

Analyse der Ursachen und Wirkungen von Staus

Kurzfassung der Diplomarbeit von Frank Diwisch

Die Kenntnis der Bedeutung, der Charakteristika und der Wirkung von Stau ist wichtig, um effiziente Maßnahmen gegen Überlastungen des Straßennetzes entwickeln und bewerten zu können. Ziel der Arbeit ist es, diese Grundlagen bis hin zu einer Wirkungsabschätzung für die Situation in Hessen anschaulich aufzubereiten.

Anhand der Definition für Stau im physikalischen Sinne und der Definition für einen Verkehrsstau wird in das Thema "Analyse der Ursachen und Wirkungen von Staus" eingeführt. In der Definition eines Staus im physikalischen Sinne werden die Grundlagen dargestellt. Diese Grundkenntnisse werden anschließend auf einen Verkehrsstau übertragen. Es wird dargestellt, dass Verkehrsstaus durch Störungen ausgelöst werden, die als eine bestimmte Ursache als Auswirkung eines Vorfalls definiert sind.

Im Weiteren wird auf diese Ursachen von Staus eingegangen. Es können 4 Hauptursachen für Staus herausgearbeitet werden. Hierin werden als Ursache für Staus *zu hohes Verkehrsaufkommen, Bau, Betrieb und Unterhaltung, Unfälle und Sonstige* (z.B. Panne) angegeben. Am meisten zur Entstehung von wird die Ursache *zu hohes Verkehrsaufkommen* genannt. Auf die Ursachen und die verschiedenen Faktoren, die damit zusammenhängen, wird darauf folgend kurz eingegangen. Es wird dabei aufgezeigt, dass die genannten Faktoren zur Folge haben, dass die Nachfrage auf einem Streckenabschnitt größer als die Kapazität ist, und Verkehrsstörungen auf Schnellverkehrsstraßen auftreten, sobald die Leistungsfähigkeit der Strecke ausgeschöpft ist. Maßgebend beeinflusst wird die Staubildung durch das Verhalten der Verkehrsteilnehmer in der Kolonne. Ausgehend von den Ursachen wird auf die zeitlichen Aspekte von Staus eingegangen. Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass sich mit zunehmender Staulänge die Staudauer erhöht, wobei die Staudauer stark von den Infrastrukturegebenheiten sowie von den jeweiligen Ursachen eines Stau und der Kapazität der Strecke abhängen. Des Weiteren kann aufgezeigt werden, dass die Stauursachen teilweise tages- und jahreszeitlichen Einflüssen unterliegen.

Anschließend wird auf die Wirkungen von Staus eingegangen. Es wird aufgezeigt, dass Staus betriebswirtschaftliche, volkswirtschaftliche, gesundheitliche und umweltbezogene Wirkungen hervorrufen. Aus diesen Wirkungsgruppen können die verschiedenen Auswirkungen eines Staus über verschiedene Parameter bestimmt werden. Auf die unterschiedlichen Auswirkungen und deren Auswirkungsfaktoren und Parameter, die zu einer Bewertung der Wirkungen herangezogen werden können, wird in Unterkapiteln eingegangen und die Ermittlung typischer Fahrzyklen im Stauverkehr kurz dargestellt. Es wird aufgezeigt, dass die meisten Wirkungen in Kosten ausgedrückt werden können. Eine maßgebende Rolle bei den betriebs- und volkswirtschaftlichen Wirkungen kann den Zeitverlusten sowie den Mehrkosten des Fahrzeugbetriebs durch Stau zugeordnet werden. Bei den gesundheits- und umweltbezogenen Wirkungen können als Schwerpunkt der durch Stau entstandene Stress und die durch Abgase hervorgerufenen luftverunreinigenden Schadstoffe identifiziert werden. Diese Schadstoffemissionen beeinträchtigen das Wohlbefinden des Menschen und führen ebenso zur Schädigung der Umwelt. In Zusammenhang mit den durch Staus entstandenen Kosten wird anschließend kurz auf die Frage eingegangen, ob es sich bei Staukosten um interne oder externe Kosten handelt.

