

ureko SPIEGEL

ANALYSEN FÄLLE TESTERGEBNISSE ENTWICKLUNGEN FAKTEN
AUSGEWÄHLTE FACHARTIKEL ZUR UNFALLREKONSTRUKTION FÜR JURISTEN

04²⁰⁰³

EDITORIAL



Dipl.-Ing. Stephan Schäl

Zum vierten Mal haben wir im Ureko-Spiegel Artikel zu den Themen Straßenverkehr, Unfallanalyse und Technik zusammengetragen. Der Ureko-Spiegel soll auch diesmal wieder interessierten Juristen aktuelles technisches Wissen vermitteln.

Besteht bei Ihnen auch eine gewisse Technikgläubigkeit, insbesondere wenn es um die Genauigkeit komplexer Geräte, wie beispielsweise Verkehrsüberwachungsanlagen geht?

Dabei entscheiden Zehntelsekunden im Falle eines Rotlichtverstoßes darüber, ob ein Bußgeld zu bezahlen ist oder der Führerschein entzogen wird. Trotz in der Regel korrekter Messungen lassen sich auch Fehlerquellen darstellen, die sich zu Ungunsten eines Betroffenen auswirken können.

Informationen und Erklärungen hierzu finden Sie in den nachfolgenden Artikeln ebenso, wie zu der Frage, ob z.B. bei einem Unfall mit einem Rettungswagen dessen Signalhorn vom Unfallgegner rechtzeitig hätte gehört werden können. Vielleicht haben Sie auch selber schon einmal ein Einsatzfahrzeug mit Blaulicht und Martinshorn an einer Kreuzung erst im letzten Moment bemerkt.

Kannten Sie den Ureko-Spiegel bislang nicht und sind Sie neugierig geworden? Wir würden uns freuen - alle bisherigen Ausgaben stehen Ihnen auf unserer Internetseite zum Lesen und Ausdrucken zur Verfügung.

INHALT

UNFÄLLE MIT EINSATZFAHRZEUGEN

Dipl.-Ing. Frank Lange

REKONSTRUKTIONSMETHODEN

Visueller Vergleich mit Crashtests

Dipl.-Ing. Wolfram Kalthoff

ALLES ROTLICHTSÜNDER?

Dipl.-Phys. Klaus Schmedding

FAHRDYNAMIK

Elastizität: Überhol-Beschleunigung

Dipl.-Ing. Martin Kornau

Unfälle mit Einsatzfahrzeugen

Dipl.-Ing. Frank Lange



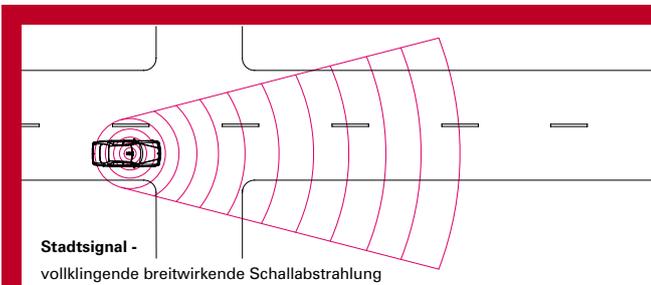
Immer wieder kommt es zu schweren Verkehrsunfällen von Fahrzeugen der Polizei, der Feuerwehr oder des Rettungswesens, die nach § 35 und 38 StVO mit Sonderrechten bewegt werden.

Ein hohes Unfallrisiko besteht z. B., wenn ein Einsatzfahrzeug eine Kreuzung mit Ampel bei 'rot' überquert. Der Fahrer verlässt sich oft allzu leicht darauf, dass die anderen Verkehrsteilnehmer durch Blaulicht und Martinshorn ausreichend gewarnt sind. Wenn es zu einem Unfall kommt, stellt sich die Frage, ob der Unfallgegner das Signalhorn frühzeitig hätte hören und seine Fahrweise darauf einstellen können.

