

Klaus Schmedding*;
Karl-Heinz Schimmelpfennig**

2 Punkt-Parabel-Methode

Zusammenfassung

Bei Unfallgeschehen, in denen Lkw oder sonstige Nutzfahrzeuge verwickelt sind, ist deren Bewegungskurve bis zur Kollision zeitlich und räumlich erfassbar. Läßt sich darüberhinaus die einsetzende Abwehrhandlung des Unfallgegners (über Brems-, Blockier- oder Driftspuren) nachvollziehen, so ist mit der für ihn konstruierten Reaktionsanforderung das gesamte Unfallgeschehen auch bezüglich der Höhe der Kollisions- und Ausgangsgeschwindigkeit bestimmt.

Summary

If a truck or an other commercial vehicle is involved in traffic accident its trajectory up to the point of the collision can easily be reconstructed in time and space. By defining the point of the reaction challenge for the opponent in space, one can therefore obtain the according point of time. If furthermore the starting point of the defensive action of the opponent is known (by means of brake- or skid marks), his velocity of collision and his original velocity of collision is determined by the rate of retardation.

1 Einleitung

Die Ermittlung der Kollisionsgeschwindigkeit ist insbesondere bei Verkehrsunfällen, bei denen Lkw und sonstige Nutzfahrzeuge beteiligt sind problematisch, da aufgrund der hier auftretenden großen Massenunterschiede Impuls- und vor allem Energiebetrachtungen mit erheblichen Toleranzen behaftet sind. Dieses hängt nicht zuletzt damit zusammen, daß aufschlußreiche Auslaufbewegungen von Lkw fehlen oder vergleichbare Schadenbilder in der Literatur nicht vorhanden sind.

Andererseits sind gerade bei diesen Kollisionstypen oft Brems-/Blockierspuren des anderen Kollisionspartners zu beachten, da zwischen Reaktionsaufforderung beim Unfallgegner und Kollision wegen des »schwerfälligen Bewegungsverhaltens« von Lkw häufig relativ große Zeitintervalle verstreichen. Mit Hilfe dieser Spurenzeichnungen ist es möglich, direkt Weg-Zeit-Zusammenhänge zu knüpfen, die Rückschlüsse auf das Geschwindigkeitsniveau des Unfallgegners erlauben.

Im nachstehenden Text wird ein Verfahren vorgestellt, das es ermöglicht, bei Kenntnis einiger Unfalldaten, aus den Weg-Zeit-Zusammenhängen direkt die Kollisions- bzw. die Ausgangsgeschwindigkeit zu berechnen.

2 Vorgehensweise

Bei Lkw-Verkehrsunfällen ist deren Bewegungsverhalten vor und nach der Kollision anhand einer mikroskopischen Diagrammscheibenauswertung relativ gut nachvollziehbar. Ist darüber hinaus auch die Endstellung und der Kollisionsort weitestgehend bekannt, so kann eine Bewegungslinie dieses Fahrzeuges in der Verkehrsunfallskizze konstruiert werden. Dieses eröffnet dem Unfallanalytiker gerade beim Kreuzungsunfall die Möglichkeit über das Konstruieren von Schleppkurven die Signalposition, die vom Lkw ausging, zeitlich im Weg-Zeit-Diagramm festzulegen [1] (Bild 1). Hinterließ das Fahrzeug des Unfallgegners vor der Kollision Spuren auf der Fahrbahn (Brems-, Blockier-, Drift- oder Schleuderspuren), so kann der Punkt im Weg-Zeit-Diagramm festgelegt werden, in dem erstmals eine Abwehrmaßnahme vom Unfallgegner eingeleitet wurde (Spurbeginn bei Brems-/Blockierspur, bzw. Ausweichbeginn bei Drift-/Schleuderspur). In Verbindung mit

