



Optimierung von Minibustaxiverkehren in Südafrika unter Einbindung von Geoinformationssystemen

Jan Schlüter^{1,3} · Leif Sörensen^{2,3} · Johannes Simons³ · Justin Coetzee⁴

Eingegangen: 20. Januar 2020 / Überarbeitet: 1. Dezember 2020 / Angenommen: 8. Dezember 2020 / Online publiziert: 11. Januar 2021
© Der/die Autor(en) 2021

Zusammenfassung

Das Minibustaxi ist eines der wichtigsten Mobilitätsangebote in Südafrika. Allerdings sind Informationen, wie Fahrpläne oder -zeiten, aufgrund der hohen Flexibilität gar nicht oder nur selten verfügbar. Die damit einhergehenden Ineffizienzen, auch im Hinblick auf eine Abstimmung mit anderen Mobilitätsangeboten, können ohne Dokumentation des Status quo nur schwer behoben werden. Deshalb zeigt dieser Artikel exemplarisch am Beispiel Kapstadts, dass bereits einfache Methoden die Abbildung des Minibustaxiverkehrsnetzes ermöglichen und damit die Grundlage für Optimierungsansätze schaffen. Die Datenerfassung mittels einer mobilen Anwendung und die darauffolgende Auswertung zeigen, dass Effizienzsteigerungen im Minibustaxiverkehr von rund 30 % realisierbar wären. Neben dem operativen und gesamtwirtschaftlichen Einspar-/Ertragsmöglichkeiten kann zusätzlich die potenzielle CO₂-Emissionseinsparung angebracht werden. Dieser Artikel leistet ein wichtiges Argument für Formalisierungsansätze, um Effizienzsteigerungen im Mobilitätssektor gegenüber dem Status quo auch politisch vorantreiben zu können.

Schlüsselwörter Minibustaxi · Mobilität in Südafrika · Emissionsreduktionen · Öffentlicher Verkehr · Optimierung

Abstract

The minibus taxi is one of the most important mobility provisions in South Africa. However, information such as timetables or schedules is only rarely available, owing to the high flexibility. The resulting inefficiencies, also with regard to coordination with other mobility provisions, are difficult to eliminate without documentation of the status quo. This article therefore uses Cape Town as an example to show that even simple methods can be used to enable mapping of the minibus taxi network and thus create the basis for optimization approaches. Data acquisition by means of a mobile application and the subsequent evaluation shows that an increase in efficiency of about 30% in the minibus transport network could be feasible. In addition to the operational and overall economic savings/revenue potential, the potential CO₂ emission savings may also be applicable. This article provides an important argument in favour of formalization approaches in order to be able to promote efficiency increases in the mobility sector politically compared with the status quo.

Keywords Minibus taxi · Mobility in South Africa · Reduction in emissions · Public transport · Optimization

✉ Jan Schlüter
jan.schlueter@ds.mpg.de

¹ Institut für Dynamik komplexer Systeme, Fakultät für Physik, Georg-August-Universität zu Göttingen, Friedrich-Hund-Platz 1, 37077 Göttingen, Deutschland

² Lehrstuhl für Statistik, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Georg-August-Universität zu Göttingen, Humboldtallee 3, 37073 Göttingen, Deutschland

³ Next Generation Mobility Group, Abteilung für Dynamik Komplexer Fluide, Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Am Faßberg 17, 37077 Göttingen, Deutschland

