

Tragkonstruktionen der Strassenausrüstung

Der Anprall von Fahrzeugen an Hindernisse ist ein häufiges Unfallereignis mit einem vergleichsweise grossen Anteil an schwerverletzten oder getöteten Personen. Zur Herabsetzung der Unfallfolgen wurde im Jahre 2000 die Norm SN EN 12767, Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen für die Strassenausstattung, publiziert. Diese wurde überarbeitet und mit Datum November 2007 ratifiziert. Im Jahre 2002 wurde die Norm SN 640 569, Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausrüstung, publiziert. Diese steht in enger Beziehung zur angegebenen Norm SN EN 12767.

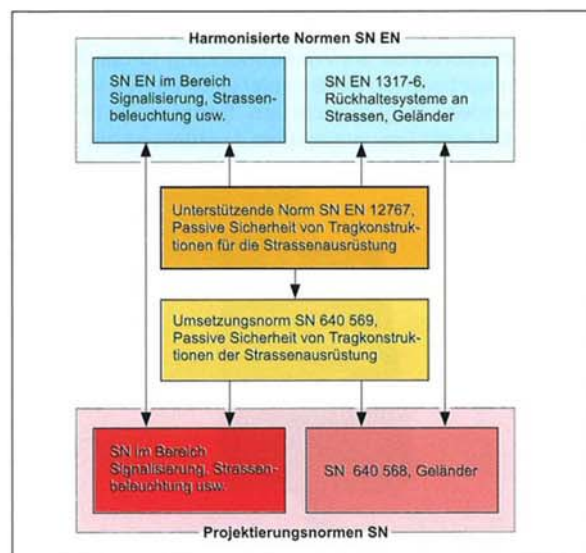
Daniel Schuler und Martin Stauber *

Im Jahr 2002 waren die schweizerischen Hochleistungsstrassen weitgehend mit Signalen mit sicheren Tragkonstruktionen ausgerüstet. Die Einführung der SN 640 569 hat hinsichtlich der Strassenausrüstung an den Hauptverkehrsstrassen jedoch kaum etwas ausgelöst. Die Publikation liefert Informationen zum Normengeflecht im zur Diskussion stehenden Bereich sowie aktuelle konstruktionsbezogene Informationen zur Ausführung von Tragkonstruktionen gemäss den angegebenen Normen.

Normen im Bereich der passiven Sicherheit von Tragkonstruktionen

Eine Übersicht über die Normen findet sich in Abbildung 1. Diese zeigt vereinfacht die zahlreichen Beziehungen der Normen SN und SN EN untereinander. Dazu ist auf Folgendes hinzuweisen:

- Die SN EN 12767 als die für die Anforderungen hinsichtlich der Sicherheit der Tragkonstruktionen massgebende Norm ist lediglich eine unterstützende Norm.



1: Beziehungen der SN EN 12767, Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen für die Strassenausstattung, zu übrigen Normen im Bereich der Strassenausrüstung.

1: Relations entre la norme SN EN 12767, Sécurité passive des structures supports d'équipements de la route, et les autres normes du domaine des équipements routiers.



* Daniel Schuler, dipl. Ing. FH, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur



* Martin Stauber, dipl. Ing. ETH, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur

Structures supports d'équipements de la route

L'impact de véhicules contre des obstacles est une situation fréquente d'accidents avec, comparativement, une part élevée de blessés graves ou de morts. Pour diminuer les conséquences des accidents, la norme SN EN 12767, Sécurité passive des structures supports d'équipements de la route, a été publiée en l'an 2000. Elle a été révisée et adoptée en novembre 2007 en tant que norme harmonisée. Quant à la norme SN 640 569, Sécurité passive des structures porteuses des équipements routiers, elle a été publiée en 2002. Elle possède d'étroites relations avec la norme SN EN 12767 précédemment mentionnée.

Sie erhält erst eine Bedeutung und Rechtskraft, wenn für ein Produkt eine harmonisierte Norm ratifiziert worden ist.

- Harmonisierte Normen SN EN beziehen sich auf Bauprodukte wie insbesondere Signalmasten, Beleuchtungskandelaber und Tragkonstruktionen von Mess-einrichtungen. Sie beziehen sich jedoch nicht unmittelbar auf Bauwerksteile. Sie haben die Eigenschaft, dass sie die Mindestanforderungen eines Produkts und das Konformitätsverfahren festlegen.
- Offen ist die Frage, ob eine sicherheitsrelevante Norm wie die SN EN 12767 unabhängig von harmonisierten Normen für Bauprodukte, allgemein gültige Regeln der Baukunde im Hinblick auf Tragkonstruktionen aller Art begründet.

