

Selbstfahrende Fahrzeuge im ländlichen Raum

Kombination mit traditionellem öffentlichem Verkehr bietet größte Chancen

Dr. Roger Sonderegger, Sebastian Imhof, MSc., Prof. Dr. Widar von Arx, Luzern;
Jonas Frölicher, MSc., Berlin

Selbstfahrenden Fahrzeugen (SFF) wird das Potenzial zugesprochen, den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) in Zukunft attraktiver und flexibler zu machen und klassische Transportmittel weitgehend abzulösen ([1]; [2]). Die Automatisierung der Fahrzeuge führt durch den Wegfall von Personalkosten und die hohe Fahrzeugnutzung zu einer starken Kostensenkung. SFF werden flexibel sowie günstig sein und damit ein Mobilitätsangebot «on demand» in Gebieten und zu Zeiten erlauben, die heute nicht oder nur defizitär durch den öffentlichen Verkehr bedient werden. Expertenschätzungen gehen von einem Einsparpotenzial von 5–15 Prozent bei der Bahn und rund 50 Prozent der Be-

triebskosten bei Überlandbussen und Taxibus aus [3].

Diverse Simulationsstudien in Metropolen wie Lissabon, Zürich oder Singapur kommen dennoch zum Schluss, dass S-Bahnen und Metros als raumeffiziente und schnelle Massentransportmittel neben den SFF weiterhin ihre Berechtigung haben [4]. Im ländlichen Raum hingegen greifen die Vorteile der Bündelung der Nachfrage und der Raumeffizienz der Bahnen in viel geringerem Ausmaß. Die niedrige Kostendeckung im ländlichen Raum ist vielmehr verantwortlich für ein wenig attraktives ÖPNV-Angebot, das wenig genutzt wird und defizitär ist. Eine Substitution des ÖPNV durch SFF wird unter anderem deshalb zuerst im

ländlichen Raum vermutet [5] – untersucht wurde diese Fragestellung allerdings bisher nicht.

Basierend auf diesen Feststellungen entstanden die drei folgenden Forschungsfragen, die 2018 in einer Studie unter der Leitung der Hochschule Luzern untersucht wurden [6]:

- Sind kostendeckende Angebotskonzepte nur mit SFF im ländlichen Raum möglich?
- Wie gut rechnen sich entsprechende Angebotskonzepte bezüglich Kostendeckung, Investitionssumme und Fahrgastaufkommen?
- Wie wirkt sich ein Angebotskonzept mit SFF auf die Umsteigepunkte auf die S-Bahn und den Fernverkehr aus?

Für die Beantwortung dieser Fragestellungen wurden vier verschiedene Angebotskonzepte entwickelt und auf ihre Wirtschaftlichkeit, auf die Veränderung der Nachfrage sowie auf die Umsetzbarkeit im Rahmen einer Fallstudie in der Schweiz untersucht.

Annahmen und Untersuchungsperimeter

Die diesem Beitrag zugrundeliegende Studie ging von einem konkreten Szenario aus, wie sich SFF und der öffentliche Verkehr in Zukunft ergänzen könnten. Darin wird der liniengebundene, mit großen Gefäßen (Bahnen und Busse) bediente öffentliche Verkehr auf ein Kern-Netz innerhalb und zwischen den größeren Städten reduziert. Im ländlichen Raum übernehmen SFF beziehungsweise eine Kombination aus S-Bahn und SFF – hierin unterscheiden sich die vier erwähnten Angebotskonzepte im Wesentlichen – die Funktionen des ÖPNV. Zwischen den Sys-

