

---

## Kurzfassung

---

**Name:** Nan Zou

**Thema:** Dispositionsstrategien zum nachfrageorientierten Einsatz fahrerloser Fahrzeuge im ländlichen Raum

**Betreuer:** Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze, Dip.-Ing. Moritz von Mörner

---

Seit 2003 ist die Anzahl der Bevölkerung in Deutschland rückläufig; gleichzeitig wächst das Alter der Bevölkerung deutlich. Die Nachfrage im ländlichen Raum liegt zum großen Teil im Berufs- und Schulverkehr. Deswegen sind im ländlichen Raum den ÖPNV von diesem demografischen Wandel besonders betroffen. Es gehen Einnahme verloren, während die Kosten kaum sinken. In der verkehrspolitischen Diskussion werden nachfragegesteuerte Bedienungsform oft als eine Ergänzung zu traditionellen Verkehrsbedienungsformen in ländlichen Räumen betrachtet, um sich um die der Probleme, wie dem demografischen Wandel und der schwankenden Mobilitätnachfrage, zu bemühen (Steinrück und Küpper 2010). Derzeit nehmen schon viele Einrichtungen bedarfsgesteuerten Verkehr in Anspruch. Allerdings können die Kosten hoch sein, wenn der Besetzungsgrad zu niedrig ist (Proff et al. 2013, S. 402).

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand ausgewählter Szenarien geeignete Dispositionsmaßnahmen und –strategien zu entwickeln, welche einen effizienten und nachfrageorientierten ÖPNV-Betrieb mit fahrerlosen Fahrzeugen zu ermöglichen.

Heutzutage werden die fahrerlosen Fahrzeuge nicht mehr als Vision gesehen. Viele Pilotprojekte sind schon weltweit durchgeführt, wie Sohjoa Projekt in Finnland, Postbus in Schweiz. Mit seinen autonomen Fahrzeugen hat Google bereits mehr als drei Millionen Kilometer auf den Straßen der Stadt gefahren (Waymo 2016). Die Unternehmen wie Uber oder Lyft, die derzeit on-Demand in der Taxi-ähnlichen Dienstleistung tätig sind, möchten das gleiche System mit fahrerlosen Fahrzeugen anbieten.

Die Funktionen des autonomen Fahrens haben das große Potenzial, Sicherheit, Energieverbrauch, Landnutzung sowie die Stau zu verbessern und könnten anhand dieser Technologie den gesamten Straßenverkehr in Zukunft grundlegend verändern. Diese müssen in einer großen Menge und damit als Serienprodukte eingesetzt werden. Im Allgemeinen erfordert die Übertragung eines technischen Systems von der Entwicklungsphase zur Serienproduktion die Freigabe dieses Systems (Felkai und Beiderwieden 2011, S. 47-49). Das Potenzial für Veränderungen im öffentlichen Verkehr geht jedoch weit über die Kostensenkung bestehender Angebote hinaus. Die fahrerlosen Fahrzeuge brauchen keine Autofahrer, weswegen diese autonomen On-Demand-Flotten in der näheren Zukunft das konventionelle Verkehrsmittel im ÖPNV zumindest zum Teil ersetzen könnten.

---

Um die geeigneten Dispositionsstrategien unter Einsatz fahrerlose Fahrzeuge in ländlichen Raum zu entwickeln, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein agentbasierte Simulationsmodell in Anylogic abgebildet. Die folgenden Einflussfaktoren sind als Grundlagen der Dispositionsentscheidungen betrachtet:

- Flottengröße
- Umwegfaktor
- Fahrzeugkapazität
- Wartezeit (Suchen Radius)
- Route der Leerfahrt

Auf Basis von Strukturdaten des Untersuchungsraum Kronach und der aktuelle Fahrgastnachfrage werden grundsätzlich zwei Bedienformen betrachtet, Taxibetrieb und Shared-Autonomous-Vehicle Die Bedienform (Shared-Autonomous-Vehicle) der fahrerlosen Fahrzeuge ist eine kombinierte Bedienform zwischen Taxi und Ridesharing. Die Dispositionsregel der verschiedenen Bedienformen, sowie alle wesentliche Entscheidungskriterien wurden vorher festgelegt. Aus der Kombination des verschiedenen Werts der Entscheidungskriterien wurden unterschiedlichen Simulationsszenarien abgebildet.

Die Simulationsergebnisse zeigen, wenn die Fahrzeuge mit einer größeren Flottengröße betrieben wurden, erhöhte sich der Bündelpotenzial deutlich, was zu einer höher Anzahl der bedienten Fahrgäste führte. In Betrachtung des effizienten Betriebs waren die Gewinne von größerer Flottengröße begrenzt, da die Auslastung pro Fahrzeug erheblich reduziert wurde. Die Auswirkung des Umwegfaktors auf dem Bündelpotenzial ist deutlich, wenn die Anzahl des Fahrzeugs klein ist. Der steigende Umwegfaktor führt zwar zur niedrigen Beförderungsqualität. Die Verspätung des Passagiers sowie durchschnittliche Reiseweite sind dadurch deutliche zunimmt.

Wenn dem leeren Fahrzeuge nach originale Station zurück fahren wurde, wurden mehr Fahrgäste auf dem Rückweg des Fahrzeugs befördert. Diese Dispositionsregel hat zwar positive Beeinflussung auf die Bündelpotenzial, aber den durchschnittlichen gefahrenen Kilometer fast verdoppelt so hohe wie andere, also am Zielort des zuletzt beförderten Fahrgasts. In ländlichen Raum werden die meisten Verkehrsnachfrage mit den Verknüpfungspunkt, wie zentrale Umsteigepunkt oder Hauptbahnhof, verbindet. Das geringe Suchen Radius des Fahrgasts wurde zur einen höheres Bündelpotenzial führen. Und die größer Kapazität führt nicht unbedingt zur höher Beförderungsqualität. da wegen geringe Nachfrage in ländlichen Raum die durchschnittliche Auslastung jedes Fahrzeug nicht so hoch beiträgt.

Die Hauptbeschränkung des Simulationsmodells ist die fehlende Interaktion zwischen Fahrzeug und anderen Verkehrsteilnehmer, insbesondere die Zusammenwirkung mit dem bestehenden ÖPNV Angebot. Es wird erwartet, dass diese Interaktion weitgehend die Leistung und Beförderungsqualität der fahrerlosen

---

Fahrzeuge beeinflusst. Daher sollte diese Interaktion in die Weiterentwicklung des Simulationsmodells einbezogen werden. Eine weitere Beschränkung liegt an der pauschalen Annahme der Eingangsgröße, wie der Umwegfaktor, das Suchen Radius. Solche Entscheidungskriterien sollen bei weiter Arbeit unter Betrachtung verschiedene Nachfragegruppen jeweilig mit unterschiedlichen Fahrtzwecke abgebildet werden, um die Beschreibung des Fahrgastverhaltens zu verbessern.

Die Simulation wurde auf die Grundlagen zu Dispositionsentscheidungen und ihre Auswirkung an Simulationsergebnisse fokussieren, um möglicherweise eine effiziente Dispositionsstrategie abzuleiten. Um eine systematische Bewertung der Auswirkung verschiedenen Dispositionsstrategien aufbauen zu können, muss jedoch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hinsichtlich aller Kosten und Erlöse aus Betrieb- und Kundensicht erfordert werden.