der Signalposition durch den Lkw kann man damit diesen Punkt unter Berücksichtigung einer angemessenen Reaktionsdauer auch zeitlich im Weg-Zeit-Diagramm erfassen (Bild 2). Damit sind zwei Bezugspunkte im Weg-Zeit-Diagramm festgelegt, die sich bei Annahme eines mittleren Verzögerungsniveaus über eine sog. »Bremsparabel« verbinden lassen müssen [2]. Wie das Bild 3 zeigt, ist diese Verknüpfung eindeutig, d.h., es ergibt sich bezüglich eines anzusetzenden Verzögerungsniveaus **nur eine mögliche Kombination** zwischen Kollisions- und nachweisbarer Ausgangsgeschwindigkeit dieses Fahrzeuges.

Die Mathematische Verknüpfung der räumlichen und zeitlichen Zusammenhänge der bekannten Bewegungslinie führt zu zwei Bestimmungsgleichungen, die nur noch von dem Verzögerungsniveau und der effektiv zu Verfügung stehenden Abwehrzeit abhängt:

$$v_k = \frac{a(t_s - t_R)^2 + 2s}{2(t_s - t_R)} - a(t_s - t_R) \quad (1)$$

$$v_0 = \frac{a(t_s - t_R)^2 + 2s}{2(t_s - t_R)} \quad (2)$$

(Index S: Signalposition, Index R: Reaktionsdauer).

Sind diese beiden Größen hinreichend genau bekannt, so können direkt die Kollisionsgeschwindigkeit und die Ausgangsgeschwindigkeit des gegnerischen Fahrzeuges berechnet werden. Um den bis hierher geschilderten Sachverhalt klarer darlegen zu können, wird das vorgenannte Verfahren auf ein Beispiel aus der Praxis angewandt.

3 Beispiel aus der Praxis

Das Bild 4 zeigt einen Verkehrsunfall, bei dem ein Krad mit einem Lkw, der sich im Einbiegevorgang auf einer übergeordneten Straße befand kollidierte.

Eine detailliertere Berechnung der Kollisionsgeschwindigkeit des Krades im vorliegenden Fall erwies sich als außerordentlich problematisch, da die bei der Kollision umgesetzte Deformationsenergie zum größten Teil nur grob abgeschätzt werden konnte. Eine vektorielle Behandlung dieses Problems schied aus, da ein Querversatz des Lkw nicht erkennbar und die Auslaufrichtung des Krades incl. Aufsassen nur schwer zu erfassen war.

Dem gegenüber war der Kollisionsort und die Aufprallposition aus den Fahrzeugbeschädigungen Krad/Lkw bekannt; die Bewegungslinie des Lkw ließ sich anhand einer Diagrammscheibenauswertung reproduzieren. Außerdem konnte von den Polizeibeamten eine Bremsspur des Krades gesichert werden, die am Kollisionsort endete.

Ausgehend von der Endstellung des Lkw konnte über den Kollisionsort eine Einbiegebewegung für den Lkw konstruiert werden, der dadurch sowohl räumlich als auch zeitlich bestimmt war.

Legt man jetzt die Position fest, in der der Kradfahrer die Gefahr des Zusammenstoßes erstmals erkennen konnte, so läßt sich der Bremsbeginn des Kradfahrers ebenfalls zeitlich festlegen, der um das Zeitintervall Δt verschoben erfolgen mußte.

