

15. Deutscher Nahverkehrstag | 16. bis 18. April 2024 in Koblenz

Weichen stellen!

Perspektiven für die Mobilität im Zeitenwandel



KI-gestützte, autonome Busse im vernetzten ÖPNV

15. Deutscher Nahverkehrstag, Koblenz, 16.04.2024



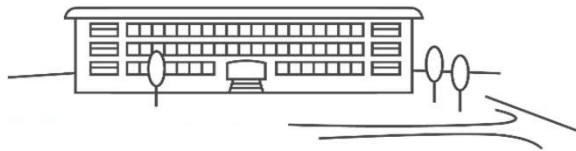
©Nicole Wagner-Hanl

Optimierung barrierefreier
Mobilität durch autonome
Shuttles.
Entwicklung einer KI-
basierten Lösung zur
Planung und Steuerung
eines ÖPNV-Angebots

Bildquelle: © Fraunhofer IML Prien, 2022

Angewandte Forschung und Mobilität

Wavestone & Q_PERIOR | Ein neues globales Beratungsunternehmen



FRAUNHOFER IML

Projektzentrum »Verkehr, Mobilität und Umwelt«
in Prien am Chiemsee



17
LÄNDER WELTWEIT
DEUTSCHLAND / FRANKREICH / SCHWEIZ
HONG KONG / SINGAPUR
USA / KANADA
VEREINIGTES KÖNIGREICH
BELGIEN / BOSNIEN-HERZEGOWINA
ITALIEN / LUXEMBURG / MARROKO
ÖSTERREICH / POLEN / RUMÄNIEN
SPANIEN



>800 MIO.
KONSOLIDIRTER UMSATZ 2023 [€]
60 Mio. [€]
Travel, Transport & Logistik



>5.500
MITARBEITENDE



Top 2024
Company
KUNUNU
brandeins
/thema
b
2023
Best
Consultants
Germany



15 %
UMSATZSTIEGERUNG AUF LÄNGERE SICHT

Agenda



Mobilitätsforschung: KI, autonome Shuttle & intermodale Mobilität



KI4autoBUS: Barrierefreiheit



KI4autoBUS: Was leistet die KI in unserem Projekt?



Fazit: Mehrwert für Mobilitätsanbieter und Reisende?

KI4autoBUS – Das Konsortium

Fördermittelgeber:



VDI|VDE|IT

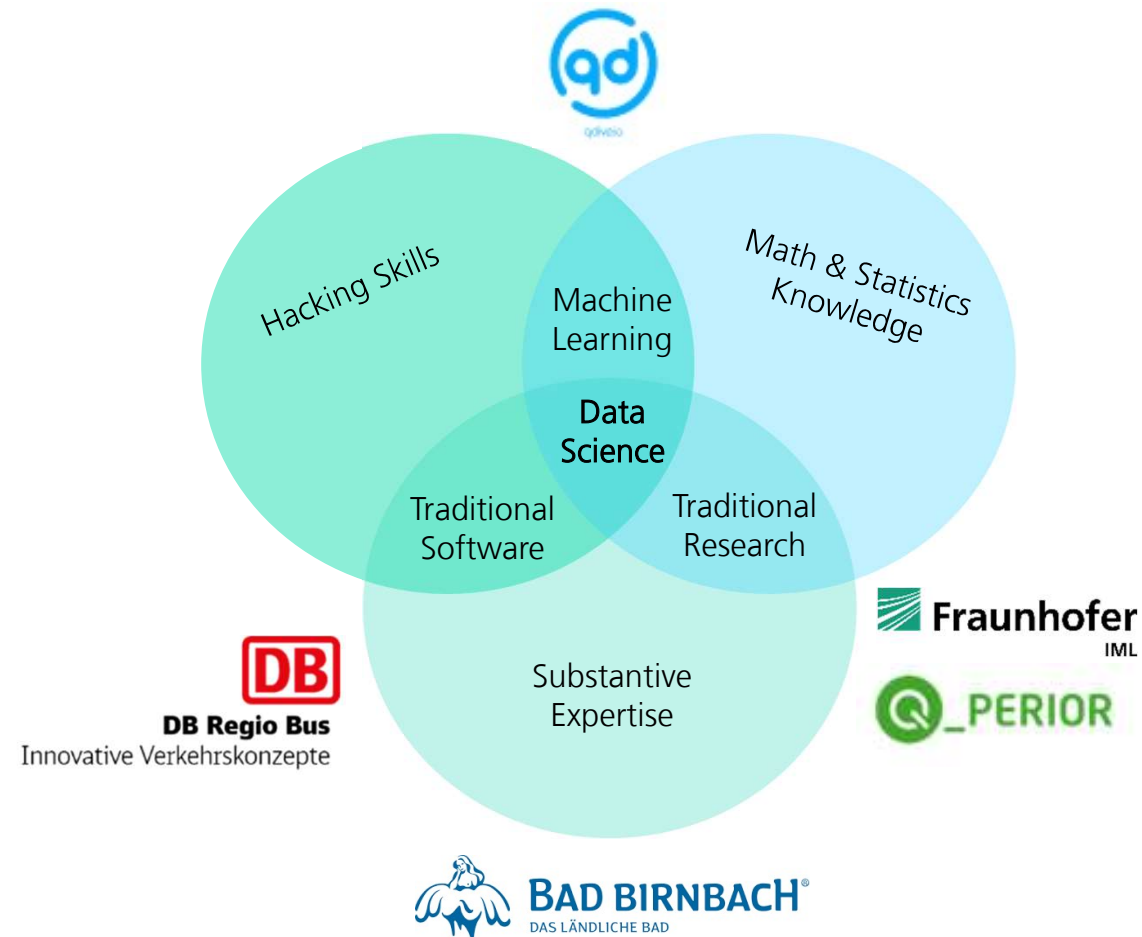
Freistaat Bayern, StMWi, im Rahmen des FuE-Programmes „Informations- und Kommunikationstechnik“

Partner und Unterauftragnehmer:

- Konsortialleitung Fraunhofer IML
- Q_PERIOR AG mit qdive GmbH
- DB Regio Bus Bayern mit FMS GmbH und Hochschule Hof

Anwendungsregion:

- Landratsamt Rottal-Inn & Marktgemeinde Bad Birnbach



Bildrechte Logos: jeweiliger Konsortialpartner/ Teamchart: D. Conway, 2010

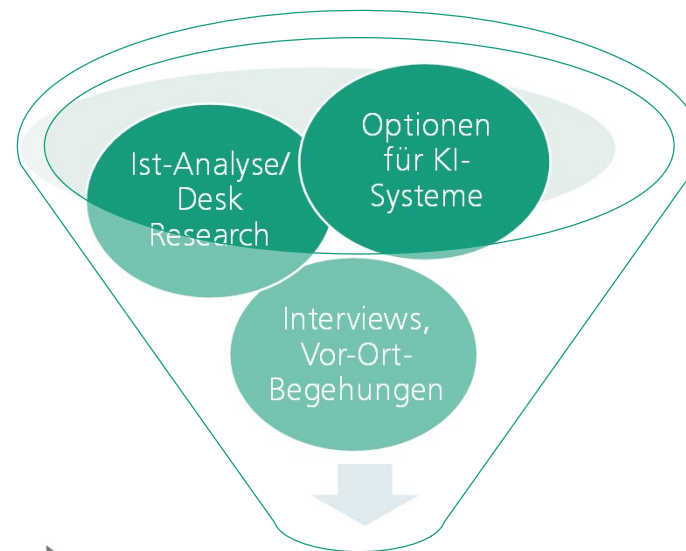
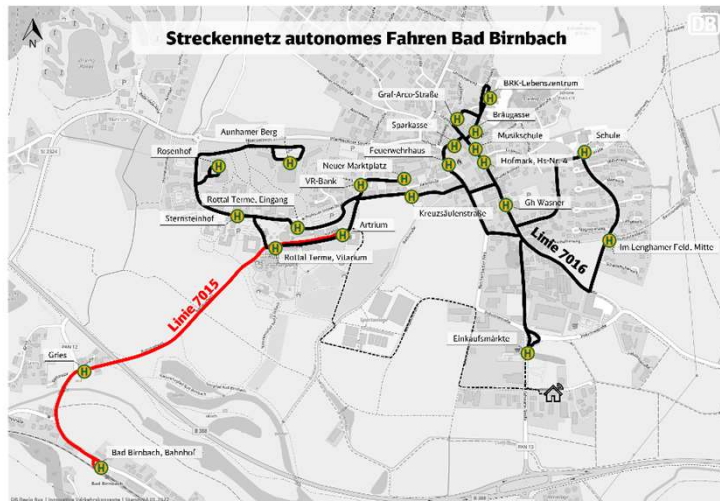
Herausforderungen – Einblicke aus unserer Forschung: KI4autoBUS



Stellen Sie sich vor: ...

Autonomer Shuttleverkehr in Bad Birnbach seit 2017

Die Testregion



Anstoß

- 1) **Nahtlose Mobilität mit dem ÖPNV im ländlichen Raum**
- 2) **Begrenzte Anzahl verfügbarer Shuttle, die möglichst alle Anfragen bedienen und eine geringe Wartezeit der Fahrgäste sicherstellen sollen.**

Lösung

- Optimierung barrierefreier Mobilität durch autonome Shuttles.
- Entwicklung einer KI-basierten Lösung zur Planung und Steuerung eines ÖPNV-Angebots.

Bildquellen: © DB Regio Bus, 2023, Das Streckennetz der autonomen Linien in Bad Birnbach

Agenda



Mobilitätsforschung: KI, autonome Shuttle & intermodale Mobilität



KI4autoBUS: Barrierefreiheit



KI4autoBUS: Was leistet die KI in unserem Projekt?



Fazit: Mehrwert für Mobilitätsanbieter und Reisende?

Barrierefreie Mobilität - Shuttlespezifizierung und Information & Kommunikation



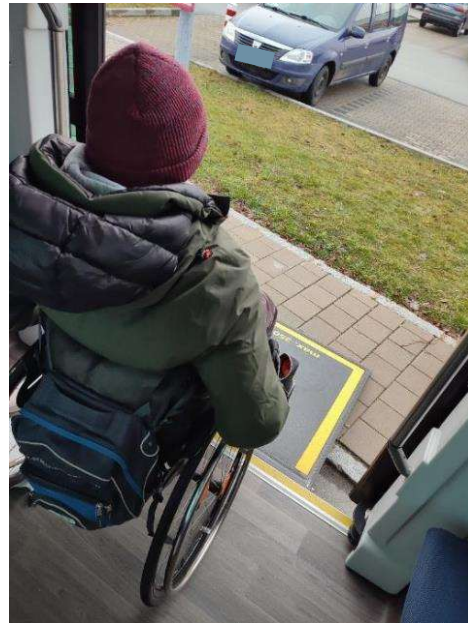
Bildquelle: © DB Regio Bus

Konzeptentwicklung ÖPNV

Auszug Beobachtungen und Vor-Ort-Tests



Monitor über
Rollstuhlfahrer und in
Rot-Grün-Schrift



Barrierefreiheit

- Erhebung Nutzeranforderungen, u.a. qualitative Interviews mit Behinderten- und Seniorenbeauftragten
- Einbezug der Operatoren aus Bad Birnbach -> Interviews Betriebspersonal
- Erstellung von Use Cases auf der Nutzerseite -> u.a. Datenschutz, mögliche Fahrzeuginnenausstattung & Erweiterung WDW-App
- Aufbereitung der Anforderungen aus Betreibersicht für das Forschungsprojekt und zukünftige Anwendungsfälle
- Konzept auf Basis der Anforderungsanalyse mit entsprechender Übertragbarkeit auf neue Strecken und Projekte