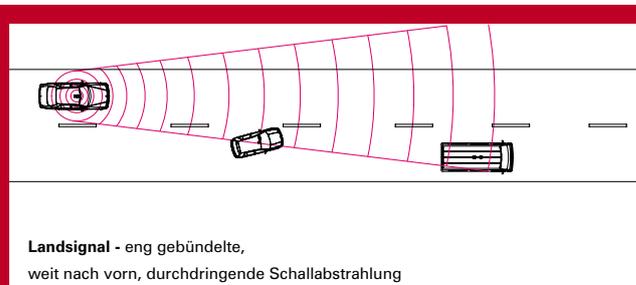
Da zum Zeitpunkt der Gefahrenentwicklung beide Fahrzeuge noch vergleichsweise weit voneinander entfernt sind, ist die Wahrnehmung des Einsatzfahrzeuges für andere Verkehrsteilnehmer nicht zwangsläufig gegeben. Im reflexionsfreien Schallfeld nimmt nämlich der Schalldruckpegel mit zunehmender Entfernung exponentiell ab. Ein Praxisbeispiel anhand eines gängigen Signalhorns: Ein Schalldruckpegel von 117 dB(A) in 3,5 m Entfernung zum Einsatzfahrzeug beträgt in einem Abstand von 56 m lediglich noch 93 dB(A). Während der obere Pegel nahe an der akustischen Schmerzgrenze liegt, entspricht die Lautstärke in dem größeren Abstand lediglich lauter Musik. Die Schallausbreitung beeinflussende Parameter sind neben der Geschwindigkeit des Einsatzfahrzeuges und den Wetterverhältnissen die Reflexion oder Beugung des Schalls an Hausecken, fahrenden oder stehenden Fahrzeugen, Bäumen etc.. Des Weiteren gibt es Signaltöne mit eng gebündelter, gerichteter Schallabstrahlung und breitstrahlende Signale (s. Abb.).

Neben diesen Einflüssen führt die fahrzeugspezifische Luftschalldämmung zu einer weiteren Verminderung des Schalldruckpegels. Versuche zeigen, dass es Konstellationen gibt, bei denen beispielsweise Fahrer schlecht gedämmter Kleinwagen das Martinshorn eines querenden Einsatzwagens so früh wahrnehmen können, dass ein Anhalten vor der Kreuzung problemlos möglich ist, während Fahrer gut gedämmter Fahrzeuge der Oberklasse das Martinshorn erst so spät hören, dass es zum Unfall kommt.

Grundsätzlich sind Einsatzwagenfahrer bei der Einfahrt in eine Kreuzung oder Einmündung angehalten, in der Position dauerhafter Einsicht nach beiden Seiten bis nahezu in den Stillstand



Stadtsignal - vollklingende breitwirkende Schallabstrahlung



Landsignal - eng gebündelte, weit nach vorn, durchdringende Schallabstrahlung

abzubremsen. In der Praxis sieht es oft anders aus. Insbesondere die unterschiedliche Wahrnehmung in verschiedenen Pkw-Typen zeigt, dass bereits anhaltende Fahrzeuge kein Hinweis darauf sind, dass auch alle sich annähernden Verkehrsteilnehmer das Signalhorn tatsächlich wahrgenommen haben.

Wird bei einer Unfallanalyse nach der Vermeidbarkeit für den Fahrer des mit dem Einsatzfahrzeug zusammenstoßenden Fahrzeugs gefragt, ist es erforderlich, den individuellen örtlichen, fahrzeug- und fahrerabhängigen Randbedingungen Rechnung zu tragen.

REKONSTRUKTIONSMETHODEN

Visueller Vergleich mit Crashtests



Dipl.-Ing. Wolfram Kalthoff

Die Rekonstruktion eines Unfallgeschehens gliedert sich i.d.R. in mehrere Teilschritte. Zunächst wird die eigentliche Kollision betrachtet. Hierbei werden fundamentale Parameter wie die Anstoßkonfiguration, die Relativgeschwindigkeit, die Kollisionsgeschwindigkeiten und die kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen der Fahrzeuge bestimmt. Anschließend werden die Bewegungen der Fahrzeuge vor und nach der Kollision betrachtet. Damit ergeben sich u.a. die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge zum Reaktionszeitpunkt der Fahrzeugführer. Darauf aufbauend können dann Vermeidbarkeitsbetrachtungen durchgeführt werden.