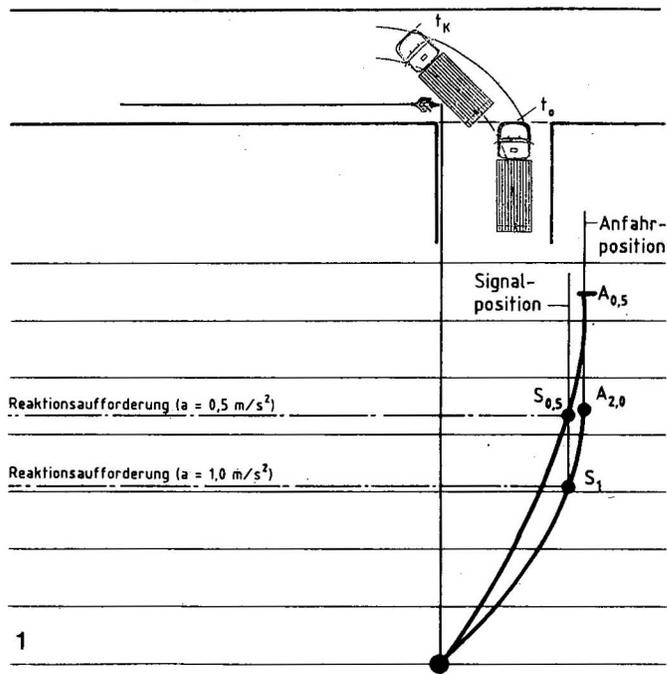
Damit sind zwei Bezugspunkte im Weg-Zeit-Diagramm festgelegt, die über eine Bremsparabel verbunden zu einer Lösung für die Kollisions- und Ausgangsgeschwindigkeit führen muß. Die mathematischen Gesetzmäßigkeiten, die sich aus dieser Weg-Zeit-Darstellung ableiten lassen, führen kombiniert zu den Gleichungen (1) und (2).

4 Genauigkeit des Verfahrens

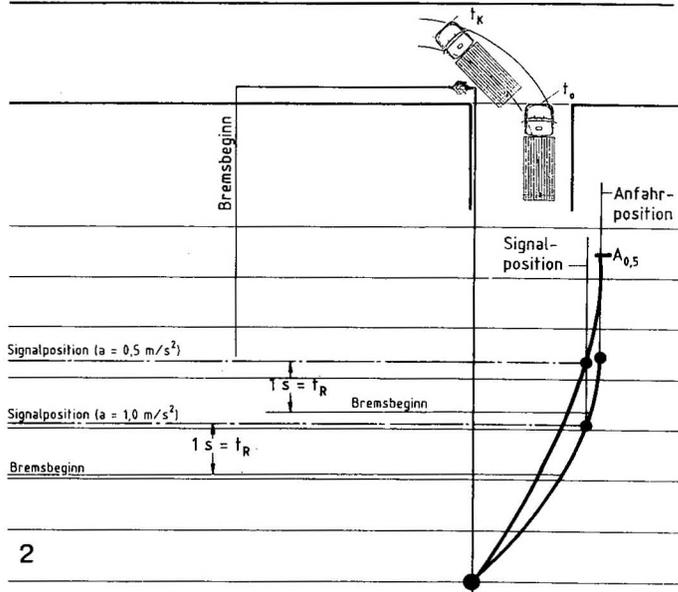
In den zuvor angeführten Beispielen wurde die Bewegungslinie des Lkw im Weg-Zeit-Diagramm als bekannt vorausgesetzt. Tatsache ist aber, daß solche Diagrammscheiben-Auswertungen mit

*Dipl.-Phys. Klaus Schmedding, Sachverständiger im Ing.-Büro Schimmelpfennig und Becke, Münsterstraße 101, 4400 Münster-Wolbeck

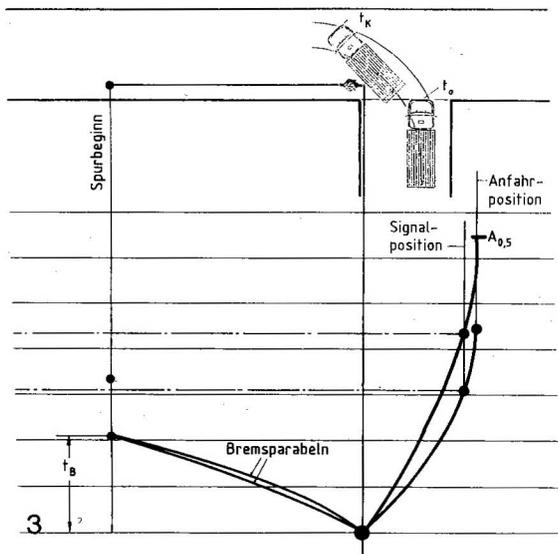
**Dipl.-Ing. Karl-Heinz Schimmelpfennig, Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, Ing.-Büro Schimmelpfennig und Becke, Münsterstraße 101, 4400 Münster-Wolbeck



