



## Kurzfassung

Automated Valet Parking (AVP) adressiert die wachsenden Herausforderungen begrenzter Parkflächen, den innerstädtischen Parksuchverkehr und den damit verbundenen Zeit- und Emissionsaufwand. Dieses Dokument gibt einen Überblick über die Grundlagen, Systemarchitektur und technologische Umsetzung von AVP-Systemen, zeigt aktuelle Anwendungsbeispiele auf und diskutiert zentrale Chancen und Herausforderungen im Hinblick auf eine breite Einführung.

## Einleitung

Die zunehmende Urbanisierung und der damit verbundene Anstieg der Fahrzeuganzahl in städtischen Räumen führen zu einer wachsenden Belastung städtischer Infrastrukturen, insbesondere im Bereich begrenzter Parkflächen. Laut einer Studie des Verkehrsanalytikunternehmens INRIX verbringen deutsche Autofahrer durchschnittlich 41 Stunden pro Jahr mit der Suche nach einem Parkplatz, was nicht nur zu erheblichem Zeitverlust führt, sondern auch zu erhöhtem Kraftstoffverbrauch und Emissionen beiträgt [1]. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Komfort, Effizienz und Sicherheit im Mobilitätssektor. Automated Valet Parking (AVP) stellt in diesem Kontext einen vielversprechenden Ansatz dar, um das Parkraummanagement zu optimieren und gleichzeitig erste hochautomatisierte Fahrfunktionen (SAE Level 4) in die Praxis zu überführen [2].

Unter AVP wird ein System verstanden, das es Fahrzeugen ermöglicht, ohne Eingreifen eines Fahrers autonom in einem abgegrenzten Bereich, z.B. Parkhaus, einen Parkplatz

aufzusuchen und später zum Abholbereich zurückzukehren. Dabei kommen fortschrittliche Technologien zum Einsatz, darunter Umfellsensorik, Lokalisierungssysteme, Kommunikationsschnittstellen (z. B. V2X) sowie Funktionseinheiten zur Trajektorienplanung und Fahrzeugsteuerung. Je nach Systemauslegung können diese Funktionen entweder im Fahrzeug, in der Infrastruktur oder kombiniert umgesetzt werden [3].

Trotz des hohen Potenzials bestehen weiterhin technologische, regulatorische und infrastrukturelle Herausforderungen, die einer breiten Implementierung entgegenstehen. Dennoch gilt AVP als vielversprechender Einstiegspunkt in die hochautomatisierte Mobilität und bietet sowohl aus Nutzersicht als auch für Betreiber von Parkflächen beträchtliche Vorteile.

Dieser Artikel bietet einen Überblick über die Grundlagen, die technologische Umsetzung und die aktuelle Marktsituation von AVP. Darüber hinaus werden die bestehenden Herausforderungen analysiert sowie die zukünftigen Potenziale aufgezeigt.

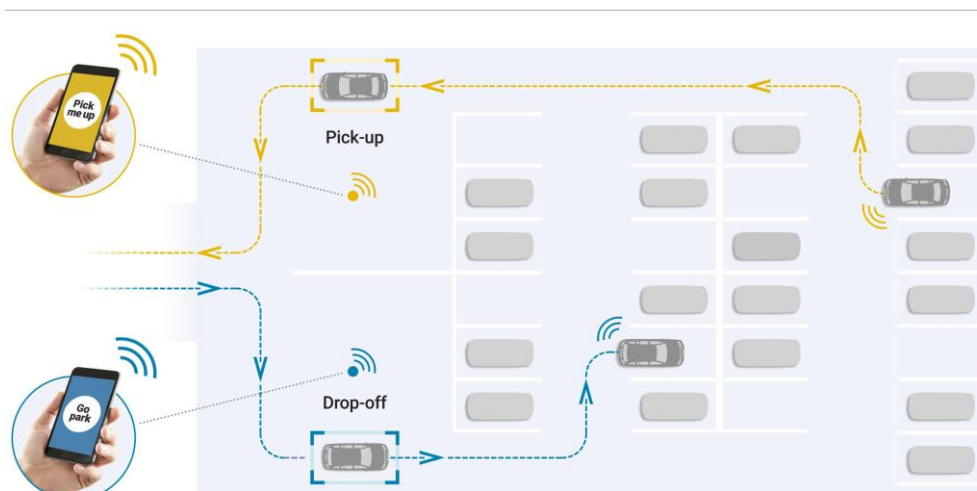


Abbildung 1: Ablauf eines AVP-Vorgangs [3]

