

Nothaltebuchten an stark belasteten Bundesfernstraßen

FA 82.106

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswesen (Prof. Dr.-Ing. W. Brilon)
 Bearbeiter: Bäumer, H.
 Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
 Abschluss: Juli 2001

1. Aufgabenstellung

Durch zunehmende Verknappung finanzieller Spielräume wird die bedarfsgerechte Planung von Bundesfernstraßen immer wichtiger. Vor allem auf Grund der aktuellen Thematik der Standstreifenumnutzung zur provisorischen Kapazitätserweiterung von BAB-Querschnitten stellt sich die Frage, welchen Nutzen Nothaltemöglichkeiten erreichen. Nothalte von Fahrzeugen, die aus Mangel an Haltebuchten oder Standstreifen auf der Fahrbahn erfolgen, bewirken eine Störung des Verkehrsablaufes. Aufgabe war daher die Entwicklung eines Berechnungsverfahrens, mit dem die Häufigkeit solcher Halte und die zusätzlichen Kosten der daraus resultierenden Verkehrsstörungen in Abhängigkeit verschiedener Trassierungsparameter und Verkehrsbelastungen bestimmt werden können. Mit dem Verfahren soll ermittelt werden, ob sich die Anlage von Nothaltebuchten lohnt, d.h. in welchem Maß Bau- und Unterhaltungskosten durch vermiedene Kosten des Verkehrs ausgeglichen werden können.

2. Untersuchungsmethodik

Grundlage der Untersuchung waren eine Literaturrecherche sowie eine Bestandsaufnahme bestehender Betriebsstrecken mit Nothaltebuchten. Dabei wurde nach Informationen zur Häufigkeit, Ursache und Dauer von Nothalten gesucht. Ein weiterer wichtiger Punkt waren die Auswirkungen von Nothalten auf den Verkehrsablauf.

Kernpunkt des Projektes bildeten Untersuchungen zur Häufigkeit und Art der Nutzung von Nothaltemöglichkeiten und die Ermittlung wesentlicher Aspekte des Pannengeschehens auf Bundesfernstraßen.

Dazu wurden zum Einen Videobeobachtungen von Nothaltebuchten auf Autobahnen und Bundesstraßen mit Hilfe einer getarnten Minikamera über einen Zeitraum von jeweils 14 Tagen an jeder Messstelle durchgeführt. Zum Anderen wurden Protokolle über die Nutzung von Notrufsäulen auf Autobahnen und Bundesstraßen ohne Standstreifen ausgewertet. Durch die Auswertung der Protokolle konnten im Gegensatz zur Videobeobachtung größere Datenmengen zur Häufigkeit von Fahrzeugpannen (bezogen auf die Fahrzeugfahrleistung) erhoben werden. Des Weiteren konnte für einige Streckenabschnitte die Häufigkeit von Nothalten auf der Fahrbahn ermittelt werden. Da die Sicherung solcher Nothalte i.d.R. durch die Autobahnpolizei erfolgt, wurden zusätzlich die entsprechenden Einsatzprotokolle eingesehen und so Angaben zum Fahrzeugstandort und zur Dauer von Fahrbahnblockierungen gewonnen.

Die Verkehrssicherheit auf Autobahnen ohne Standstreifen wurde durch eine umfangreiche Unfallanalyse dokumentiert. Dazu wurden alle polizeilich erfassten Unfälle von 150 Richtungkilometern von 2- und 3-streifigen Autobahnen ohne Standstreifen für einen Zeitraum von 2 Jahren ausgewertet. Hinzu kamen Untersuchungen von jeweils zwei Autobahnbaustellen mit und ohne provisorische Nothaltebuchten.

3. Untersuchungsergebnisse

Die Literaturrecherche ergab, dass bisher praktisch keine Kenntnisse über die Häufigkeit und Art der Nutzung von Nothaltebuchten vorliegen. Auch durch die Bestandsaufnahme von Betriebsstrecken konnten keine wesentlichen Informationen gewonnen werden, da offenbar keine Einsatzkriterien für Nothaltebuchten existieren.