Die Analyse der eigentlichen Kollision nimmt somit eine zentrale Rolle ein. Ziel des mit der Rekonstruktion befassten Sachverständigen ist es folglich, die oben genannten Parameter in möglichst engen Grenzen und zugleich fundiert zu bestimmen. Ohne ausreichendes Referenzmaterial ist dies jedoch kaum möglich. Das zeigen auch die Ergebnisse einer Studie von FALLENBERG und CASTRO im Jahre 2001, welche im Ureko Spiegel 03/2002 von BECKE vorgestellt wurde.

Werden dagegen bei der Unfallanalyse Crashversuche als Referenz berücksichtigt, ergeben sich anschauliche Rekonstruktionsergebnisse mit enger Toleranzbandbreite. Mittels des visuellen Vergleichs der real verunfallten Fahrzeuge mit den im Versuch gecrashten Fahrzeugen ist es - nicht nur für technische Sachverständige - vergleichsweise einfach, eine schnelle und argumentativ nachvollziehbare Einschätzung des Unfallgeschehens zu erhalten.

Derartige Crashversuche sind für jedermann über das Internetportal www.crashtest-service.com abrufbar. Ziel dieses Webportals ist es, die weltweit verstreuten Crashtests zu sammeln und strukturiert dem Nutzer online zur Verfügung zu stellen. Zur Zeit

befinden sich über 1000 Versuche in der Datenbank. Darunter die Tests von Schimmelpfennig+Becke und EurotaxGlass's (AZT). Weitere Versuche, auch von anderen Institutionen, werden für die Darstellung im Internet aufbereitet.

Die Beurteilung eines Unfallgeschehens durch den visuellen Vergleich mit einem Crashversuch soll folgendes Beispiel veranschaulichen. Im realen Fall (Auffahrkollision) lagen nur vom gestoßenen Pkw Beschädigungsbilder vor (s. Bild 1). Neben der Relativgeschwindigkeit stand die Frage nach der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung im Hinblick auf eine Verletzungsmöglichkeit der HWS des Insassen im Vordergrund.

Als Vergleichsversuch findet sich in der o.g. Versuchsdatenbank ein Crashtest, bei dem ein Pkw mit einer Geschwindigkeit von 22,8 km/h auf einen anderen Pkw auffuhr. Die kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderung des gestoßenen Pkw lag bei etwa 11,4 km/h (s. Bild 2)

Für eine erste grobe Einschätzung lassen sich die Beschädigungen der gezeigten Fahrzeuge gut miteinander vergleichen bzw. sind die Deformationen des Pkw im realen Fall als geringfügig höher zu bewerten. Daraus folgt, dass im Fall die Relativgeschwindigkeit ebenfalls bei etwa 23 km/h oder höher und die Geschwindigkeitsänderung bei 11 km/h oder höher gelegen haben muss. Damit ist im Hinblick auf eine Verletzungsmöglichkeit der HWS bereits eine entscheidende Aussage gefunden (s.a. MEYER in Ureko Spiegel 02/2001).

Betrachtet man ferner die Beschädigungen des auffahrenden Pkw im Crash (s. Bild 3), so erhält man Angaben über den Beschädigungsumfang des auffahrenden Pkw im Fall. Hiermit lassen sich gegebenenfalls vorliegende Aussagen zu diesem Fahrzeug im Hinblick auf die Schadenkompatibilität (auch bei Versicherungsbetrug) kritisch überprüfen.

Schließlich besteht mit einem solchen Versuch die Möglichkeit, Aussagen zu widerlegen, die beschreiben, dass im Fall der Pkw mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit - mit beispielsweise 50 km/h - auf den davor befindlichen Kollisionsgegner auffuhr.



Bild 1 Bild 2



Bild 3



ALLES ROTLICHTSÜNDER?



Dipl.-Phys. Klaus Schmedding

Behördliche Messverfahren genießen nicht immer den Ruf der Unfehlbarkeit. Mängel an Messeinrichtungen, fehlerhafte Bedienungen durch das Messpersonal oder unkorrekte Auswertungen lassen sich bisweilen technisch feststellen. Werden nach hiesigen Erfahrungswerten Geschwindigkeitsmessungen vom Delinquenten (über seinen rechtlichen Vertreter) recht häufig angegriffen, so bleibt der Rotlichtverstoß hiervon oft verschont.

