

Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken

FA 2.225

Forschungsstelle: Universität Hannover, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau (Prof. Dr.-Ing. B. Friedrich)

Bearbeiter: Dammann, W. / Irzik, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Februar 2005

1. Aufgabenstellung

Das Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts bestand in der Ermittlung allgemeiner Erkenntnisse bezüglich des Überholhaltens auf 2+1-Strecken auf der Basis von empirischen Untersuchungen. Es sollten u. a. Aussagen über die erforderlichen Abschnittslängen von Überholabschnitten von 2+1-Strecken getroffen werden. Ausschlaggebend dafür ist v. a. die vollständige Auflösung von Fahrzeugpuls innerhalb der betrachteten Überholabschnitte. Dabei ist es auch erforderlich, mögliche Einflüsse der Trassierung zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollte ermittelt werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Beginn und dem Ende von Überholvorgängen und der Länge der Überholabschnitte oder ihrer Position innerhalb der gesamten 2+1-Strecke besteht. Insbesondere sollte dabei das Augenmerk auf Sperrflächenüberfahrten am Ende (kritischer Wechsel), aber auch zu Beginn der Überholabschnitte gelenkt werden.

2. Untersuchungsmethodik

Aufbauend auf den aus der Literatur gewonnenen Erkenntnissen wurde ein Erhebungsdesign zur Beobachtung des Überholhaltens auf 2+1-Strecken entwickelt und getestet. Im Fokus der Betrachtungen standen dabei die Pulkbildung sowie die Pulkauflösung. Weiterhin wurden Randbedingungen definiert, die bei einer Auswahl von Untersuchungsstrecken bzw. Untersuchungsabschnitten einzuhalten sind.

Auf Grundlage der vorliegenden Streckendokumentationen wurden in einem ersten Auswahlverfahren mögliche Untersuchungsstrecken bzw. Untersuchungsabschnitte identifiziert. Anschließend wurden diese im Hinblick auf die Durchführung von empirischen Untersuchungen bereit. Es wurden 15 Überholabschnitte innerhalb von sechs verschiedenen Untersuchungsstrecken in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Bayern ausgewählt. Im Hinblick auf statistisch abgesicherte Grundlagen zur Bestimmung der erforderlichen Länge von Überholabschnitten wurde bei der Auswahl der Untersuchungsabschnitte darauf Wert gelegt, eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Überholabschnitte zu gewährleisten. Einflüsse aus den verschiedenen festgelegten entwurfstechnischen und betrieblichen Charakteristika konnten aus diesem Grund nicht untersucht werden. Als konstante Merkmale wurden in Absprache mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis der Betrieb als Kraftfahrstraße, eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h, die Knotenpunktgrundform IV, eine geringe Längsneigung von $\pm 2\%$ und eine geringe Kurvigkeit vereinbart.

Nach der Durchführung und Auswertung der empirischen Untersuchungen zum Überholverhalten wurden durch Korrelationsrechnungen Abhängigkeiten von den verkehrlichen und entwurfstechnischen Einflussgrößen ermittelt. Die so gewonnenen Erkenntnisse wurden dahin gehend überprüft, ob sie zur

Bestimmung der erforderlichen Länge von Überholabschnitten auf 2+1-Strecken verwendet werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden dann mit Ergebnissen zurückliegender Untersuchungen abgeglichen. Dabei wurden auch verschiedene Ansätze zur Bestimmung einer zur Pulkauflösung erforderlichen Länge von Überholabschnitten auf 2+1-Strecken betrachtet.

Im Rahmen der Untersuchungen konnten allgemeine Erkenntnisse zum Überholverhalten auf 2+1-Strecken anhand der Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens sowie der Ein- und Ausschervorgänge gewonnen werden. Schließlich wurde auf der Basis der erhobenen Daten und gewonnenen Erkenntnisse eine Empfehlung zur Bestimmung der erforderlichen Länge von Überholabschnitten auf 2+1-Strecken gegeben.

3. Untersuchungsergebnisse

Geschwindigkeitsverhalten

Die Geschwindigkeitsanalyse hat gezeigt, dass eine Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf allen Untersuchungsabschnitten zu beobachten ist. Gleichzeitig unterliegen die Geschwindigkeiten jedoch zahlreichen Randbedingungen, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht quantifiziert werden konnten.