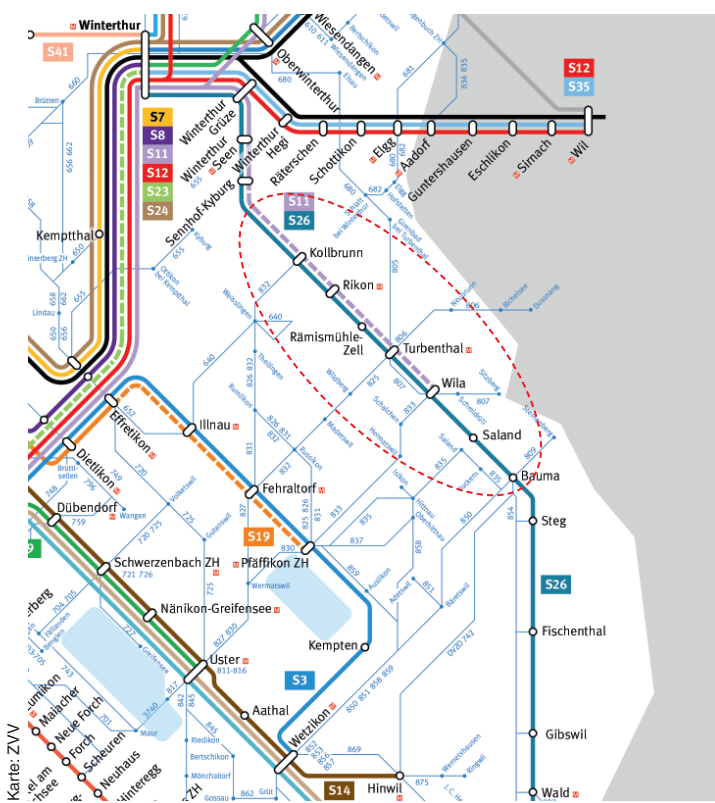


Abb. 1: Liniennetzplan: Das Untersuchungsgebiet Tössstal ist rot „eingekreist“.



Zum Autor

Dr. rer. nat. Roger Sonderegger (41), Raumplaner ETH, leitet seit März 2019 das Amt für Raumentwicklung und Verkehr beim Kanton Obwalden. Zuvor arbeitete er als Dozent und Projektleiter an der Hochschule Luzern – Wirtschaft. Seine Tätigkeitsschwerpunkte umfassten den öffentlichen Verkehr, die Mobilität der Zukunft und die räumliche Koordination von Siedlung und Verkehr.



Zum Autor

Sebastian Imhof (27), MSc. in Geographie, arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule Luzern – Wirtschaft. Hier bearbeitet er unter anderem Projekte zu selbstfahrenden Fahrzeugen. Seine Dissertation zur Mobilität im ländlichen Raum im Zeitalter von Digitalisierung und Automatisierung schreibt er an der Universität Bern.



Zum Autor

Prof. Dr. Oec. Widar von Arx (42) leitet seit 2012 das CC Mobilität an der Hochschule Luzern – Wirtschaft. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen bei Innovation, Change Management und Strategie in Unternehmen, insbesondere im öffentlichen Verkehr. Seit 2017 sitzt von Arx im Verwaltungsrat der Basler Verkehrsbetriebe.



Zum Autor

Jonas Frölicher (35), MSc., arbeitet beim auf öffentlichen Verkehr spezialisierten Beratungsunternehmen KCW in Berlin. Hier berät er die öffentliche Hand in Fragen der Digitalisierung, des Vertriebs und zu touristischem Verkehr. Vor seinem Engagement bei KCW war Frölicher mehrere Jahre an der Hochschule Luzern und bei den SBB tätig.

temen gibt es «Hubs», an denen die Kunden von den SFF auf die Hochleistungsnetze umsteigen. Zur Disposition stehen also die Bus- und Bahnlinien im ländlichen Raum. Um die möglichen Auswirkungen in einem solchen Szenario möglichst realitätsnah zu analysieren, wurde für die Fallstudie eine ländliche Region gewählt: das Tösstal im Kanton Zürich.

Beim Tösstal handelt sich um eine Schweizer Voralpenregion mit einer niedrigen Bevölkerungsdichte und einem sehr hohen Motorisierungsgrad von über 850 Fahrzeugen pro 1000 Einwohner [7]. 2016 lebten hier rund 30.000 Personen. Die Nachfrage im ÖPNV beträgt pro Wochentag 8817 Personenfahrten. Der Modal-Split des öffentlichen Verkehrs ist

mit rund zehn Prozent gering. Mit dem MIV werden an einem Wochentag 81.636 Fahrten unternommen. Abbildung 1 zeigt das Untersuchungsgebiet (innerhalb der rot gestrichelten Linie) sowie die Stadt Winterthur, die 110.000 Einwohner und 70.000 Vollzeitstellen zählt, inklusive der bestehenden ÖPNV-Linien und Bahnhöfe. Die sieben Umsteigehubs befinden sich an der Perimeter-Grenze und sind so definiert, dass geeignete Anschlussverbindungen in alle Richtungen vorliegen.