Im Beispielbild ist ein Lkw zu sehen, der lt. Einblendung 0,6 s nach Rotlichtbeginn die direkt hinter der Haltelinie liegende Detektorschleife überfuhr. Folge davon wären „Punkte“ in Flensburg und ein saftiges Bußgeld. Gemäß Beweisanspruch des rechtlichen Vertreters sollte aus technischer Sicht überprüft werden, ob die Rotlichtüberwachungsanlage korrekt funktionierte.

Es wurden vor Ort entsprechende Versuchsfahrten durchgeführt, wobei der Überfahrprozess über die A-Detektorschleife und (gleichzeitig) der Phasenwechsel der Lichtzeichenanlage mit einem (geeichten) Camcorder gefilmt wurden. Solchermaßen war es möglich, die über den Videomitschnitt in den Versuchsfahrten festgestellte Verstoßzeit mit den Werteangaben der Rotlichtüberwachungsanlage abzugleichen. Die Zeitunterschiede waren marginal. Sie waren eher auf die systembedingten Ungenauigkeiten in der Videoauswertung zurückzuführen.

Die Videoauswertung ließ aber erkennen, dass zwischen tatsächlichem Aufleuchten des Rotlichtes und dem vom Rechner registrierten Rotlichtbeginn, der schaltungstechnisch mit der Stromzufuhr zur Rotlichtlampe beginnt, ein Zeitanteil von 2 bis 3 Einzelbildern lag. Zu bedenken ist, dass als Leuchtmittel eine Glühbirne zum Einsatz kommt, deren Lichtausstrahlung erst ab einer gewissen Wendeltemperatur sicher erkennbar wird. Im Grunde genommen ist damit die Rotlichtverstoßzeit im A-Foto nicht die tatsächlich beobachtbare Rotlichtdauer. Vielmehr ist hiervon ein Anteil von einigen 100stel bis max. zu ca. 1/10 s abzuziehen.

Hinzu kommt natürlich noch der von dem jeweiligen Fahrzeug zurückgelegte Wegstreckenanteil zwischen der Haltelinie und der dahinterliegenden A-Detektorschleife. Die Haltelinie ist im Bild mit HL, die Lage der Detektorschleife mit A bezeichnet worden. Zum Durchfahren dieses Wegstreckenanteils benötigt der Kraftfahrer je nach Fahrtempo eine gewisse Zeit, die noch von der einblendeten Rotlichtverstoßzeit abzuziehen ist.

Im konkreten Fall war die Funktionstüchtigkeit der Überwachungsanlage versuchstechnisch feststellbar. Damit hätte die Begutachtung eigentlich enden können, wäre da nicht die ungewöhnliche Fotoauslöseposition des Lkw. Wie man sieht, wird der Lkw nicht fotografiert, als dieser mit der Vorderachse über die A-Schleife fährt, sondern mit der 1. Hinterachse.

Bekanntermaßen werden von der Überwachungsanlage zwei Lichtbilder gefertigt, nämlich einmal das A- und das B-Foto.

Die B-Detektorschleife liegt weiter im Kreuzungsbereich. Wird diese überfahren, so ist der Rotlichtverstoß „perfekt“. Aus der bekannten Wegstrecke zwischen A- und B-Detektorschleife und den in den Bildern einblendeten Zeiten kann die Durchschnittsgeschwindigkeit bestimmt werden. Im konkreten Fall ergab sie sich zu ca. 50 km/h.

Über den Abstand der Fahrzeugachsen konnte damit (für die Durchfahrgeschwindigkeit von 50 km/h) der Zeitpunkt berechnet werden, in dem sich der Fahrzeugvorbau über die A-Kontaktschleife (und über die Haltelinie) hinwegbewegte. Es folgte im konkreten Fall ein Überschreiten der Haltelinie ca. 0,1 s nach Rotlichtbeginn.

In dieser Phase erreichte die Rotlichtlampe gerade eben die zum Erkennen notwendige Helligkeit. Der Lkw-Fahrer muss also bei Annäherung an die Haltelinie das Rotlicht nicht bewusst wahrgenommen haben.

