



Leitfaden Autonomes Fahren in Bayern

Inhalt

Editorial.....	3
Einführung	4
Rollen & Verantwortlichkeiten im Betrieb autonomer Mobilitätsangebote	6
Vorgehensmodell: Von der Idee zur Umsetzung	10
Checkliste – Realitätscheck vor Projektstart.....	12
Regulatorische Kernaufgaben – praxisnah zusammengefasst	18
Wirtschaftlichkeit & Finanzierung: Grundlagen & Logik	22
Unterstützung & Rolle von Bayern Innovativ	24
Fazit	25
Glossar	26
Quellenverweise und weiterführende Links	28



1 Editorial

Autonome Mobilitätsangebote gelten mittlerweile als wichtiger Baustein für eine sichere und ressourceneffiziente Mobilität und können zugleich einen positiven Beitrag zur Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse leisten. Besonders begrüßenswert dabei ist, dass die vielfältigen Stakeholder der Branche mit Neugier und Begeisterung auf diese Innovationen blicken. Vor diesem Hintergrund bietet der vorliegende Leitfaden Orientierung für Organisationen, die ein autonomes Mobilitätsangebot planen und unterstützen sie dabei, die zeitlichen, organisatorischen und finanziellen Aufwände realistisch einzuschätzen, die nächsten Schritte zu planen und die richtigen Ansprechpersonen zu identifizieren. Dabei versteht sich der Leitfaden in erster Linie als Diskussionsgrundlage und Gedankenanstoß, ersetzt selbstverständlich aber keineswegs juristische oder technische Beratungen. Dies gilt insbesondere, da zum jetzigen Stand (Januar 2026) in Deutschland weder genehmigte Level-4-Fahrzeuge verfügbar noch wesentliche regulatorische Prozesse abgeschlossen sind. Gleichwohl ist es wichtig, sich frühzeitig mit der Thematik des autonomen Fahrens zu beschäftigen, um deren Auswirkungen auf den eigenen Tätigkeits- und Verantwortungsbereich einordnen zu können. Das gilt für Kommunen und Verkehrsunternehmen ebenso wie für die Verkehrsplanung und Immobilienbetreiber. Insofern hoffen wir, mit diesem Leitfaden betroffene Organisationen in Bayern dabei unterstützen zu können, autonome Mobilitätsangebote zielgerichtet vorbereiten und planen zu können.

Der Leitfaden wurde durch das Team Vernetzte Mobilität bei Bayern Innovativ gemeinsam mit Holo, Europas führendem Betreiber und Implementierer von autonomen Mobilitätsangeboten, entwickelt.

Viel Freude beim Lesen

Nicolai Harnisch



Nicolai Harnisch
Leitung Vernetzte Mobilität



2 Einführung

Ziel & Auftrag des Leitfadens

Das autonome Fahren ist seit geraumer Zeit in aller Munde. Der Einsatz von Robotaxis in Teilen der USA und Chinas belegt die technische Realisierbarkeit und schafft bereits echte Mehrwerte für Nutzende. Während es dort private (Tech-)Unternehmen sind, die die Entwicklung und Umsetzung vorantreiben, liegt der Fokus der Debatte um das autonome Fahren in Deutschland auf den Anwendungsmöglichkeiten im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). Auch in Bayern hat man sich frühzeitig mit der Thematik beschäftigt, wie beispielweise die Pilotprojekte HEAL, SMO oder KelRide zeigen. Allerdings waren dort Fahrzeuge im Einsatz, deren technische Reife (niedrige Maximalgeschwindigkeit, Notwendigkeit eines Safety Drivers, u.v.m.) für einen Einsatz im Regelbetrieb nicht ausreichte. Diese „erste Welle“ der Shuttle-Projekte ist nach Ablauf der Förderperioden nun weitgehend beendet. Der Einsatz serienreifer, tatsächlich autonomer Fahrzeuge ist nach SAE-Level 4 zwar in Sicht, aber bislang noch nicht umgesetzt. Folglich wurde bislang auch noch kein Betriebsbereich für den Betrieb automatisierter Fahrzeuge genehmigt. Alle, die aktuell Bemühungen unternehmen, autonome Fahrzeuge auf die Straße zu bekommen (Fahrzeughersteller, Technologieanbieter, Verkehrsbetriebe oder Kommunen) sind demnach „Early Mover“, die nur im begrenzten Maße von den Erfahrungen anderer beziehungsweise von etablierten und eingeübten Prozessen profitieren können. Umso wichtiger ist der Austausch zwischen allen Beteiligten, um ein gemeinsames Verständnis über die Potenziale, Anforderungen und Erfordernisse zu schaffen, die sich aus der Technologie ergeben und so der geteilten Vision der autonomen Mobilität einen Schritt näher zu kommen.

Auch in Bayern gibt es zahlreiche engagierte Interessensgruppen, die bemüht sind, in dieser Hinsicht den nächsten Schritt zu gehen. Um anstehende Genehmigungsprozesse zu beschleunigen, aber auch diverse Erwartungshaltungen zu moderieren, ist es wichtig, alle Stakeholder frühzeitig zu informieren und in Entscheidungsprozesse zu involvieren. Hierfür soll der vorliegende Leitfaden eine niedrigschwellige und praxisnahe Orientierungshilfe entlang realer Entscheidungs- und Arbeitsschritte bieten: Er richtet sich an Kommunen, Landkreise, Verkehrsunternehmen und Unternehmen in Bayern, die sich konkret mit der Umsetzung autonomer Mobilitätslösungen befassen.

Der Leitfaden ist dabei als Arbeitsdokument konzipiert und fokussiert klare Rollenbilder, nachvollziehbare Vorgehensmodelle und typische Fragestellungen aus der Umsetzungspraxis. Lesende sollen schneller in der Lage sein, eigene Projekte realistisch einzuordnen, Verantwortlichkeiten zu klären und nächste Schritte strukturiert vorzubereiten.

Bestehende Leitfäden wie das BMDV/PTV-Handbuch und der Praxisleitfaden aus Ingolstadt bieten wertvolle Grundlagen, strukturierte Einordnungen und erste Praxiserfahrungen. Der Leitfaden von Bayern Innovativ knüpft daran an und ergänzt diese Perspektiven durch einen stärker operativen, bayerisch geprägten Fokus auf Rollenlogiken, Entscheidungsprozesse und konkrete Umsetzungsschritte. Der Schwerpunkt dieses Dokuments liegt bewusst auf der Umsetzbarkeit: Was ist früh zu klären? Welche Entscheidungen sind kritisch? Wo entstehen in der Praxis typischerweise Verzögerungen oder Fehler? Diese und weitere Fragen werden mit dem Leitfaden adressiert.

Zielgruppen & Ausgangslage in Bayern

Autonome Mobilität wurde bereits in einzelnen Projekten in Bayern erprobt. Gleichzeitig stehen Technologien und Rahmenbedingungen erst jetzt vor dem Übergang in den regulären, autonomen Betrieb. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die Anbindung in ländlichen Räumen, die Erschließung von Quartieren und Gewerbestandorten sowie für stabilere Betriebsmodelle trotz Personalmangel.

Dieser Leitfaden richtet sich an Organisationen, die diesen nächsten Schritt konkret planen oder verantworten:

- Kommunen und Aufgabenträger,
- Verkehrsunternehmen,
- Planungsbüros und Immobilienentwickler sowie
- Unternehmen mit eigenem Mobilitätsbedarf

Ziel ist es, Entscheidungen strukturiert vorzubereiten und die relevanten Rollen, Abläufe und Anforderungen frühzeitig zu klären.

Autonomes Fahren verändert nicht die Verantwortung, sondern ihre Verteilung. Hersteller und Systemanbieter tragen weiterhin Verantwortung für die technische Sicherheit des Fahrzeugs und seiner automatisierten Fahrfunktionen. Mit dem operativen Einsatz geht die Sicherheits- und Compliance-Verantwortung jedoch auf den Genehmigungshalter beziehungsweise Betreiber über. Dieser stellt sicher, dass das System sachgerecht eingesetzt, überwacht und im Rahmen der genehmigten Bedingungen betrieben wird.

Autonomie ersetzt den (Safety) Driver, aber nicht die betriebliche Verantwortung. Erfolgreicher Betrieb erfordert daher nicht nur Technologie, sondern organisatorische Kompetenz und eine klare Zusammenarbeit zwischen Betreibern, Kommunen, Herstellern und Systemanbietern. Auf dieser Grundlage baut der Leitfaden auf.

3

Rollen & Verantwortlichkeiten im Betrieb autonomer Mobilitätsangebote

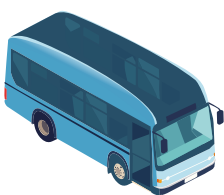
Autonome Systeme verändern nicht nur die technische Grundlage von Mobilitätsangeboten, sondern auch die Verteilung und den Inhalt von Zuständigkeiten im Betrieb. Die meisten Stakeholder sind bereits heute Teil des Mobilitätsökosystems: Betreiber, Hersteller, Softwareanbieter, Infrastrukturverantwortliche, Planungsstellen und Behörden. Mit dem autonomen Betrieb übernehmen sie jedoch neue Aufgaben in Bezug auf Sicherheit, Betriebsgrenzen, Softwareänderungen und datenbasierte Nachweisführung. Nachfolgend ordnen wir diese Rollen ein und beschreiben ihre jeweiligen Verantwortlichkeiten im fahrerlosen Betriebsmodell.