Shuttlespezifizierung – Zwischen Visionen und Machbarkeit

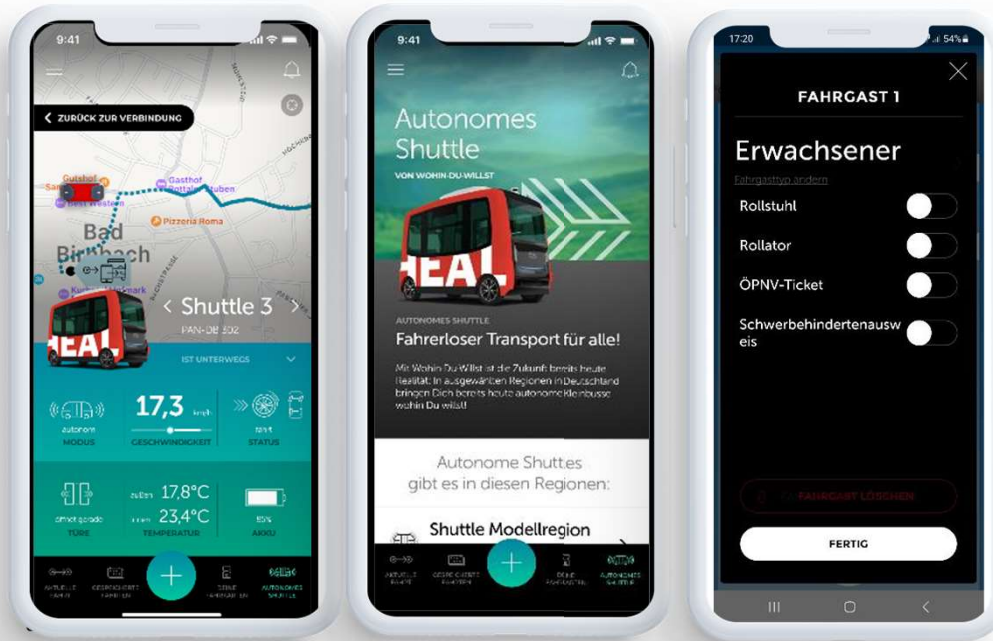
Reversible Maßnahmen



Bildquellen: © DB Regio Bus, FMS GmbH, HS Hof

Profilangaben & Fahrgastinformation

Digitale Mobilitätsplattform WDW

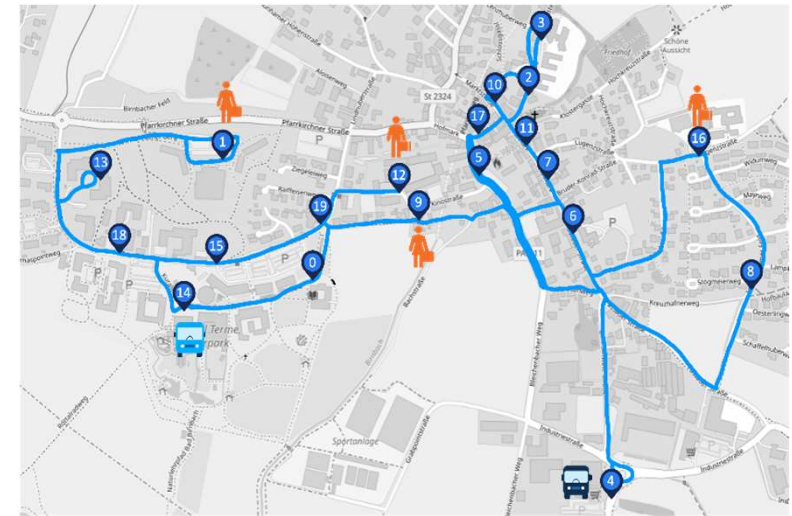


- On-Demand Funktionalität integriert
- Plattform auf Bad Birnbach und autonome Fahrzeuge angepasst
- Die WDW-App, über die aktuell die Fahrplanfragen für die autonomen Busse gebucht werden, wurde adaptiert. In WDW werden nun Daten zur Barrierefreiheit nutzerfreundlich abgefragt (u.a. Schwerbehindertenausweis, Rollstuhl, Rollator).
- Konzept Umbau User Interface. Diese Logik ist zudem erweiterbar und ermöglicht die zukünftige Optimierung der Shuttle-Services für vulnerable Nutzergruppen.

Autonome On-Demand-Shuttles ergänzen schon heute das Mobilitätsangebot.

Herausforderung: Wie können On-Demand-Shuttles effizienter eingesetzt werden?

- Zwei On-Demand-Shuttles ergänzen den klassischen Linienverkehr und können über die **Wohin-Du-Willst-App** der DB Regio Bus gebucht werden.
- Herausforderung: Wie können On-Demand-Shuttles effizienter eingesetzt werden?
- Herausforderung: Wie kann On-Demand-Verkehr flexibler und spontaner auf verschiedene Anfragen reagieren?
- Lösung: Entwicklung einer KI für die eingesetzten Busse.



Agenda



Mobilitätsforschung: KI, autonome Shuttle & intermodale Mobilität



KI4autoBUS: Barrierefreiheit



KI4autoBUS: Was leistet die KI in unserem Projekt?