⁴ GoMetro, 10 Church Street, 7550 Cape Town, Durbanville, Südafrika

Einleitung

In vielen Schwellenländern der Welt bildet der informelle und teilformelle Verkehr die Basis des öffentlichen Verkehrs (ÖVs). Allerdings sind nur begrenzt offene und standardisierte Daten über die Betriebsmerkmale von den informellen Diensten verfügbar. Neben Kenntnissen über die Anforderungen der Fahrgäste an eine Mobilitätsform (Govender 2016) bietet vor allem ein genaues Verständnis des Verkehrsnetzwerks und der Abläufe in raumbezogener Hinsicht viele Vorteile für alle Interessengruppen, die an der Bereitstellung der (teil-)öffentlichen Verkehrsdienste beteiligt sind (Demissie et al. 2016). Bisher können solche Streckennetze und deren Eigenschaften hinsichtlich der Frequenzen, Kapazitäten, Fahrgastzahlen und Fahrzeiten nicht effizient ermittelt werden (Jiang et al. 2013). Dies liegt vor allem daran, dass die genannten Verkehre aus einer großen Anzahl von Agenten bestehen, die sich über zufällige, nichtlinear-interagierende Rückkopplungsschleifen organisieren.

Eine mögliche Lösung für die fehlenden Informationen ist die Nutzung digitaler Werkzeuge, die vor allem geographische Daten sammeln, welche dann zur Verbesserung der Verkehrsdienste verwendet werden können. In Bezug auf geographische Daten liefern einige Studien interessante Ergebnisse (Williams et al. 2015; Saddier und Johnson 2018; Klopp und Cavoli 2019). Praktische Beispiele sind aber nach wie vor schwer zu finden, sodass Studien oft lediglich das theoretische Potenzial und die Akzeptanz verschiedener digitaler Werkzeuge zeigen (Schalekamp 2017; Bashingi et al. 2020; Plano et al. 2020).

Das Ziel dieses Artikels ist es daher, zu zeigen, dass mit einfachen Methoden aus der angewandten Geographie bestehende Transportstrukturen abgebildet und optimiert werden können. Der Fokus wird dabei auf den Minibustaxiverkehr (MBTV) in Südafrika gerichtet, da dieser aufgrund seiner informellen Struktur ein hohes Optimierungspotenzial aufweist.

Allgemeines Mobilitätsverhalten

Für einen kurzen Einblick in das Mobilitätsverhalten in Südafrika werden die diesbezüglich wichtigsten Erkenntnisse aus dem National Household Travel Survey (NHTS) von 2013 dargestellt, die auf Interviews beruhen, in denen die Personen zu ihrem Reiseverhalten in den vergangenen 7 Tagen befragt wurden (Statistics South Africa 2014).

Abb. 1 stellt den Modal Split für verschiedene Reisezwecke dar. Insgesamt ist das Minibustaxi (MBT) das meistgenutzte Verkehrsmittel (41,6 %), gefolgt vom Pkw (23,4 %) und dem Zufußgehen (18,5 %). Das Schlusslicht bildet der konventionelle ÖV mit dem Bus (10,2 %) und der Bahn (4,4 %).

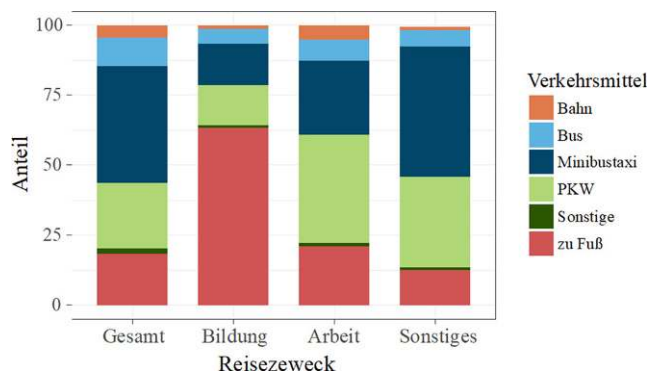


Abb. 1 Modal Split Südafrikas nach Reisezweck. Die Höhe eines farbigen Balkens zeigt den Anteil des Verkehrsmittels an allen Wegen je Reisezweck im Jahr 2013. *Gesamt* beinhaltet alle Reisezwecke, auch die separat aufgeführten. (Quelle: eigene Darstellung, Daten von Statistics South Africa [2014])