Betriebsgesellschaft

Organisationen, die ein autonomes Mobilitätsangebot planen, muss klar sein, dass es sich dabei mitnichten um eine „Plug-and-Play“-Lösung handelt. Vielmehr gilt es, ein neuartiges Ökosystem mit vielfältigen Rollen und Verantwortlichkeiten aufzubauen und zu moderieren. Der Komplexität dieses Ökosystems tragen auch die erforderlichen Genehmigungsprozesse Rechnung (vgl. Kapitel 4.3.). Zunächst bedarf es einer Betriebsgesellschaft, die eine autonome Flotte aufbaut und einen autonomen Fahrservice installieren möchte. Diese Rolle kann von Verkehrsunternehmen, Taxi-Unternehmen, Mietwagenunternehmen (z. B. Uber, Bolt), unter Umständen auch von Kommunen direkt übernommen werden. Die Betriebsgesellschaft ist für den Betrieb der Flotte verantwortlich und haftbar. Gemäß § 14 Absatz 3 AFGBV muss die Betriebsgesellschaft zudem eine technische Aufsicht als menschliche Rückfallebene installieren. Falls ein autonomes Fahrzeug aus Sicherheitsgründen oder aufgrund eines technischen Defekts in einen risikominimalen Zustand versetzt wird, muss die technische Aufsicht ein Manöver freigeben, um diesen Zustand aufzulösen oder – falls dies nicht möglich ist – das Fahrzeug abtransportieren. In solchen Situationen sollten Reisende über dafür einzurichtende Systeme mit der Technischen Aufsicht – zum Beispiel über Mobilfunk – Kontakt aufnehmen können.

Fahrzeug und Software



Die Betriebsgesellschaft beschafft Fahrzeuge, die mit einer Automatisierungssoftware (AD-Stack) und der dafür erforderlichen Sensorik (z. B. Kameras, LiDAR, Radar) ausgestattet sind, um die Fahraufgabe tatsächlich fahrerlos gemäß SAE-Level-4 bewältigen zu können. In den meisten Fällen sind Fahrzeughersteller und Softwareanbieter nicht identisch. So bietet beispielsweise die Firma Holon einen People Mover an, der mit der Automatisierungssoftware von Mobileye ausgestattet ist. Mobileye wird wiederum von Volkswagen ADMT im Modell ID Buzz AD genutzt. Im Beschaffungsprozess ist somit zu beachten, welche fahrzeugbezogenen Qualitätskriterien (Größe, Barrierefreiheit, Innenraumüberwachung) und softwarebezogenen

Qualitätskriterien („Welche Fahrscenarien können autonom bewältigt werden“ – Operational Design Domain (ODD)) in Betracht gezogen werden müssen. Daraus folgt auch, dass je nach Fragestellungen unterschiedliche Ansprechpersonen und damit Schnittstellen gemanagt werden müssen. Diese beiden Kernkomponenten – AD-Stack und Fahrzeug – sind auch nicht beliebig kombinier- und änderbar, da die Software auf die jeweiligen Sensoren und Fahrzeugeigenschaften optimiert ist und Änderungen mitunter langwierige Entwicklungszyklen erfordern.



Für den autonomen Betrieb endet die Rolle von Fahrzeugherstellern und Softwareanbietern jedoch nicht mit der Fahrzeuglieferung. Sie bleiben weiterhin für die technische Sicherheit ihrer Komponenten verantwortlich und müssen sicherstellen, dass Software-, Karten- und Systemstände jederzeit dokumentiert und auditierbar sind. Änderungen am System, etwa Updates, ODD-Erweiterungen oder neue Sensorfunktionen wirken sich unmittelbar auf Betrieb, Sicherheit und Genehmigung aus und erfordern daher abgestimmte Change-Management-Prozesse mit dem Betreiber sowie die Bereitstellung sicherheitsrelevanter Daten.

In der Praxis stellt es sich aktuell so dar, dass AD-Systemanbieter eigene Softwarekomponenten für die technische Aufsicht entwickeln und dem Betreiber zur Verfügung stellen. Damit perspektivisch auch gemischte Flotten unterschiedlicher Fahrzeughersteller und AD-Softwareanbieter zugleich überwacht werden können, müssen interoperable Schnittstellen und Steuerungsebenen geschaffen werden.

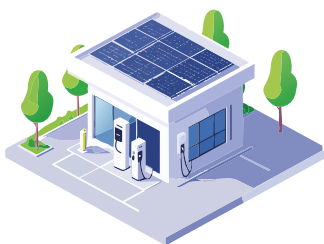
Leitstelle

Eine bedeutende Rolle im AV-Projekt kommt der Leitstelle beziehungsweise dem Flottenmanagement zu. Hier laufen die unterschiedlichen Informationen aus dem Betrieb, beispielsweise Telemetriedaten und Informationen aus dem SDS-System, zusammen und werden überwacht. Insbesondere bei bedarfsorientierten („On-Demand“) Angeboten ist zudem eine weitere Softwareebene für das Dispositionsmanagement erforderlich, ebenso wie eine daran angeschlossene Nutzendenschnittstelle/-App, über die Fahrtenwünsche ermittelt, gegebenenfalls gebündelt und entsprechende Routen berechnet werden. Auch diese Rolle kommt in bereits existierenden Projekten unterschiedlichen Organisationen zu: im Projekt ALIKE in Hamburg wird diese Rolle von MOIA eingenommen, im Projekt KIRA von ioki. Es ist – in Abhängigkeit der Flottengröße und des Betriebsmodells – möglich, die Funktionsrollen der Leitstelle und der Technischen Aufsicht an einem Arbeitsplatz zu integrieren, damit sowohl Flotte als auch Betrieb an einer Stelle überwacht werden können.



Betriebshof

Zusätzlich ist zu beachten, dass auch Betriebshöfe an die Anforderungen autonomer Flotten angepasst werden müssen. Nachdem autonome Fahrzeuge üblicherweise batterieelektrisch betrieben werden, ist es weiterhin ratsam, IT- und Kommunikationsinfrastruktur und das Lademanagement ebenfalls von Beginn an mitzudenken. Dies impliziert einerseits zum Beispiel den Aufbau geeigneter Ladeinfrastruktur sowie die Einrichtung von (Software-)Schnittstellen ins Flottenmanagement, um die Flotte bestmöglich auszulasten und Ausfallzeiten so gering wie möglich zu halten. Auch Reinigung und Wartung verändern sich mit autonomen Fahrzeugen: Insbesondere die LiDAR-Sensoren sind hochempfindlich und erfordern eine spezielle Behandlung.





Kommunen

Den Kommunen beziehungsweise weiteren Gebietskörperschaften kommt im AV-Projekt eine zentrale Rolle zu. Zunächst sind die Kommunen in Genehmigungs- und Zulassungsprozesse maßgeblich involviert und bringen ihre Perspektiven und Anforderungen mit ein (vgl. Kapitel 4.3.). Im straßengebundenen ÖPNV fungieren die Landkreise und kreisfreien Städte als Aufgabenträger und gestalten gemeinsam mit den Verkehrsunternehmen den öffentlichen Verkehr. Es ist grundsätzlich auch denkbar, dass Kommunen selbst als Betreiber autonomer Flotten agieren.

Darüber hinaus können Kommunen vor Ort einige Weichen stellen, die zum Gelingen des Projekts beitragen, insbesondere durch die Optimierung der Infrastruktur: Klar markierte Fahrspuren sind ebenso ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems, wie eine unterbrechungsfreie Mobilfunkverbindung insbesondere für die technische Aufsicht. Zudem kann die Vernetzung der Verkehrsinfrastruktur mit der autonomen Flotte – zum Beispiel über C-ITS – die Einbettung dieser in das Gesamtsystem erleichtern.

Verkehrsverbünde

Auch den Verkehrsverbänden kommt eine wichtige Rolle zu. Sie koordinieren die Zusammenarbeit der Aufgabenträger, um Mobilitätsangebote bestmöglich aufeinander abzustimmen. Dazu zählen auch die tarifliche Integration, ein einheitlicher Markenauftritt sowie Vertrieb, zum Beispiel über Mobility-as-a-Service Apps. Die Einbeziehung der Verkehrsverbände sollte geprüft werden, unter anderem um zu verhindern, dass autonome Mobilitätsangebote bestehende Angebote kannelisieren. Dem kann die Integration in existierende Mobility-as-a-Service-Angebote entgegenwirken. Zudem kann durch die tarifliche Integration die Attraktivität des autonomen Angebots für Bestands- beziehungsweise Abokundschaft erhöht werden.

Nicht zuletzt werden häufig gewisse Angebote, beispielsweise der Betrieb von Buslinien, zentral über die Verkehrsverbände ausgeschrieben. Plant eine Kommune oder ein Verkehrsunternehmen ein autonomes Mobilitätsangebot, sollte frühzeitig die Abstimmung mit dem Verkehrsverbund erfolgen. Durch gebündelte Bestellungen lassen sich zudem Kostenvorteile erzielen (vgl. Kapitel 6).