## Definition und Systemklassifikation

AVP repräsentiert die höchste Automatisierung im Kontext des Parkens. Hierbei stellt der Kunde sein Fahrzeug in einer sog. Drop-Off-Zone vor oder innerhalb eines Parkhauses ab. Nach Aktivierung der Funktion, bspw. mittels Smartphone, bewegt sich das Fahrzeug ohne Insassen innerhalb der Parkhausumgebung bis es sich in einer Parklücke positioniert hat. Nach Aufforderung kehrt das Fahrzeug in eine sog. Pick-Up-Zone zurück, in welcher der Kunde auf das Fahrzeug wartet [4].

Das AVP-Gesamtsystem kann aus mehreren AVP-Teilsystemen bestehen. Dazu zählen z.B. das AVP-Fahrzeug, die AVP-Infrastruktur sowie das Backend-System. Die Verteilung der Funktionsanteile kann dabei variieren. So kann beispielsweise die Lokalisierung entweder vom Fahrzeug selbst oder durch die Infrastruktur übernommen werden. Gleiches gilt für Funktionen wie die Trajektorienplanung. Je nachdem, wo diese Kernfunktionen verortet sind, ergeben sich unterschiedliche Systemtypen:

- **AVP Typ 1** bedeutet, dass die Intelligenz für das automatisierte Parken, also Sensoren, Recheneinheiten und Algorithmen, vollständig im Fahrzeug selbst integriert ist. Das Auto kann so autonom parken, ohne dass spezielle Infrastruktur im Parkhaus erforderlich ist.
- **AVP Typ 2** ist ein System, bei dem die Steuerung und Navigation des Fahrzeugs während des Parkvorgangs durch die Parkhausinfrastruktur und nicht durch das Fahrzeug selbst übernommen wird. Dabei werden Sensoren und Algorithmen in der Parkinfrastruktur eingesetzt, um das Fahrzeug zu steuern und es in den Parkplatz zu manövrieren.
- **AVP Typ 3** kombiniert Fahrzeug- und Infrastrukturintelligenz. Sowohl das

Fahrzeug als auch die Parkhausinfrastruktur verfügen über Sensorik und Recheneinheiten. Die Aufgaben wie Umgebungserfassung, Lokalisierung und Trajektorienplanung werden zwischen Fahrzeug und Infrastruktur aufgeteilt.

Diese Unterscheidung ist nicht nur technologisch, sondern auch regulatorisch relevant – insbesondere im Hinblick auf Sicherheitsanforderungen, Zertifizierungsprozesse und Zuständigkeiten im Fehlerfall.

## Technologische Umsetzung

### 1. Ablauf eines AVP-Vorgangs

Ein typischer Automated Valet Parking-Vorgang gliedert sich in mehrere aufeinanderfolgende Schritte, die sich in Nutzeraktionen und Systemreaktionen aufteilen lassen.

Zu Beginn stellt der Nutzer über ein Interface (Smartphone-App oder Fahrzeugdisplay) eine Verfügbarkeitsanfrage. Das System prüft daraufhin die Verfügbarkeit freier Stellplätze sowie die Technische Kompatibilität des Fahrzeugs mit dem AVP-System. Nach erfolgreicher Prüfung erfolgt die Identifikation des Fahrzeugs, woraufhin der Check-in-Prozess eingeleitet wird.

Sobald der Check-in-Prozess abgeschlossen ist, übergibt der Fahrer die Steuerung an das System. Das Fahrzeug wird nun fahrerlos und automatisiert vom System gesteuert und zum zugewiesenen Stellplatz innerhalb des Betriebsbereichs manövriert. Je nach AVP Typ (Typ 1 bis Typ 3) erfolgt die Steuerung durch das Fahrzeug selbst, durch die Infrastruktur oder kooperativ.

Optional kann das System zu einem späteren Zeitpunkt einen Umparkvorgang initiieren, um die Auslastung der Parkfläche zu verbessern oder um Elektrofahrzeugen automatisiert zu laden.