Der Grund für die Wahl des Tösstals als Fallstudienregion liegt beim hervorragenden Datenmaterial, das den Studienautoren zur Verfügung stand – sowohl im ÖPNV als auch beim Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich. Zudem beschränkt sich die

Funktion der aktuellen Bahnlinie durch das Tösstal auf die regionale Versorgung ohne weitere Verbindungsfunktion.

Vier Angebotskonzepte

Für die Untersuchungen wurden vier Varianten entwickelt, um die Auswirkungen der Automatisierung in verschiedenen Ausprägungen zu analysieren.

- Variante 1: Die bestehenden Bus- und Bahnlinien werden komplett automatisiert. Die Verbindungen und Takte der Busse und der Bahn bleiben unverändert.
- Variante 2: Auf die Bahn wird verzichtet. Stattdessen wird ein automatisiertes und optimiertes Busnetz entwickelt. Das neue Busnetz bietet deutlich mehr Direktverbindungen an. Zudem überlappen sich die Kurse insbesondere gegen Winterthur, sodass für viele Kunden der Takt stark verbessert wird. Die Entwicklung des neuen Busangebotes folgte dem traditionellen Vorgehen der Verkehrsplanung.
- Variante 3: Selbstfahrende Robovans mit acht Plätzen ersetzen alle Busse und die Bahn. Die Robovans bringen ihre Fahrgäste innerhalb der Untersuchungsregion von Tür zu Tür. Für Fahrten aus der Region hinaus steigen alle Fahrgäste auf den ÖPNV um. Weil die SFF nicht in das Zentrum von Winterthur fahren können, bleibt eine S-Bahn zwischen Winterthur und dem Hub Sennhof-Kyburg bestehen. Zum Umsteigen auf S-Bahn und Fernverkehr werden sieben Hubs knapp außerhalb der Untersuchungsregion festgelegt.
- Variante 4: Die SFF werden mit der Bahn kombiniert, die wie bisher im Halbstundentakt die Talschaft erschließt. Die bisherigen Stationen dienen als Hubs für die Feinverteilung der Kunden mittels SFF. Die SFF ersetzen also im Wesentlichen das bisherige Busangebot.

Mit dieser Abgrenzung wird einerseits berücksichtigt, dass die städtischen Gebiete außerhalb der Region nicht mit zusätzlichen Fahrten belastet werden sollen. Die Einfahrt in größere Städte wie Winterthur ist in dieser Abgrenzung entsprechend nicht möglich. Andererseits wird durch diese Abgrenzung aber der Effekt unterschätzt, dass direkte Fahrten von Tür zu Tür einen besonders hohen Komfort bieten und damit auch neue Nachfrage generieren können. Die Ausgestaltung der vier Varianten wird in Abbildung 2 dargestellt.

Ermittlung von Nachfrage, Kosten, Erträgen und räumliche Auswirkungen

Für die Variante 1 konnten die Nachfrage und die Erträge einfach ermittelt werden: sie verändern sich durch eine reine Automatisierung des Angebots gegenüber heute kaum. Die Kostenreduktion wurde mit pauschalen Abschlägen aus der Literatur ermittelt; für die heutige Situation liegen detaillierte Zahlen vor.

Für die Ermittlung der Nachfrage in den Varianten 2, 3 und 4 wurde mit dem Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich gearbeitet. Für jede Gemeinde im Untersuchungsgebiet wurden die zehn wichtigsten Verkehrsbeziehungen analysiert. Gerechnet wurde mit der ÖPNV-Nachfrage mit Stand 2013; der motorisierte Individualverkehr hingegen wurde nicht eingeschlossen, denn in Zukunft wird auch das Autofahren deutlich attraktiver, wenn ein Steuern des Fahrzeuges nicht mehr notwendig ist. Weiter scheint auch die Annahme einer hohen durchschnittlichen Auslastung von 2,5 Personen pro Robovan plausibel, da sich bereits heute alle ÖPNV-Nutzerinnen und Nutzer ein Fahrzeug teilen.