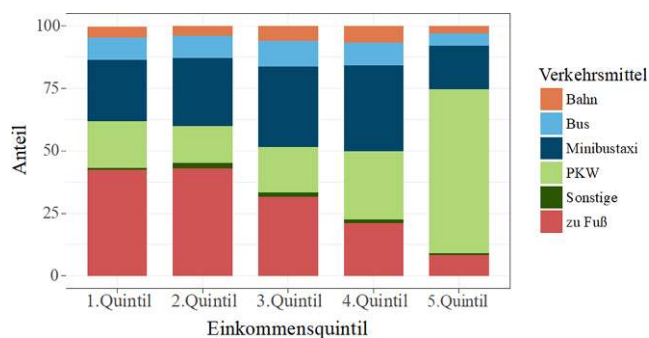


Abb. 2 Modal Split der Arbeitswege. Die Höhe eines farbigen Balkens gibt den Anteil eines Verkehrsmittels an allen Arbeitswegen der Befragten im entsprechenden Einkommensquintil im Jahr 2013 an. Ein Quintil beinhaltet je 20 % der nach Haushaltseinkommen aufsteigend sortierten Beobachtungen. (Quelle: eigene Darstellung, Daten von Statistics South Africa [2014])

Der Reisezweck der Arbeit, als für die Volkswirtschaft und das Gesamtverkehrsaufkommen wichtiger Faktor, wird in Abb. 2 exemplarisch näher betrachtet.

Das MBT gilt als Verkehrsmittel für die arme Bevölkerung. In den unteren beiden Einkommensquintilen sorgen hohe Anteile des Zufußgehens für geringere Anteile des MBTs (24,6 % und 27,5 %). Betrachtet man nur motorisierte Verkehrsmittel, so ist das MBT hier führend.

Minibustaxiverkehr

Vom Anfang des 20. Jahrhunderts bis in die 1990er-Jahre führte eine strikte Rassentrennung (Apartheid) zu einer ungleichen Verteilung von Zugängen zu Mobilität, Wohnraum und damit zu Arbeitsplätzen und Infrastruktureinrichtungen zuungunsten der schwarzen Bevölkerung (Sekhonyane und Dugard 2004). Sofern Schwarze ein Auto besaßen, wurde



Abb. 3 Minibustaxis an einem Busbahnhof in Kapstadt, Südafrika. (Foto: Justin Coetzee)

dies oft in einen Verdienst umgesetzt und das MBT etablierte sich (Woolf und Joubert 2013).

Seit 1979 kam es zur Gründung von MBT-Gewerkschaften, mit denen teilweise eine Regulierung einherging, z. B. eine legale Mitnahme von bis zu 16 Passagieren, bessere Verbindungen und niedrige Fahrpreise. Durch die hohe Verfügbarkeit und eine schnelle Reaktion auf Nachfrageänderungen wurde das MBT zum meist verwendeten öffentlichen Verkehrsmittel Südafrikas (Venter 2013). Die niedrigen Zutrittsbarrieren schufen jedoch ein Überangebot innerhalb der Branche, weshalb es über Rivalitäten um Routen bis hin zu den sogenannten *Taxi Wars* kam (Abb. 3).

Der MBTV zeichnet sich durch ein flexibles, nachfragegetriebenes System aus. Nachteilig ist das Fehlen von öffentlichen Fahrplänen, wodurch den Fahrgästen Wissen und Erfahrung im MBTV in ihrer Region abverlangt wird (Neumann et al. 2015). Die selbstständigen oder angestell-



Abb. 4 Minibustaxis in Betrieb am Straßenrand in Kapstadt, Südafrika. (Foto: Justin Coetzee)

ten Fahrerinnen und Fahrer achten lediglich auf eine Routenplanung mit dem größtmöglichen Profit (Schlüter et al. 2020).

Trotz einiger staatlicher Initiativen zur strengeren Regulierung der Branche lassen sich nur mäßige Erfolge verzeichnen (Walters 2013). Der Widerstand der Fahrerinnen und Fahrer gegen eine Formalisierung kann u. a. durch eine stärkere Kontrolle vonseiten der Arbeitgeber, der Taxi-Vereinigungen sowie des Staates, aber auch durch Unsicherheiten bei den Fahrerinnen und Fahrern im Hinblick auf zukünftige Arbeitsmöglichkeiten begründet werden (Lomme 2008; Behrens und Schalekamp 2010).