Wird das Fahrzeug vom Fahrer wieder angefordert, fährt es automatisiert zur Pick-Up-Zone

zurück. Nach Abschluss des Check-out-Prozess erhält der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug zurück.

## 2. Systemarchitektur

Die Architektur eines AVP-Systems ist modular aufgebaut und besteht aus mehreren miteinander vernetzten Subsystemen. Diese übernehmen unterschiedliche Funktionen im Verlauf des AVP-Vorgangs. Die Verteilung dieser Funktionen unterscheidet sich nach AVP-Typ. Abbildung 2 zeigt die logische Architektur eines AVP-Systems. Die Umsetzung der Teilsysteme in physische Komponenten hängt vom jeweiligen Systemdesign ab.

Die einzelnen Subsysteme übernehmen jeweils spezifische Rollen innerhalb des automatisierten Parkvorgangs. Je nach AVP-Typ (Typ 1 bis Typ 3) können die Aufgaben unterschiedlichen Systemkomponenten zugewiesen sein. Die Rollen und Hauptfunktionen der AVP-Teilsysteme werden in Tabelle 1 beschrieben.

Basierend auf der funktionalen Verteilung der automatisierten Fahrfunktionen zwischen der fahrzeuginternen Steuerung (FI) und der Fernsteuerung des Fahrzeugs (FS) wird zwischen der drei AVP-Typen unterschieden. Diese Unterschiede werden in Tabelle 2 beschrieben.

Tabelle 2: Funktionsverteilung für unterschiedliche AVP-Typen [4]

| Funktion       | Typ 1     | Typ 2 | Typ 3   |
|----------------|-----------|-------|---------|
| Zielzuweisung  | FS & FI   | FS    | FS      |
| Routenplanung  | FI        | FS    | FS      |
| OEDR           | FI (& FS) | FS    | FS & FI |
| Lokalisierung  | FI        | FS    | FI      |
| Pfadbestimmung | FI        | FS    | FI      |

## Technische und betriebliche Anforderungen

Die Entwicklung und Implementierung von AVP-Systemen erfordert eine präzise Definition von Anforderungen und die Einhaltung spezifischer Vorgaben, um die Sicherheit, Funktionalität, Interoperabilität und Akzeptanz des Systems zu gewährleisten. In diesem Kontext wurde die internationale Norm **ISO 23374-1:2023 "Intelligent transport systems — Automated valet parking systems (AVPS) — Part 1: System framework, requirements for automated driving and for communications interface"** entwickelt [5]. Diese Norm dient als Leitfaden für Hersteller, Betreiber und Regulierungsbehörden, um die

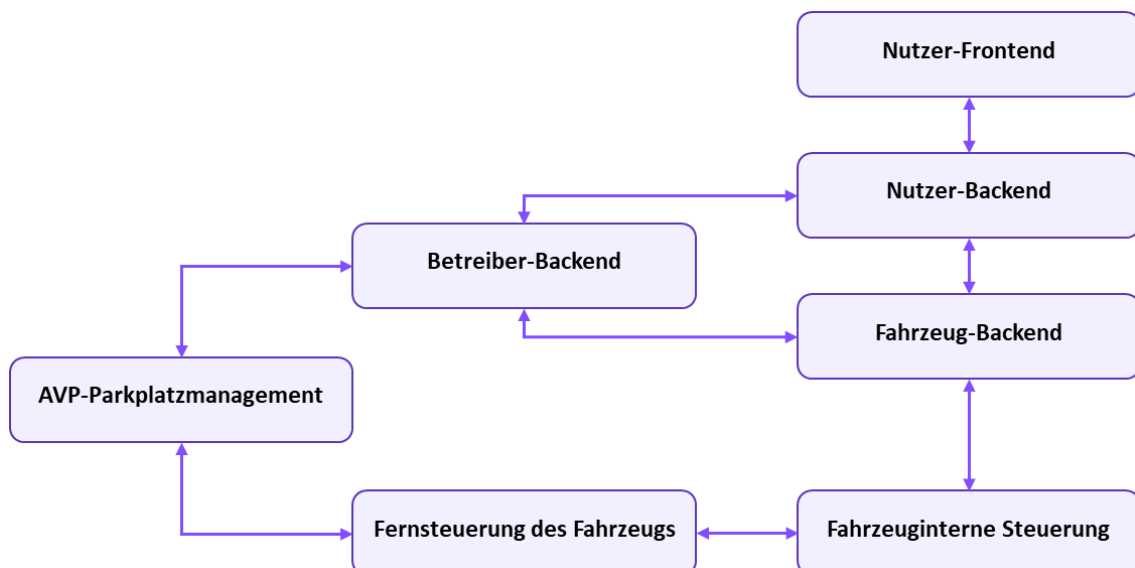


Abbildung 2: Systemarchitektur [4]

Entwicklung und den Einsatz von AVP-Systemen zu harmonisieren und zu standardisieren.