- 01 Betriebshof und Werkstätten inkl. Lademanagement
- 02 Flottenmanagement beziehungsweise Leitstelle
- 03 Buchungssoftware
- 04 Betreiber (z. B. Verkehrsunternehmen)
- 05 Autonomes Mobilitätsangebot
- 06 Fahrzeughersteller und Softwareanbieter
- 07 Kommune



4 Vorgehensmodell: Von der Idee zur Umsetzung

Bevor ein autonomes Mobilitätsvorhaben konkretisiert wird, sollten grundlegende Voraussetzungen für ein realistisches Projekt geprüft werden. Viele Ideen entstehen aus politischem Interesse, Innovationsdrang oder ersten Eindrücken der Technologie. Entscheidend ist jedoch, frühzeitig zu erkennen, ob ein Projekt fachlich, organisatorisch und betrieblich umsetzbar ist. Ein strukturierter Entscheidungs- und Realitätscheck dient dazu, Erwartungen zu ordnen, Risiken sichtbar zu machen und zielgerichtete nächste Schritte abzuleiten.

Entscheidungs- & Realitätscheck

Zu Beginn sollte geklärt werden, welcher Bedarf überhaupt adressiert werden soll. Autonome Mobilität ist kein Selbstzweck; sie kann nur dann einen Mehrwert schaffen, wenn sie auf einen klar definierten Bedarf trifft: Denkbar sind unter anderem eine Erschließungslücke, ein logistisches Szenario, ein campus- oder industrieinterner Verkehr, eine Entlastung bestehender Angebote oder ein konkreter politischer Auftrag. Ohne eine präzise Problemdefinition besteht die Gefahr, ein Projekt zu starten, das die tatsächlichen Herausforderungen nicht löst oder langfristig nicht tragfähig ist.

Ein zweites zentrales Element ist die Prüfung der Rahmenbedingungen im geplanten Einsatzgebiet. Dazu zählen insbesondere grundlegende Aspekte der Infrastruktur (z. B. Sichtfelder, Fahrbahnbreiten, Einmündungen, Wende- und Haltepunkte), die Verkehrsbedingungen, die Komplexität der Umgebung sowie Faktoren wie Steigungen, Engstellen oder Querungsbereiche. Autonome Systeme operieren, zumindest auf absehbare Zeit, innerhalb definierter Betriebsgrenzen (ODD). Deshalb muss früh erkennbar sein, ob das Umfeld prinzipiell geeignet ist oder ob grundlegende Anpassungen notwendig wären. Ein realistisches Projektkonzept entsteht nur dann, wenn räumliche und betriebliche Bedingungen grundsätzlich mit den Fähigkeiten aktueller Systeme vereinbar sind.

Im gleichen Zuge sollte geklärt werden, welche Ziele die Stakeholder verfolgen und ob diese Ziele miteinander kompatibel sind. Kommunen, Verkehrsunternehmen, Betreiber, Unternehmen oder Standorte verfolgen unterschiedliche Perspektiven: von Mobilitätsverbesserungen über Standortattraktivität bis hin zu betrieblicher Effizienz. Eine frühe Abstimmung verhindert spätere Zielkonflikte und hilft, den Projektumfang realistisch einzuordnen.

Transformation der bestehenden Organisation

Ein weiterer Aspekt betrifft die organisatorische und personelle Ausgangslage. Autonome Mobilität ist als Systembetrieb zu verstehen, der klare Verantwortlichkeiten, Zeitressourcen und interne Kompetenzen erfordert. Daher sollte frühzeitig geprüft werden, ob Kapazitäten für Projektleitung, Abstimmung, technische Bewertung, operative Vorbereitung und spätere Betriebsaufgaben vorhanden sind, oder ob externe Unterstützung notwendig wird. Viele Projekte scheitern nicht aus technischen, sondern vielmehr aus organisatorischen Gründen.

Die richtigen Partnerschaften

Ebenso wichtig ist die Frage nach der Verfügbarkeit geeigneter Kooperationen, insbesondere hinsichtlich Fahrzeuge, Automatisierungssystemen, Betriebspartnern, Software, Monitoring oder Infrastruktur. Da autonome Systeme nicht beliebig kombinierbar sind, sollte geprüft werden, ob ein Angebots- und Technologieumfeld existiert, das zum Einsatzgebiet und zu den gewünschten Betriebsformen passt. Dies betrifft sowohl technische Fähigkeiten als auch Kapazitäten und Erfahrungen.

Regulatorisches Verständnis für Zulassung und Betrieb

Zusätzlich braucht es ein grundlegendes Verständnis für Genehmigungsvoraussetzungen und rechtliche Rahmenbedingungen. Die erforderlichen Nachweise, die zweistufige Genehmigungsstruktur (vgl. 4.3) und die Rolle der Landesbehörden müssen frühzeitig einbezogen werden. Projekte scheitern häufig, weil Zeitläufe, Inhalte oder Verantwortlichkeiten im Genehmigungsprozess unterschätzt werden.

Wirtschaftlichkeit

Abschließend ist eine erste Einschätzung der wirtschaftlichen Realisierbarkeit erforderlich. Dabei geht es nicht um exakte Kostenmodelle, sondern um die Frage, ob der Aufwand für Fahrzeuge, Betrieb, Infrastruktur, Vorbereitung und Partnerleistungen im Verhältnis zum erwarteten Nutzen und zu den verfügbaren Ressourcen steht. Ein transparenter Realitätscheck verhindert, das Vorhaben mit unrealistischen Erwartungen an Kosten, Zeitbedarf oder Skalierbarkeit starten.

Ebenso hilft ein solcher Check dabei, Projekte frühzeitig zu strukturieren, Risiken sichtbar zu machen und diejenigen Vorhaben zu identifizieren, die in die nächste Phase überführt werden können. Gleichzeitig ermöglicht er, potenziell nicht umsetzbare oder unverhältnismäßig aufwändige Ideen frühzeitig neu zu denken oder alternative Lösungen zu prüfen.

Gebietsbewertung & Einsatzdefinition

Die Gebietsbewertung ist der erste Schritt einer technischen Machbarkeitsanalyse:

Welche Teile eines geplanten Einsatzgebiets eignen sich unter heutigen Bedingungen für einen autonomen Betrieb?



Hinweis:

Die technische Einsatzfähigkeit wird im Projektverlauf weiter geschärft und verändert sich mit der Wahl von Systemen, Partnern und Infrastrukturmaßnahmen.

Zentrale Bewertungskriterien aus AV-Sicht

- Straßenraum & Geometrie (Breiten, Kurven, Einmündungen)
- Verkehrsführung, Knotenpunkte, Komplexität des Umfelds
- Sichtbeziehungen, Querungen, konflikträchtige Bereiche
- Haltepunkte, Wendemöglichkeiten, sichere Bereitstellungsflächen
- Witterung & saisonale Bedingungen (z. B. Schneelage, Nässe, Verschmutzung, Sichtbeeinträchtigung)
- Mobilfunkabdeckung & Datenverfügbarkeit entlang der Strecke

Checkliste – Realitätscheck vor Projektstart

Bedarf und Zielsetzung

- 1) Welches konkrete Problem oder welcher Bedarf soll adressiert werden? _____
- 2) Welchen Mehrwert soll ein autonomes Angebot gegenüber bestehenden Lösungen schaffen? _____
- 3) Sind Zielsetzung und Erwartungshaltungen zwischen allen Beteiligten abgestimmt? _____

Eignung des Einsatzgebiets

- 4) Ist das Gebiet grundsätzlich mit den Fähigkeiten aktueller Systeme vereinbar? _____
- 5) Gibt es Stellen, die baulich oder betrieblich angepasst werden müssten – und wären diese realistisch umsetzbar? _____
- 6) Sind erste Überlegungen zu Haltepunkten, Wende- oder Ladebereichen vorhanden? _____

Organisatorische Voraussetzungen

- 7) Gibt es eine klar benannte interne Verantwortlichkeit für das Projekt? _____
- 8) Stehen ausreichend Ressourcen für Projektsteuerung, Abstimmung und Vorbereitung zur Verfügung?
- 9) Ist intern verstanden, dass autonomer Betrieb kein Plug-and-Play-Produkt ist? _____

Partner- und Systemverfügbarkeit

- 10) Sind potenzielle Technologie- und Betriebspartner identifiziert, deren Systeme grundsätzlich passen könnten für die angestrebte Nutzung? _____
- 11) Ist klar, welche Komponenten von welchen Partnern stammen würden? _____
- 12) Liegen erste Informationen zu Fähigkeiten und Grenzen der Systeme vor? _____

Genehmigungsfähigkeit

- 13) Sind regulatorische Anforderungen und Zuständigkeiten bekannt? _____
- 14) Gibt es Expertise, um Genehmigungsschritte einzuschätzen? _____
- 15) Ist realistisch, dass die Genehmigungsbedingungen im geplanten Umfeld erfüllt werden können? _____

Wirtschaftlichkeit

- 16) Gibt es eine grobe Vorstellung der wichtigsten Kostenblöcke? _____
- 17) Sind Mittel oder Förderoptionen in Aussicht, die das Vorhaben tragen können? _____
- 18) Passen Erwartungen an Kosten, Zeitplan und Umfang zu realistischen Rahmenbedingungen? _____

Erwartungsmanagement

- 19) Ist bekannt, was autonome Systeme heute leisten können – und was nicht? _____
- 20) Gibt es unrealistische Erwartungen, die frühzeitig adressiert werden müssen? _____

Datengrundlage für ODD-Abgleich, Sicherheit und Betrieb

Die Gebietsbewertung beinhaltet eine systematische Erfassung streckenrelevanter Informationen, unter anderem folgende:

- Straßenklassifizierung & zulässige Verkehrsregeln
- Lage von sicherheitskritischen Punkten (Querungen, Unfallhäufungen)
- infrastrukturelle Voraussetzungen (PUDO, Wendepunkte, Abstellflächen, Ladeinfrastruktur)
- Mobilfunk- und Kommunikationsbedingungen im geplanten Betrieb

Diese Daten bilden die Grundlage für:

- technische Machbarkeitsanalyse
- ODD-Abgleich
- Betriebs- und Sicherheitskonzepte
- Monitoring- und Interventionslogiken
- Risiko- und Qualitätsmanagement im Betrieb

Die Datenerhebung ermöglicht es, die für die geplante Nutzungsanwendung passende ODD auszuwählen. Nicht jede System-ODD passt zu jedem Gebiet und nicht jedes Gebiet zu jeder ODD.