Im folgenden Teil der Arbeit wird auf die verkehrstheoretische Beschreibung von Staus eingegangen. Im ersten Abschnitt wird dazu kurz die Detektion von Staus erläutert. Es wird

aufgezeigt, dass die häufigste Detektion anhand von Detektordaten durchgeführt wird. Es können hierzu aber ebenso Daten aus Videoaufzeichnungen, Fahrzeugführer als Staumelder, Polizei als Staumelder oder Floating Cars verwendet werden. Anschließend werden die Charakteristika zur Bestimmung von Staus erläutert. Der Verkehrsablauf kann in die zwei Grenzzustände "freier Verkehr" und "vollgebundener Verkehr" unterschieden werden. Bei freiem Verkehr ist die Verkehrsstärke sehr gering und der Fahrzeugführer kann mit seiner individuellen Geschwindigkeit fahren. Beim vollgebundenen Verkehr kann sich der Fahrer nur mit einer ihm durch den Vordermann aufgezwungenen Geschwindigkeit fortbewegen. Es wird herausgearbeitet, dass die Charakteristika von Staus abstrakt durch Zufluss und Abfluss zu bestimmen sind und anhand dieser Staus klassifiziert werden können. In diesem Zusammenhang wird auf das Fundamentaldiagramm und die Stoßwellengeschwindigkeit eingegangen. In Bezug auf den Verkehrszustand Stau kann aus dem Fundamentaldiagramm abgelesen werden, dass bei sehr hoher Dichte die Geschwindigkeit und die Verkehrsstärke gleich Null werden. Anhand des Fundamentaldiagramms kann die so genannte Stoßwellengeschwindigkeit berechnet werden. Es wird aufgezeigt, dass die Stoßwellengeschwindigkeit beschreibt, inwiefern sich die Grenzen zwischen zwei Verkehrszuständen fortbewegen. Im folgenden Abschnitt wird auf den Zu- und Abfluss bei Stauungen eingegangen. Um den Zusammenhang von Zu- und Abfluss erläutern zu können, wird zunächst auf Strömungsgesetze von Flüssigkeiten zurückgegriffen. Diese Grundlagen werden anschließend auf Verkehrsströme übertragen. Bei Störungen wechseln laminare Verkehrszustände in turbulent über und vermindern dementsprechend das Stromvolumen. Es wird aufgezeigt, dass der Zu- und Abfluss maßgeblich von den verschiedenen Brems- und Beschleunigungsverhalten sowie der Differenz der Fahrzeugabstände bestimmt wird. Weiterhin wird kurz auf den stochastischen und zyklischen Zu- und Abfluss eingegangen. Es wird herausgearbeitet, dass Staus charakteristische Parameter besitzen, die bei unterschiedlichen Schnellverkehrsstraßen und unterschiedlichen Staus bei in etwa gleicher Randbedingung sehr ähnlich sind.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden verschiedene Modelle und Verfahren zur Abschätzung sowie zur Bewertung von Wirkungen notwendiger Parameter vorgestellt. Es kann aufgezeigt werden, dass verschiedene Verfahren und Modelle zur Abschätzung der Parameter vorliegen. In diesem Zusammenhang werden verschiedene Verkehrsflussmodelle sowie Modell zur Abschätzung der Parameter für Unfälle und externe Effekte vorgestellt. In diesem Zusammenhang wird auf Warteschlangenmodelle, Fundamentaldiagramm und Theorie der Dichtestöße, die Drei-Phasen- Theorie des Verkehrs sowie der Automatischen Staudynamikanalyse (ASDA) als Beispiel für die Vielzahl der Verfahren und Modelle eingegangen. In einer Bewertung der Verfahren und Modelle wird auf ihre Anwendbarkeit eingegangen. Es wird hierbei aufgezeigt, dass es sich bei den ermittelten Parametern durch verschiedene Einflussfaktoren um Näherungen, und keine absolut präzise Werte handelt.