Steife Tragkonstruktionen

Zur Strassenausrüstung gehören Elemente, die sich in Bezug auf die Funktion und die Konstruktion stark unterscheiden. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf Tragkonstruktionen wie Signalständer, Kandelaber, Masten und Signalportale. Solche Konstruktionen müssen eine ausreichende Biegesteifigkeit aufweisen, wobei üblicherweise die Windeinwirkung für die Bemessung massgebend ist. Ein Beispiel einer starren verkehrsgefährdenden Tragkonstruktion findet sich in Abbildung 2. Bei einer konventionellen Ausführung mit Träger-



2: Starrer Mast mit Reklametafel am Rand einer Autobahn.

2: Mât fixe avec un panneau publicitaire au bord d'une autoroute.

profilen oder dickwandigen Rohren hat der Anprall eines Personenwagens eine erhebliche Verzögerung des Fahrzeugs zur Folge. Die Auswirkungen auf die Fahrzeuginsassen sind – unbesehen von fahrzeugseitigen passiven Sicherheitseinrichtungen wie beispielsweise Airbags – häufig gravierend. Im Fall von Tankfahrzeugen, ist insbesondere auf Hochleistungsstrassen, auch eine Beschädigung des Transporttanks möglich.

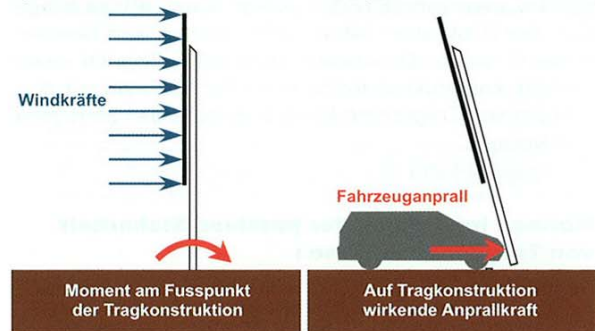
Umfahrbare Tragkonstruktionen

Generelle Anforderungen

Tragkonstruktionen, die gemäss den Grundsätzen der passiven Sicherheit entworfen werden, sind unter anderem auf veränderliche Einwirkungen, insbesondere auf Windlasten, zu bemessen. Zur Gewährleistung der Tragsicherheit müssen solche Konstruktionen deshalb eine ausreichende Biegesteifigkeit aufweisen. Im Fall eines Fahrzeuganpralls muss die Tragkonstruktion jedoch versagen damit die Heftigkeit des Anpralls nicht zu gross ist (Abb. 3). Die Konstruktionsvarianten, mit denen die Tragsicherheit bei ständigen und veränderlichen Einwirkungen gewährleistet werden kann, welche bei einem Fahrzeuganprall aber trotzdem versagen, sind in Abbildung 4 dargestellt.

Bei veränderlichen Einwirkungen (Windeinwirkungen) muss die Tragsicherheit der Konstruktion gewährleistet sein.

Im Fall eines Fahrzeuganpralls (aussergewöhnlichen Einwirkung) muss die Tragkonstruktion versagen.

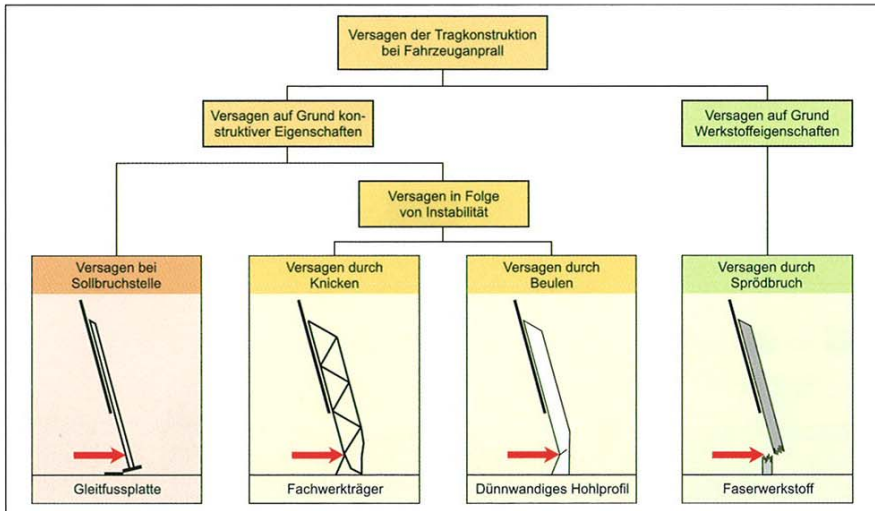


3: Anforderungen an umfahrbare Tragkonstruktionen.