Kurz: Die Gebietsbewertung prüft nicht nur Eignung, sondern erzeugt die Daten, die später zwingend für Ausschreibungen, Genehmigung und sicheren Betrieb erforderlich sind.

Ergebnis der Bewertung

Ergebnis ist eine realistische Einschätzung, welche Streckenabschnitte...

- heute mit vertretbarem Aufwand betreibbar erscheinen,
- wo gezielte infrastrukturelle Anpassungen den Weg ebnen,
- und welche Bereiche vorerst zurückgestellt werden sollten.



AV-Systeme können nicht in Gebietskategorien oder Planungszonen betrieben werden, sondern nur innerhalb klar definierter Operational Design Domains (ODD). AV-Expertise bedeutet daher, räumliche Konzepte (Strassenraum, Knoten, Haltestellen, Mischverkehr, Witterung, Geschwindigkeiten, Verkehrsregeln) in konkret befahrbare Betriebsbedingungen zu übersetzen: Wo kann das Fahrzeug sicher fahren? Unter welchen Randbedingungen? Mit welchen Einschränkungen? Diese Übersetzungsleistung ist in der klassischen Verkehrsplanung nicht standardisiert.

Die Gebietsbewertung klärt frühzeitig, welche Strecken heute realistisch für AV-Betrieb geeignet sind, und liefert die Datenbasis für ODD, Sicherheit und Betrieb.

Auf dieser Basis wird der Einsatz nun genehmigungsfähig aufbereitet: ODD-Abgleich, Sicherheits- und Betriebskonzepte, Nachweise und Dokumentation.

Genehmigungsvorbereitung

Der Betrieb autonomer Fahrzeuge ist in Deutschland durch die Autonome-Fahrzeuge Genehmigungs- und Betriebsverordnung (AFGBV) geregelt, die seit 2022 in Kraft ist. Diese sieht einen zweistufigen Genehmigungsprozess vor. Zunächst muss der Fahrzeughersteller für sein Fahrzeug inklusive des AD-Systems eine Betriebserlaubnis einholen. Dies erfolgt zentral über das Kraftfahrtbundesamt (KBA). Dem KBA sind dabei zahlreiche Informationen und Unterlagen vorzulegen, die folgende Elemente umfassen: Ein Konzept über die funktionale Sicherheit des Fahrzeugs, ein IT-Sicherheitskonzept und die funktionale Beschreibung des Fahrzeugs, der sogenannten ODD. Hier wird spezifiziert, unter welchen Bedingungen das autonome Fahrzeug sicher und effektiv operieren kann, wobei beispielsweise Wetterbedingungen, Geographie, Straßentypen etc. berücksichtigt werden.

Gemäß AFGBV dürfen autonome Fahrzeuge nur in einem definierten Betriebsbereich in Einsatz gebracht werden. Das bedeutet, dass autonome Fahrzeuge nicht ohne Weiteres flexibel einsetzbar sind und Einsatzgebiete nicht beliebig verändert werden können. Kurzfristige Änderungen des Betriebsbereichs sind einerseits technisch enorm voraussetzungsreich und andererseits regulatorisch nicht vorgesehen. Vielmehr muss der Fahrzeughalter, also der Betreibende des autonomen Mobilitätsangebots, den Betriebsbereich festlegen und von der zuständigen Landesbehörde genehmigen lassen. In Bayern kommt diese Rolle der Landesbaudirektion zu, die dem Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr unterstellt ist. Hier wird die ODD des Fahrzeugs mit dem gewünschten Betriebsbereich (TOD: Target Operational Domain) abgeglichen, um sicherzustellen, dass die Fahrfunktionen den Erfordernissen des Betriebsbereichs entsprechen. Sollten bestimmte Rahmenbedingungen (z. B. Bahnübergänge, Steigungen, Wendepunkte) nicht durch die ODD des Fahrzeugs abgedeckt sein, müssen entsprechende Anpassungen im Betriebsbereich vorgenommen werden beziehungsweise die Routenführung innerhalb des Betriebsbereichs angepasst werden.

Der Halter beziehungsweise Betreiber des Fahrzeugs ist demnach aufgefordert, zur Überprüfung des Betriebsbereichs eine kartografische Darstellung des entsprechenden Streckennetzes in geeigneter digitaler Form vorzulegen. Zusätzlich wird die Landesbaudirektion erwartungsgemäß auch die betroffenen Kommunen in den Prozess der Betriebsbereichsgenehmigung einbinden und anhören: Einerseits, um die Kommune über die Pläne und Entwicklungen vor Ort zu informieren, andererseits um streckenspezifische Informationen einzuholen, die Einfluss auf das autonome Mobilitätsangebot haben könnten, beispielsweise über neuralgische Unfallorte oder besondere (Mobilitäts)-Bedarfe an bestimmten Stellen. Dabei werden meist auch weitere örtliche Behörden, wie die Polizei und Feuerwehr, involviert. Dementsprechend empfiehlt es sich für Betreiber, insbesondere für kommerzielle, sich frühzeitig mit der Kommune in Verbindung zu setzen.

Wer ein autonomes Mobilitätsangebot etablieren möchte, benötigt hierfür eine Genehmigung nach dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG), welche im zuständigen Landratsamt zu beantragen ist. Dabei unterscheidet das PBefG zwischen 1) dem Verkehr mit Taxen, 2) den Verkehr mit Mietwägen und 3) dem gebündelten Bedarfsverkehr. Die Eingruppierung des autonomen Mobilitätsangebots ergibt sich aus dem Anwendungsfall. Wird ein Pooling-Ansatz verfolgt, also wenn Fahrten gebündelt werden sollen, fällt das Angebot unter die gebündelten Bedarfsverkehre. Diese und die Mietwagenverkehre unterscheiden sich vom Taxiverkehr dahingehend, dass der Taxiverkehr gemeinwirtschaftlichen Pflichten unterliegt (z. B. Beförderungspflicht), im Umkehrschluss aber bestimmte Rahmenbedingungen genießt, die dem Mietwagengeschäft verwehrt sind (z. B. reduzierter Mehrwertsteuersatz). Ob die umgangssprachlich als „Robotaxis“ bezeichneten autonomen Fahrzeuge tatsächlich eine Taxi-Konzession erhalten können, ist mit der zuständigen Behörde, in der Regel dem Landratsamt, zu klären. Es empfiehlt sich auch hier, frühzeitig Kontakt aufzunehmen und offene Fragen zu klären. Das setzt voraus, dass die betroffenen Mitarbeitenden mit der Thematik des autonomen Fahrens vertraut sind und grundlegende Zusammenhänge kennen und verstehen. Daher sollten sich nicht nur diejenigen Abteilungen, die unmittelbar mit Mobilität und Verkehr betraut sind, mit dem autonomen Fahren befassen, sondern auch jene, die Fahrzeugzulassungen und (Taxi-)Konzessionen verantworten.

Organisations- & Betriebsaufbau im Level-4-Zielzustand

Während Kapitel 3 die beteiligten Rollen und Akteure im AV-Ökosystem beschreibt, fokussiert dieses Kapitel den organisatorischen Aufbau innerhalb der Betreiberorganisation: Welche Aufgaben müssen wo verankert werden, damit ein autonomer Betrieb sicher, genehmigungsfähig und skalierbar funktioniert?

Der Betrieb autonomer Fahrzeuge verlagert viele Entscheidungen, die heute durch Fahrpersonal getroffen würden, in Prozesse, Strukturen und technische Systeme der Organisation. Damit entstehen neue betriebliche Verantwortlichkeiten, die klar definiert und institutionell verankert werden müssen.

Autonome und hochautomatisierte Systeme operieren zudem – zumindest für absehbare Zeit – nur innerhalb klar definierter Betriebsgrenzen (ODD). Erst innerhalb dieser Bedingungen können sie sicher und zuverlässig funktionieren. Ein organisationsseitiges Verständnis dieser Grenzen ist zentral für Planung, Betrieb und Weiterentwicklung. Gleichzeitig verbleibt die Verantwortung für Sicherheit und Betrieb immer bei der betreibenden Organisation. Entscheidungen, die in konventionellen Systemen ein menschliches Fahrpersonal treffen würde, müssen organisatorisch abgebildet und verantwortet werden. Änderungen an Software, Kartenmaterial oder Systemkonfigurationen sind sicherheits- und genehmigungsrelevant und erfordern entsprechende Prüf-, Abstimmungs- und Freigabeprozesse. Der autonome Betrieb ist zudem technologie- und datengetrieben: Monitoring, Ereignismanagement, Dokumentation und Qualitätssicherung gehören zum täglichen Ablauf.