1

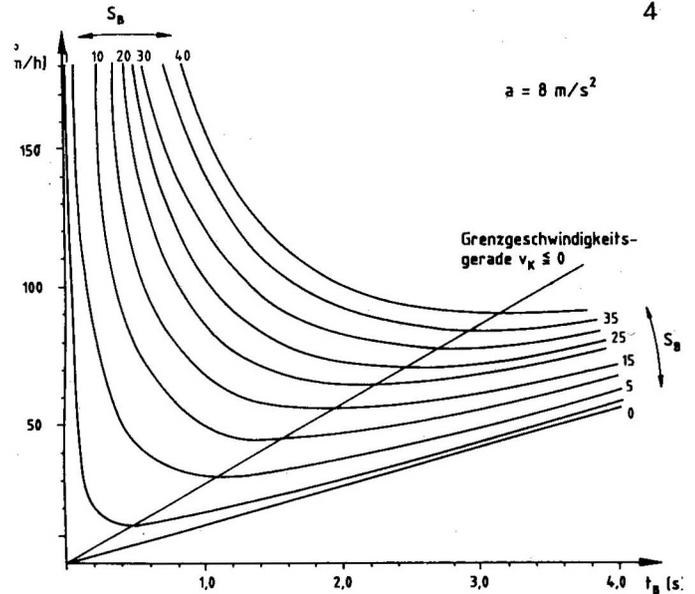


2

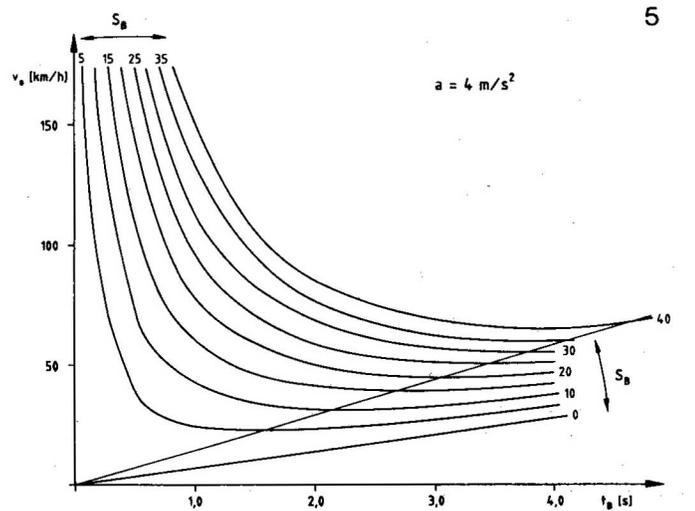


3

Bild 1-3 Geometrische Konstruktion im Weg-Zeit-Diagramm
Fig. 1-3 Geometrical construction in the space-time diagram



4



5

Bilder 4-5 Geschwindigkeits-Zeit-Diagramme mit der Bremsstrecke als Parameter

Fig. 4-5 Velocity-time diagrams with length of time marks as parameter

Toleranzen behaftet sind [3]. Dadurch sind bisweilen größere Zeitverschiebungen im Weg-Zeit-Diagramm möglich. Um überprüfen zu können, wie empfindlich das Verfahren auf zeitliche Veränderungen reagiert, wurde die Gleichung (2) für eine Verzögerung von 8 m/s^2 grafisch dargestellt.