Da Rotlichtüberwachungsanlagen in der Regel erst 0,5 s nach Stromzufuhr zur Rotlichtlampe „scharf“ sind, wurde der Lkw noch nicht fotografiert, als die Vorderachse auf die A-Schleife fuhr.

Schlussendlich wurde noch berechnet, wie stark der Lkw-Fahrer hätte abbremsen müssen, um innerhalb der einblendeten 3,04 s langen Gelbphase noch vor der Haltelinie anzuhalten.

Als Basisverzugszeit ist dem Lkw-Fahrer inkl. Schwellphase ein Zeitanteil von ca. 1,5 Sekunden zuzubilligen. Damit folgte, dass vonseiten des Lkw-Fahrers zum Anhalten vor der Haltelinie eine Vollbremsung (auf nasser Straße) – also eine gefährliche Verzögerung – hätte eingeleitet werden müssen.

Dieses Beispiel soll demonstrieren, dass es bisweilen schon sinnvoll ist, die „Tatfotos“ einer genauen Prüfung zu unterziehen, wobei noch zu bemerken ist, dass dem Autor auch Rotlichtüberwachungsanlagen bekannt sind, die entweder technische Fehler aufwiesen oder aber bzgl. der Schleifenkonfiguration falsch eingestellt waren.



FAHRDYNAMIK

Elastizität: Überhol-Beschleunigung



Dipl.-Ing. Martin Kornau

Bei der Analyse eines Unfallhergangs spielen die Fahrmanöver der Fahrzeuge vor der Kollision eine maßgebliche Rolle. Sind die Kollisionsgeschwindigkeiten in Grenzen bekannt, lässt sich eine Weg-Zeit-Betrachtung durchführen,

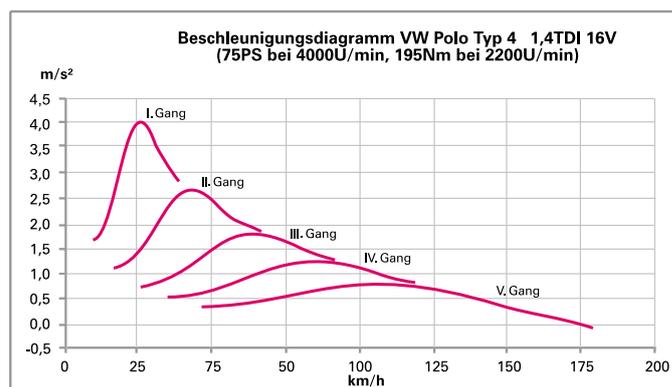
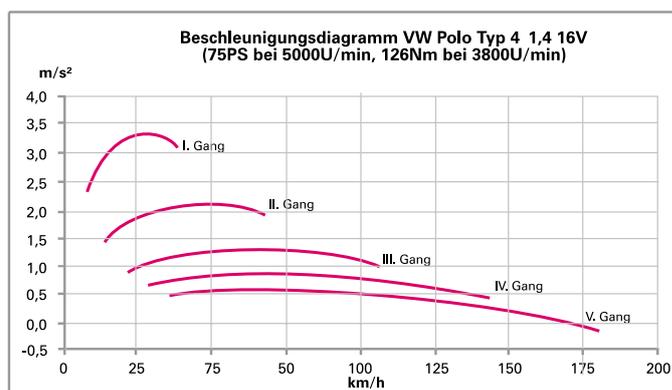
die den Aufschluss über die Vermeidbarkeit des Unfalls geben kann. Entscheidend sind die hierbei angenommenen Geschwindigkeiten, die häufig jedoch nicht konstant sind, da die Fahrzeuge gegebenenfalls – wie beispielsweise beim Anfahren an einer Kreuzung – in den letzten Sekunden vor der Kollision beschleunigt werden. Zur Thematik „Anfahrbeschleunigungen“ veröffentlichte KRAUSE im Ureko Spiegel 03/2002 Messergebnisse. Als wahrscheinlichste Anfahrbeschleunigung nach einer Fahrstrecke von 5 m konnte KRAUSE ein Niveau von 2 m/s^2 bestimmen, wobei grundsätzlich auch höhere mittlere Beschleunigungen nicht ausgeschlossen sind.