Ergebnis der Videobeobachtung war, dass Nothaltebuchten unerwartet häufig angefahren werden. Für die meisten Halte lagen allerdings keine zwingenden Gründe, d.h. keine Not-situation vor. Charakteristisch für eine solche Nutzung sind sehr kurze Standzeiten von durchschnittlich 3,5 min. In erster Linie wurden diese Halte in relativ großen und daher bequem und vermeintlich sicher anzufahrenden Haltebuchten beobachtet. Echte Nothalte machten nur etwa 10 % aller Beobachtungen aus. Bei etwa der Hälfte dieser Nothalte waren Fahrzeugpannen die Ursache. Andere Gründe für zwingend erforderliche Halte waren das Festzurren von Ladung oder das Schließen aufgesprungener Türen und Kofferraumdeckel.

Bei der Auswertung der über Notrufsäulen eingegangenen Pannennotrufe stellte sich heraus, dass sich die Pannennraten verschiedener Autobahnen signifikant voneinander unterscheiden. Auf Stecken innerhalb von Ballungsgebieten kam es häufiger zu Fahrzeugdefekten als außerhalb von Ballungsgebieten. Gleichfalls konnte der Einfluss der Gradientenneigung auf die Pannenhäufigkeit nachgewiesen werden. Steigungsstrecken erhöhen demnach die Rate, Gefällstrecken verringern sie. Ein signifikanter Unterschied in der Höhe der Pannennraten konnte auf Autobahnen auch zwischen Pkw und Lkw festgestellt werden. Lkw sind weit weniger häufig von Fahrzeugdefekten betroffen als Pkw. Des Weiteren konnte ein Zusammenhang zwischen der Größe des Anteils verkehrsbehindernder Halte, des Abstandes zwischen den Nothaltemöglichkeiten und der Gradientenneigung festgestellt werden. Nachteil des Untersuchungsverfahrens war, dass nicht alle Pannen auch zu Notrufen führen und deshalb nur ein Teil aller Fahrzeugpannen erfasst werden konnte.

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse zum Pannengeschehen wurde ein Modell entwickelt, das die zu erwartende Anzahl verkehrsbehindernder Halte auf der Fahrbahn von Autobahnen und Bundesstraßen angibt. Dazu mussten die anzusetzenden Pannennraten auf Basis der Untersuchungsergebnisse und von Angaben aus der Literatur sinnvoll geschätzt werden.

Für den Einfluss der Steigung auf die Pannennrate wurde ein linearer Zusammenhang gewählt. Eine Funktion zur Bestimmung des Anteils verkehrsbehindernder Halte an allen Pannen in Abhängigkeit des Abstandes zwischen den Haltemöglichkeiten und der Gradientenneigung wurde auf empirische Weise entwickelt. Dazu wurde für die vorliegenden Daten eine zweifach lineare Regressionsrechnung durchgeführt. Eine Überprüfung durch statistischen Testverfahren bestätigte den Einfluss beider unabhängigen Variablen.

Für die Bestimmung der Auswirkungen verkehrsbehindernder Pannen auf den Verkehrsablauf mussten zunächst Störfallszenarien definiert werden. Dazu wurde festgelegt, dass jeder Nothalt auf der Fahrbahn unabhängig vom Querschnitt eine Blockierung des rechten Fahrstreifens zur Folge hat. Die stark streuende Pannendauer wurde durch eine dreistufige Verteilung getrennt nach Pkw und Lkw berücksichtigt. Für die Bestimmung der Restkapazität eines Querschnitts bei blockiertem rechtem Fahrstreifen wurden für Autobahnen Abminderungsfaktoren nach Vorgabe des amerikanischen Handbuchs für die Bemessung von Straßen (Highway Capacity Manual) verwendet.

Für Bundesstraßen musste beachtet werden, dass die Kapazität bei einem Störfall von der Verkehrsstärke des Gegenverkehrs abhängt. Daher wurde analog zur Bestimmung der Kapazität vorfahrterregelter Kontenpunkte die Formel von Siegloch (1979) verwendet. Die dafür erforderliche Festlegung der Grenzzeitlücke t_g erfolgte durch Auswertung verschiedener Ansätze. (t_g ist die kleinste Zeitlücke im Gegenverkehr, die ein Fahrzeug zum Passieren des Pannenfahrzeuges nutzt.) Gewählt wurde eine Zeitlücke von 10 s. Diese Zeitspanne wird auch in den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) als Zwischenzeit für Engstellen angegeben.