Um diese Anforderungen verlässlich erfüllen zu können, müssen Organisationen zentrale Aufgabenbereiche klar definieren. In der Praxis lassen sich diese Verantwortlichkeiten in sechs funktionale Cluster gliedern:

Hinweis:

In Deutschland darf aktuell kein autonomes Fahrzeug ohne Safety Driver betrieben werden. Der Grund: Es existiert noch keine Fahrzeug-Betriebserlaubnis nach § 4 AFGBV für ein Level-4-Automatisiertes Fahrzeug.

Solange ein Fahrzeug keine solche Betriebserlaubnis besitzt, schreibt die Rechtslage zwingend vor:

- Ein Safety Driver muss an Bord sein und darf nicht entnommen werden.
- Dies gilt unabhängig vom technischen Reifegrad des Systems.



Wichtig:

Eine Betriebsbereichsgenehmigung (z. B. in laufenden Pilotprojekten) ersetzt keine Fahrzeug-Betriebserlaubnis nach AFGBV.

Pilotbetriebe können heute genehmigte Streckenabschnitte nutzen – jedoch ausschließlich mit Safety Driver, da das Fahrzeug selbst keine autonome Betriebserlaubnis besitzt.

Erst wenn beide Voraussetzungen erfüllt sind, ist ein vollständig autonomer Betrieb möglich:

1. Fahrzeug-Betriebserlaubnis nach AFGBV (Herstellerepflicht)
2. Genehmigter Betriebsbereich (Betreiberpflicht)

Bis dahin bleibt der Safety Driver in Deutschland rechtlich verpflichtend.



1. Governance & Sicherheit:

Dieser Bereich umfasst die betriebliche Gesamtverantwortung, Sicherheits- und Betriebskonzepte, Risikobewertungen, die Pflege der Betriebsgrenzen (ODD) sowie die Einhaltung regulatorischer Anforderungen. Governance & Sicherheit stellt zudem sicher, dass sicherheits- und genehmigungsrelevante Entscheidungen formalisiert, dokumentiert und mit zuständigen Stellen abgestimmt werden und dass Nachweispflichten eindeutig zugeordnet sind.



2. Operativer Betrieb & Einsatzsteuerung:

Hierzu zählen die tägliche Betriebsaufnahme, die operative Einsatzsteuerung, die Koordination von Abläufen und die strukturierte Behandlung von Störungen und Ereignissen. Dieser Bereich bildet das operative Rückgrat eines autonomen Mobilitätsangebots und ersetzt viele situative Entscheidungen des Fahrpersonals durch definierte Prozesslogiken, Eskalationswege und die Anbindung von Dispositions- und Buchungssystemen



3. Technische Systemverantwortung & Change-Management:

Dieser Aufgabenbereich umfasst auf Betreiberseite die Verwaltung der für den Betrieb relevanten Software-, Karten- und Systemstände, die Bewertung und Dokumentation von Änderungen sowie die Abstimmung mit den Systemanbietern. Die technische Weiterentwicklung der Systeme selbst, einschließlich Software, Sensorik, Kartenmaterial und Systemfunktionen, liegt bei den jeweiligen Herstellern und Anbietern. Der Betreiber stellt hingegen sicher, dass alle Änderungen nachvollziehbar geprüft, kommuniziert und betrieblich verantwortet werden können und dass ihre Auswirkungen auf Sicherheit, Betrieb und Genehmigung berücksichtigt werden. Change-Management gewinnt damit eine eigene sicherheits- und genehmigungsrelevante Rolle.



5. Monitoring, Technische Aufsicht & Remote-Funktionen:

Da autonome Fahrzeuge kontinuierlich überwacht werden müssen, umfasst dieser Bereich die Beobachtung des laufenden Betriebs, das Erkennen und Bewerten von Systemereignissen sowie das Einleiten definierter Maßnahmen und Eskalationsschritte.

Die Technische Aufsicht bündelt diese Funktionen. Sie überwacht die Flotte, bewertet Ereignisse und Manöver und löst im Rahmen definierter Entscheidungslogiken Freigaben, Unterstützungsleistungen oder risikominimale Zustände aus. Remote Unterstützungs- und Interventionsfunktionen ersetzen damit einen Teil der situativen Beurteilung durch Fahrpersonal und werden zu einem sicherheitskritischen Bestandteil des Betriebs.



6. Vor-Ort-Unterstützung & Infrastrukturbezug:

Dieser Aufgabenbereich beinhaltet Fahrzeugchecks, Lade- und Bereitstellungsprozesse, die Behandlung von Betriebsunterbrechungen sowie den Umgang mit infrastrukturellen Anforderungen am Einsatzort. Er stellt die physische Einsatzfähigkeit der Fahrzeuge sicher. Dazu gehört auch die erweiterte Abfahrtskontrolle für autonome Fahrzeuge, einschließlich der Prüfung von Sensorik, Sichtfeldern, Sauberkeit, Ladezuständen sowie relevanter Systemparameter.



7. Daten- und Informationsmanagement:

Hierzu gehören die Sicherstellung der Datenqualität, das betriebliche und regulatorische Reporting, KPI-Überwachung sowie der strukturierte Austausch von Informationen innerhalb der Organisation und mit externen Partnern. Dieser Bereich bildet die Grundlage für Transparenz, Sicherheit, Genehmigungskonformität und Weiterentwicklung und ermöglicht die nachvollziehbare Erfüllung betrieblicher und regulatorischer Anforderungen.

Neben diesen internen Rollen tragen auch die Systemanbieter wesentliche Verantwortlichkeiten. Sie sind typischerweise zuständig für die Entwicklung, Pflege und Weiterentwicklung der Fahrsoftware, sensor- und fahrzeugseitige Funktionen, die Bereitstellung von Systemupdates, Karten- oder Konfigurationsanpassungen sowie die technische Dokumentation systemrelevanter Änderungen. Da diese externen Leistungen direkten Einfluss auf Betrieb, Sicherheit und Genehmigungskonformität haben, müssen Prozesse, Kommunikationswege und Freigabeschnittstellen zwischen Betreibern und Systemanbietern eindeutig definiert sein.

Vor Betriebsaufnahme müssen alle relevanten Prozesse abgestimmt sein, darunter der Umgang mit Betriebsgrenzen, das Change-Management-Prozesse, Freigabelogiken, Störungs- und Eskalationsabläufe sowie Dokumentation und Reporting. Eine funktionierende Schnittstellenorganisation zwischen internen Bereichen und externen Partnern ist hierfür unabdingbar.

Organisationen, die perspektivisch vollständig autonome Betriebsformen anstreben, benötigen darüber hinaus zusätzliche organisatorische Reifegrade, etwa robuste Monitoring- und Interventionsstrukturen, klare Entscheidungslogiken bei Systemereignissen, qualifizierte Teams, belastbare IT- und Kommunikationsinfrastrukturen sowie definierte Prozesse zur Freigabe und Prüfung von Systemänderungen.

Insgesamt bildet der organisatorische Aufbau die Grundlage für einen sicheren, verlässlichen und skalierbaren autonomen Betrieb und befähigt Organisationen dazu, technische, betriebliche und regulatorische Anforderungen verantwortungsvoll zu erfüllen.

5 Regulatorische Kernaufgaben – praxisnah zusammengefasst

Die Regulierung autonomer Mobilitätsangebote hat in Bayern eine eigene Logik:

→ Bayern nutzt die bundesrechtliche **AFGBV**, aber die **Landesbaudirektion Bayern** ist zuständig für die **Betriebsbereichsgenehmigung**.

→ Der **Hersteller** beantragt die Fahrzeug-Betriebslaubnis beim **KBA**

→ Der **Betreiber** benötigt eine **PBefG-Genehmigung** beim Landratsamt/ kreisfreie Stadt.

In diesem Kapitel sollen die drei regulatorischen Ebenen, die jedes AV-Projekt in Bayern durchlaufen muss (Betriebserslaubnis (KBA) – Betriebsbereichsgenehmigung (Landesbaudirektion) – Betriebsmodell (PBefG)) verständlich erläutert werden.

Fahrzeugbetriebserslaubnis (KBA) – Aufgabe des Herstellers

Ohne KBA-Betriebserslaubnis darf nach AFGBV kein Fahrzeug auf die Straße.



→ **Zentral einzureichende Unterlagen:**

- + Functional Safety Konzept
- + IT-Security
- + ODD-Definition
- + Nachweis der automatisierten Fahrfunktionen

→ **Aufgabe der Betreibenden:**

- + Nur prüfen, ob das System grundsätzlich zur eigenen Zielstellung passt
- Keine Einflussnahme auf Inhalte

Praxisfalle: Annahme, man könne „die ODD festlegen“

→ Nein: Die ODD kommt vom Hersteller. Der Betreiber definiert nur den Betriebsbereich.

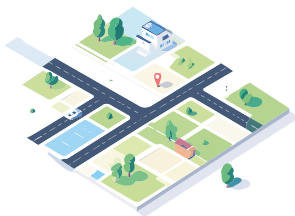
Betriebsbereichsgenehmigung (Landesbaudirektion Bayern) – zentrale Phase für Kommunen und Betreiber

Hier entstehen in der Praxis in der Regel 80 % der Fragen.



Was prüft die Landesbaudirektion?