Da das Beschleunigungsniveau aber geschwindigkeitsabhängig ist, können bei höheren Geschwindigkeiten nur noch deutlich geringere mittlere Beschleunigungen erzielt werden. Die erreichbare Geschwindigkeitszunahme, die beispielsweise bei Überholvorgängen von Bedeutung ist, drückt sich durch die Elastizitätswerte aus. In Fachzeitschriften wird zum Vergleich verschiedener Fahrzeuge die Zeitdifferenz angegeben, die ein Pkw von 60 bis 100 km/h im 4. Gang oder 80 bis 120 km/h im 5. Gang benötigt.

Das Elastizitätsvermögen hängt dabei vom maximalen Drehmoment des Motors ab, so dass vor allem moderne Dieselmotoren Elastizitätswerte erreichen, die sonst nur sportlicheren Fahrzeugen vorbehalten waren. Während die maximale Beschleunigung aus dem Stillstand heraus auf 100 km/h sowohl bei einem 75 PS-Benziner als auch bei einem Turbo-Diesel mit gleicher Leistung knapp 14 Sekunden andauert, ist der Diesel durch sein deutlich höheres Drehmoment in der Lage, für die Geschwindigkeitszunahme von 60 auf 100 km/h einen Elastizitätswert von etwa 10 Sekunden zu erreichen, der Benziner hingegen benötigt fast 15 Sekunden.

Die Geschwindigkeitsdifferenz von 40 km/h bewältigt das drehmomentstärkere Fahrzeug mit einer mittleren Beschleunigung von $1,1 \text{ m/s}^2$, das schwächere Fahrzeug erreicht hingegen nur $0,75 \text{ m/s}^2$.

Die Diagramme verdeutlichen das unterschiedliche Beschleunigungsvermögen eines VW Polo mit den oben beschriebenen Motorvarianten - jeweils bis zur Nenndrehzahl, bei der die maximale Leistung vorliegt.



Anhand der Kurven wird verständlich, dass bei höheren Geschwindigkeiten ein deutlich geringeres Beschleunigungsniveau erreicht wird. Als Überhol-Beschleunigung heutiger Fahrzeuge ist daher eine Bandbreite von $0,5$ bis $1,5 \text{ m/s}^2$ realistisch.

Unter Berücksichtigung dieser Werte kann ausgeschlossen werden, dass zum Beispiel ein auf der Autobahn zuvor noch mit gleicher Geschwindigkeit hinterher fahrendes Fahrzeug B sich „plötzlich und unvorhersehbar“ neben dem zu überholenden Pkw A befindet. Dessen Fahrer A hatte sich nach eigenen Angaben nicht in der Lage gesehen, das Fahrmanöver des scheinbar rücksichtslosen Unfallgegners B zu erkennen und den selbst beabsichtigten Spurwechsel, bei dem es zur Streifkollision kam, zurückzustellen.

Bei einer Geschwindigkeit beider Pkw von beispielsweise 90 km/h (= 25 m/s) und einem vorherigen Abstand von Fahrzeug B zu A von 25 m würde Fahrer B bei einer gleichmäßigen Beschleunigung von $1,0 \text{ m/s}^2$ eine Zeit von 7,75 Sekunden benötigen, um bis auf Höhe von Fahrzeug A zu fahren. Es würde dem Fahrer A also genügend Zeit bleiben, auf das überholende Fahrzeug B zu reagieren, das bis dahin auf etwa 118 km/h beschleunigt hat.

IMPRESSUM

Der Ureko-Spiegel ist eine Publikation des Ingenieurbüros Schimmelpfennig + Becke Münsterstraße 101, 48155 Münster



Verantwortliche Redakteure:
Dipl.-Ing. Stephan Schal
Dipl.-Ing. Michael Rohm

www.ureko.de
Email: kontakt@ureko.de
T : 02506 / 820 - 0
F : 02506 / 820 - 99

Gestaltung:
muse | business solutions | design
www.muse.de

Weitere Büros in:
Hannover
www.hanreko.de

Oldenburg
www.olreko.de
Lüdenscheid
www.suedwestreko.de

Lübeck/Schwerin
www.nordreko.de

Düsseldorf
www.ureko.de