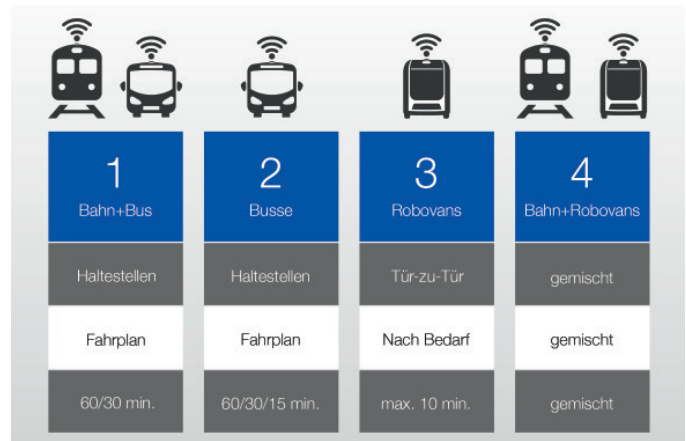
Anschließend wurde eine plausible Entwicklung der Nachfrage durch ein verbessertes Angebot für die Varianten 2–4 abgeschätzt. Dafür wurden bestehende ÖV-Elastizitäten bezüglich Reisezeit, Umsteigen und Takt verwendet [8]. Die daraus ermittelte Nachfrage diente anschließend zur Bestimmung der notwendigen Fahrzeugkilometer. Die Kosten wurden mit pauschalen Vollkostensätzen für Fahrzeugkilometer aus der Literatur berechnet (0,55 CHF/km für achtsitzige Robovans und mit 11,26 CHF/km für die autonome S-Bahn (siehe [4]). Die Einnahmen wurden basierend auf den zurückgelegten Personenkilometern berechnet; die Preise für Kunden wurden dabei auf dem heutigen Niveau belassen – trotz teilweise großen Angebotsverbesserungen.

In einem letzten Schritt wurden die Auswirkungen auf die S-Bahn und der Fernverkehr inklusive der Umsteigesituation an den Hubs qualitativ analysiert. Die Resultate der Berechnungen werden in Tabelle 1 aufgeführt und im anschließenden Kapitel besprochen.

Resultate der Berechnungen und Variantenvergleiche

Die berechneten Kostendeckungsgrade zeigen auf, dass eine reine Automatisierung

Abb. 2: Vier vollautomatisierte, regionale Angebotskonzepte.



des bestehenden ÖPNV-Netzes (Variante 1) als einzige Variante defizitär bleibt. Durch die Automatisierung der S-Bahn lassen sich keine erhöhte Nachfrage und nur eine bescheidene Kostensenkung erwarten. Die Varianten 2 bis 4 hingegen sind mit Kostendeckungsgraden zwischen 107 und 111 Prozent gewinnbringend, was für den regionalen Personenverkehr eine komplett neue Situation darstellt. Die Gründe für die hohen Kostendeckungsgrade sind in den Varianten 2 bis 4 leicht unterschiedlich.

In Variante 2 (reines Busangebot) führen die Automatisierung der Busse und der Wegfall der S-Bahn zu sehr geringen Kosten. Durch das verbesserte Angebot mit mehr Direktverbindungen und teilweise dichteren Takten (durch überlappende Linien) steigen die Nachfrage und damit auch die Erträge leicht an. Es wird eine Kostendeckung von mehr als 100 Prozent erreicht. Die Fahrzeugkilometer wachsen aufgrund der Substitution der Bahn durch die kleineren Busse ebenfalls an. Allerdings können auch autonome Busse nicht alle Probleme lösen: ein geringerer Fahrkomfort als bei der Bahn, die drohende Staugefahr bei Einfahrt in die Stadt und eine längere Reisedauer aufgrund niedrigerer Geschwindigkeit bleiben bestehen.

Die Variante 3 (Robovans) weist mit 111 Prozent den höchsten Kostendeckungsgrad auf: Ein reines SFF-System kann die nachgefragten Mobilitätsleistungen offenbar besonders effizient erbringen. Auch steigt die Nachfrage auffällig stark an (um 32 Prozent gegenüber Variante 1). Die Erklärung dafür liegt im deutlich dichteren Takt, wobei im zugrundeliegenden Angebot eine maximale Wartezeit von sechs Minuten festgelegt wurde, der höheren Geschwindigkeit sowie dem Tür-zu-Tür-Service innerhalb des Tösstals. Wie in Variante 1 fallen

aufgrund der Automatisierung geringere Kosten an. Negativ fallen die sehr große Zunahme der Fahrzeugkilometer und der Anzahl der Fahrzeuge auf. Zudem müssten Gäste, die vorher direkt mit der Bahn ins Zentrum fuhren, neu an einem Hub vom Robovan auf die Bahn umsteigen.