Im Folgenden Kapitel wird auf das zu entwickelnde Verfahren zur Bewertung von Stauwirkungen eingegangen. Zunächst werden die Anforderungen an das Verfahren festgelegt. Das Verfahren soll effizient, flexibel, transparent und übertragbar sein. Im weiteren Verlauf wird das Verfahren im Überblick dargestellt. Es besteht aus 4 Schritten, die nacheinander durchgeführt werden müssen. Anschließend wird das Verfahren in seinen Schritten vorgestellt. Schritt 1 befasst sich dabei mit der Erhebung von Daten und von daraus folgenden Parametern. Zunächst werden die Daten ermittelt und eine Festlegung der Parameter vorgenommen. Anschließend wird die Güte der Daten ermittelt. Diese Parameter sowie ein eingeführter Plausibilitätsfaktor zur Abschätzung der Güte werden als Output an Schritt 2 übergeben. In Schritt 2 werden verschiedene betroffene Gruppen identifiziert und Bewertungskriterien mittels Grenzwerte festgelegt. Darauf folgt mittels dieser Grenzwerte

und den dazugehörigen Parameter eine Bewertung von Stauwirkungen. Anhand dieser Werte kann unter Einbezug eines eingeführten Stauauswirkungslevel (StauAL) eine Bewertung von Staus in Bezug auf ihr Ausmaß und Wirkungen durchgeführt werden. Das Verfahren hat einen hierarchischen Aufbau. D.h. dass die Bewertung aller Staus auf der betrachteten Strecke vorgenommen werden muss, bevor die Bewertung der Strecke selbst erfolgen kann.

In einer beispielhaften Praxisanwendung wird die Überprüfung des Verfahrens auf seine Anwendbarkeit aufgezeigt. Die zur Verfügung stehenden Daten werden zu den Parametern aufbereitet, und anschließend zu der Bewertung des Staus herangezogen. Im Folgenden Abschnitt wird die Bewertung für die betroffene Gruppe *Verkehrszentrale* durchgeführt. Dafür werden die verschiedenen Parameter in Auswirkungsgruppen aufgeteilt, und mittels festgelegten Grenzwerten bewertet. Anhand dieser Werte wird anschließend der Stau in den eingeführten StauAL eingeordnet und bezüglich seiner Auswirkungen bewertet. Anhand dieser kann die Anwendbarkeit des entwickelten Verfahrens in dem Stichprobenausmaß der Untersuchung aufgezeigt werden.

Auf Grund der einzelnen Untersuchung kann jedoch kein Schluss über die allgemeine Anwendbarkeit getroffen werden. Auf Grund des geringen Stichprobenumfangs kann nicht festgestellt werden, ob es sich bei den Untersuchungen um eine allgemeine Gültigkeit handelt. Aus der Auswertung der ermittelten Parameter geht ebenfalls hervor, dass das Verfahren in der praktischen Anwendung noch nicht voll ausgereift ist. Liegt eine Unvollständigkeit der Daten der verschiedenen Quellen vor, so kann dies Folgen in Bezug auf die Aussagekraft der Auswertung eine Rolle spielen.

In Hinblick auf die Zukunft kann eine Verbesserung des Verfahrens erzielt werden, indem die jeweiligen Grenzwerte zur Bewertung der Auswirkungen unter Einbezug von Experten angeglichen werden. Ebenso kann das Verfahren verbessert werden, indem neue identifizierte Daten zur Bewertung der Auswirkungen eingebunden werden. Um eine Vereinfachung des Aufwands des Verfahrens zu erzielen, sollte eine eigene Software entwickelt werden, die bei den bestimmten Eingangsdaten das Verfahren vollständig durchrechnet und die Bewertung der Stauauswirkungen vornimmt.