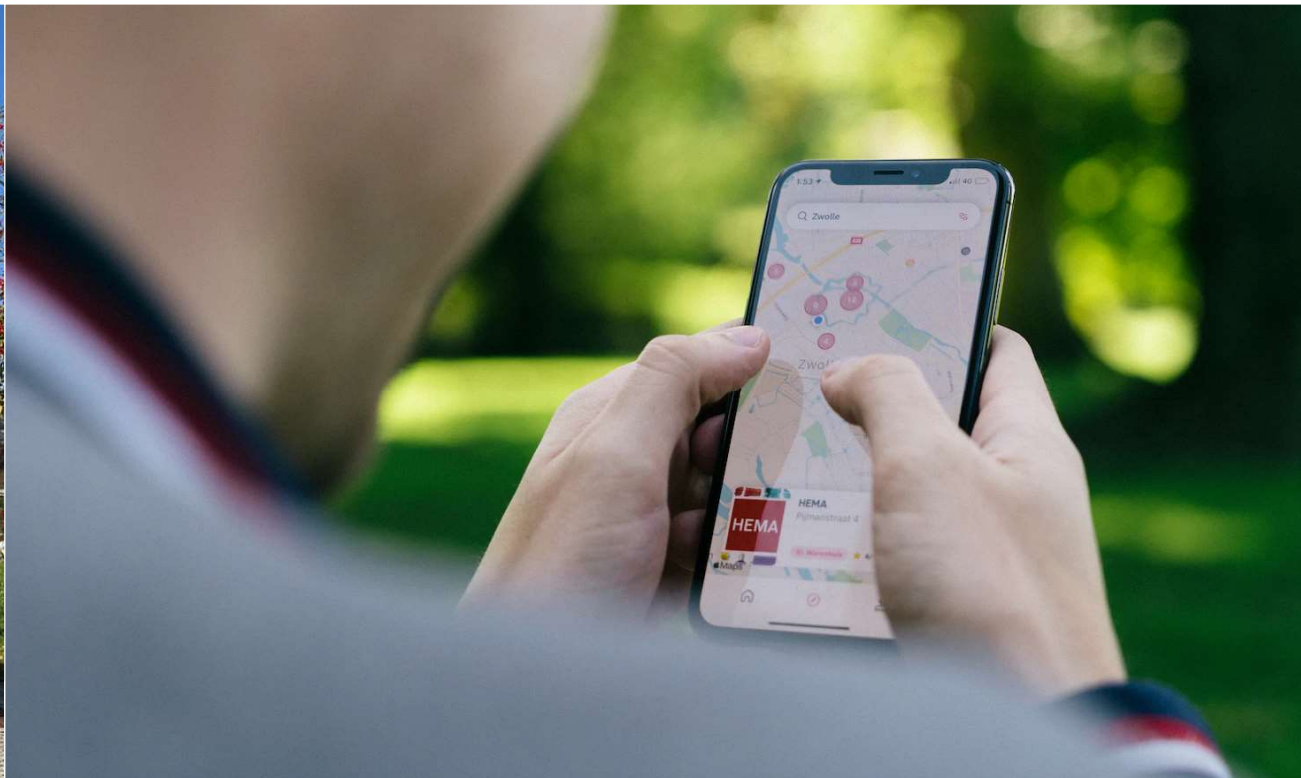


Fazit: Mehrwert für Mobilitätsanbieter und Reisende?

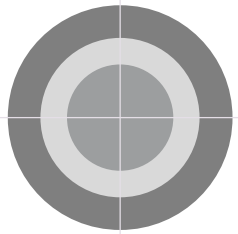


© Birgit Henke

Lösungen sind in Arbeit.




Was KI in unserem Projekt leistet



Entwicklung eines KI-basierten Verfahrens zur Optimierung des punktuellen Einsatzes autonomer Shuttles unter Berücksichtigung von Barrierefreiheit und Reisenden mit besonderen Anforderungen

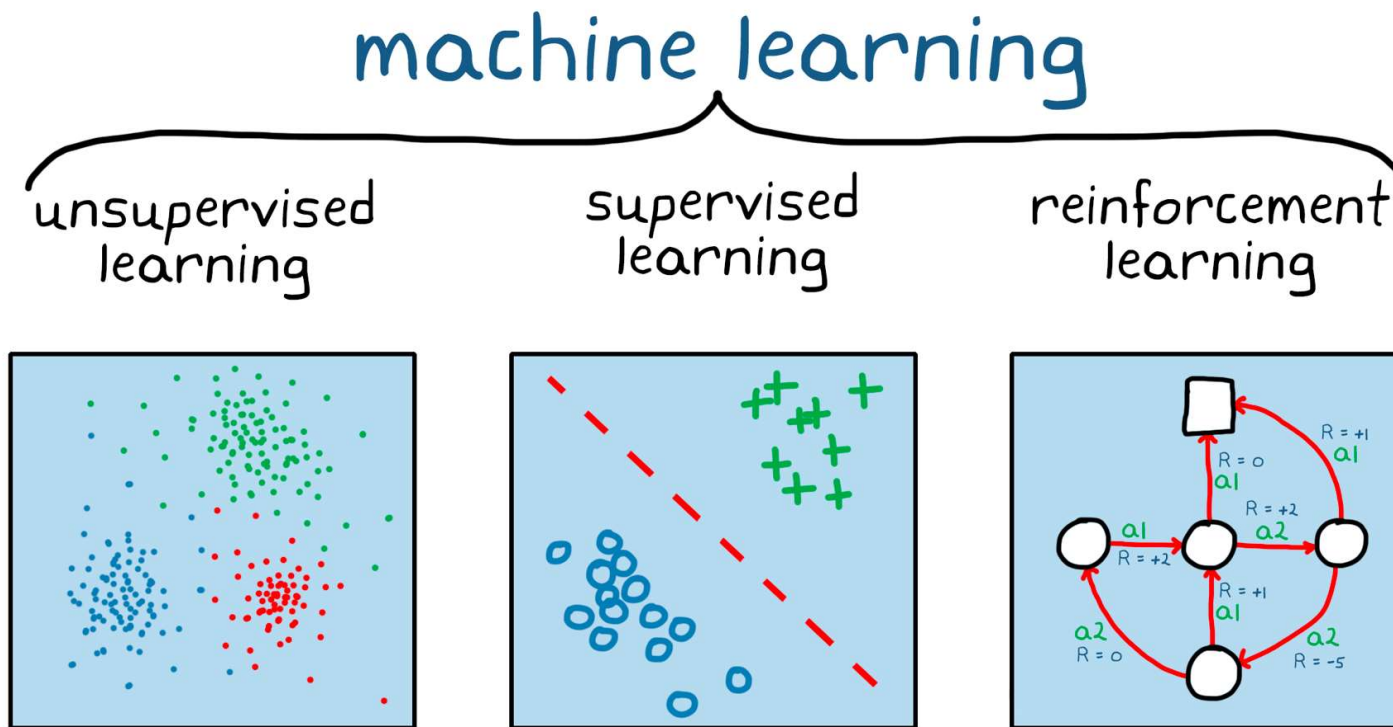
- Optimale Verkehrsmittel-Disposition mit Rücksicht auf besondere Anforderungen aller Nutzer:innen durch den eigenständigen Entscheidungsprozess der KI
- Vorhersage (Predictive Demand) individueller Mobilitätsbedarfe



The background features a complex, light-colored circuit board pattern overlaid on a dark grey background. A prominent blue diagonal line runs from the top left towards the bottom right. On the right side, there is a vertical green gradient bar. The overall aesthetic is technical and futuristic.