Ein- und Ausschervorgänge

Die Anzahl der Überholvorgänge hängt v. a. von der Verkehrsstärke ab. Zusammenhänge mit dem SV-Anteil, der Abschnittslänge oder der Geschwindigkeit (v_{85}) konnten nicht nachgewiesen werden.

Bei Untersuchungsabschnitten, die mit einem unkritischen Wechsel beginnen, werden häufig Sperrflächenüberfahrten am Beginn beobachtet. Im Allgemeinen dürften diese aber kein Risiko im Hinblick auf die Verkehrssicherheit darstellen.

Kürzere Überholabschnitte bedingen eine hohe Anzahl von Fahrstreifenwechseln auf den letzten 200 m vor dem Ende. Bei gleichzeitig hohen Verkehrsstärken wächst die Wahrscheinlichkeit, dass Sperrflächenüberfahrten in Kauf genommen werden.

Sperrflächenüberfahrten am Ende sind ein seltenes Ereignis. I. d. R. werden die Überholvorgänge vor dem Beginn der Sperrfläche beendet. Eine auf diesem niedrigen Niveau vergleichsweise hohe Anzahl von Überfahrten trat bei Verkehrsstärken von über 750 Kfz/h auf. Eine Abhängigkeit von der Länge der Überholabschnitte konnte in diesem Zusammenhang nicht nachgewiesen werden.

Untersuchungsabschnitte mit einem Anteil von über 25 % an Einschervorgängen auf den letzten 200 m vor dem Ende der Untersuchungsabschnitte fielen durch eine relativ hohe Anzahl von Sperrflächenüberfahrten auf. Überholabschnitte, bei denen der Anteil an Einschervorgängen auf den letzten 200 m mehr als 25 % beträgt, sollten daher vermieden werden.

Anhand des Zusammenhangs zwischen dem Anteil an Einschervorgängen auf den letzten 200 m, der Verkehrsstärke und der Länge der Untersuchungsabschnitte kann eine aus Sicherheitsüberlegungen abgeleitete minimale Abschnittslänge in Abhängigkeit der Verkehrsstärke bestimmt werden.

Pulkbildung

Die Pulkbildung unterliegt einer Vielzahl von Einflüssen. Eine exakte Bestimmung der für die Pulkauflösung relevanten Pulklänge ist daher kaum möglich.

Die Untersuchung hat aber gezeigt, dass unabhängig von allen Einflüssen 99 % aller Pulks nicht länger als 10 Fahrzeuge waren. Bezogen auf ein 30-Min.-Intervall kann i. d. R. von einer maximalen 85 %-igen Pulklänge von sieben Fahrzeugen ausgegangen werden.

Bei günstigen Randbedingungen kann für Vorlaufstrecken, die zwischen 1.100 und 2.000 m lang sind und bei denen der SV-Anteil unter 5 % liegt, die Pulklänge bestimmt werden, die von 85 % der Pulks unterschritten wird. Kann ein Überholen im Gegenverkehr nahezu ausgeschlossen werden, kann dieses Vorgehen nicht nur für Vorlaufstrecken innerhalb von 2+1-Strecken, sondern auch bei Vorlaufstrecken außerhalb von 2+1-Strecken, angewendet werden.

Tabelle 1: 85 %-ige Pulklänge bei Vorlaufstrecken mit einer Länge zwischen 1.100 und 2.000 m sowie einem SV-Anteil unter 5 %

Verkehrsstärke	85 %-ige Pulklänge
[Kfz/h]	[Fz]
0 bis 160	2
160 bis 400	3
400 bis 640	4
640 bis 880	5
880 bis 1.120	6

Tabelle 1 enthält die Grenzwerte der Verkehrsstärken, bei denen die entsprechenden Pulklängen zu erwarten sind. Pulklängen von mehr als sechs Fahrzeugen konnten für diesen Zusammenhang nicht herangezogen werden. Somit beschränkt sich dieses Verfahren auf Verkehrsstärken unter 1.120 Kfz/h.