- + Passt der geplante Betriebsbereich (TOD) zur ODD des Fahrzeugs?
- + Sind Streckenmerkmale, Steigungen, Wendepunkte, Einmündungen, Bahnübergänge, Sichtfelder etc. abgedeckt?
- + Ist Monitoring/Technische Aufsicht geregelt?
- + Sind Störfallkonzepte und sichere Zustände definiert?
- + Ist eine „Abschaltlogik“ beziehungsweise risikominimaler Zustand plausibel?



Was müssen Kommunen/Betreibende liefern?

- + Digitaler Streckenverlauf (GIS/KML/SHP)
- + Beschreibung sicherheitsrelevanter Punkte
- + Nachweise zu Infrastruktur (Mobilfunk, Markierungen, Haltepunkte)
- + Konzept zur Technischen Aufsicht
- + Betriebskonzept inkl. Störungsmanagement
- + Interne Verantwortlichkeiten & Schnittstellen

Praxisfalle: Betreiber und Kommunen unterschätzen den Detailgrad sowie den (zeitlichen) Aufwand.

→ Es braucht einen abgestimmten Abgleich zwischen Betriebsbereich (TOD) ↔ ODD ↔ Betriebskonzept.

Betriebsmodell nach PBefG - Verkehrsrechtliche Genehmigung (Landratsamt/kreisfreie Städte)

Was wird entschieden?

- Taxi?
- Mietwagen?
- Gebündelter Bedarfsverkehr (Pooling)?

Was muss eingereicht werden?

- Verkehrskonzept
- Betreiberunterlagen (Zuverlässigkeit, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit etc.)
- Sicherheits- und Betriebskonzept (AFGBV-Anforderungen abgestimmt)
- Nachweis, dass Betriebsbereichsgenehmigung beantragt ist/vorbereitet wird

Diese Entscheidung definiert:

- Pflichten (Beförderungspflicht, Rückkehrpflicht etc.)
- Tariflogik
- Abrechnung/Umsatzsteuer
- Integration in bestehende Verbundsysteme

Wer muss eingebunden werden?

- Landratsamt (Genehmigungsbehörde)
- örtliche Verkehrsbehörden
- Polizei/Feuerwehr (für Stellungnahmen)
- Kommunen (informell, aber dringend empfohlen)

Praxisfall: PBefG-Verfahren starten zu spät und blockieren die Betriebsaufnahme.

Wer macht was – Zuständigkeiten in Bayern auf einen Blick

Fahrzeughersteller/SDS-Provider

- KBA-Betriebserlaubnis
- Definition der ODD
- Software/Sensorupdates + Auditierbarkeit
- sicherheitsrelevante Dokumentation

Betreiber

- Betriebsbereich definieren
- Genehmigungsunterlagen erstellen
- Technische Aufsicht/Leitstelle
- Sicherheits- & Betriebskonzepte
- Schnittstelle KBA–Landesbaudirektion–Landratsamt
- Abfahrtskontrolle, Change-Management

Kommunen

- Infrastrukturinfos liefern
- Stellungnahmen für Betriebsbereich
- Einfluss auf Haltepunkte, Markierungen, Mobilfunk
- Erwartungsmanagement lokal

Landesbaudirektion Bayern

- Abgleich ODD ↔ Betriebsbereich
- Bewilligung Betriebsbereich
- Einbindung lokaler Stellen

Landratsamt

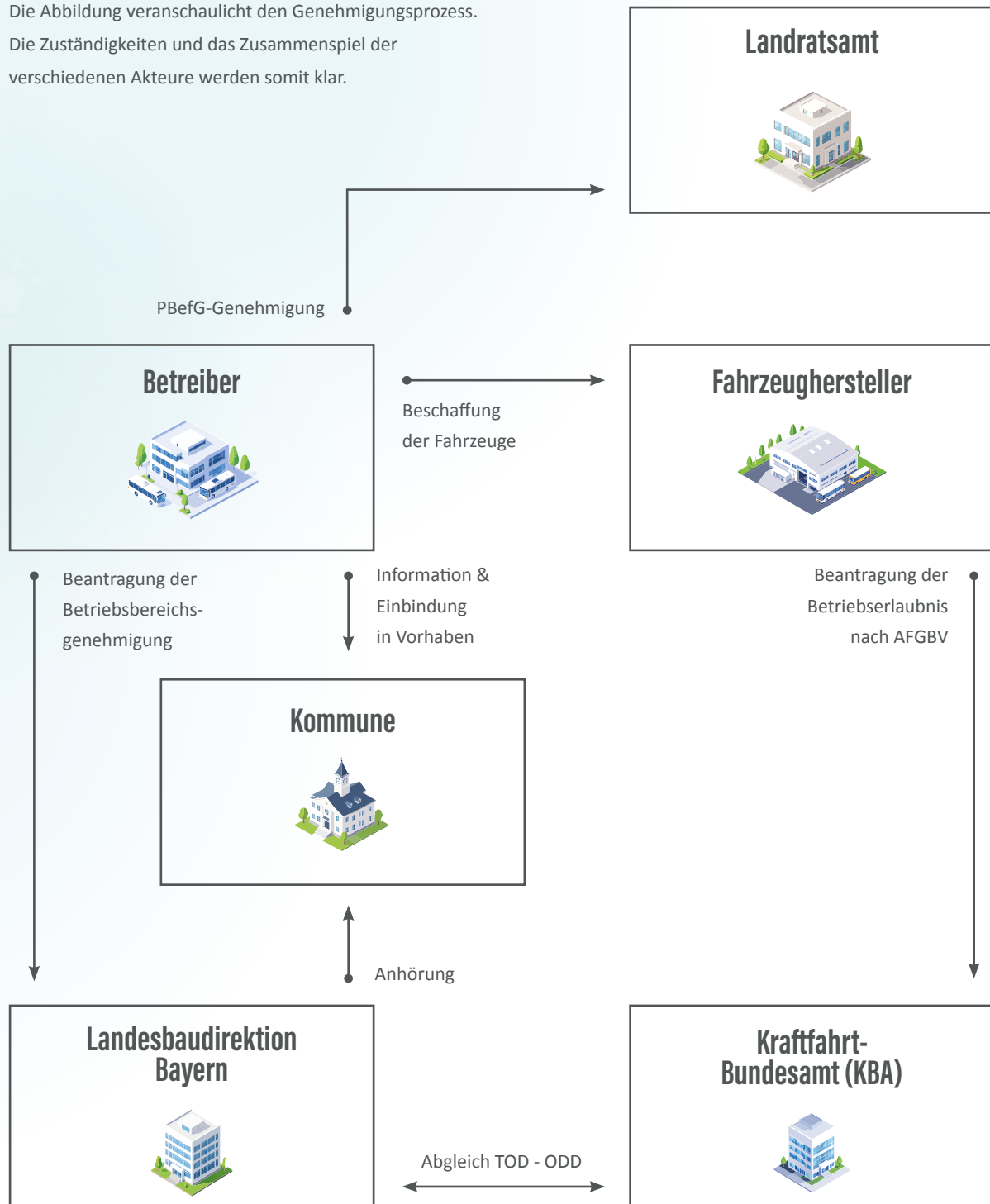
- PBefG-Genehmigung für den Verkehr

Verkehrsverbünde

- Tarifintegration
- MaaS-Integration
- Marken- & Angebotslogik
- u.U. Ausschreibungen

Genehmigungsprozess

Die Abbildung veranschaulicht den Genehmigungsprozess. Die Zuständigkeiten und das Zusammenspiel der verschiedenen Akteure werden somit klar.



6 Wirtschaftlichkeit & Finanzierung: Grundlagen & Logik

Autonome Systeme ermöglichen es, das Fahrpersonal, das einen erheblichen Kostenfaktor im Betrieb von Mobilitätsangeboten darstellt, zu ersetzen. Das macht die Technologie überall dort besonders attraktiv, wo ein wirtschaftlicher Verkehr, zum Beispiel aufgrund der Bevölkerungsdichte, nicht möglich ist. Organisationen, die ein autonomes Mobilitätsangebot planen, müssen sich allerdings darauf einstellen, dass ein autonomer Betrieb nicht zwangsläufig wirtschaftlicher ist als ein konventioneller Betrieb. Vielmehr entsteht, insbesondere zu Beginn des Projekts ein erheblicher finanzieller Mehraufwand. Die Gründe dafür liegen in der aufwändigen Systemimplementierung, den deutlich höheren Fahrzeugkosten sowie der organisatorischen Komplexität des autonomen Betriebs.

In Bezug auf die Systemimplementierung sticht insbesondere das Mapping hervor. Der aktuelle Stand der Technik erfordert von vielen Technologieanbietern umfangreiche Kartierungsarbeiten, bei denen das Bedienegebiet erfasst und die Software daraufhin trainiert wird. Dies ist ein langwieriger und kostenintensiver Prozess, der erhebliche Anlaufkosten zur Folge hat. Auch die Einrichtung der Technischen Aufsicht sowie etwaige bauliche und infrastrukturelle Maßnahmen – zum Beispiel die Anpassung des Betriebshofs auf die Bedarfe autonomer Fahrzeuge - sind Aufwände, welche zu höheren Investitionsausgaben für den autonomen Betrieb im Vergleich zum konventionellen Betrieb führen.

Der Umfang dieser Aufwände hängt dabei stark vom vorgesehenen Einsatzbereich, der Komplexität des Verkehrsraums sowie von äußeren Faktoren wie Wetter- und Saisonalität ab, was zu erheblichen Unterschieden in Kosten, Dauer und Wiederholungsaufwand führen kann.