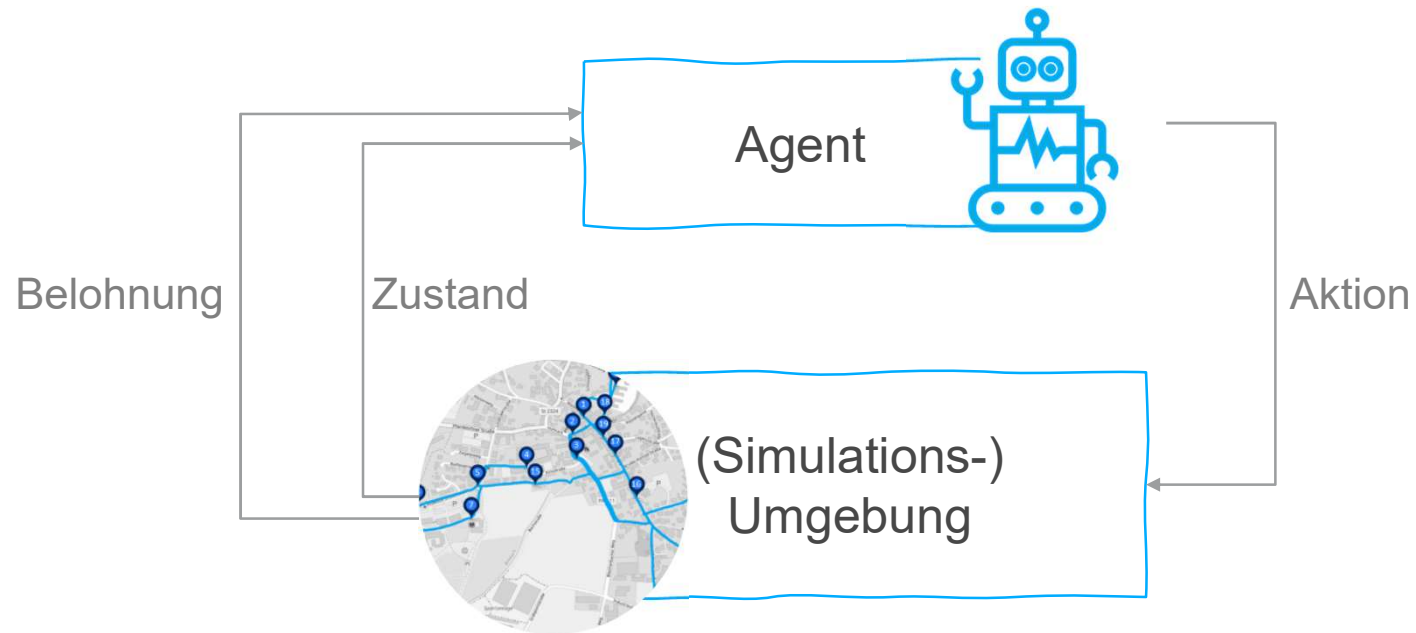
**Mit KI4autoBus schaffen
wir die Grundlage für
datenbasierte Optimierung
im flexiblen ÖPNV**

Reinforcement Learning: Die KI in KI4autoBus.



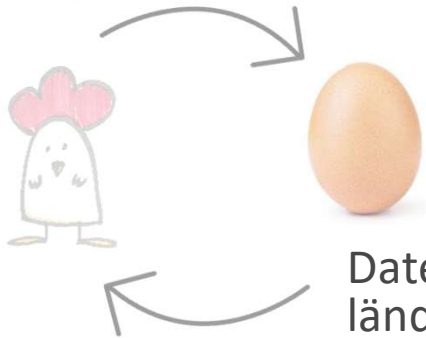
Quelle: <https://www.towardsai.blog/an-introduction-to-reinforcement-learning-its-methods/>

Von Theorie zu Aktion: Reinforcement Learning in der realen Welt.



KI für den ländlichen Raum: Virtuelles Lernen, reale Ergebnisse.

KI braucht viele Daten.



Datenlage im ländlichen Raum ist dünn.

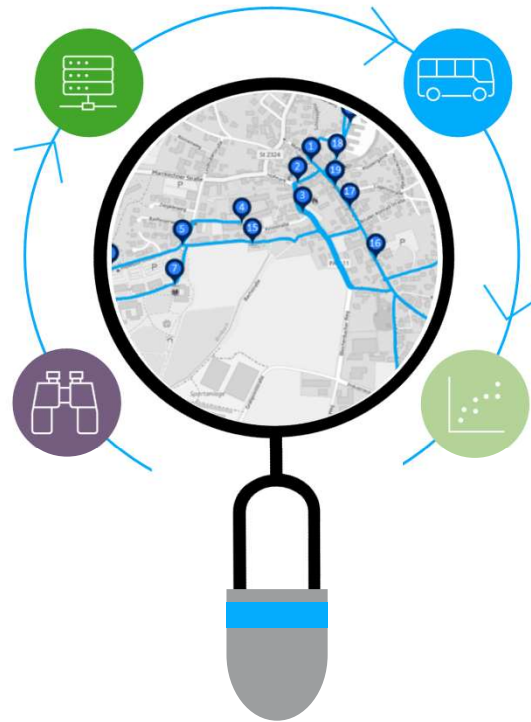
Lösung: Erstellen künstlicher Daten auf Basis eines Nachfragemodells und realen Buchungsdaten

- Agent lernt mit den simulierten Daten die Shuttle so zu steuern, dass die Wartezeit der Passagiere minimiert wird
- Trotz weniger realer Buchungsdaten sind so gute Ergebnisse möglich
- Mit immer neuen Buchungsdaten aus dem Produktivbetrieb verbessern sich das Nachfragemodell und der Agent stetig weiter

Die smarte Art zu shutteln: Maximale Effizienz durch Predictive Demand.