Im Wesentlichen beschreibt die Norm:

- **Den Systemrahmen für AVPS:** Sie legt die grundlegende Architektur und die Komponenten fest, aus denen ein AVP-System besteht.
- **Anforderungen an automatisierte Fahrfunktionen:** Die Norm legt Anforderungen für die wesentlichen automatisierten Funktionen eines AVP-Systems fest, darunter Zielzuweisung (Destination Assignment), Routenplanung (Route Planning), Pfadbestimmung (Path Determination), Objekt- und Ereigniserkennung (OEDR) und Lokalisierung (Localization).
- **Anforderungen an die Betriebsumgebung:** Die ISO 23374-1:2023 definiert die Operational Design Domain (ODD), also die spezifischen Bedingungen, unter denen das AVP-System sicher und zuverlässig operieren darf. Für den Einsatz von AVP-Systemen müssen Parkeinrichtungen dabei bestimmte Voraussetzungen erfüllen, unter anderem:
  - **Operation Zone:** Ein eindeutig definierter Betriebsbereich mit klaren Pufferzonen zu Bereichen ohne AVP-Betrieb.
  - **Drop-Off- und Pick-Up-Zonen:** Sicher gestaltete Übergabepunkte, die ausreichend Raum für Nutzer und Gepäck bieten.

| Subsystem                        | Rolle   | Hauptfunktionen  |
|----------------------------------|---|--|
| Fernsteuerung des Fahrzeugs (FS) | Führt den automatisierten Fahrzeugbetrieb aus | - Identifikation des Fahrzeugs   |
| Fahrzeuginterne Steuerung (FI)   |   | - Zielzuweisung<br>- Routenplanung<br>- OEDR (Objekt- und Ereigniserkennung und -reaktion)<br>- Lokalisierung<br>- Trajektorienplanung<br>- Vehicle motion control<br>- Notstopp |
| Nutzer-Frontend (NF)             | Schnittstelle zum Nutzer                      | - Übermittelt Nutzeranfragen<br>- Empfang und Anzeige des Fahrzeugstatus   |
| Nutzer-Backend (NB)              | Koordination der beteiligten Subsysteme       | - Verarbeitung von Nutzeranfragen  |
| Fahrzeug-Backend (FB)            |   | - Aktivierung und Deaktivierung der Fernsteuerung  |
| Betreiber-Backend (BB)           |   | - Verwaltung der Parkplatzverfügbarkeit<br>- Kompatibilitätsprüfung zwischen das Fahrzeug und Parkeinrichtung<br>- Übergabe der Fahrzeuge an den automatisierten Betrieb         |
| AVP-Parkplatzmanagement (P)      |   | - Reaktion auf Ausfälle der Betriebsfunktionen<br>- Sicherstellung geeigneter Umgebungsbedingungen   |

*Tabelle 1: Rollen und Hauptfunktionen der AVP-Teilsystemen [4]*

- **Kommunikationsabdeckung:** Eine lückenlose drahtlose Verbindung (z. B. 5G, WLAN) im gesamten Betriebsbereich, um eine unterbrechungsfreie Kommunikation zu gewährleisten.
  - **Beleuchtung:** Eine gleichmäßige Mindestbeleuchtungsstärke von 20 lx, um die optimale Funktion der Fahrzeug- und Infrastruktursensorik sicherzustellen.
  - **Notstopp-Einrichtungen:** Manuell auslösbare Geräte zur sofortigen Unterbrechung des automatisierten Betriebs, die an zugänglichen Stellen installiert sind.
- **Testszenarios für den automatisierten Fahrzeugbetrieb:** Die Norm definiert Testszenarios, die herangezogen werden sollen, um die korrekte Funktion der automatisierten Fahrzeugbetriebsfunktionen eines AVP-Systems zu überprüfen. Die Szenarios umfassen alltägliche Vorgänge wie das Ein- und Ausparken, das Befahren von Rampen sowie komplexe Situationen wie die Vermeidung von statischen und dynamischen Hindernissen (z.B. andere Fahrzeuge, Fußgänger, Kinder).