Die Berechnung des Umfangs von Verkehrsstörungen infolge störfallbedingter Überlastungen erfolgte für Autobahnen und Bundesstraßen in unterschiedlicher Weise.

Für Autobahnen wurde ein makroskopisches Staumodell nach der Kontinuumstheorie verwendet. Die dazu erforderlichen Q-V-Beziehungen wurden mit Hilfe des Verkehrsflussmodells nach Wu und verschiedener Literaturangaben zum Verkehrsablauf entwickelt. Für den Bereich des freien und (teil-)gebundenen Verkehrs wurden Geschwindigkeiten und Kapazitäten für auf 100 km/h beschränkte Autobahnen aus dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) nach Brilon et al. übernommen. Die Beschreibung des Verkehrsablaufs bei gebundenem Verkehr stützt sich auf Messungen des Verkehrsflusses auf Autobahnen von Kerner und Rehborn. Die Berechnung von Stauereignissen erfolgt anhand makroskopischer Kenngrößen des Verkehrs. Diese sind die Verkehrsstärke im Zufluss, die Kapazität des Querschnitts zu verschiedenen Zeiten (während und nach einer Panne) und die maximal mögliche Abflussverkehrsstärke.

Abweichend davon wurden Verkehrsstörungen auf Bundesstraßen durch ein instationäres Warteschlangenmodell bestimmt. Grund dafür ist in erster Linie, dass für Bundesstraßen praktisch keine Erkenntnisse zum Verkehrsablauf bei gebundenem Verkehr vorliegen. Daher war eine Berechnung durch ein makroskopisches Staumodell nicht möglich. Vereinfachend wurde davon ausgegangen, dass die Nachfrageverkehrsstärken beider Fahrtrichtungen auf Landstraßen etwa gleich groß sind.

Die Berechnung der zusätzlichen Kosten pannenbedingter Verkehrsstörungen erfolgte mit Hilfe eines EDV-Programms. Ausgehend von typisierten Ganglinien der Verkehrsbelastung wurden für alle Stunden des Jahres, bei denen die Restkapazität bei einer Panne durch die Nachfrageverkehrsstärke überschritten würde, Stauereignisse berechnet. Die dabei auftretenden Zeitverluste wurden entsprechend den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchung an Straßen (EWS) in Kosten umgerechnet. Ebenfalls wurden die zusätzlichen Betriebskosten bei Stau nach den EWS ermittelt (nur auf Autobahnen). Die Ergebnisse für alle Stunden des Jahres wurden anschließend mit der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens, d.h. dem Produkt aus der Verkehrsstärke der betrachteten Stunde, der Pannensrate, dem Anteil verkehrsbehindernder Halte und der Häufigkeit des jeweiligen Pannenszenarios multipliziert und über das Jahr aufsummiert. Als Ergebnis werden die Erwartungswerte der Anzahl der Verkehrsstörungen, der Verlustzeiten, der Zeit- und Betriebskosten und – als Differenz zum Fall ohne Nothaltemöglichkeiten – des Nutzens bezogen auf eine 1 km lange Strecke und den Zeitraum eines Jahres in Abhängigkeit des Abstandes zwischen Haltebuchten angegeben. Es stellte sich heraus, dass die dabei beobachteten Funktionsverläufe für alle Berechnungsbeispiele qualitativ gleich sind. Bis zu einem mittleren Auslastungsgrad des Querschnitts treten praktisch kaum Verkehrsstörungen infolge von Nothalten auf der Fahrbahn auf. Entsprechend klein sind die zusätzlichen Kosten des Verkehrs und der Nutzen von Nothaltebuchten. Bei höheren DTV-Werten stellt

sich ein parabelförmiger Verlauf ein. D.h., mit weiter zunehmender Verkehrsstärke steigen die Kosten immer stärker an.