Liegen keine Buchungen vor, so positionieren sich die Shuttles strategisch günstig.

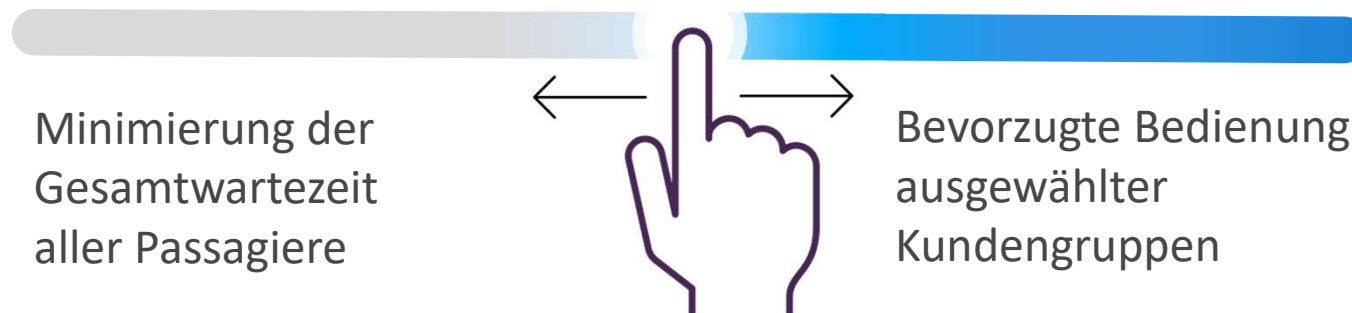
Vorausschauende und effiziente Berücksichtigung zukünftiger Buchungen.



Predictive Demand erfolgt direkt durch den Agenten ohne zusätzliches Feedback.

Agent lernt Muster und Wahrscheinlichkeiten aus den (simulierten) Daten.

Barrierefreier Transport: Komfort für mobilitätseingeschränkte Personengruppen.



Aus Klein mach Groß: Skalierbarer Produktivbetrieb dank Reinforcement Learning.

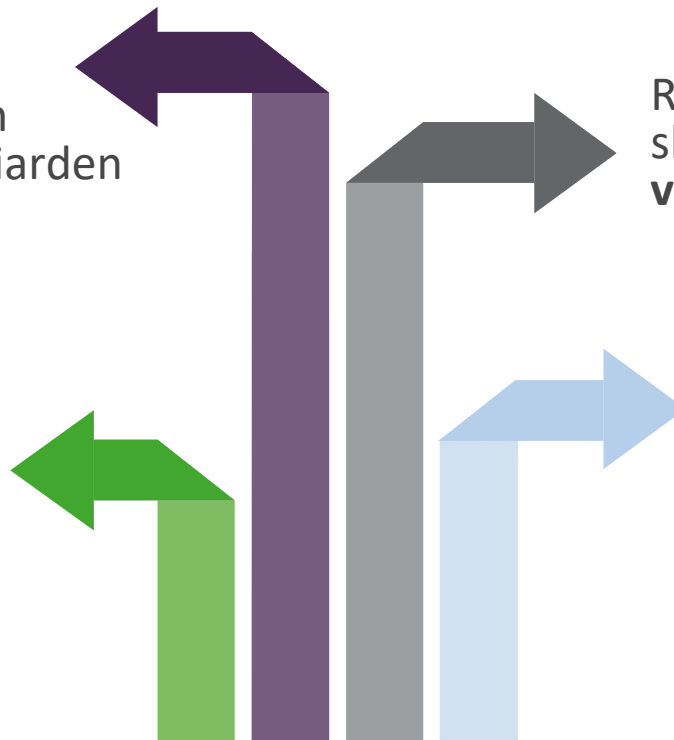
Exponentielles Wachstum an möglichen Entscheidungen:

5 Station \rightarrow 6500

20 Stationen \rightarrow 2,5 Billionen

40 Stationen \rightarrow 2,2 Quadrilliarden

Finden einer effizienten Route im Produktivbetrieb wird immer aufwändiger.



Reinforcement Learning shifted den Rechenaufwand **vor** den Produktivbetrieb.

Produktivbetrieb nahezu unabhängig von der Umgebungsgröße in Echtzeit möglich.

Die Route zum Erfolg: KI4autoBus steuert zu mehr Effizienz im On-Demand-Verkehr bei.



Reinforcement Learning

Effiziente Steuerung der Shuttles:

- Minimierung der Wartezeit über alle Kunden
- Im Produktivbetrieb nahezu ohne Verzögerung einsetzbar und auch auf große Umgebungen skalierbar

Predictive Demand:

- „Kenntnis“ über zukünftige Bedarfe
- Strategische Positionierung der Shuttle

Flexible Anpassung:

- Priorisierung einzelner Personengruppen, z. B. mobilitäts-eingeschränkte Personen

Übertragbarkeit:

- Training bereits mit geringer Datengrundlage möglich
- Einfache Übertragbarkeit auf neue Anwendungsfälle

