Ridepooling-Effizienz messbar machen

Betriebliche Effizienzgrößen für Ridepooling-Systeme

Prof. Dr. Christian Liebchen, Prof. Dr. Martin Lehnert, Wildau; Dr. Christian Mehlert, Berlin; Dr. Martin Schiefelbusch, Stuttgart

Im vorliegenden Beitrag werden Aspekte zur betrieblichen Effizienz von Ridepooling-Systemen als ein Teilergebnis der Arbeit des Arbeitskreises 1.6.1 „Verkehrliche Anforderungen an Ridepooling-Systeme“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV) zu einem Kenngrößensystem zusammengefügt. Diese Veröffentlichung basiert auf dem Autorenbeitrag „Betriebliche Effizienzgrößen für Ridepooling-Systeme“, der im Tagungsband zum Wissenschaftsforum Mobilität 2020 erscheint [1].

Einführung

Ridepooling (synonym: On-Demand-Verkehr) ist die gewerbsmäßige, bedarfsgesteuerte Personensammelbeförderung mit Vans und Kleinbussen im Flächenbetrieb ohne Fahrplan- und Linienbindung. Diese sind entweder in den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) integriert (zum Beispiel ioki Shuttle; Abb. 1) oder verkehren zusätzlich zu diesem (zum Beispiel Moia Shuttle; Abb. 2). Mit einem begleitenden Monitoring soll, insbesondere bei den zusätzlich zum ÖPNV verkehrenden Angeboten, deren Konformität mit öffentlichen Verkehrsinteressen (zum Beispiel Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs (MIV), Belastung der öffentlichen Straßeninfrastruktur oder Schutz des Taximarktes) überprüft werden. In diesem Zusammenhang werden Kenngrößen wie Besetzungsgrad („Wie viele Fahrgäste befinden sich zeitgleich im Fahrzeug?“) und Bündelungs- beziehungsweise Poolingrate („Wie viele Buchungen sind gepoolt?“), aber auch der Einfluss bündelungsbedingter Umwege mit Fahrgästen und betriebsbedingter Umsetzfahrten ohne Fahrgäste diskutiert.

Dabei zeigt sich, dass Berechnungen anhand von Buchungs-, Fahrten- und Fahrgastzahlen leicht ein Zerrbild zeichnen: Wenn beispielsweise drei von drei Buchungen jeweils nur über einen kurzen Abschnitt bündelbar sind, berechnet sich aus den gepoolten Buchungen im Verhältnis zu allen Buchungen („drei von drei“) die Poolingrate mit 100 Prozent. Dieser Wert klingt bestmöglich, ist aber offenkundig wenig aussagekräftig. Bereits Kirschbaum/Meyer [2] weisen darauf hin, dass die Betrachtung rein „fahrtbasierter Poolingraten“ in aller Regel zu kurz springt. Genauso vermittelt die isolierte Betrachtung des Besetzungsgrades ein unklares Bild, denn Umweg- und Umsetzfahrten bleiben unberücksichtigt.

Vor diesem Hintergrund wird nachfolgend ein kilometerbasiertes Kenngrößensystem entwickelt, welches die aufgezeigten Aspekte berücksichtigt und damit aussagekräftige Ergebnisse liefert (zur mathematischen Herleitung vgl. [1]). Zum Einstieg werden im Textkasten auf dieser Seite die verwendeten Ridepooling-Messgrößen Personen-, Fahrzeug- und Buchungskilometer spezifiziert.

Top-Kenngröße Systemeffizienz

Effizienz lässt sich generell aussagekräftig berechnen, indem Nutzen und Aufwand ins Verhältnis gesetzt werden. Für die Berechnung der betrieblichen Ridepooling-Effizienz besteht der Nutzen in der Personenbeförderung und der Aufwand in der Fahrleistung, messbar in den geläufigen Einheiten Personen- und Fahrzeugkilometer. Als Top-Kenngröße (KPI: Key Performance Indicator) wird die dimensionslose Systemeffizienz definiert, die sich gemäß Formel 1 aus dem Verhältnis der gebuchten Personenkilometer zu den gesamten Fahrzeugkilometern berechnet.

Spezifikation der Messgrößen beim Ridepooling.