Im Rahmen der Unfallanalyse wurden makroskopische Kennwerte wie die Unfallrate und Unfallkostenrate sowie Verteilungen der Unfalltypen und Unfallkategorien ermittelt und mit anderen Untersuchungen verglichen. Ergebnis der Unfallauswertung ist, dass das Fehlen des Standstreifens zu einer deutlichen Erhöhung der Unfallrate führt. In diesem Punkt konnten die Angaben aus den EWS bestätigt werden. Für die Unfallkostenrate trifft dies jedoch nicht zu. Die im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten Werte liegen deutlich unterhalb der von den EWS und den RAS-Q angegebenen Unfallkostenraten für Autobahnen ohne Standstreifen. Grund dafür ist möglicherweise die Auswahl von Strecken, auf denen die zulässige Geschwindigkeit i.d.R. auf 100 km/h beschränkt ist. Es zeigte sich, dass auf solchen Strecken das Unfallgeschehen in besonders hohem Maße durch Bagatellunfälle gekennzeichnet ist. Folge sind relativ geringe Unfallkosten.

Besonderer Wert wurde auf die Untersuchung von Unfällen mit direkter Beteiligung von auf der Fahrbahn liegenden gebliebenen Fahrzeugen gelegt. Allerdings war die dafür zur Verfügung stehende Datenmenge auf Grund der Seltenheit dieser Ereignisse sehr klein. Obwohl insgesamt ca. 4.700 Unfälle ausgewertet wurden, konnten nur 21 Unfälle mit direkter Beteiligung liegen gebliebener Pannens- und Unfallfahrzeuge ausgemacht werden. Es deutet sich jedoch an, dass solche Unfälle überdurchschnittlich häufig zu Personenschäden führen. Ebenfalls wurde festgestellt, dass sich fast zwei Drittel dieser Unfälle bei schlechten Sichtverhältnissen, d.h. in der Dämmerung oder bei Dunkelheit, ereigneten.

4. Folgerungen für die Praxis

Aus den Untersuchungsergebnissen wurden anschließend Hinweise für bauliche, entwurfstechnische und verkehrstechnische Anforderungen von Nothaltebuchten hergeleitet. Zur Bewertung von Nothaltemöglichkeiten wurde ein Verfahren dargestellt, mit dem – ausgehend von einem Querschnitt ohne Standstreifen – entschieden werden kann, ob und wenn ja in welchem Abstand Haltebuchten wirtschaftlich sind. Dazu sind die Nutzen aus vermiedenen Kosten pannenbedingter Verkehrsstörungen den Investitionskosten von Haltebuchten gegenüberzustellen. Die Schätzung von Baukosten war nicht Gegenstand der Untersuchung. Die Angaben von Einheitskosten wurde auf Grund der vielfältigen Einflussfaktoren nicht für sinnvoll gehalten. Baukosten müssen daher im Einzelfall bestimmt werden.

Die Bewertung kann entweder durch die Methode der maximalen Nutzen-Kosten-Differenz oder des maximalen Nutzen-Kosten-Verhältnisses erfolgen. Beide Methoden können zu deutlich voneinander abweichenden Ergebnissen führen. Für den Fall, dass näherungsweise Einheitspreise für Nothaltebuchten gelten, kann der optimale Abstand von Haltebuchten für beide Methoden direkt berechnet werden. Ein weiteres Kriterium – jedoch nicht monetär bewertet – stellen die Anforderungen des Betriebsdienstes an Haltemöglichkeiten dar. Aus Sicht des Betriebs wird ein Nothaltebuchtenabstand von 1.000 m empfohlen. Eine Anwendung des vergleichenden Bewertungsverfahrens auf Strecken mit Standstreifen ist ebenfalls möglich. Allerdings können die Vorteile eines Standstreifens nicht in vollem Umfang berücksichtigt werden, weil der Nutzen von Standstreifen im Zuge von Arbeitsstellen nicht quantifiziert werden kann. Dieser Aspekt stellt allerdings in jedem Fall ein zusätzliches Argument für die Anlage eines Standstreifens dar. □