

Methoden zur Bewertung der Verbindungsqualität in Straßennetzen

FA 1.197

Forschungsstellen: PTV Planung Transport Verkehr AG,
Karlsruhe

Universität Stuttgart, Institut für Straßen-
und Verkehrswesen (Prof. Dr.-Ing. M.
Friedrich)

PTV Transport Consult GmbH, Stuttgart

Bearbeiter: Waßmuth, V. / Friedrich, M. / Peter,
L. / Bawidamann, J.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digi-
tale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: August 2021

1 Aufgabenstellung

Der Zeitaufwand für eine Ortsveränderung ist die zentrale Kenngröße zur Beschreibung der Angebotsqualität in einem Verkehrsnetz. Damit Fahrzeitdaten für die Planung und die Bewertung genutzt werden können, müssen die Fahrzeitdaten aus unterschiedlichen Quellen vergleichbar sein. Falls das nicht gewährleistet ist, könnten in der Realität identische oder vergleichbare Verkehrszustände in Abhängigkeit der Datenquelle in der Planung unterschiedlich bewertet werden. Aus dieser Forderung ergeben sich die Ziele und die Vorgehensweise des Forschungsvorhabens:

- Es sollten verbindungsbezogene Reisezeiten im Straßenverkehr mit verschiedenen Methoden (modell- und empiriegestützt) und Datenquellen ermittelt und verglichen werden.
- Es sollte eine allgemein zugängliche Datenbasis für verbindungsbezogene Reisezeiten zwischen zentralen Orten (Metropolregionen, Oberzentren, Mittelzentren) zur Beurteilung der Zeitdaten anderer Datenquellen erstellt werden.
- Aufbauend auf dem Vergleich der Methoden und Datenquellen sollte ein Konzept entwickelt werden, mit dem die Zeitdaten einer Datenquelle beurteilt und gegebenenfalls korrigiert werden können.
- Auf Grundlage der erstellten Datenbasis sollten Referenzkurven zur Bewertung der verbindungsbezogenen Angebotsqualität für die Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN, 2008) vorgeschlagen werden.

2 Stand der Technik zur Erfassung und Bewertung der Verbindungsqualität

Es wurden ausgewählte Kenngrößen zur Beschreibung der Verbindungsqualität definiert. Dann wurden Methoden dargestellt, mit denen diese Kenngrößen bewertet werden können. Anschließend wurden Methoden beschrieben, mit denen

Fahrtzeiten ermittelt werden können. Um die für das Projekt erforderlichen Reisezeiten auf Relationsebene ermitteln zu können, wurden Floating-Car-Daten (FCD) eingesetzt.

3 Analyse ausgewählter Relationen

Um die Aussagekraft unterschiedlicher Datenquellen und Datenanbieter zu untersuchen, wurden Fahrzeiten für 16 ausgewählte Relationen mit drei unterschiedlichen Methoden und fünf Datenquellen ermittelt:

- Fahrzeiten aus dem Verkehrsnachfragemodell PTV-Validate.
- Streckenbasierte Fahrzeiten aus FCD der Anbieter HERE, INRIX und TomTom.
- Relationsbasierte Fahrzeiten aus FCD des Anbieters Google.

Die Anbieter lieferten Fahrzeitdaten in unterschiedlichen Ausprägungen. Während TomTom und HERE den Mittelwert und Perzentile ausweisen, liefert INRIX einen Vorhersagewert und Google drei Vorhersagewerte (Best-Guess, Optimistic, Pessimistic). Der Vergleich der Datenquellen zeigt für die Stichprobe der 16 Relationen Folgendes:

- Die Google-Best-Guess-Fahrtzeiten und die INRIX-Fahrtzeiten liegen näher am 75 %-Perzentil von HERE und TomTom als am Median. Dies lässt vermuten, dass bei der internen Datenaufbereitung bei Google und INRIX nicht der Median, sondern ein höheres Perzentil verwendet wird:

$$t_{HERE}^{P50} \approx t_{TomTom}^{P50} < t_{Google}^{Best} \approx t_{INRIX} < t_{HERE}^{P75} < t_{TomTom}^{P75}$$

- Während der Median bei TomTom und HERE ähnliche Werte aufweist, liefern der Mittelwert und Perzentile > 50 % bei TomTom längere Fahrzeiten als bei HERE:

$$t_{HERE}^{P50} \approx t_{TomTom}^{P50} \quad \text{und} \quad t_{HERE}^{Mean} < t_{TomTom}^{Mean} \quad \text{und} \quad t_{HERE}^{P75} < t_{TomTom}^{P75}$$

- Die Google-Optimistic-Fahrtzeiten entsprechen in etwa dem Median von TomTom und HERE:

$$t_{HERE}^{P50} \approx t_{TomTom}^{P50} \approx t_{Google}^{Opt}$$

- Das Verkehrsnachfragemodell liefert im belasteten Zustand Fahrzeiten, die am besten mit den 90 %-Perzentilen der FCD in der Hauptverkehrszeit übereinstimmen. Im unbelasteten Zustand stimmen die Fahrzeiten am besten mit dem Median der FCD in der Nebenverkehrszeit überein.