3: Exigences pour les structures porteuses renversables.

Versagen bei Sollbruchstelle – Gleitfussplatte

Durch Sollbruchstellen wird der Schubwiderstand der Konstruktion herabgesetzt ohne dass dabei die notwendige Biegesteifigkeit massgeblich reduziert wird. Als Sollbruchstellen dienen Verschraubungen oder Querschnittsreduktionen. Die häufigste Anwendung der Konstruktionsstrategie Sollbruchstelle ist die Gleitfussplatte (slip-base). Dabei ist die Fussplatte der Tragkonstruktion gemäss Abbildung 5 so ausgeführt und befestigt, dass sie bei einem Fahrzeuganprall weggeschoben wird. Gleitfussplatten sind kostengünstig und unter anderem in den USA und in Skandinavien stark verbreitet. Das Versagen ist auf Grund der Abhängigkeit von Reibungswerten gewissen Streuungen unterworfen. In den skandinavischen Ländern ist die Kombination der Systeme Fachwerkträger und Gleitfussplatte sowohl bei Signalständern als auch bei Beleuchtungskandelabern häufig zu finden. Der konstruktive Aufwand für die Kombination der Konstruktionsvarianten ist jedoch in Bezug auf den dadurch erzielten Sicherheitsgewinn nicht angemessen.



4: Varianten umfahbarer Tragkonstruktionen.

4: Variantes de structures porteuses renversables.

5: Gleitfussplatte. 5: Plaque de base coulissante.

Versagen durch Knicken – Fachwerkträger

Tragkonstruktionen, welche als Fachwerkträger ausgeführt sind, weisen generell eine hohe Biegesteifigkeit auf. Als Folge des Verbiegens und Knickens der schlanken Fachwerkstäbe verliert das Fachwerk bei einem Fahrzeuganprall jedoch seine Steifigkeit und wird instabil. Solche Konstruktionen funktionieren im Allgemeinen sehr zuverlässig und sind konstruktiv vergleichsweise einfach. Im Übrigen lassen sich mit Fachwerken speziell bei grossen Höhen und Spannweiten ästhetisch ansprechende Tragkonstruktionen erstellen. Die Mehrzahl aller umfahbaren Signalständer besteht aus Fachwerken. Beispiele mit einem Signal an einer Autobahn sowie einem Beleuchtungsmast finden sich in den Abbildungen 6 und 7.

Versagen durch Beulen – Dünnwandige Hohlprofile

Mit dem Einsatz von dünnwandigen Hohlprofilen – im Allgemeinen Rohre – wird eine ähnliche Konstruktionsstrategie wie bei den Fachwerkträgern verfolgt. Durch das Beulen der dünnwandigen Rohre bei einem Fahrzeuganprall werden diese instabil und verlieren dabei ihre hohe Biegesteifigkeit fast vollständig. Selbst steife Rohre, welche für hohe Beleuchtungskandelaber verwendet werden, knicken so bereits beim Anprall eines Personen-

wagens. Je nach Anprallgeschwindigkeit und Höhe bzw. Masse des Candelabers ist dessen Fallrichtung in oder gegen die Fahrtrichtung. Tragkonstruktionen aus dünnwandigen Rohren gelten als zuverlässig.

Versagen durch Sprödbruch – Faserwerkstoff

Unter Ausnutzung ihrer anisotropen Werkstoffeigenschaften können Tragkonstruktionen aus Faserwerkstoffen so konzipiert werden, dass sie die erforderliche hohe



6: Signaltafel mit Fachwerkständer.

6: Panneau de signalisation avec support en treillis.



7: Beleuchtungsmast mit Fachwerk.

7: Mât d'éclairage en treillis.