Zudem ist zu beachten, dass autonome Fahrzeuge in der Beschaffung deutlich teurer sind als konventionelle Fahrzeuge. Das liegt einerseits an der zusätzlich (redundant) verbauten Sensorik und Rechenleistung, andererseits an der Tatsache, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine Fahrzeuge serienmäßig produziert werden und auch hier Skaleneffekte in der Produktion bislang nicht genutzt werden können. Dementsprechend ist zu erwarten, dass auch die Investitionen in die autonome Fahrzeugflotte im Vergleich zu konventionellen Flotten höher ausfallen werden.



Versteckte operative Kosten im autonomen Betrieb

Neben Projekt- und Schnittstellenmanagement entstehen im autonomen Betrieb zusätzliche laufende Aufwände, unter anderem für Sicherheits- und Notfallkonzepte, Incident- und Accident-Management, Reporting- und Dokumentationspflichten sowie regelmäßige Reviews und Abstimmungen mit Genehmigungsbehörden. Diese Aufgaben verursachen dauerhafte Betriebskosten und sollten frühzeitig eingeplant werden.

Zuletzt erzeugt auch die organisatorische Komplexität des autonomen Betriebs Kosten, derer man sich zu Beginn des Projekts bewusst sein muss. Wie in Kapitel 3 ausgeführt, entsteht im Rahmen eines autonomen Mobilitätsangebots ein komplexes Ökosystem an (externen) Partnern, Rollen und Verantwortlichkeiten. Das hat zur Folge, dass Zeit und Arbeitskraft für Stakeholder-, Schnittstellen und Projektmanagement entsprechend eingeplant werden müssen und hierfür mitunter qualifiziertes Personal benötigt wird. Auch dies wirkt sich zunächst kostensteigernd aus.

Als Zwischenfazit ist somit festzuhalten, dass autonome Fahrzeuge durchaus das Potenzial haben, die operativen Kosten von Mobilitätsangeboten zu senken, da die Kosten für das Fahrpersonal entfallen. Dem gegenüber stehen jedoch - insbesondere angesichts der aktuellen Marktlage sowie dem aktuellen Stand der Technik - deutlich höhere Investitionskosten, die mit der Implementierung eines autonomen Mobilitätsangebots einhergehen.

Autonome Mobilitätsangebote sind damit in der Anfangsphase weniger ein Instrument zur kurzfristigen Kostensenkung als vielmehr ein strategisches Infrastruktur- und Transformationsprojekt.

Das hat zur Folge, dass autonome Mobilitätsangebote zunächst nur über die Skalierung realisierbar sind, da erst bei einer höheren Flottengröße eine Kostendegression zu erwarten ist. Dies lässt sich gut am Beispiel der Technischen Aufsicht veranschaulichen: Je mehr Fahrzeuge durch eine Person überwacht werden können, desto geringer fallen die Kosten für die Technische Aufsicht ins Gewicht.

Auch die Hersteller autonomer Fahrzeuge werden erwartungsgemäß nur in eine Serienproduktion investieren, wenn sie mit Bestellungen in großer Stückzahl rechnen können. Es ist demnach fraglich, ob sich Hersteller zum jetzigen Zeitpunkt auch zu Kleinstprojekten bewegen lassen. Diesen Umstand hat auch die (Bundes-)Politik erkannt: Im Koalitionsvertrag der großen Koalition wird daher die Einrichtung und Förderung von Modellregionen für das autonome Fahren anvisiert. Während in der Vergangenheit zahlreiche Projekte mit kleinen Flottengrößen gefördert wurden, die in der Regel nach Ablauf der Förderperiode aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit eingestellt wurden, sollen Finanzmittel nun in wenigen Modellregionen gebündelt werden. In den Modellregionen sollen dann belastbare Flottengrößen zum Einsatz kommen, die einen tatsächlichen Regelbetrieb ermöglichen sollen. Diese Modellregionen könnten dann sukzessive durch die Integration neuer Gebiete erweitert werden, um die Einstiegskosten dort so gering wie möglich zu halten. Die konkrete Ausgestaltung der Modellregionen sowie deren Finanzierung ist zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch offen.

Grundsätzlich gilt für die Beantragung von Fördermitteln, dass genau zu definieren ist, worin der Fördergegenstand liegen soll. Forschungsvorhaben, welche die (Weiter-)Entwicklung bestimmter technologischer Komponenten zum Ziel haben, können unter Umständen durch Technologieförderprogramme des Freistaats oder des Bundes gefördert werden (vgl. Kapitel 7). Es ist fraglich, ob der (Test-)Betrieb von autonomen Fahrzeugen über diese Instrumente gefördert wird. Perspektivisch ist jedoch denkbar, dass Förderinstrumente für Beschaffung und Betrieb autonomer Fahrzeuge geschaffen werden - analog zur E-Bus Förderung oder der Förderung von konventionellen On-Demand Verkehren.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Organisationen, die ein autonomes Mobilitätsangebot planen, hohe Eintrittskosten zu bewältigen haben. Da der Schlüssel zum wirtschaftlichen Betrieb in der Skalierung liegt, ist es ratsam, Allianzen und Kooperationen – beispielsweise über die Verkehrsverbünde oder im Rahmen von Zweckverbänden – einzugehen. Nur so ist es aktuell möglich, kritische Flottengrößen zu erreichen. Für Aufgabenträger und Betreiber bedeutet dies, Wirtschaftlichkeit nicht isoliert pro Projekt, sondern strategisch über Regionen, Flottengrößen und Kooperationen hinweg zu denken.



7 Unterstützung & Rolle von Bayern Innovativ

Als bayerische Innovationsagentur unterstützt Bayern Innovativ Innovationsprozesse durch Wissenstransfer, Netzwerkarbeit und den Zugang zu Fördermitteln. Da das autonome Fahren zahlreiche Chancen in Bezug auf Wachstum, Wertschöpfung und Verkehr für den Innovationsstandort Bayern bietet, steht Bayern Innovativ Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Verkehrsbetrieben und Kommunen als Partner zur Seite, um die Umsetzungsgeschwindigkeit der Technologie insgesamt zu erhöhen.

Dabei versteht sich Bayern Innovativ als neutrale Anlaufstelle, die Orientierung bietet, wesentliche Fragen für bayerische Stakeholder einordnet und die Verbreitung von relevantem Wissen fördert. Bayern Innovativ verfügt über ein umfassendes Netzwerk in Industrie, Wissenschaft und Verwaltung und schafft Plattformen, in deren Rahmen Wissen und Best Practices geteilt werden können.

Durch die langjährige Netzwerkarbeit steht Bayern Innovativ mit zahlreichen Herstellern, Betreibern, Softwareanbietern und Kommunen in Kontakt. Organisationen, die ein autonomes Mobilitätsangebot planen, können sich an Bayern Innovativ wenden, wenn sie auf der Suche nach geeigneten Umsetzungspartnern sind.

Zuletzt bietet Bayern Innovativ bayerischen Organisationen eine kostenfreie Förderberatung und kann Wege aufzeigen, wie autonome Mobilitätsangebote – sofern vorhanden - durch staatliche Förderprogramme bezuschusst werden können. Das gilt insbesondere auch für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die Bayern Innovativ unter Umständen selbst im Rahmen von Technologieförderprogrammen des Freistaats fördern kann.

Dabei agiert Bayern Innovativ im vorwettbewerblichen Bereich: Technische und juristische Beratung zu Homologation, Genehmigung & Betrieb können daher ebenso wenig geleistet werden wie die Erstellung von Mobilitätskonzepten oder Machbarkeitsstudien.



8 Fazit

Autonome Mobilität steht in Deutschland kurz vor dem Übergang vom Pilotbetrieb in den Regelbetrieb. Die technologische Basis ist vorhanden, doch ihr Erfolg hängt entscheidend von guter Organisation, klaren Verantwortlichkeiten und einer frühzeitigen Abstimmung aller Beteiligten ab. Autonome Mobilität ist kein reines Technologieprojekt, sondern ein strategisches Transformationsvorhaben, das tief in bestehende Strukturen hineinwirkt.

Das Potenzial ist erheblich – vorausgesetzt, der Einsatz ist zielgerichtet. Autonome Mobilität entfaltet ihren Mehrwert nur dann, wenn sie konkrete Herausforderungen adressiert und nicht als Selbstzweck verfolgt wird. Dazu gehört eine realistische Erwartungshaltung: Die Systeme sind leistungsfähig, operieren jedoch innerhalb definierter Grenzen, die frühzeitig mit den räumlichen und betrieblichen Gegebenheiten abgeglichen werden müssen. Eine systematische Gebietsbewertung bildet daher die Grundlage für Genehmigungen, Sicherheitskonzepte und den späteren Betrieb. Mit autonomen Fahrzeugen entsteht zugleich ein neues Betriebsökosystem. Sie ersetzen zwar das Fahrpersonal, aber nicht die betriebliche Verantwortung - im Gegenteil: Die Anforderungen an Organisation, Governance und professionelles Betriebsmanagement steigen. Auch regulatorisch ist der Prozess anspruchsvoll, weshalb eine frühzeitige, strukturierte Vorbereitung der Genehmigungsschritte entscheidend ist. Wirtschaftlich ist autonomer Betrieb zunächst kein Kostensenker. Wirtschaftlichkeit entsteht erst durch Skalierung.