Abb. 5 Darstellung einer dokumentierten MBT-Route in Kapstadt. (Quelle: Coetzee et al. 2018, S. 797)



Tab. 1 Veränderungen vor und nach einer anwendungsbasierten Optimierung des MBTVs an einem beliebigen Wochentag. Die prozentualen Veränderungen zeigen gerundete Werte. (Quelle: Coetzee et al. 2019, S. 8)

	Aktueller Betrieb	Empfohlener Betrieb	Veränderung	Veränderung in %
Anzahl Fahrzeuge	78	38	40	-51
Anzahl Sitzplätze (Tag)	29.264	23.587	6037	-20
Anzahl Fahrgäste (Tag)	18.840	18.840	0	0
Anzahl Fahrten (Tag)	2116	1404	712	-34
Durchschn. Fahrdistanz (km)	8	8	0	0
Gefahrene km (Tag)	16.928	11.232	5696	-34
Gefahrene km (Jahr)	5.078.400	3.369.600	1.708.800	-34

Anwendungsbasierte Optimierung

Mittels einer mobilen Applikation des südafrikanischen Unternehmens *GoMetro* konnten Fahrten der MBTs in einigen Städten Südafrikas dokumentiert und kartografisch dargestellt werden. Für die Datenerfassung haben in ausgewählten MBTs mitfahrende Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mithilfe der Applikation eine Umfrage durchgeführt und die soziodemografischen und raumbezogenen Daten offline aufgezeichnet. Mit den gesammelten Daten wurden Schichtpläne sowie Routenvorschläge verbreitet, die Effizienzsteigerungen des MBTVs ermöglichen konnten (Abb. 4).

Die Ergebnisse resultieren aus einem 3-stufigen Prozess: Zunächst wurden in ersten Treffen der Ist-Zustand dokumentiert und die Rahmenbedingungen für eine Umfrage geklärt. Im 2. Schritt wurden die erlangten Informationen von allen Beteiligten ausgewertet und darauf aufbauend eine Umfrage erstellt. Dieser Ablaufplan der Umfrage wurde zunächst auf Validität getestet, bevor die definierten Zielparame-ter in der tatsächlichen Umfrage erhoben wurden. Im 3. und letzten Schritt wurde die Umfrage durchgeführt und die Datenanalyse angefertigt.

Exemplarisch wird hier die Analyse für Kapstadt angeführt in Anlehnung an die Beiträge von Coetzee et al. (2018, 2019). Zunächst wurde die Zahl unproduktiver Fahrten mit weniger als 5 Fahrgästen innerhalb eines definierten Projektgebiets bestimmt. Weniger Fahrzeuge mit höherer Auslastung sollten dann diese unproduktiven Fahrten reduzieren. In 2018 waren rund 3500 legale Minibustaxirouten in

Tab. 2 Aktuelle Kostenschätzungen sowie mögliche Einnahmen je Fahrzeug. Der empfohlene Betrieb bezieht sich auf die Daten aus Tab. 1. (Quelle: Coetzee et al. 2019, S. 9)

	Aktueller Betrieb	Empfohlener Betrieb
Jährl. Profit	-R 6.782.040	R 9.042.720
Tägl. Einnahmen je Fahrzeug	R 1932,21	R 1932,21
Tägl. Kosten je Fahrzeug	R 2222,04	R 1545,76
Tägl. Ertrag je Fahrzeug	-R 289,83	R 386,44

Kapstadt bekannt auf denen rund 24.000 registrierte MBTs verkehrten. Über einen Zeitraum von 12 Monaten konnten rund 380.000 einzelne Fahrgastfahrten dokumentiert werden (Coetzee et al. 2018).