- Werden die Fahrzeitdaten einer Datenquelle zur Ermittlung von Verlustzeiten genutzt (Soll-Fahrzeit und Ist-Fahrzeit aus einer Quelle), dann können sich deutlich unterschiedliche Werte zwischen den Datenquellen ergeben.

4 Aufbau der Datenbasis

Für die Datenbasis wurden 21 582 Relationen ausgewählt. Sie umfassen alle Relationen der Verbindungsfunktionsstufen 0 bis II (ca. 17 200 Relationen) und zusätzlich etwa 1 500 Relationen in kurzen Entfernungsbereichen bis 15 km sowie 2 900 Relationen in langen Entfernungsbereichen > 125 km. Für die ausgewählten Relationen wurden Fahrtzeitdaten mit drei Datenquellen ermittelt (Verkehrsnachfragemodell PTV-Validate, Google, TomTom). Folgende Fahrtzeitausprägungen werden bereitgestellt:

Datenquelle Verkehrsnachfragemodell (PTV-Validate):

- Fahrtzeit unbelastet und belastet
- Modus Pkw

Datenquelle streckenbezogene FCD (TomTom):

- Fahrtzeiten für vier Tageszeiten (07:00, 10:00, 17:00, 20:00 Uhr)
- Perzentile 50, 75 und 90 %, sowie Mittelwert
- Modus Pkw und Lkw

Datenquelle relationsbezogene FCD (Google):

- Fahrtzeiten für neun Tageszeiten (04:00, 06:00, 07:00, 08:00, 10:00, 14:00, 17:00, 18:00, 20:00 Uhr)
- Zustände Best-Guess, Pessimistic und Optimistic
- Modus Pkw

Eine Analyse der Fahrtzeiten zeigt bei beiden FCD-Quellen (TomTom und Google) einen relativ kleinen Einfluss der Tageszeit auf die Fahrtzeit beziehungsweise die Fahrtgeschwindigkeit. Um dieses unerwartete Ergebnis zu verstehen, wurden die Fahrtzeiten der Datenquelle TomTom auf Streckenebene analysiert. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass durch die Auswahl der Relationen die Strecken in Ballungsräumen unterrepräsentiert sind. Das führt dazu, dass die tatsächlichen Verlustzeiten pro Kilometer für eine durchschnittliche Pkw-Fahrt höher sind als für eine durchschnittliche Relation aus der Menge der ausgewählten Relationen.

5 Konzept zur Vergleichbarkeit der Datenquellen

Es wird eine Methode vorgeschlagen, die es einem RIN-Anwender ermöglicht, Fahrt- beziehungsweise Reisezeitdaten aus einer beliebigen Datenquelle für die Bewertung der Angebotsqualität zu nutzen. Ausgangspunkt ist eine RIN-Anwendung, in der Fahrt- beziehungsweise Reisezeitdaten aus einer beliebigen Datenquelle für die Bewertung der Angebotsqualität genutzt werden sollen. Den RIN-Anwendenden soll eine praktikable Methode angeboten werden, die eine Einordnung der Fahrtzeitdaten ihrer Datenquelle ermöglicht. Den RIN-Anwendenden werden hierfür die in diesem Projekt ermittelten Fahrtzeitdaten als Referenzfahrtzeitdaten zur Verfügung gestellt. Diese Referenzdatenquelle enthält für jede der 21 582 Relationen die Luftlinienentfernung und verschiedene Ausprägungen der Fahrtzeiten.

Um die Vergleichbarkeit einer beliebigen Analysedatenquelle Q_a und einer Referenzdatenquelle Q_r zu überprüfen, wird ein zweistufiges Vorgehen vorgeschlagen:

- 1. Validierung der Analysedatenquelle: Es wird die Übereinstimmung der Fahrtzeitdaten verglichen. Für diesen Vergleich werden die SAQ-Werte herangezogen. Für die Validierung der Analysedatenquelle werden die fünf SAQ-Kurven der RIN um zwei weitere SAQ-Kurven A+/A und F/F+ erweitert. Diese sieben SAQ-Kurven werden dann für jede SAQ in vier gleichabständige Unterklassen unterteilt. Auf diese Weise entstehen 25 SAQ-Kurven ($7 + 6 \times 3 = 25$). Diese 25 SAQ-Kurven definieren 24 SAQ-Bereiche, die von jeweils zwei SAQ-Kurven begrenzt werden. Die feinere Unterteilung ermöglicht genauere Aussagen zu den Abweichungen bei den SAQ-Werten zwischen der Analyse- und der Referenzdatenquelle. Um die Übereinstimmung zu quantifizieren, wird vorgeschlagen, die mittlere quadratische Abweichung der SAQ-Werte bei Verwendung der 24-stufigen Skala zu ermitteln. Eine ausreichende Übereinstimmung kann nun normativ gesetzt werden. Wird davon ausgegangen, dass eine ausreichende Übereinstimmung dann gegeben ist, wenn eine Bewertung nach RIN im Mittel um weniger als einen halben SAQ-Wert abweicht, dann sollte ein maximaler Wert für das Abstandsmaß auf 1,5 oder 2,0 gesetzt werden.
- 2. Anpassung der Analysefahrtzeitdaten: Falls die Validierung der Analysedatenquelle eine unzureichende Übereinstimmung der Datenquellen ergibt, dann können die Analysefahrtzeitdaten für die RIN-Bewertung angepasst werden. Dafür wird eine Funktion mit drei Anpassungsparametern vorgeschlagen. Die Anpassungsparameter sind so zu bestimmen, dass das Abstandsmaß minimal wird.