Pulkauflösung

Für die Pulkauflösung konnte ein Zusammenhang mit der Pulklänge und dem Weg, der von 85 % aller Pulks dieser Länge bei der Pulkauflösung unterschritten wird, aufgezeigt werden. Die unterschiedlichen Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Pulkführern und überholenden Fahrzeugen werden dabei über die Streuung bei der Ermittlung der statistischen Kennwerte und über die Angabe eines Vertrauensbereichs berücksichtigt.

Es konnten einzelne Einflüsse, die sich aus der Ausbildung des Beginns, der Länge und der Position der Überholabschnitte ergeben, herausgearbeitet werden.

Kritisch ist bei diesem Verfahren, dass Pulks, die sich nicht auflösen konnten, nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus beinhaltet die Bildung des 85 %-igen Pulkauflösungswegs noch weitere Unsicherheiten im Hinblick auf die Bestimmung der erforderlichen Abschnittslänge zur Pulkauflösung, da 15 % der Pulks einer Pulklänge einen längeren als den 85 %-igen Pulkauflösungsweg zur Pulkauflösung benötigen.

Unaufgelöste Pulks

Unaufgelöste Pulks traten nicht bei allen Untersuchungsabschnitten auf. Dies hängt mit der bei teilweise geringen Verkehrsstärken vorhandenen Überdimensionierung der betrachteten Untersuchungsabschnitte zusammen.

Der Anteil an nicht aufgelösten Pulks beträgt bei einzelnen Untersuchungsabschnitten bis zu etwa 11 %. Es konnte ein Zusammenhang mit der Abschnittslänge und v. a. der Verkehrsstärke nachgewiesen werden.

Pulkführer

Die Untersuchungen zum Einscherverhalten der Pulkführer bei Fahrstreifenadditionen haben gezeigt, dass der Einscherverweg v. a. durch den Anteil des einfahrenden Stroms bestimmt wird.

Bei einem Anteil des Einfahrstroms unter 20 % an der Gesamtverkehrsstärke unterhalb der Einfahrt beträgt der Weg für den Einschervorgang, der von 85 % der Pulkführer nicht überschritten wird, i. d. R. nicht mehr 100 m. Bei Überholabschnitten, bei denen mit einem höheren Anteil gerechnet werden muss, kann der Einscherverweg, der von 85 % der Pulkführer nicht überschritten wird, bis zu 200 m betragen.

Bei kurzen Überholabschnitten mit einem hohen Anteil an Einfahrern und einer hohen Gesamtverkehrsstärke tritt das Problem auf, dass einzelne Pulkführer aus dem Durchgangsstrom nicht bzw. erst kurz vor dem Ende des Überholabschnitts auf den rechten Fahrstreifen wechseln können. Der zugehörige Pulk kann somit nicht aufgelöst werden. In Analogie dazu stellt sich auch die Situation für den Einfahrstrom u. U. als kritisch dar. Hier können die gepulkten Fahrzeuge aufgrund der hohen Verkehrsstärke im Durchgangsstrom nicht auf den Überholfahrstreifen wechseln und den Pulkführer überholen. Diese Pulks bleiben somit ebenfalls unaufgelöst.

Bei Überholabschnitten, die mit einem unkritischen Wechsel beginnen, erfolgte der Fahrstreifenwechsel des ersten den Pulkführer überholenden Fahrzeugs in 85 % aller Fälle nach spätestens 50 m. Die Probleme im Hinblick auf den Beginn der Pulkauflösung, wie sie v. a. bei den kurzen, hochbelasteten Untersuchungsabschnitten mit Fahrstreifenaddition zu beobachten waren, traten hier aufgrund der Ausbildung des Beginns nicht auf.

Bestimmung der erforderlichen Länge von Überholabschnitten

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden verschiedene Ansätze betrachtet, um die erforderliche Länge eines Überholabschnitts bestimmen zu können. Dabei zeigte sich bei der Analyse der Pulkbildung, dass diese mit einer Reihe von Unsicherheiten im Hinblick auf die Anwendung in einem Bemessungsverfahren behaftet ist. Die Pulkbildung wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst und kann daher nur schwer prognostiziert werden. Des Weiteren weist das Verfahren zur Bestimmung der erforderlichen Abschnittslänge anhand der empirisch beobachteten Pulkauflösungswege einige Schwachpunkte auf. Dieses Verfahren basierte im Grundsatz auf den modelltechnischen Überlegungen von Roos¹ und hat aber den entscheidenden Nachteil, dass nicht aufgelöste Pulks keine Berücksichtigung finden. Des Weiteren müssen bei diesem Verfahren einige Einflüsse berücksichtigt werden, die sich aus der Ausbildung des Beginns, der Länge oder der Position der Überholabschnitte ergeben, was das Verfahren verkompliziert.