Agenda



Mobilitätsforschung: KI, autonome Shuttle & intermodale Mobilität



KI4autoBUS: Barrierefreiheit



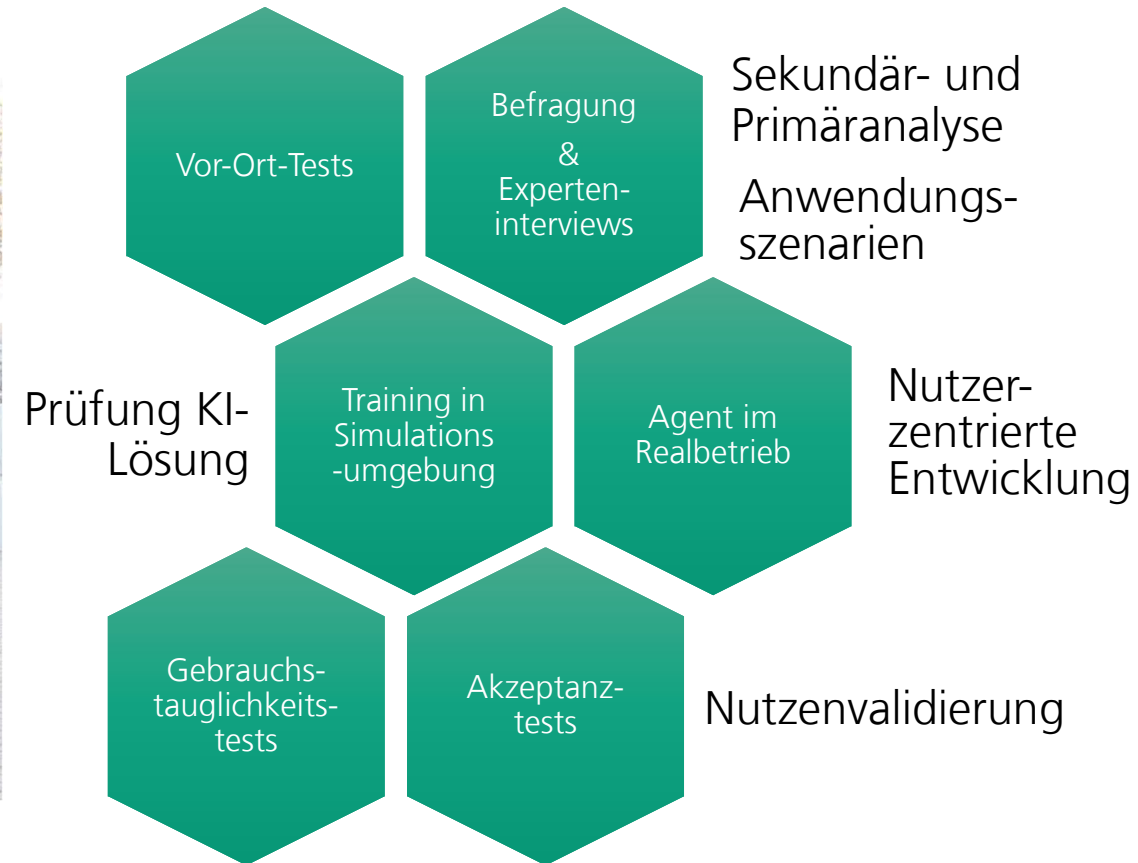
KI4autoBUS: Was leistet die KI in unserem Projekt?



Fazit: Mehrwert für Mobilitätsanbieter und Reisende?

Wissenschaftliche Begleitung und Evaluation

Methodenmix



Gesamttest in Bad Birnbach – Oktober 2023

Vor-Ort-Test in Kooperation mit DB Regio & Medi Vital GmbH



Beauskunftung:

- App
- Telefonzentrale

Zustieg:

- Briefing On-demand Verkehr
- Rollstuhlbefestigung

Modifizierter Shuttle:

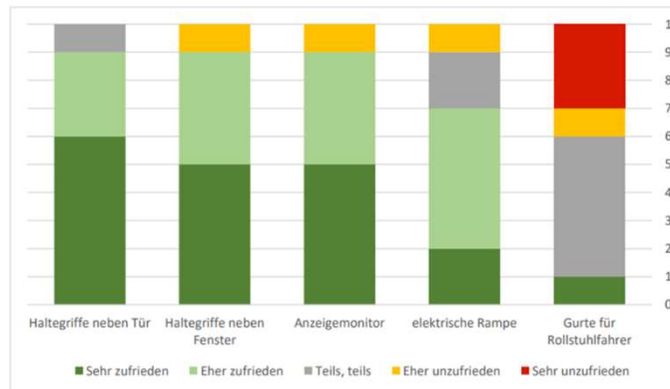
- Kontrastreicher Einstieg
- Kontrastreiche Beschilderung
- Audioguide

Mitfahrt:

- Beobachtung
-> Proband und Umfeld

Ausstieg:

- Interview



Fraunhofer IML

Leitfadeninterview – Befragung zum autonomen Shuttle in Bad Birnbach

Hintergrund des Interviews
 Ziel des Interviews
 Im Rahmen eines Projektes zur „Optimierung smarterer Mobilität durch autonome Shuttles“ Entwicklung einer Erprobungsstudie zur Planung und Überprüfung einer „Optimierungsphase“ vor dem Test und autonomen Bus Shuttle in Bad Birnbach durch das langfristige Ziel ist es dabei das Shuttle geräuschlos autonom zu steuern. Durch die Entwicklung einer Konzeption (Modell) über die Shuttle fahrt werden in Zukunft Maß von den Maßbedürfnis der NutzerInnen zu erörtern und so als Shuttle auf Ablauf (im Sinne der Mobilität) zu erörtern wie möglich werden. Hierzu werden aktuell Tests durchgeführt, um die neuesten Optimierungen in der Praxis zu testen.

Ziel des Interviews
 Das Ziel des Interviews ist es, Ihre Erfahrungen mit dem Bus Shuttle in Bad Birnbach kennenzulernen. Durch ein besseres Verständnis Ihrer Eindrücke und Erfahrungen kann so langfristig das Shuttle optimiert werden. Im Fokus dieses Interviews stehen dabei im allgemeinen Eindruck von der Fahrt, sowie Ihre Eindrücke zur Informationslage, also etwa zur Sprachausgabe.

I. Persönliche Fragen

1. Bitte teilen Sie sich kurz mit (Alter, Wohnort).
2. Haben Sie schon einmal an einer ähnlichen Umfrage teilgenommen?

II. Vorerfahrungen
 (Davor ist in die heutige Fahrt thematisch einbezogen)

3. Haben Sie bereits Erfahrungen mit diesem oder ähnlichem Bus Shuttle?

Wenn ja:
 3.1 Können Sie uns kurz von Ihren vorherigen Erfahrungen berichten?