6 Ermittlung von Referenzkurven zur Bewertung der Angebotsqualität

Es werden Referenzkurven für die sektorale Bewertung im Pkw-Verkehr und im Lkw-Verkehr vorgeschlagen. Grundlage für die Ermittlung der Referenzkurven ist die erstellte Datenbasis. Es wurden drei Bewertungskurven geschätzt:

- Luftliniengeschwindigkeit in der Neben- oder Schwachverkehrszeit: Diese Bewertung basiert auf Fahrtzeiten ohne größere Zeitverluste durch Kapazitätsengpässe. "Die Verwendung der Fahrtzeiten in den Nebenverkehrszeiten ist dann angezeigt, wenn geprüft wird, ob zum Erreichen eines zentralen Orts grundsätzlich eine geeignete Verbindung im Netz verfügbar ist" (RIN, Seite 20).

Als repräsentative Fahrtzeit für die Schwachverkehrszeit wird der Median der Fahrtzeiten in der Schwachverkehrszeit vorgeschlagen.

- Luftliniengeschwindigkeit in der Hauptverkehrszeit ohne zufällige Störungen: Diese Bewertung basiert auf den Fahrtzeiten in der Hauptverkehrszeit, in der in

Teilen des Netzes Zeitverluste durch Kapazitätsengpässe auftreten. Um eine Unterscheidung in morgendliche und abendliche Hauptverkehrszeit zu vermeiden, wird für die Schätzung der Kurven das Maximum aus beiden Zeiträumen herangezogen. "Die Verwendung der Fahrtzeiten in den Hauptverkehrszeiten ist dann angezeigt, wenn geprüft wird, ob eine solche Verbindung für die Verkehrsnachfrage ausreichend bemessen ist" (RIN, Seite 20). Als repräsentative Fahrtzeit für die Hauptverkehrszeit ohne zufällige Störungen wird der Median der Fahrtzeiten in der Hauptverkehrszeit (Maximum aus mHVZ und aHVZ) vorgeschlagen.

- Luftliniengeschwindigkeit in der Hauptverkehrszeit mit zufälligen Störungen: Diese Bewertung basiert auf den Fahrtzeiten in der Hauptverkehrszeit, bei der zufällige Störungen auftreten. Damit sind Aussagen zur Zuverlässigkeit möglich. Als repräsentative Fahrtzeit für die Hauptverkehrszeit mit zufälligen Störungen wird das 75 %-Perzentil der Fahrtzeiten in der Hauptverkehrszeit (Maximum aus mHVZ und aHVZ) vorgeschlagen.

Die Parameter der Referenzkurven wurden mit zwei Ansätzen bestimmt. Im ersten Ansatz wurden die empirischen Reisezeiten der Datenbasis für die Schätzung der Parameter genutzt. Im zweiten Ansatz wurden für die Parameterschätzung Reisezeiten aus typischen Eigenschaften des Verkehrsnetzes abgeleitet. Beide unterscheiden sich nur geringfügig.

Die vorgeschlagenen Referenzkurven führen anspruchsvollere Bewertungen als die bisherigen RIN-Referenzkurven auf. Der Unterschied liegt bei etwa einer Bewertungsstufe. Der Unterschied sinkt mit zunehmender Luftlinienentfernung.

7 Folgerungen für die Praxis

Die räumliche Aggregation der Fahrtzeitdaten aus FCD von Teilstrecken zu längeren Entfernungen ist für mittlere Fahrtzeiten durch einfache Aufsummierung möglich. Eine Aufsummierung von Perzentilen der Fahrtzeit über mehrere Teilstrecken liefert jedoch keine korrekten Ergebnisse, da sich bei gestauten Verkehrszuständen die hohen Perzentile auf den Teilstrecken eines Streckenzugs immer aus anderen Fahrzeugen zusammensetzen und eine Aufsummierung von Perzentilen die Fahrtzeit deshalb überschätzt. Trotzdem wurden als Grundlage für die Bewertung der Hauptverkehrszeit mit zufälligen Störungen die Perzentile P75 und P90 für die Datenbasis berechnet.

FCD sind eine wertvolle Datenquelle zur Ermittlung von Fahrtzeiten. Allerdings sind die Aufbereitungsprozesse der kommerziellen FCD-Anbieter für Dritte nicht nachvollziehbar. Die durchgeführten Vergleiche zeigen, dass sich die Fahrtzeiten der Anbieter zum Teil und insbesondere bei den höheren Perzentilen deutlich unterscheiden.

Die Ergebnisse der Untersuchung sollen als Basis für weitere Diskussionen zur Fortschreibung der RIN 2008 in den zuständigen Gremien dienen.