Losgelöst von dem Verfahren nach Roos wurde daher ein weiterer, wesentlich einfacher zu handhabender Ansatz verfolgt. Hierbei wird der Anteil der unaufgelösten Pulks als Qualitätsmaßstab für die Bestimmung der erforderlichen Länge eines Überholabschnitts herangezogen.

¹ ROOS, R.: Pulkbildung und Pulkauflösung als Kriterien zur Bemessung dreistreifiger Außerortsstraßen mit der Betriebsform b2+1. Dissertation an der TH Darmstadt, 1989

Bei der Analyse der Pulkauflösung wurden auf einzelnen Untersuchungsabschnitten Pulks beobachtet, für die die vorhandenen Abschnittslängen für eine vollständige Pulkauflösung nicht ausreichten. Bezogen auf die Gesamtanzahl aller Pulks während der Beobachtungszeiträume erhält man den Anteil an nicht aufgelösten Pulks. Dieser Anteil hängt v. a. von der Verkehrsstärke, aber auch von der Abschnittslänge ab. Anhand dieses Zusammenhangs kann bei einer Festlegung eines Anspruchsniveaus für den Anteil nicht aufgelöster Pulks die erforderliche Abschnittslänge in Abhängigkeit der Verkehrsstärke bestimmt werden.

Einflüsse aus der Länge oder der Position der Überholabschnitte sind bei diesem Verfahren impliziert. Da nicht aufgelöste Pulks bis auf eine Ausnahme nur an Untersuchungsabschnitten mit Fahrstreifenaddition auftraten, braucht der Einschervog der Pulkführer nicht mehr explizit durch einen Zuschlag auf den Pulkauf Lösungsweg berücksichtigt werden. Gegebenenfalls ist allerdings eine Anpassung der erforderlichen Abschnittslänge bei einem Beginn mit einem unkritischen Wechsel sinnvoll.

4. Folgerungen für die Praxis

Der folgende Ansatz zur Bestimmung der erforderlichen Länge eines Überholabschnitts gilt nur für 2+1-Strecken,

1. die als Kraftfahrstraßen betrieben werden,
2. bei denen die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h beschränkt ist,
3. bei denen nur Knotenpunkte der Grundform IV angeordnet sind,
4. die Längsneigung gering ist ($\pm 2\%$) und
5. die Kurvigkeit gering ist.

Im Hinblick auf ein möglichst praxisorientiertes Verfahren zur Ermittlung der erforderlichen Länge eines Überholabschnitts wird die Festlegung eines Qualitätsmaßstabs für den Anteil an nicht aufgelösten Pulks vorgeschlagen. Die einzige Information, die der Verkehrsplaner für die Anwendung dieses Ansatzes benötigt, ist die zu erwartende Verkehrsstärke.

Bild 1 zeigt den Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke und der erforderlichen Länge eines Überholabschnitts in

Abhängigkeit eines vom Verkehrsplaner zu definierenden Anspruchsniveaus für den Anteil an nicht aufgelösten Pulks.

Verkehrsstärken unter 400 Kfz pro Stunde und Richtung und Längen kürzer 800 m wurden im Rahmen der Untersuchung nicht betrachtet und liegen auch außerhalb des in der RAS-Q 96 definierten Einsatzbereichs von 2+1-Strecken. Als obere Grenze ist eine Verkehrsstärke von 1.300 Kfz pro Stunde und Richtung zu beachten.

Ab einer Verkehrsstärke von etwa 900 bis 1.000 Kfz pro Stunde und Richtung wird empfohlen, einen Anteil von 1–2 % an nicht aufgelösten Pulks zuzulassen. Damit soll vermieden werden, dass die Abschnittslängen nicht derart groß bemessen werden, dass die einstreifigen Abschnitte der Gegenrichtung unverhältnismäßig lang werden und sich negative Auswirkungen auf die Pulkbildung ergeben.