Ein reines Robovan-Angebot führt allerdings auch zu Herausforderungen an den Umsteigepunkten zum öffentlichen Verkehr. Der wichtigste Umsteigeknoten (Sennhof-Kyburg) würde in der nachfragestärksten Stunde der Abendspitze (ASP) von 205 Robovans angefahren. Dies entspricht pro S-Bahn-Ankunft (in einem 30-Minuten-Takt) einem Aufkommen von 102 Robovans, was eine große Anlage für das Umsteigen und große Warteräume für die wartenden Fahrzeuge notwendig machen würde. Aufgereiht wäre die Schlange der wartenden Robovans über 500 m lang. Durch das hohe Verkehrsaufkommen sind Konflikte mit Fußgängern ebenso absehbar wie Probleme beim Einbiegen der weggehenden Fahrzeuge auf die Hauptstraße. Entschärfen ließe sich diese Situation durch einen dichteren Takt oder eine Verlängerung der S-Bahn in die Region hinein, durch eine andere Routenwahl, den Einsatz größerer Gefäße oder eine höhere Auslastung der Robovans.

In Variante 4 (Robovans plus S-Bahn) führt der Einsatz der S-Bahn zu vergleichsweise hohen Kosten für das Gesamtsystem; diese werden jedoch im Gegensatz zu Variante 1 durch höhere Einnahmen kompensiert. Zusätzlich machen die direkten Zugverbindungen aus mehreren Gemeinden ins Stadtzentrum von Winterthur das Angebot attraktiv für die Fahrgäste. Die Umsteigeprobleme, die sich in einem reinen Robovan-System ergeben, lösen sich in Variante 4 durch die räumliche Verteilung der Umsteigevorgänge quasi von selbst.

Tab. 1: Resultate der Berechnungen in der Übersicht, hochgerechnet auf ein Betriebsjahr.

Faktor	Variante 1 Angebot 2013 automatisiert	Variante 2 Automat. Busangebot	Variante 3 Tür zu Tür Angebot	Variante 4 Tür zu Tür und automat. S-Bahn
Nachfrage Personenfahrten/ Jahr (in 1000)	2895	2952	3835	3735 ²⁾
Total Fahrzeug-km S-Bahn (S26, in1000)	676	–	210	768 ³⁾
Total Fahrzeug-km (in 1000, inkl. Leerfahrten)	1180 (Bus)	2541 (Bus)	16.395 (Robovan)	9728 (Robovan)
Kosten pro Jahr (in 1000 CHF)	11.211	7941	11.803	14.002
Kosten pro Personenfahrt (in CHF)	3,87	2,69	3,07	3,74
Erträge pro Jahr (in 1000 CHF)	8303	8464	13.086	15.170 ⁴⁾
Kostendeckungsgrad (in Prozent)	74%	107%	111%	108%
Anzahl Robovans HVZ ⁵⁾ (pro 1000 Einwohner)	–	–	5,8	3,7

²⁾ Diese Zahl beinhaltet auch Fahrgäste der S-Bahn, die zu Fuss zur Station gelangen können (720.164 pro Jahr).
³⁾ Die Fahrzeugkilometer sind höher, weil die ganze S-Bahn-Strecke bedient wird. Bei Variante 1 ist lediglich die «letzte Meile» in die Stadt Winterthur berücksichtigt, d. h. das Teilstück Sennhof-Kyburg bis Winterthur.
⁴⁾ Die Variante 4 weist deutlich höhere Erträge aus als die Variante 3. Dies ist teilweise methodisch bedingt, da die Erträge basierend auf den Personenkilometern berechnet werden. Durch die weniger direkten Wege in Variante 4 (Umsteigen statt direkte Verbindung) entstehen höhere Erträge, was in der Realität fraglich wäre.
⁵⁾ Hauptverkehrszeit, in der hier vorgestellten Studie entspricht dies der Abendspitze.

Die Anzahl der benötigten Robovans variiert beträchtlich während des Tagesverlaufs. In einem flächendeckenden Angebot (Variante 3) werden in der abendlichen Spitzenstunde 174, im gesamten Tagesverlauf jedoch nur 101 Robovans benötigt (ein Fahrzeug übernimmt damit rund 100 Fahrten am Tag). Bleibt die S-Bahn erhalten (Variante 4), so sinkt der Bedarf auf 111 Fahrzeuge in der HVZ und 63 Fahrzeuge im Tagesverlauf (entspricht rund 129 Fahrten pro Fahrzeug und Tag). Bei einer Erhaltung der S-Bahn sind also sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten für die Robovans deutlich geringer.

