

Unfallrekonstruktion

Reaktion des Fahrers oder Eingriff des Assistenzsystems?

von Dipl.-Ing. Markus Nickel und Dipl.-Ing. Annika Fleitmann, Münster*

Fahrerassistenzsysteme haben einen festen Platz in modernen Fahrzeugen gefunden. Dieses stellt den Unfallsachverständigen vor neue Herausforderungen. Immer öfter ist nicht mehr nur der zeitliche Aspekt, wann reagiert wurde, zu rekonstruieren, sondern auch die Frage zu klären, wer reagiert hat, der Mensch oder das Assistenzsystem.

In den meisten Fällen kann der Schalt- und Konfigurationszustand des Assistenzsystems nach einem Unfall nicht eindeutig geklärt werden, da diese z.T. individuell eingestellt werden können. Somit ist der Detektierpunkt (der technische Reaktionspunkt) des Fahrerassistenzsystems je nach individueller Einstellung unterschiedlich. Im Nachhinein kann ein Eingreifen des Assistenzsystems (z.B. das Abbremsen vor einem Stauende) oft nicht von einer Reaktion des Fahrers unterschieden werden. Dies liegt zum einen daran, dass die Eingriffe der verschiedenen Assistenzsysteme bei derzeitiger Gesetzeslage noch nicht dokumentiert werden müssen, wie z.B. in der Luftfahrt, bei der die Flugmanöver in einer sog. „Blackbox“ oder dem Flugdatenschreiber gespeichert werden. Bei der Rekonstruktion eines Unfallablaufs muss also untersucht werden, ob es systematische Auffälligkeiten z.B. bei einer Gefahrenbremsung gibt, die sich von einer vom Fahrer eingeleiteten Bremsung unterscheiden. Erschwert wird die Klärung eines solchen Sachverhalts dadurch, dass sich verschiedene Assistenzsysteme auf unterschiedliche Weise vom Fahrer einstellen lassen. Die Voreinstellungen durch den Fahrer sind oft aufgrund der Beschädigungsschwere am Fahrzeug nicht nachzuvollziehen. Selbst wenn eine Überprüfung noch möglich wäre, wird das Augenmerk bei der Unfallaufnahme auf sonstige Unfallschäden gerichtet, sodass wichtige Informationen zu den Einstellungen der Assistenzsysteme und deren Auswirkungen auf ein Unfallgeschehen oft für immer verloren gehen. In den seltensten Fällen wird es deshalb bei derzeitigem Stand im Nachhinein gelingen, einen Eingriff des Assistenzsystems beweissicher von einer menschlichen Reaktion zu unterscheiden. Fehleingriffe des Assistenten sind somit ebenfalls nicht nachzuweisen, was von den jeweiligen Fahrzeugherstellern wegen der dann anstehenden Regressansprüche stillschweigend begrüßt wird. Nach diesseitiger Einschätzung ist mit zunehmender Computerisierung der Fahrzeuge eine unabhängige Protokollierung der automatischen Eingriffe und dessen Umfang jedoch unumgänglich.

* Die Autoren sind Sachverständige für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, Münster.

I. Fahrerassistenzsysteme: ACC und ABA

Das Fahrerassistenzsystem „Adaptive Cruise Control (ACC)“ wird umgangssprachlich als Abstandsregeltempomat bezeichnet und ist eine Weiterentwicklung des Tempomaten. Mithilfe dieses Assistenten kann eine vom Fahrer gewünschte konstante Geschwindigkeit in einem herstellervariablen Geschwindigkeitsbereich von ca. 30 – 190 km/h, sowie ein zuvor eingestellter Mindestabstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen ohne Fahrerinteraktion gehalten werden. Das ACC misst über Radar- oder Lidarsensoren (Lichtsensoren) den Abstand zu vor dem Fahrzeug befindlichen Fahrzeugen und regelt den zuvor eingestellten Abstand durch Gaswegnahme. Bei einem plötzlich auftauchenden Hindernis oder zu gering werdendem Abstand wird der Fahrer mittels eines Signals gewarnt und das Fahrzeug wird auf eine bevorstehende Kollision vorbereitet, z.B. durch Vorspannen des Sicherheitsgurts usw.