8: Signalportal mit Raumfachwerk.

8: Portique de signaux en treillis tridimensionnel.

Biegesteifigkeit aufweisen, bei einem Fahrzeuganprall jedoch ein sprödes Schubversagen auftritt. Dieses Konstruktionsprinzip wird in vielen Fällen auch mit einer Sollbruchstelle ergänzt. Eine Schwächung des Querschnitts der Tragkonstruktion, findet sich oft bei Signalständern aus Holz und Kunststoff und ist in den skandinavischen Ländern weit verbreitet. Dabei ist der Trägerquerschnitt auf der Höhe der Krafteinwirkung der Anprallkraft reduziert.

Spezialfall Signalportale

Bei Signalportalen mit zwei Stützen müssen diese auf Grund der grossen Spannweite und gegeben durch die Bemessung auf Wind im Allgemeinen so stabil bemessen werden, dass ihre Tragsicherheit auch bei einem Fahrzeuganprall bestehen bleibt. Die passive Sicherheit von so massiven Stützen kann durch aufwändige Schutzeinrichtungen oder Fahrzeugrückhaltesysteme mit einer hohen Aufhaltestufe verbessert werden. Häufig müssen die Schutzeinrichtungen aus Platzgründen jedoch mit einem sehr geringen Abstand zu den Tragwerksstützen angeordnet werden, so dass ihre Wirkung gering ist. Im Zusammenhang mit der Verkehrsführung 4/0 hat sich die Situation diesbezüglich noch verschlimmert. Ein alternatives Sicherheitskonzept besteht darin, die Signalportale mit umfahrbaren Stützen auszuführen und dazu auf Autobahnen ein Tragwerkskonzept mit einer dritten Stütze im Mittelstreifen vorzusehen. Die Portalkonstruktion ist in diesem Fall so zu bemessen, dass die Tragsicherheit auch beim Ausfall einer Stütze soweit gewährleistet bleibt, dass das Signalportal nicht vollständig einstürzt.

Prüfung von umfahrbaren Tragkonstruktionen

Die Funktion von umfahrbaren Tragkonstruktionen wird mit Anprallprüfungen mit Personenwagen geprüft. In der

Norm SN EN 12767 sind die diesbezüglichen Prüfparameter und das Prüfverfahren festgelegt. Bei den Tests wird die Anprallheftigkeit basierend auf Beschleunigungsmessungen am Fahrzeug bestimmt. In Bezug auf die Anprallgeschwindigkeit sieht die Norm SN EN 12767 verschiedene Geschwindigkeitsklassen vor. Für den Einsatz in der Schweiz wurden in der SN 640 569 jedoch lediglich die Geschwindigkeitsklassen 70 und 100 (Anprallgeschwindigkeit 70 km/h bzw. 100 km/h) aufgenommen. Es kann davon ausgegangen werden, dass Konstruktionen, welche die Anforderungen der in der SN EN 12767 ebenfalls aufgeführten Geschwindigkeitsklasse 50 erfüllen, kaum eingesetzt werden. Der Aufwand für die Prüfungen und den Nachweis der Konformität ist im Vergleich zu anderen Bauprodukten ausserordentlich gross. Für Tragkonstruktionen für Verkehrszeichen mit einer Stütze findet sich in der SN EN 12767 eine Standardausführung mit Stahlrohrpfosten, die nicht geprüft werden muss. Bei Lichtmasten sind in Anbetracht der Vielfalt von Ausführungen die Verhältnisse hinsichtlich des Konformitätsnachweises besonders schwierig. Um die Anzahl Anprallprüfungen zu reduzieren sind deshalb für kürzere oder längere Masten mit einem oder mehreren Auslegern Gruppen geschaffen worden.

Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen

Die passive Sicherheit der Strassenausrüstung kann durch den Einsatz von umfahrbaren Tragkonstruktionen massgeblich verbessert werden. In Anbetracht der Häufigkeit von Abirrunfällen ist die Effizienz solcher Konstruktionen allgemein gross. Dies gilt speziell auch im Vergleich mit der Anordnung von Schutzeinrichtungen vor Tragkonstruktionen. Der Sicherheitszuwachs, der sich mit umfahrbaren Tragkonstruktionen erreichen lässt, wird zudem durch Gefährdungen, welche sich aus umgebrochenen Tragkonstruktionen ergeben kaum geschmälert. ■