Richtig umgesetzt kann autonome Mobilität jedoch einen nachhaltigen Beitrag zur Weiterentwicklung des Mobilitätssystems leisten: Sie kann Erschließungslücken im ländlichen Raum schließen, Standorte stärken und dem zunehmenden Fachkräftemangel im ÖPNV entgegenwirken. Wer klare Ziele setzt, Verantwortlichkeiten definiert und Genehmigungsprozesse professionell vorbereitet, schafft die Voraussetzungen dafür, autonome Mobilität erfolgreich in den Regelbetrieb zu überführen – und damit einen wichtigen Schritt in Richtung eines zukunftsfähigen, resilienten Mobilitätssystems zu gehen.

9

Glossar

Begriff	Definition/Erklärung
AD-Stack (Automated Driving Stack)	Automatisierungssoftware für autonomes Fahren
AFGBV	Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen
AV (Autonomous Vehicle)	Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion
C-ITS (Kooperative Intelligente Verkehrssysteme)	Ermöglichen von Informationsaustausch zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Verkehrsteilnehmenden
KBA (Kraftfahrt-Bundesamt)	Bundesbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr
LiDAR (Light Detection and Ranging)-Sensoren	Sensoren zur Umfeldwahrnehmung in Echtzeit mithilfe eines Fotosensors zur Erstellung von 3D-Informationen
MaaS (Mobility-as-a-Service)	Konzept zur digitalen Bündelung von verschiedenen Mobilitätsangeboten und nutzerzentrierte Bereitstellung derer als integrierte Dienstleistung
ODD (Operational Design Domain)	Definition der Betriebsbedingungen, für die ein ADS ausgelegt ist
On-Demand-Angebote	Bedarfsorientierte Mobilitätsangebote ohne festen Fahrplan oder Linienweg auf Abruf der Nutzenden
PBefG (Personenbeförderungsgesetz)	Bundesgesetz zur Regelung der entgeltlichen Beförderung von Personen mit Straßenbahnen, Bussen und Kraftfahrzeugen
PUDO (Pick-up and Drop-off)	Definierte Haltebereiche für das Ein- und Aussteigen von Fahrgästen
Radarsensoren	Sensoren zur Umfeldwahrnehmung, die elektromagnetischer Wellen zum Empfang von Echos aussenden
Regelbetrieb	Dauerhafter Betrieb autonome Kraftfahrzeuge (SAE-Level 4) in festgelegten Betriebsbereichen im öffentlichen Straßenverkehr
Risikominimaler Zustand	Zustand, in dem sich das Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion auf eigene Veranlassung oder auf Veranlassung der technischen Aufsicht an einer möglichst sicheren Stelle in den Stillstand versetzt und die Warnblinkanlage aktiviert
Robotaxi	Autonomes Fahrzeug zur Beförderung von Fahrgästen ohne fahrzeugführende Person

Begriff **Definition/Erklärung**

SAE-Level	Klassifikationsstufen gemäß SAE-Standard J3016 zur Einordnung des Automatisierungsgrades von Fahrfunktionen von Level 0 (keine Automatisierung) bis Level 5 (vollständige Automatisierung)
SDS-System (Self-Driving-System)	Gesamtheit aus Hardware- und Softwarekomponenten zur Übernahme der autonomen Fahraufgabe
Sicherheitsfahrer/Sicherheitsfahrerin	Speziell ausgebildete/r Fahrer oder Fahrerin für das Begleiten von autonomen Fahrzeugen im realen Straßenverkehr, der oder die im Bedarfsfall eingreifen kann
TOD (Target Operational Domain)	Bereich, in dem angestrebt wird, das ADS einzusetzen; kann Bedingungen aufweisen, die außerhalb der ODD liegen

10 Quellenverweise und weiterführende Links

BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALE UND VERKEHR und andere, 2024. Autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr [online]. Berlin: Bundesministerium für Digitales und Verkehr [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: https://fops.de/wp-content/uploads/2024/11/BMDV_Handbuch_Autonomes_Fahren_Im_Oeffentlichen_Verkehr.pdf

BUNDESMINISTERIUM FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ, 2022. Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen (AFGBV) [online]. Berlin: Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/afgbv/>

DB REGIO, [o.D.]. Autonomes Fahren in Oberfranken: Projekt „Shuttle-Modellregion Oberfranken“ (SMO) wird bis 2024 verlängert und weiter ausgebaut [online]. Frankfurt am Main: Deutsche Bahn AG [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://mobilitaetsmanagement.deutschebahn.com/mobilitaetsmanagement/Autonomes-Fahren-in-Oberfranken-Projekt-Shuttle-Modellregion-Oberfranken-SMO-wird-bis-2024-verlaengert-und-weiter-ausgebaut-7577602>

DB REGIO und andere, 2026. Autonomes Fahren: Schlüssel zur Mobilität von Morgen [online]. Studie. Frankfurt am Main: DB Regio AG [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/Studie-Autonomie-Fahrzeuge-koennen-Qualitaet-im-OePNV-massiv-verbessern-13715222

DB REGIO, [o.D.]. HEAL: autonom und nach Bedarf mobil [online]. Frankfurt am Main: DB Regio AG [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://mobilitaetsmanagement.deutschebahn.com/mobilitaetsmanagement/HEAL-autonom-und-nach-Bedarf-mobil-7685546>

HINTERBERGER, Nicole, 2025. Einführung eines autonomen Shuttles im öffentlichen Personennahverkehr [online]. Ingolstadt: IFG Ingolstadt AöR [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://www.ingolstadt.business/nachbericht/sue/>

HOLON, [o.D.]. HOLON urban [online]. Paderborn: HOLON GmbH [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://www.driveholon.com/de/der-mover/>

LANDKREIS KELHEIM, © 2023. KelRide Weather-Proof Smart Shuttle [online]. Kelheim: Landkreis Kelheim [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://kelride.com/>

MOBILEYE, © 2026. Driving the autonomous vehicle evolution [online]. Jerusalem: Mobileye Global Inc. [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://www.mobileye.com/>

RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND, [o.D.]. KIRA – Die Zukunft fährt vor [online]. Hofmeim am Taunus: Rhein-Main-Verkehrsverbund GmbH [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://kira-autonom.de/>

CDU, CSU und SPD, 2025. Verantwortung für Deutschland: Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD [online]. Berlin und München: CDU, CSU und SPD [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: https://www.koalitionsvertrag2025.de/sites/www.koalitionsvertrag2025.de/files/koav_2025.pdf

VOLKSWAGEN, 2024. Automatisiertes Fahren: Volkswagen-Konzern vertieft Zusammenarbeit mit Mobileye [online]. Wolfsburg: Volkswagen Group [Zugriff am: 20.01.2026]. Verfügbar unter: <https://www.volkswagen-group.com/de/pressemitteilungen/automatisiertes-fahren-volkswagen-konzern-vertieft-zusammenarbeit-mit-mobileye-18290>

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Bayern Innovativ GmbH
Am Tullnaupark 8
90402 Nürnberg
+49 911 20671-0
info@bayern-innovativ.de
www.bayern-innovativ.de

GESCHÄFTSFÜHRER

Dr. Rainer Seißner

BETEILIGTE ORGANISATIONEN

Bayern Innovativ GmbH
Am Tullnaupark 8 | 9040 Nürnberg
www.bayern-innovativ.de

Holo A/S

Banevingen 14A | 2200 København N
www.letsholo.com

The logo for Holo, consisting of the word "holo" in a lowercase, orange, sans-serif font.

AUTORINNEN UND AUTOREN

Stefanie Berliner
Nicolai Harnisch

LEKTORAT

Nicolai Harnisch
Lena Müller
Susanne Wagner

BILDNACHWEISE

AdobeStock@dreamdes
iStock@slhor Tsyvinskyi
AdobeStock@Paniti
AdobeStock@ ipopba
iStock@Bogdan Pigulyak
AdobeStock@Екатерина Чумаченко
AdobeStock@yoyoh
AdobeStock@buraratn
AdobeStock@TensorSpark

HINWEIS

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Leitfaden das generische Maskulinum verwendet.
Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich –
sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Vernetzte Mobilität

Die Bayern Innovativ GmbH ist seit ihrer Gründung im Jahr 1995 wichtiger Bestandteil der Innovationspolitik des Freistaats Bayern. Vision der Gesellschaft ist ein Bayern, in dem jede tragfähige Idee und Technologie zur Innovation wird.

Neben der Organisation von Innovationsnetzwerken in den sieben Bereichen Digitalisierung, Energie & Bau, Gesundheit, Material, Produktion, Mobilität, Sicherheit sowie Kreativwirtschaft bietet Bayern Innovativ seinen Kundinnen und Kunden ein umfangreiches Beratungsangebot. Dieses umfasst Innovationsservices für ein erfolgreiches Technologie- und Innovationsmanagement, zum Patentwesen, zur Teilnahme an internationalen Innovations- und Kooperationsprojekten, als Projektträger mehrerer bayerischer Förderprogramme und zu Fragen rund um Gründung und Förderung.

Für einen optimalen Wissenstransfer organisiert Bayern Innovativ hochkarätige Kongresse, Arbeitskreise, Workshops, Coachings und weitere Events. Der „Gemeinschaftsstand Bayern Innovativ“ öffnet Unternehmen und Forschungseinrichtungen kostengünstig das Tor zu internationalen Leitmesse.

Im Fokus unserer Aktivitäten stehen insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und Start-ups.