Die Datenauswertungen erlauben eine detaillierte Betrachtung von Routen und der Mobilitätsnachfrage im Tagesverlauf mittels entsprechender Darstellungen, z. B. Karten oder Tabellen (vgl. Abb. 5). Dies stellt einen großen Fortschritt dar, da die informelle und flexible Struktur des MBTVs eine solche Abbildung bisher erschwerte und manuelles Aufzeichnen der MBTs an Taxiständen nur eine stark limitierte Datenerhebung ermöglichte.

Die gesammelten Daten bestätigten das erwartete Überangebot an MBTs und zeigten die Anzahl ungenutzter Sitzplätze auf. Coetzee et al. (2019) wenden nach der Analyse eine Methode der Nachfrageglättung an und berechnen so eine optimierte Anzahl an MBTs, die weiterhin der Nachfrage der Passagiere entspricht. Genauere Informationen über die Vorgehensweise können in der Arbeit von Coetzee et al. (2019) nachgelesen werden, da hier lediglich auf das Potenzial dieser Optimierung fokussiert wird.

Wie Tab. 1 zeigt, ermöglicht eine Nachfrageglättung sowie eine optimierte Fahrgastverteilung operative Kosteneinsparungen im MBTV. So lassen sich rund 51 % der MBTs einsparen, was aber durch die bessere Verteilung und Auslastung der einzelnen Fahrzeuge zu lediglich 20 % weniger angebotenen Sitzplätzen führt. Zeitgleich führt eine Fahrtenreduktion zu eingesparten Fahrzeugkilometern von rund 34 %. Unter der Annahme einer statischen Nachfrage kann so das optimierte Angebot einen Profit von rund R 9 Mio. gegenüber einem geschätzten Verlust von R 6,78 Mio. für die Ausgangssituation bedeuten (Tab. 2). Der ausgewiesene Verlust ergibt sich unter Berücksichtigung aller operativen Kosten.

Unter den getroffenen Annahmen (Tab. 1 und 3) führt eine potenzielle Reduktion der Fahrzeugkilometer zu signifikanten jährlichen CO₂-Emissionseinsparungen in Höhe von rund 1140t gegenüber dem Status quo.

Tab. 3 Mögliche CO₂-Emissionseinsparungen zwischen dem heutigen und dem empfohlenen Minibustaxibetrieb. (Quelle: Coetzee et al. 2019, S. 9)

	Aktueller Betrieb	Empfohlener Betrieb	Veränderung	Veränderung in %
CO ₂ in kg/km	0,45	0,33	0,12	-27
Emissionen in t	7,6	3,7	3,9	-51

Diskussion

Die vorangehende Analyse zeigt, dass eine Formalisierung und Optimierung des MBTVs beispielsweise die prekären Beschäftigungsverhältnisse und -praktiken sowie die Sicherheit verbessern könnte. Verkürzte Fahrtschichten und die Eindämmung des Wettbewerbs auf den Straßen kann das Fahrverhalten beeinflussen und die Verkehrssicherheit erhöhen (Neumann 2014). Eine Optimierung des MBTVs ist vor dem Hintergrund der negativen Auswirkungen von fehlender Sicherheit im Straßenverkehr vorteilhaft (Verster und Fourie 2018).

Problematisch sind mögliche negative Effekte einer Optimierung. Fahrerinnen und Fahrer könnten gezwungen sein, einer neuen Beschäftigung nachzugehen. Zudem wehrt sich die Minibustaxiindustrie bisher gegen eine Formalisierung ihres Sektors, u. a. aufgrund der Unsicherheit über einen potenziellen Arbeitsplatzverlust, eine Steuerpflicht sowie eine erhöhte Kontrolle der Fahrerinnen und Fahrer durch die Taxivereinigungen und den Staat (Vegter 2020). Das frühe Einbinden der Minibustaxiindustrie in Verhandlungen und Planungen sowie das Aufzeigen von möglichen Vorteilen und Effizienzsteigerungen können den Widerstand verringern.