## Marktüberblick und Anwendungsbeispiele

AVP wird weltweit im Rahmen konkreter Projekte erprobt und schrittweise in den praktischen Betrieb überführt. Die folgenden Beispiele verdeutlichen den aktuellen Stand der Umsetzung solcher Systeme in verschiedenen Ländern:

Am Flughafen Stuttgart wurde 2020 das weltweit erste kommerziell genehmigte AVP-System nach SAE Level 4 in Betrieb genommen. Das gemeinsam von Mercedes-Benz, Bosch und APCOA entwickelte System erlaubt es Nutzenden, ihr Fahrzeug in einer definierten Drop-

Off-Zone abzustellen. Die Parkhausinfrastruktur übernimmt anschließend die fahrerlose Steuerung des Fahrzeugs bis zum Stellplatz und führt es bei Abruf selbstständig zurück zur Pick-Up-Zone. Das System basiert auf einer infrastrukturgestützten Architektur (AVP Typ 2) [6].

Ebenfalls in Deutschland wurde ein AVP-Pilotprojekt von BMW und Valeo in Zusammenarbeit mit der Deutschen Telekom realisiert. Im Rahmen des Projekts wurde in einem Parkhaus in München demonstriert, wie ein AVP-System über ein 5G-Mobilfunknetz betrieben werden kann [7].

In den USA wurde 2020 ein AVP-Pilotprojekt von Ford und Bedrock in einer Innenstadtgarage in Detroit umgesetzt [8].

In China hat XPeng Motors ein seriennahes AVP-System in seine Fahrzeuge integriert. Die Funktion wurde im Modell P7 eingeführt und ermöglicht das automatisierte Parken in dafür vorbereiteten Parkhäusern. Das System kombiniert fahrzeuginterne Sensorik (z. B. Kameras, Radar, Ultraschall) mit gespeicherten Karten des Parkhauses und wird in chinesischen Metropolen erprobt [9].

Diese Beispiele verdeutlichen, dass AVP weltweit nicht nur als technologische Vision, sondern bereits als praktisch erprobte Anwendung realisiert wird.

## Chancen und Herausforderungen

Die Entwicklung und Einführung von AVP bietet zahlreiche Chancen für Nutzer, Betreiber und Städte. Dazu zählen:

- **Effizientere Nutzung von Parkraum:** AVP ermöglicht eine dichtere und optimierte Stellplatzbelegung, da fahrerlos geparkte Fahrzeuge geringere Abstände benötigen und präziser positioniert werden können.
- **Reduzierung des Parksuchverkehrs:** Durch den Wegfall des manuellen Parksuchens lassen sich innerstädtische Verkehrsbelastung, Emissionen

und Energieverbrauch signifikant verringern.

- **Erhöhung der Verkehrssicherheit in Parkhäusern:** Automatisierte Systeme minimieren Unfallrisiken, da fehleranfällige Rangiermanöver durch den Menschen entfallen.
- **Neue Geschäftsmöglichkeiten:** AVP bildet die Grundlage für zusätzliche Dienste, wie automatisiertes Laden und automatisierte Reinigung.

Gleichzeitig sind mit der großflächigen Einführung von AVP-Systemen verschiedene Herausforderungen verbunden. Technologisch sind hohe **Anforderungen an Sensorik, Kommunikation, funktionale Sicherheit und Cybersicherheit** zu erfüllen. Regulatorisch müssen die Systeme mit den geltenden **gesetzlichen Rahmenbedingungen harmonisiert werden**. Auch wirtschaftlich und betrieblich stellen sich Fragen zur **Finanzierung der Infrastruktur, zur Interoperabilität zwischen Herstellern und Betreibern sowie zur Akzeptanz durch die Nutzer**.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Automated Valet Parking-Systeme erhebliche Potenziale zur Effizienzsteigerung und zur Entwicklung neuer Mobilitätsdienste bieten. Ihre erfolgreiche Einführung erfordert jedoch die Bewältigung technischer, regulatorischer und betrieblicher Herausforderungen sowie die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure.