Insgesamt weist die Kombination von selbstfahrenden Robovans mit einer (bestehenden) S-Bahn deutliche Vorteile gegenüber einem reinen Robovan-System auf. Erstens stellt die S-Bahn auch alleine ein attraktives Angebot dar für diejenigen Fahrgäste, die in der Nähe der Haltestellen wohnen oder arbeiten – und das sind immerhin rund 20 Prozent. Zweitens bündelt die S-Bahn die Fahrtenwünsche zur nächstgelegenen Stadt (inklusive Fernverkehrsangebot) optimal, womit der traditionelle ÖPNV seine Stärken (effiziente Raumnutzung, niedriger Energieverbrauch, hohe Zuverlässigkeit et cetera) optimal

ausspielen kann. Und drittens wirken die Haltestellen des öffentlichen Verkehrs als Entwicklungskeime der Siedlungsentwicklung und helfen so mit, der durch selbstfahrende Fahrzeuge drohenden stärkeren Zersiedlung entgegen zu wirken. Allerdings lässt sich eine solche Kombination von Robovans und Eisenbahn wohl nur dann realisieren, wenn die Regulation dies auch strikt so verlangt; die Betriebskosten alleine würden eine reine Robovan-Variante klar favorisieren.

Für die Interpretation der hier vorgestellten Studienresultate ist zu betonen, dass die Resultate stark von den getroffenen Annahmen abhängen. Die Sensitivitätsanalysen haben beispielsweise aufgezeigt, dass um 25 Prozent höhere Betriebskosten in allen Varianten zu einem nicht kostendeckenden Verkehrsangebot führen würden. Falls der angenommene Besetzungsgrad der Fahrzeuge gesteigert wird, würde eine kleinere Flotte ausreichen und damit die Kosten weiter sinken. Mit der Verwendung von fünfsitzigen Robotaxis könnte sogar eine Kostendeckung von 150 Prozent erreicht werden. Eine realistische Auslastung lässt sich aber ebenso wie die zukünftigen Investitions- und Betriebskosten, die zukünftigen Preise und die zu erwartende Auslastung nur schätzen. Mit entsprechenden Unsicherheiten sind Studien über die Zukunft zwangsläufig immer behaftet.

Fazit und Ausblick

Selbstfahrende Fahrzeuge könnten dank der hohen Orientierung an der Nachfrage die heutige Erreichbarkeit in ländlichen Räumen verbessern. Die Fahrzeiten verkürzen sich, es sind weniger Umsteigevorgänge notwendig und ein höherer Takt kann eingeführt werden. Auch für Kinder und Jugendliche sowie für Fahrgäste mit eingeschränkter Mobilität wird das Angebot attraktiv. Insbesondere zu nachfrageschwachen Zeiten wie nachts oder am Wochenende könnten Robovans in ländlichen Räumen ein deutlich besseres Angebot als heute zur Verfügung stellen und dadurch die Nachfrage steigern lassen.

Im hier vorgestellten Projekt wurde eine Kombination dieser Stärken der SFF mit der bestehenden S-Bahn am besten beurteilt. Erst durch die Verbindung der Vorteile eines flexiblen Angebots mit den Stärken des traditionellen ÖPNV werden die Kosten, der Platzbedarf, der Energieverbrauch, die Gesundheit der Fahrgäste und die Sied-

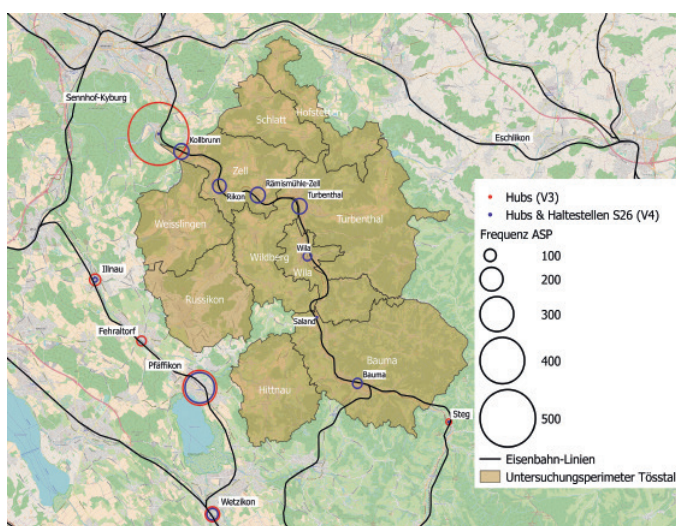


Abb. 3: der Umsteigevorgänge in der Abendspitzenstunde; Varianten 3 und 4 im Vergleich.