Personenkilometer: Produkt aus Fahrgästen und deren Reiseweiten ohne bündelungsbedingte Umwege (Pkm gebucht) oder mit bündelungsbedingten Umwegen (Pkm gefahren)

Fahrzeugkilometer: Produkt aus Fahrzeugen und deren Fahrleistung inklusive bündelungsbedingten Umwegen mit Fahrgästen (Fzgkm besetzt) oder umwegfreien Betriebsfahrten ohne Fahrgäste (Fzgkm leer) bzw. der Summe daraus (Fzgkm gesamt)

Buchungskilometer: Produkt aus Buchungen (mit einem oder mehreren Fahrgästen) und deren Streckenlängen ohne bündelungsbedingte Umwege (Bukm)

Quelle: (c) ioki GmbH/DB AG/Faruk Hosseini

Abb. 1: ioki Shuttle in Hamburg als Beispiel für Ridepooling integriert in den ÖPNV.

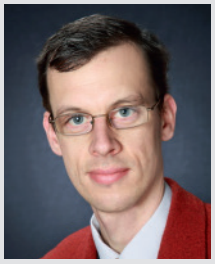
Foto: Moia GmbH

Abb. 2: Moia Shuttle in Hamburg als Beispiel für Ridepooling zusätzlich zum ÖPNV.

Digitale Nutzung unter kcw-online.de zeitlich unbefristet genehmigt, DVV Media Group 2020

Zum Autor

Prof. Dr. Christian Liebchen ist Wirtschaftsmathematiker und seit März 2016 Professor für Verkehrsbetriebsführung an der Technischen Hochschule Wildau. Nach seiner Promotion zur Optimierung von Taktfahrplänen an der TU Berlin war er zunächst beim Schienengüterverkehr der Deutschen Bahn AG und später im Bereich Produktion der S-Bahn Berlin GmbH tätig. Christian Liebchen ist Leiter des FGSV-Arbeitskreises „Verkehrliche Anforderungen an Ridepooling-Systeme".



Zum Autor

Prof. Dr. Martin Lehnert ist Verkehrsingenieur und seit Mai 2017 Professor für Verkehrssysteme an der Technischen Hochschule Wildau. Zuvor war er an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List" der TU Dresden und am Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme tätig. Er promovierte zur Energieversorgung eines Nahverkehrssystems mit on-bord-Speicher und Nachladepunkten. Martin Lehnert ist Mitglied im FGSV-Arbeitskreis „Verkehrliche Anforderungen an Ridepooling-Systeme".

Zum Autor

Dr.-Ing. Christian Mehlert arbeitet seit 2013 als Berater bei der KCW GmbH in Berlin. Nach dem Studium des Verkehrswesens an der TU Berlin promovierte er dort zum Thema Anrufbus und war anschließend in Beratungsunternehmen sowie Verkehrskonzernen tätig. Christian Mehlert ist Mitglied im FGSV-Arbeitskreis „Verkehrliche Anforderungen an Ridepooling-Systeme".

Zum Autor

Dr.-Ing. Martin Schiefelbusch, M.A. M.Sc, betreut seit 2014 das „Kompetenzzentrum neue ÖPNV-Angebotsformen" bei der Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg. Er studierte Geografie und Verkehrsplanung in Berlin und London und promovierte 2007 am Institut für Land- und Seeverkehr der TU Berlin. Anschließend war er längere Zeit in der Mobilitätsforschung und -beratung an der TU Berlin und dem nexus Institut beschäftigt. Martin Schiefelbusch ist Mitglied im FGSV-Arbeitskreis „Verkehrliche Anforderungen an Ridepooling-Systeme".

$$\text{Systemeffizienz} = \frac{\text{Personenkilometer gebucht}}{\text{Fahrzeugkilometer gesamt}}$$

Formel 1: Systemeffizienz als Top-Kenngröße.

Die Systemeffizienz wird umso höher, je größer die Nutzengröße „Personenkilometer gebucht" und je kleiner die Aufwandsgröße „Fahrzeugkilometer gesamt" ist. Und je höher die Systemeffizienz ausfällt, desto größer kann die potenziell verkehrsentlastende Wirkung von Ridepooling sein. Der Clou dieser Kenngröße: Die benötigten Daten sind aus Ridepooling-Dispositionssystemen, die auf vektorisierten Straßenkarten basieren, „auf Knopfdruck" abrufbar.