Im Bild 4 ist die nachweisbare Ausgangsgeschwindigkeit der Bremszeit gegenübergestellt; als Parameter wurde die Bremsstrecke gewählt.

Die in diesem Diagramm unterhalb der eingezeichneten Geraden A liegenden Werte sind aus unfallanalytischer Sicht unbrauchbar, da es für diese Werte nicht mehr zu einer Kollision kommt ($v_k < 0 \text{ km/h}$).

Andererseits liefern die Schnittpunkte dieser Geraden mit den einzelnen Graphen eben die Vermeidbarkeitsgeschwindigkeiten für die jeweiligen Bremswege.

Betrachtet man den Verlauf der einzelnen Graphen, so läßt sich qualitativ festhalten, daß sich leichte Variationen der Bremsdauer im unteren Grenzbereich relativ stark auf die Ausgangsgeschwindigkeit auswirken. Größere Genauigkeit erzielt dieses Verfahren für längere Bremszeiten. Hier besitzen die Graphen nur geringe Steigung und lassen mithin auch nur geringe Schwankungen der Ausgangsgeschwindigkeit zu. Das bedeutet, daß die Einsetzbarkeit dieses Verfahrens eben in diesem Bereich zu hinreichend genauen Ergebnissen führt.

Unterschieden werden kann letztlich auch noch hinsichtlich des

Verzögerungsniveaus, insbesondere wenn man an Zweiradunfälle denkt, wo es oft schwierig ist, zwischen reiner Hinterradbremung und Vollverzögerung mit Vorder- und Hinterradbremse zu unterscheiden. Als Vergleich hierzu wurde im Bild 2 der Verlauf der Geschwindigkeitsgraphen für eine Verzögerung von 4 m/s^2 dargestellt, da dieser Verzögerungswert mit dem maximal verzögernden Hinterrad eines Krad erreicht wird. Vergleicht man die Bilder 1 und 2, so ergeben sich keine sehr großen Unterschiede. Die Grenzggeschwindigkeits-Gerade für die niedrigere Verzögerung besitzt, wie aus der Gleichung 1 zu ersehen ist, natürlich geringere Steigung. Dennoch kann festgehalten werden, daß das Verzögerungsniveau die Ausgangsgeschwindigkeit bei weitem nicht so gravierend beeinflußt, wie Variationen der Bremszeit im Bereich großer Graphensteigung.

Faßt man sämtliche Vorzüge und Nachteile des vorgestellten Verfahrens zusammen, so wird man sicherlich nicht von einer universellen Patentlösung, die auf jeden Fall anwendbar ist, sprechen können. Andererseits bietet dieses Verfahren jedoch den Vorzug, ohne umfangreiche kollisionsmechanische Zusammenhänge erarbeiten zu müssen, schnell und einfach über die Konstruktion des Reaktionspunktes wenigstens Größenordnungen für die Ausgangsgeschwindigkeit des verzögernden Fahrzeugs angeben zu können. Ermittelt man hieraus relativ lange Abwehrzeiten, so gelangt man für die Ausgangsgeschwindigkeit in einen Bereich, der nur mit geringer Toleranz versehen ist.

Anwendbar ist dieses Verfahren immer dann, wenn folgende Informationen zur Verfügung stehen:

- Kollisionsort
- Bewegungsverhalten des gegnerischen Fahrzeugs vor der Kollision (z.B. Diagrammscheibenauswertungen, Anfahrbewegungen)
- Brems-/Blockierspur oder Driftspur des Fahrzeuges, dessen Geschwindigkeit bestimmt werden soll.

Literaturhinweise

- [1] Buschmann, Koessler: Handbuch der Kfz.-Technik, Wilhelm Heyne Verlag
- [2] M. Becke, U. Golder: Vermeidbarkeitsbetrachtung im Weg-Zeit-Diagramm, Schriftenreihe Unfall-Rekonstruktion 1985
- [3] Leifaden Fa. Kienzle ■