lungsentwicklung in eine ideale Kombination gebracht. Auch ein reines Busangebot wie in Variante 2 könnte eine interessante Option für ländliche Regionen darstellen – insbesondere bei eher dichten Siedlungen, die nicht durch eine Bahnlinie erschlossen sind. Der traditionelle öffentliche Verkehr dürfte also auch auf dem Land seine Berechtigung in Zukunft behalten – insbesondere zu frequenzstarken Zeiten und auf den Hauptverkehrsachsen.

Infrastrukturprojekte im Bahnbereich müssen zwar angesichts der neuen Entwicklungen wohl bedacht sein; ein Rückbau bestehender Strecken kann aber auch zu Fehl-Desinvestitionen führen. Die Erhaltung bestehender Bahninfrastrukturen im ländlichen Raum ermöglicht einen raumplanerisch und finanziell sanften Übergang zu einem neuen Angebotskonzept ohne grundlegende und damit teure Anpassungen an der Infrastruktur.

Auch die öffentliche Hand wird durch die Ausgestaltung der Rahmenbedingungen für den (öffentlichen) Verkehr in ländlichen Regionen eine wichtige Rolle spielen. Entscheidend ist dabei, ob angesichts der Möglichkeit für kostendeckende Verkehrsangebote weiterhin eine Konzessionierung angestrebt wird, oder ob solche Angebote dem freien Markt überlassen werden. Die räumlich beschränkte Zufahrt zu den Knoten des öffentlichen Verkehrs und ins Stadtzentrum sowie die erwünschte hohe Auslastung der Fahrzeuge sprechen aus heutiger Sicht eher für eine Regulation.

Eine interessante und weiterhin offene Frage ist die Schnittstelle des leistungsstarken Schienenverkehrs zu einer Flotte selbstfah-

render Fahrzeuge. Die Einfahrt in Kernstädte zur Hauptverkehrszeit ist aufgrund der Belastung mit Mehrverkehr planerisch unerwünscht. Ein interessanter Ansatz wäre eine zeitlich-räumliche Variation des S-Bahn-Angebots. In Stoßzeiten könnte die S-Bahn weiter in den ländlichen Raum hineinfahren und so mögliche Umsteige Probleme an den Knoten entschärfen. In Nebenverkehrszeiten würde eine kürzere Strecke bedient, und zu Randverkehrszeiten könnte die S-Bahn bereits ab der Kernstadt durch selbstfahrender Fahrzeuge ersetzt werden.

Weitere Fragen im Zusammenhang mit selbstfahrenden Fahrzeugen im ländlichen Raum sind weiterhin noch zu untersuchen – am besten zunehmend auch mit empirischen Studien.

- Wie wäre eine Flotte sinnvollerweise strukturiert: Homogen mit Vier- oder Achtsitzern, oder würde sich ein Mischbetrieb auch mit größeren Fahrzeugen lohnen?
- Welche durchschnittlichen Auslastungen sind in ländlichen Räumen in der Praxis zu erreichen?
- Wie sinnvoll sind Haltestellen noch? Lohnt sich der Betrieb von Haltestellen nur in der HVZ?
- Welcher Umweg und welche Verlustzeiten werden von Fahrgästen in SFF maximal akzeptiert?
- Wie werden die idealen Orte für Hubs gewählt und wie wird die Reisekette zwischen SFF und S-Bahn optimal gestaltet (Takt, Haltestellendichte et cetera)?

Die hier vorgestellten Forschungsergebnisse zeigen, dass selbstfahrende Fahrzeuge für die Unternehmen des öffentlichen

Verkehrs auch im ländlichen Raum neue Chancen und Risiken bieten. Noch ist die Technologie bei SFF bei weitem nicht reif für einen regionalen Einsatz. Mit kleinen Pilotversuchen im eigenen Verkehrsgebiet und einer aktiven Beobachtung des Marktes mit Fokus auf die dynamische Disposition können sich die Transportunternehmen des öffentlichen Verkehrstrotzdem heute schon auf die Zukunft vorbereiten.