Systemeffizienz als Produkt aus Umweg-, Besetzungs- und Leerkilometerquoten

Um das Zustandekommen eines bestimmten Systemeffizienzwertes zu verstehen, wird diese Top-Kenngröße in drei Faktoren zerlegt:

- Umwegfaktor (Verhältnis von gefahrenen zu gebuchten Reiseweiten der Fahrgäste, Wert im Regelfall mindestens 1,0),
- Besetzungsquote (Verhältnis von gefahrenen Reiseweiten der Fahrgäste zu Fahrzeugleistungen mit Fahrgästen, Wert stets größer als 1,0) und

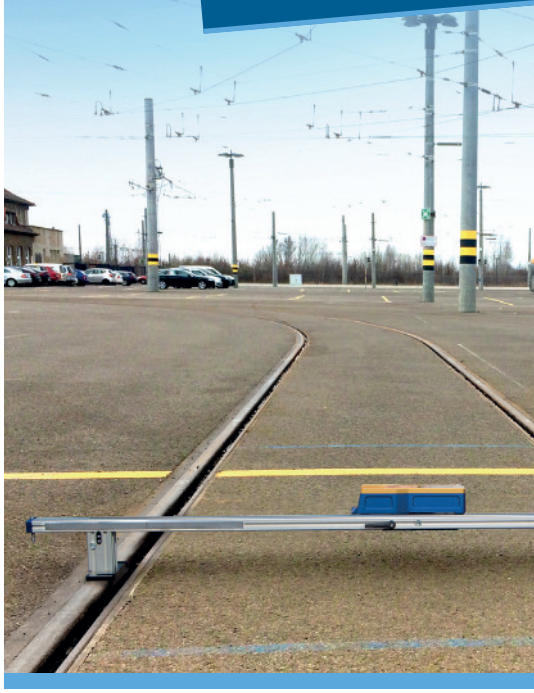
ANZEIGE

Steinmeyer Mechatronik

Vereinfachen Sie Ihre [Fahrdrahtmessungen]

— schnell & hochpräzise!

Jetzt mit der noch leichteren & robusteren Messschiene!



Für Sie entwickeln und fertigen wir seit über 50 Jahren leichte, robuste und präzise Handmessgeräte für die Fahrdrahtlage.

1. **Fahrleitungen schneller installieren** mit Ergebnissen auf Knopfdruck / via Software

2. **Günstige Inspektion** durch flexible Messungen zu jeder Zeit und bei jedem Wetter

3. **Arbeit erleichtern** mit einem Aufbau in nur 2 Schritten und 7 kg Ausrüstungsgewicht

Jetzt schnell und unverbindlich Ihre Preisinformation anfordern:

www.steinmeyer-railway.com

Digitale Nutzung unter kcw-online.de zeitlich unbefristet genehmigt, DVV Media Group 2020

– Leerkilometeranteil (Verhältnis von Fahrzeugleistungen ohne Fahrgäste zu Gesamt-Fahrzeugleistungen, Wert zwischen 0,0 und 1,0).

Isoliert betrachten auch Werner/Karl diese drei Faktoren [3]. Sie lassen sich auch in einer Formel zusammenführen, so dass sich die Systemeffizienz gemäß Formel 2 als Produkt dieser Faktoren berechnet.

Aus Formel 2 lassen sich folgende Abhängigkeiten ableiten:

– je höher der Umwegfaktor, desto geringer die Systemeffizienz,
– je höher die Besetzungsquote, desto höher die Systemeffizienz und
– je höher der Leerkilometeranteil, desto geringer die Systemeffizienz.

$$\text{Systemeffizienz} = \frac{1}{\text{Umwegfaktor gesamt}} \cdot \text{Besetzungsquote} \cdot (1 - \text{Leerkilometeranteil})$$
$$= \frac{\text{Pkm gebucht}}{\text{Pkm gefahren}} \cdot \frac{\text{Pkm gefahren}}{\text{Fzgkm besetzt}} \cdot \frac{\text{Fzgkm besetzt}}{\text{Fzgkm gesamt}} = \frac{\text{Pkm gebucht}}{\text{Fzgkm gesamt}}$$

Formel 2: Systemeffizienz als Produkt aus drei Faktoren.

Diese Zusammenhänge machen deutlich, dass im Falle einer – aus verkehrspolitischer oder betrieblich-unternehmerischer Sicht – mangelhaften Systemeffizienz mindestens einer der drei Faktoren ein nicht zufriedenstellendes Niveau besitzen muss. Dieses ist für den jeweiligen Anwendungsfall und die dabei verfolgten Ziele, wie beispielsweise Verkehrsreduzierung oder Daseinsvorsorge, zuvor zu definieren. Einen möglichen Wert bei Reduzierungszielsetzung bildet der durchschnittliche Pkw-Besetzungsgrad von etwa 1,36 Personen [4], da dieser die Pkw-Effizienz durch das Verhältnis aus den umwegfreien, quasi gebuchten Personenkilometern zu den gesamten Fahrzeugkilometern ausdrückt.