Bei Abschnitten, die mit einem unkritischen Wechsel beginnen, erscheint ein Abschlag von der anhand Bild 1 ermittelten erforderlichen Abschnittslänge von rund 100 m aufgrund der Ergebnisse zur Analyse der Pulkführer und den sich daraus ergebenden Unterschieden im Hinblick auf den Beginn der Pulkauf Lösung zulässig.

Bild 1 enthält auch einen möglichen Ansatz für die Festlegung einer minimalen Abschnittslänge. Dieser Ansatz basiert auf der Anzahl von Sperrflächenüberfahrten und dem Anteil an Einschervorgängen auf den letzten 200 m eines Überholabschnitts bezogen auf die Gesamtanzahl aller Überholvorgänge. Diesem Ansatz liegen somit Überlegungen zur Verkehrssicherheit zugrunde, die allerdings im Rahmen dieser Untersuchung nicht ausreichend genug statistisch abgesichert werden konnten.

Somit liegt dem Ansatz lediglich die Tendenz zugrunde, dass Anteile an Einschervorgängen auf den letzten 200 m eines Überholabschnitts über 25 % gegenüber geringeren Anteilen eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen, was das Auftreten von Sperrflächenüberfahrten betrifft. Überholabschnitte, bei denen der Anteil an Einschervorgängen auf den letzten 200 m mehr als 25 % beträgt, sollten daher vermieden werden.

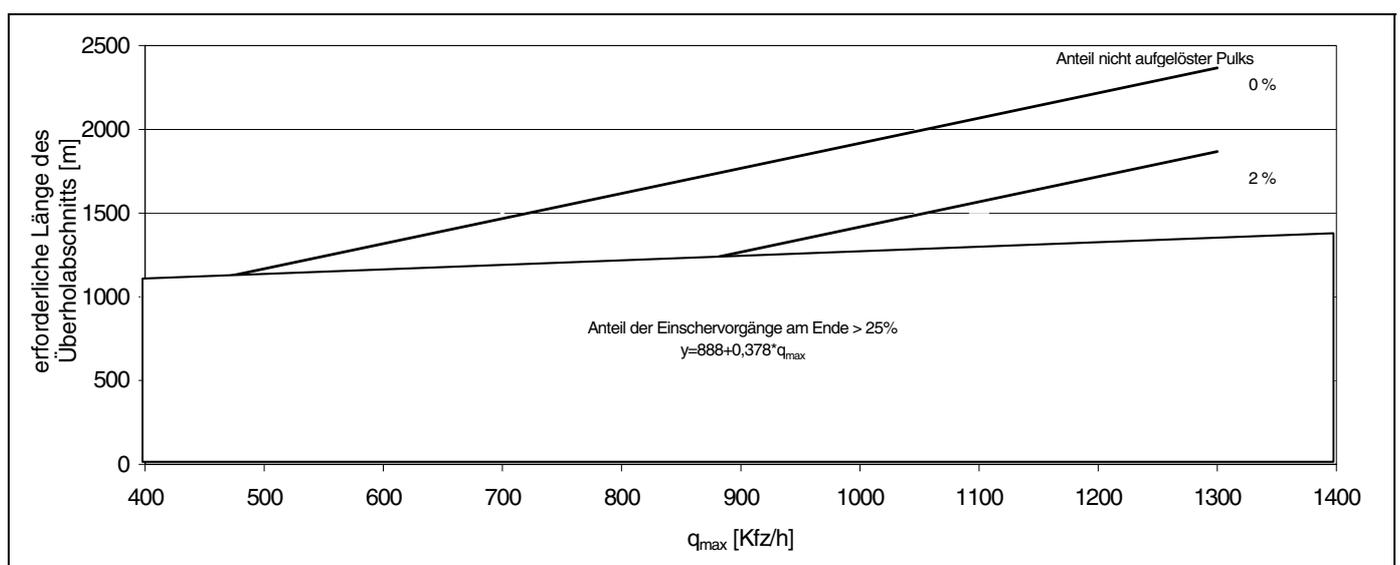


Bild 1: Ermittlung der erforderlichen Länge von Überholabschnitten in Abhängigkeit verschiedener Qualitätsansprüche im Hinblick auf den Anteil nicht aufgelöster Pulks sowie Vorschlag für die Bestimmung einer minimalen Abschnittslänge