Zusammenfassung und Fazit

Für einen Großteil der südafrikanischen Bevölkerung, insbesondere der unteren Einkommensschichten, ist das MBT das Hauptverkehrsmittel. Die Flexibilität der informell organisierten MBTs bedingt gleichzeitig das Fehlen von Fahrplänen oder -zeiten. Eine Ineffizienz des MBTVs ist beispielsweise das Überangebot an MBTs, das eine geringe Kapazitätsauslastung sowie ein erhöhtes Verkehrsaufkommen zur Folge hat. Zudem beeinflussen der hohe Wettbewerb und die riskante Fahrweise den MBTV negativ und halten Personen davon ab, MBTs zu nutzen. Diese Nachteile verdeutlichen eine nötige Optimierung des MBTVs. Die informelle Struktur des Sektors hat eine Abbildung des Netzwerks und die darauf basierende Optimierung bisher erschwert. Ein detailliertes Verständnis des Mobilitätsverhaltens sowie des Verkehrsnetzwerkes ist jedoch für eine Modernisierung des Verkehrssystems zwingend erforderlich.

In diesem Beitrag wird eine anwendungsorientierte Optimierung, basierend auf der Arbeit von Coetzee et al. (2019), vorgestellt und deren potenzielle Effekte mit dem Status quo exemplarisch für den MBTV in Kapstadt verglichen. Mithilfe einer mobilen Applikation können Routen, Bedarfe und Passagiere dokumentiert, mit Geoinformationssystemen dargestellt und so erhebliche Kostenreduktionen im Betrieb sowie eine Verminderung des Umwelteinflusses des MBTVs erzielt werden. Zusätzlich kann eine Optimierung auch positive Auswirkungen auf die Sicherheit der Fahrgäste haben und so Fahrgastzahlen erhöhen. Problematisch können die Kommunikation und Überzeugung der bisher als veränderungsresistent angesehenen Minibustaxiindustrie werden, sich an solchen Bestrebungen zu beteiligen. Hierzu bedarf es stetigen, auch politischen Bemühungen, die argumentativ und strategisch Veränderungen erwirken können. Dieser Beitrag stellt dieser Debatte ein solches Argument zur Verfügung.

Die erfolgreiche Zusammenarbeit mit den Minibustaxiverbänden demonstriert das Potenzial der Optimierung in der Branche. Die Möglichkeit einer Abbildung des MBTV-Netztes ist dabei eine Grundvoraussetzung, die mit diesem Ansatz ermöglicht wurde. Die Kooperation mit dem informellen Sektor basiert auf einfachen, angewandten, geographischen Methoden, um mittels Optimierungen langfristig positive Effekte für alle Interessengruppen zu erreichen. In verschiedenen Industrieländern findet bereits ein Wandel zur Digitalisierung und Multimodalität der Mobilität statt (Avermann und Schlüter 2020). Der MBTV könnte als Teil eines diversifizierten Verkehrssystems fortbestehen, ohne durch andere Verkehrsformen substituiert zu werden. Analysen von intermodalen Verkehrssystemen mit MBTV bedürfen weiterer zukünftiger wissenschaftlicher Betrachtung.