Systemeffizienz: Produkt aus buchungs-/personenbasierten Poolingquoten

Eine weitere Herleitung der Systemeffizienz erfolgt durch die Multiplikation von zwei Poolingquoten. Das Gesamtergebnis zur Bündelung von Buchungen unabhängig von der Anzahl der Fahrgäste pro Buchung, wird hier als buchungsbasierte Poolingquote bezeichnet (nach Krijan [5], dort „Pooling-Index"). Diese berechnet sich gemäß Formel 3 aus dem Verhältnis der Buchungskilometer zu den gesamten Fahrzeugkilometern.

$$\text{Poolingquote} = \frac{\text{Buchungskilometer}}{\text{Fahrzeugkilometer gesamt}}$$

Formel 3: Buchungsbasierte Poolingquote.

Würde in einem Ridepooling-System keine Bündelung verschiedener Buchungen erfolgen, operierte dieses Angebot weitgehend in einem taxiähnlichen Modus. Damit wäre es fraglich, ob die Schwelle der „praktischen Erprobung neuer Verkehrsarten" gemäß der sogenannten „Experimentierklausel" (§ 2 Abs. 7 Personenbeförderungsgesetz) in Abgrenzung zur etablierten Verkehrsart Taxi übersprungen wird.

Neben der buchungsbasierten Poolingquote gemäß Formel 3 sei auch eine personenbasierte Poolingquote definiert. Diese gibt Auskunft darüber, inwieweit sich Fahrgäste innerhalb des Familien-, Freundes- oder Bekanntenkreises selbst zusammenfinden, bevor sie eine Buchung durchführen (Fahrgäste pro Buchung). Diese sogenannte Pre-Poolingquote berechnet sich gemäß Formel 4 aus dem Verhältnis der gebuchten Personenkilometer zu den ebenfalls umwegfreien Buchungskilometern.

$$\text{Pre-Poolingquote} = \frac{\text{Personenkilometer gebucht}}{\text{Buchungskilometer}}$$

Formel 4: Personenbasierte Pre-Poolingquote.

Aus der Multiplikation der buchungsbasierten Poolingquote nach Formel 3 und der personenbasierten Pre-Poolingquote nach Formel 4 errechnet sich wiederum die Systemeffizienz gemäß Formel 5. Dabei kürzen sich die Buchungskilometer der beiden Pooling-Faktoren raus und es verbleibt das bereits in Formel 1 aufgezeigte Verhältnis der gebuchten Personenkilometer zu den gesamten Fahrzeugkilometern zur Berechnung der Systemeffizienz.

Wenig überraschend ist ersichtlich, dass die Systemeffizienz umso höher wird, a) je stärker sich Fahrgäste bereits vor einer Buchung zu Kleingruppen zusammenfinden und b) je mehr Buchungen von Kleingruppen und Einzelfahrgästen bündelbar sind.

Fazit und Ausblick

Mit dem vorgestellten Kenngrößensystem wird die betriebliche Effizienz von Ridepooling-Systemen aussagekräftig messbar. Mathematische Herleitungen, ergänzende Varianten und weiterführende Betrachtungen sind ausführlich im Autorenbeitrag zum Tagungsband zum Wissenschaftsforum Mobilität 2020 [1] dargelegt und werden zur Vertiefung empfohlen. Die weiterführenden Betrachtungen umfassen dabei unter anderem

– mögliche Normierungen der Systemeffizienz durch Berücksichtigung unterschiedlicher Fahrzeuggrößen,
– Artefakte, welche bei der Berechnung von Umwegfaktoren auf Werte kleiner als 1,0 führen können und
– exemplarische Vergleichswerte von Teilgrößen der Poolingquote für MIV und Taxiverkehr.