Literatur / Anmerkungen

- [1] Beckmann, Jörg. 2016. Im Auto-mat: Die Heilversprechen selbstfahrender Autos auf dem Prüfstand. Bern https://www.wocomoco.org/assets/docs/Publikationen/Auto-mat_JBeckmann.pdf.
- [2] VDV. 2015. Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge: Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen. Köln.
- [3] Spieser, Kevin et al. 2014. Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated Mobility-on-Demand Systems: A Case Study in Singapore. In Road Vehicle Automation, Hrsg. Gereon Meyer und Sven Beiker, 229–245. Cham: Springer International Publishing.
- [4] Bösch, Patrick M., Felix Becker, Henrik Becker, und Kay W. Axhausen. 2018. Cost-based analysis of autonomous mobility services. Transport Policy 64: 76–91.
- [5] Meyer, Jonas, Henrik Becker, Patrick M. Bösch, und Kay W. Axhausen. 2017. Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities? Research in Transportation Economics 62: 80–91.
- [6] Sonderegger, Roger, Jonas Frölicher, Sebastian Imhof, Widar von Arx, Caspar Sträuli, Jonas Stadler, Markus Maibach, Christoph Schaaffkamp und Paula Ruoff (2018): Selbstfahrende Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr: Neue Geschäftsmodelle für die SBB im ländlichen Raum? Luzern, Zürich, Berlin: Hochschule Luzern, infras, kow.
- [7] Statistisches Amt des Kantons Zürich (2018): Gemeindeporträt Kanton Zürich. Motorfahrzeugbestand.
- [8] Vrtic, Milenko, und Philipp Fröhlich. 2006. Was beeinflusst die Wahl der Verkehrsmittel? DER NAHVERKEHR 24: 4/2006, 52–57.
- [9] Bösch, Patrick M., Francesco Ciari, und Kay W. Axhausen. 2016. Autonomous Vehicle Fleet Sizes Required to Serve Different Levels of Demand. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2542: 111–119.
- [10] ITF. 2015. Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic. Paris http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/15CPB_Self-drivingcars.pdf.

Zusammenfassung / Summary

Selbstfahrende Fahrzeuge im ländlichen Raum

Dieser Beitrag untersucht das Potenzial selbstfahrender Fahrzeuge (SFF) in ländlichen Räumen. Die Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass SFF interessante Perspektiven für ländliche Regionen bieten. Gemäß den Berechnungen der Autoren könnte ein Tür-zu-Tür-Angebot mit geteilten Robovans selbst dann kostendeckend funktionieren, wenn die Nachfrage nur leicht steigen und die Preise auf heutigem Niveau bleiben würden. Allerdings werden an den wichtigsten Umsteigepunkten auch erhebliche Verkehrsprobleme erwartet, wenn eine große Anzahl Fahrgäste von SFF aus- bzw. auf sie zusteigt. Diese Probleme könnten durch die Verlängerung der bestehenden S-Bahn in die Region hinein verringert werden – insbesondere zu Stoßzeiten. Bei einem solchen Angebotskonzept decken die SFF die erste und die letzte Meile in der Region zu vernünftigen Kosten ab, während der schnelle Schienenverkehr direkt in die nächsten Stadtzentren fährt und eine gute Anbindung an den Fernverkehr bietet. Insgesamt scheint also in der Schweiz der Betrieb einer Flotte von SFF in enger Kombination mit dem öffentlichen Verkehr und für halb- oder ländliche Regionen vielversprechend zu sein.

Autonomous Vehicles for Rural Public Transport

This contribution focuses on how the potential of Autonomous Vehicles (AVs) could best be exploited in rural areas. The research results suggest that AVs do offer interesting perspectives for rural regions. In an autonomous door-to-door service concept, both demand and yields are expected to be higher than in traditional public transport. Major traffic problems are expected at suburban exchange hubs at peak times, when a big number of AVs drop off or pick up passengers from trains. These problems could be mitigated by integrating train services to smaller hubs within the region. In such a service concept, AVs cover the first and the last mile within the region at a reasonable cost, while fast rail services go directly to the next city centers, offering good connection to long haul train services. The operation of a fleet of AVs in close combination with traditional public transport in Switzerland seems to be a promising service concept for semirural or rural regions.