## Zusammenfassung und Ausblick

AVP bietet das Potenzial, den Parkvorgang effizienter, sicherer und komfortabler zu gestalten. Dieses Dokument hat die Grundlagen, die Systemarchitektur, technologische Umsetzungen und aktuelle Anwendungsbeispiele dargestellt sowie die zentralen Chancen und Herausforderungen aufgezeigt.

Die bisherigen Projekte belegen die technische Machbarkeit, zeigen aber auch, dass eine flächendeckende Einführung weitere Entwicklungen in den Bereichen Infrastruktur,

Standardisierung und Regulierung erfordert. Perspektivisch wird AVP ein wichtiger Bestandteil zukünftiger Mobilitätskonzepte sein.

## Literaturverzeichnis

[1] INRIX, „Deutsche Verschwenden 41 Stunden Im Jahr Bei Der Parkplatzsuche - INRIX“. Zugegriffen: 17. Juni 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://inrix.com/press-releases/parking-pain-de/>

[2] Ö. Dönmez, O. Vaculín, und T. De Borba, „A Cost Effective Solution to an Automated Valet Parking System“, Int.J Automot. Technol., Bd. 25, Nr. 2, S. 369–380, Apr. 2024, doi: 10.1007/s12239-024-00031-9.

[3] NTT DATA, „Automated Valet Parking (AVP): How Connectivity and Smart Infrastructure Shapes AVP – Rethinking Mobility“. 24. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.nttdata.com/files/2022-en-wp-automated-valet-parking-avp.pdf>

[4] Verband der Automobilindustrie (VDA), „Automated Valet Parking Systems: Requirements for automated valet parking systems“. 05 2023. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.vda.de/dam/jcr:116de148-db90-4b5c-b723-f9efb0276903/Automated\\_Valet\\_Parking.pdf?mode=view](https://www.vda.de/dam/jcr:116de148-db90-4b5c-b723-f9efb0276903/Automated_Valet_Parking.pdf?mode=view)

[5] International Organization for Standardization, Intelligent transport systems — Automated valet parking systems (AVPS) — Part 1: System framework, requirements for automated driving and for communications interface, ISO 23374-1:2023, Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.iso.org/standard/78420.html>

[6] Bosch Media Service Bosch GmbH, „Weltpremiere: Fahrerloses Parks System von Bosch und Mercedes-Benz erhält Genehmigung für Serieneinsatz“. Zugegriffen: 17. Juni 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/weltpremiere-fahrerloses-parksystem-von-bosch-und-mercedes-benz-erhaelt-genehmigung-fuer-serieneinsatz-248960.html>

[7] BMW Group, „BMW und Valeo beschließen eine strategische Partnerschaft zur gemeinsamen Entwicklung automatisierter Level-4-Parklösungen der nächsten Generation.“ Zugegriffen: 17. Juni 2025. [Online]. Verfügbar unter:

<https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0408778DE/bmw-und-valeo-beschliessen-eine-strategische-partnerschaft-zur-gemeinsamen-entwicklung-automatisierter-level-4-parkloesungen-der-naechsten-generation?language=de>

[8] Bosch Media Service, „Ford, Bedrock und Bosch testen fahrerloses Parken in Nordamerika“. Zugegriffen: 17. Juni 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/ford-bedrock-und-bosch-testen-fahrerloses-parken-in-nordamerika-217984.html>

[9] XPENG, „XPeng Releases New Valet Parking Assist Function in Latest Xmart OS OTA Upgrade“. Zugegriffen: 17. Juni 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.business-wire.com/news/home/20210616005851/en/XPeng-Releases-New-Valet-Parking-Assist-Function-in-Latest-Xmart-OS-OTA-Upgrade>

## **Impressum**

### **Förderhinweis:**

Der Transformations-Hub MIAMy – Accelerate Market Introduction of autonomous Mobility wird vom Bundesministerium Wirtschaft und Klimaschutz aus der Förderbekanntmachung „Aufbau und Umsetzung von Transformations-Hubs zur Unterstützung von Transformationsprozessen in Wertschöpfungsketten der Automobilindustrie“ durch Zuwendung in Höhe von 4,7 Mio. € finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die des Autors/der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz wider. Die Bewilligungsbehörde kann nicht für sie verantwortlich gemacht werden.