Inwieweit verkehrsentlastende Wirkungen durch Umsteiger vom MIV zum Ridepooling oder belastender Mehrverkehr durch Umsteiger vom Umweltverbund zum Ridepooling entstehen, vermag dieses betriebliche Kenngrößensystem nicht abzubilden. Hierzu sind Fahrgastbefragungen zum Nutzerverhalten erforderlich, deren Ergebnisse in die Neuberechnung einer „bereinigten" Systemeffizienz einfließen können. Im Idealfall können die in dieser Arbeit vorgestellten Kenngrößensysteme, insbesondere die Top-Kenngröße „Systemeffizienz", dazu beitragen, die von der Findungskommission zur Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes zunächst allgemein formulierten Anforderungen wie die Vorgabe eines Besetzungsgrades, einer Poolingquote oder die Berücksichtigung von Betriebsfahrten [6] konkret zu untersetzen.

$$\text{Systemeffizienz} = \text{Poolingquote} \cdot \text{Pre-Poolingquote} = \frac{\text{Bukm}}{\text{Fzgkm gesamt}} \cdot \frac{\text{Pkm gebucht}}{\text{Bukm}} = \frac{\text{Pkm gebucht}}{\text{Fzgkm gesamt}}$$

Formel 5: Systemeffizienz als Produkt aus zwei Poolingquoten.

Digitale Nutzung unter kcw-online.de zeitlich unbefristet genehmigt, DVV Media Group 2020

Danksagung

Die Autoren bedanken sich herzlich bei allen Mitgliedern des Arbeitskreises 1.6.1 „Verkehrliche Anforderungen an Ridepooling-Systeme“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. und bei den Studierenden des Moduls „Mobility Concepts“ an der Technischen Hochschule Wildau im Wintersemester 2019/2020 für ergiebige Diskussionen.

Literatur/Anmerkungen

[1] Liebchen, Christian; Lehnert, Martin; Mehlert, Christian; Schiefelbusch, Martin (2020): „Betriebliche Effizienzgrößen für Ridepooling-Systeme“, Tagungsband zum Wissenschaftsforum Mobilität 2020, Universität Duisburg-Essen, Springer-Verlag, akzeptiert zur Veröffentlichung, Preprint erhältlich unter *https://doi.org/10.15771/1318*

[2] Kirschbaum, Tom; Meyer, Sabrina (2018): „Revolution im Ridesharing - Pooling könnte viele Pkw ersetzen“, In: bahn manager, ISSN 2367-1998, 01/2018, S. 56–61.

[3] Werner, Jan; Karl, Astrid (2019): „Mit Apps zum Klimaschutz und zur Verkehrswende?“, Impulsreferat KCW beim FGSV-Arbeitskreis „Ridepooling“, 05.12.2019, Berlin

[4] Bundeministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): Mobilität in Deutschland. Ergebnisbericht. Seite 45, Abb. 17 (plus Berechnung durch Autoren), Berlin 2019,. Pdf-Download: *http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD 2017*

[5] Krijan, Ivica (2020): „Saturday Night Pooling – Pooling am Samstag den 16.11.2019“, *https://dieklage.de/pooling-index-7.html*, abgerufen am 19.05.2020

[6] NaNa-Brief (2020): Streit um Poolingquote., NaNa-Brief vom 09.06.2020, DVV Media Group GmbH, Hamburg

Zusammenfassung/Summary

Ridepooling-Effizienz messbar machen

Zur Beschreibung der betrieblichen Effizienz von Ridepooling-Systemen werden in der Fachöffentlichkeit Kenngrößen wie Besetzungsgrad und Bündelungs- beziehungsweise Poolingrate diskutiert. In diesem Beitrag wird ein kilometerbasiertes Kenngrößensystem auf Basis von Personen-, Fahrzeug- und Buchungskilometern entwickelt. Die Top-Kenngröße „Systemeffizienz“ berechnet sich daraus entweder als Verhältnis aus gebuchten Personenkilometern zu gesamten Fahrzeugkilometern, als Produkt aus Umweg-, Besetzungs- und Leerkilometerquoten oder als Produkt aus buchungs- und personenbasierten Poolingquoten. Mit diesem Kenngrößensystem lassen sich aussagekräftige Messwerte zur betrieblichen Ridepooling-Effizienz ermitteln.

Making ridepooling-efficiency measurable

In order to describe the operational efficiency of ridepooling systems, parameters such as occupancy rate, and bundling or pooling rate are discussed in the professional public. In this article, a kilometre-based system of indicators based on passenger, vehicle and booking kilometres is developed. The main parameter “system efficiency” is calculated either as the ratio of booked passenger kilometres to total vehicle kilometres, as the product of detour, occupied and empty kilometres ratios or as the product of booking and person based pooling ratios. With this system of indicators, meaningful measured values for operational ridepooling efficiency can be determined.

ANZEIGE

Digitale Nutzung unter kcw-online.de zeitlich unbefristet genehmigt, DVV Media Group 2020