Danksagung Wir danken GoMetro für die Bereitstellung der Daten und Victoria von Rosenberg für Ihre Unterstützung.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Avermann N, Schlüter J (2020) Determinants of customer satisfaction with a true door-to-door DRT service in rural Germany. *Res Transp Bus Manag* 32:100420
- Bashingi N, Mostafa Hassan M, Das DK (2020) Information communication technologies for travel in southern African cities. In: Mohammad L, Abd El-Hakim R (Hrsg) *GeoMeast 2019: sustainable issues in transportation engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S 114–127
- Behrens R, Schalekamp H (2010) Engaging paratransit on public transport reform initiatives in South Africa: a critique of policy and an investigation of appropriate engagement approaches. *Res Transp Econ* 29:371–378
- Browning P (2006) The paradox of the minibus-taxi. *Chartered Institute of Logistics and Transport in South Africa*, Pretoria
- Coetzee J, Krogscheepers C, Spotten J (2018) Mapping minibus-taxi operations at a metropolitan scale—Methodologies for unprecedented data collection using a smartphone application and data management techniques. 37th Annual Southern African Transport Conference, Pretoria
- Coetzee J, Zhuwaki N, Blagus D (2019) Demand-responsive transit design methods and applications for minibus-taxi hybrid models in South Africa. 38th Annual Southern African Transport Conference, Pretoria
- Demissie MG, Phithakkitnukoon S, Sukhvibul T et al (2016) Inferring passenger travel demand to improve urban mobility in developing countries using cell phone data: a case study of Senegal. *IEEE Trans Intell Transp Syst* 17:2466–2478
- Govender K (2016) Exploring public transport service quality: the case of mini-bus taxi service in South Africa. *Eurasian Bus Rev* 6:101–116
- Jiang T, Wu Z, Song Y et al (2013) Sustainable transport data collection and application: China Urban Transport Database. *Math Probl Eng* 2013:1–10
- Klopp JM, Cavoli C (2019) Mapping minibuses in Maputo and Nairobi: engaging paratransit in transportation planning in African cities. *Transp Rev* 39:657–676
- Lomme R (2008) Should South African minibus taxis be scrapped? Formalizing informal urban transport in a developing country. *Proceedings of the CODATU XIII Conference*, Ho Chi Minh City
- McCormick D, Schalekamp H, Mfinanga D (2016) The nature of paratransit operations. In: Behrens R, McCormick D, Mfinanga D (Hrsg) *Paratransit in African cities—Operations, regulation and reform*. Routledge, London, S 59–78
- Neumann A (2014) A paratransit-inspired evolutionary process for public transit network design. *Doctoral Thesis*, Technische Universität Berlin
- Neumann A, Joubert JW, Röder D (2015) Toward a simulation of minibuses in South Africa. *J Transp Land Use* 8:137–154
- Plano C, Behrens R, Zuidgeest M (2020) Towards evening paratransit services to complement scheduled public transport in Cape Town: a driver attitudinal survey of alternative policy interventions. *Transp Res Part A Policy Pract* 132:273–289
- Saddier S, Johnson A (2018) Understanding the operational characteristics of paratransit services in Accra, Ghana: a case study. 37th Annual Southern African Transport Conference, Pretoria
- Schalekamp H (2017) Lessons from building paratransit operators' capacity to be partners in Cape Town's public transport reform process. *Transp Res Part A Policy Pract* 104:58–66
- Schlüter J, Frewer M, Sörensen L, Coetzee J (2020) A stochastic prediction of minibus taxi driver behaviour in South Africa. *Humanit Soc Sci Commun*. <https://doi.org/10.1057/s41599-020-0508-2>
- Sekhonyane M, Dugard J (2004) A violent legacy: the taxi industry and government at loggerheads. *S Afr Crime Q* 10:13–18. <https://doi.org/10.17159/2413-3108/2004/v0i10a1026>
- Statistics South Africa (2014) National household travel survey 2013—Statistical release. Pretoria. <http://www.statssa.gov.za/publications/P0320/P03202013.pdf>. Zugegriffen: 12. Juni 2019
- Vegter I (2020) South Africa's minibus taxi industry: resistance to formalisation and innovation. *South African Institute of Race Relations*, Johannesburg
- Venter C (2013) The lurch towards formalisation: Lessons from the implementation of BRT in Johannesburg, South Africa. *Res Transp Econ* 39:114–120
- Verster T, Fourie E (2018) The good, the bad and the ugly of South African fatal road accidents. *S Afr J Sci* 114:63–69
- Walters J (2013) Overview of public transport policy developments in South Africa. *Res Transp Econ* 39:34–45
- Williams S, White A, Waiganjo P et al (2015) The digital matatu project: using cell phones to create an open source data for Nairobi's semi-formal bus system. *J Transp Geogr* 49:39–51
- Woolf SE, Joubert JW (2013) A people-centred view on paratransit in South Africa. *Cities* 35:284–293. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.04.005>