Barrierefreiheit

Abgestimmtes Angebot für Bedarfe mobilitätseingeschränkter Personen



Übertragbarkeit

Entwicklung eines Ansatzes, der in Bad Birnbach verprobt wird, aber auch in anderen Regionen (Land & Stadt) zum Einsatz kommen kann



Bedarfsorientiert

Bedarfsorientierung und Wirtschaftlichkeit rücken näher zusammen

Optimierter Einsatz

Die KI verbessert sich über die Zeit hinweg von selbst, kann schnell Lösungen finden, kann sich verschiedenen Einsatzgebieten und Gegebenheiten (z.B. Nachfragegewohnheiten) anpassen



Predictive Demand

Durch Mustererkennung in den Daten verbesserte Wartezeitposition der Shuttles und so geringere Wartezeiten und mehr mögliche Fahrten



Vielen Dank.
Wir freuen
uns auf Ihre
Fragen!



Projektzentrum für Verkehr, Mobilität und Umwelt

Ihre Hauptansprechpersonen



M.A. Nicole Wagner-Hanl
Projektleiterin Personenmobilität & Digitalisierung

Fraunhofer IML
Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 9,
83209 Prien am Chiemsee

Mobil: 01520/ 9043415
nicole.wagner-hanl@iml.fraunhofer.de



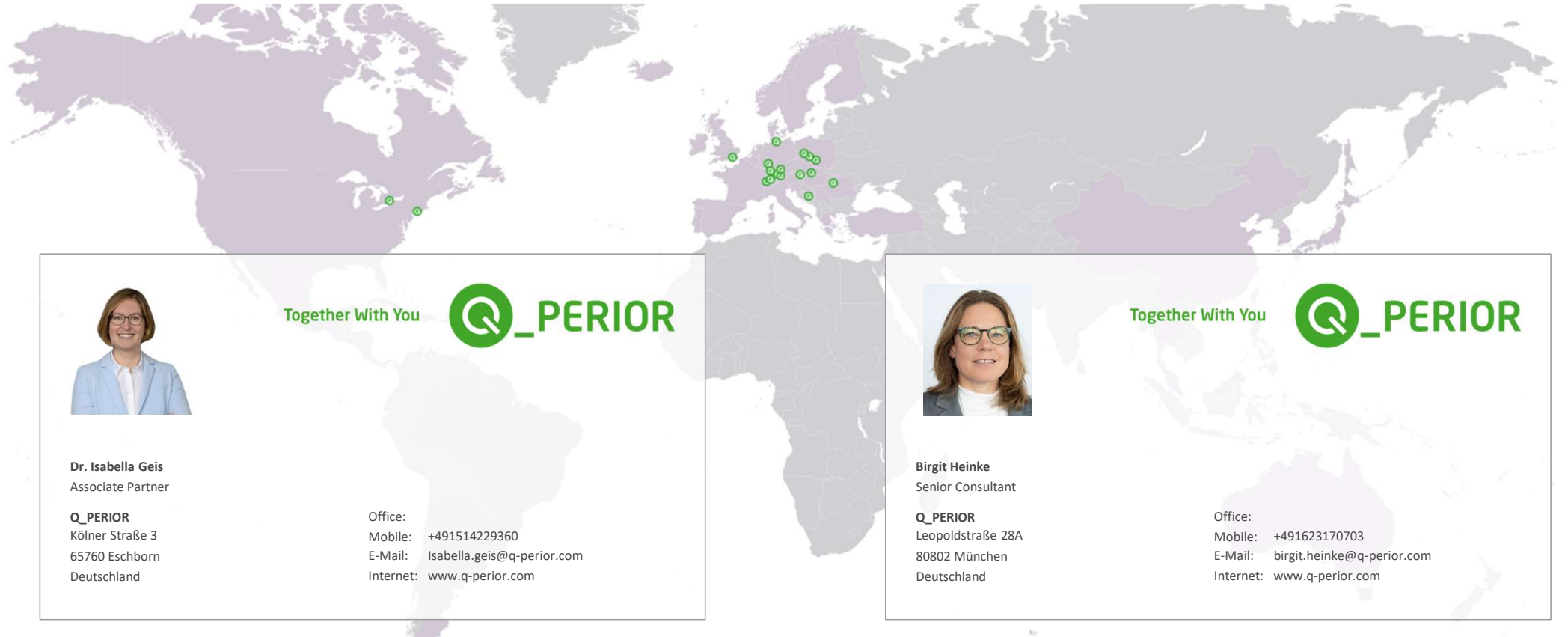
Carolin Altena, M.Sc
Projektleiterin im Bereich Personenverkehr und Mobilität


Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik,
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 9, 83209 Prien am Chiemsee

Mobil: 0151/ 43807952
Carolin.altena@iml.fraunhofer.de

Ansprechpersonen

Lokal und international für Sie tätig.






Together With You **Q_PERIOR**

Dr. Isabella Geis
Associate Partner

Q_PERIOR
Kölner Straße 3
65760 Eschborn
Deutschland

Office:
Mobile: +491514229360
E-Mail: Isabella.geis@q-perior.com
Internet: www.q-perior.com




Together With You **Q_PERIOR**

Birgit Heinke
Senior Consultant

Q_PERIOR
Leopoldstraße 28A
80802 München
Deutschland

Office:
Mobile: +491623170703
E-Mail: birgit.heinke@q-perior.com
Internet: www.q-perior.com

 MÜNCHEN / HAMBURG / FRANKFURT / STUTTGART / NÜRNBERG / INGOLSTADT / FREIBURG / ROSENHEIM / WIEN / ZÜRICH / BERN / SARAJEVO / CLUJ-NAPOCA / NEW YORK / TORONTO / LONDON / GLEIWITZ / Breslau / OPPELN
 Länder und Regionen in denen wir tätig sind.