Bei dem Erweiterungssystem Active Brake Assist (ABA), umgangssprachlich als automatische Notbremsung bezeichnet, wird bei Unterschreiten des eingestellten Mindestabstands zuerst eine Bremsung mit maximal 20 % der Vollbremsleistung und bei anhaltender Gefahr einer Kollision letztlich eine Vollbremsung eingeleitet, um die Kollisionsgeschwindigkeit möglichst zu reduzieren oder besser eine Kollision ganz und gar zu verhindern. Gleichzeitig wird der Fahrer optisch und akustisch vor der raschen Annäherung eines Hindernisses gewarnt. Dieses System ist im Lastkraftverkehr stark verbreitet und nimmt auch im Personenkraftverkehr immer weiter zu. Die Zunahme von zuverlässig arbeitenden Assistenzsystemen zur Unfallvermeidung bringt jedoch auch die Gefahr mit sich, dass sich Fahrer vollständig auf diese Systeme verlassen und ihr Reaktionsverhalten bzw. Aufmerksamkeitsniveau anpassen. Konkret kristallisiert sich bei einer Vielzahl von regelmäßigen Nutzern dieser neuen Systeme das Gefühl heraus, nicht mehr vorausschauend und fortwährend auf die Fahrbahn schauen zu müssen, weil der Assistent ja mit maschineller Genauigkeit den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug und die Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs ohne einen eigenen personenbezogenen Eingriff regelt. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) hat den nutzerseitigen Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen untersucht. Die Aufmerksamkeit wird in diesen Fällen länger oder ganz und gar auf andere Gadgets wie Handy, Radio, Zeitung usw. gerichtet. Ein gefährliches Sicherheits- und Komfortgefühl, das die Systeme suggerieren, da es eine Vielzahl von Störgrößen gibt, die derzeit eine störungsfreie Abstandsregelung verhindern.

II. Fallbeispiel

Das nachfolgende Fallbeispiel entstammt einer realen Unfallrekonstruktion aus der täglichen Praxis.



Abb. 1: Übersichtsaufnahme

Hierbei sollte ein Serienauffahrunfall im Baustellenbereich einer Autobahn rekonstruiert werden. Bei der Rekonstruktion stellte sich die Frage, ob der Fahrer des zuletzt fahrenden Fahrzeugs reagierte oder ob nur sein Assistenzsystem agierte.

Ein an letzter Stelle fahrender Gliederzug fuhr auf ein vermeintlich plötzlich auftretendes Stauende auf. Der Unfall sollte nach Angaben des auffahrenden Gliederzugfahrers durch einen Pkw verursacht worden sein, der von der im Baustellenbereich umgeleiteten Auffahrt von rechts zwischen den Gliederzug und einem schon längere Zeit vorausfahrenden Sattelzug gefahren sein soll. Gleichzeitig mit dem plötzlich einfahrenden Pkw soll der an erster Stelle fahrende Sattelzug stark abgebremst haben, wodurch der zuvor am Abstandstempomaten eingestellte Sicherheitsabstand (Erläuterung s.o.) nicht mehr ausgereicht habe und es zur Kollision zwischen Gliederzug, Pkw und Sattelzug gekommen sei. Durch die Kollision wurde der Pkw zwischen Gliederzug und Sattelzug eingeklemmt, wobei die Insassen im Pkw lebensgefährlich verletzt wurden.

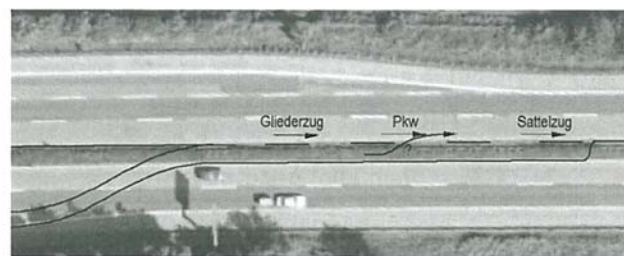


Abb. 2: Prinzipieller Unfallablauf

Für die technische Analyse standen Lichtbilder der Endstellungen und der Spuren auf der Fahrbahn zur Verfügung sowie die Diagrammscheibe des auffahrenden Gliederzugs und die Daten des digitalen Tachografen der an erster Stelle befindlichen Sattelzugmaschine. Mit diesem Anknüpfungsmaterial konnten die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge auf drei Wegen rekonstruiert werden; anhand der Bremsspuren auf der Straße und den dazugehörigen Endstellungen, durch Hinzuziehung von Crashversuchen und mithilfe der ausgewerteten Daten des digitalen Tachografen bzw. der Diagrammscheibe. Die Einstellungs-



Abb. 3a: Heckschaden am Pkw



Abb. 3b: Frontschaden am Gliederzug

parameter des Abstandsregeltempomaten wurden im Rahmen der polizeilichen Unfallaufnahme nicht gesichert.

Den Daten der Diagrammscheibe des Gliederzugs, der auf den Pkw auffuhr, konnte entnommen werden, dass dieser unmittelbar vor der Kollision aus einer Geschwindigkeit von ca. 60 km/h auf ca. 40 km/h verzögert wurde. Der rasche Abfall des Geschwindigkeitsschriebs war nach der Art der Aufzeichnung auf ein Einsetzen einer starken Bremsung zurückzuführen. Die weitere Auswertung ab der Geschwindigkeit von ca. 37 km/h war aufgrund der starken Erschütterungen nicht möglich (Bereich I in der Diagrammscheibe). Diese Erschütterungen sind auf die nachfolgenden Kollisionen zwischen den Fahrzeugen zurückzuführen.

Ausgehend von einer Vollbremsung eines beladenen Gliederzugs ist auf eine mittlere Vollbremsverzögerung von ca. $5,5 \text{ m/s}^2$ abzustellen. Hieraus errechnet sich ein Bremsweg vom Einsetzen der Vollbremsung bis zur rekonstruierten Kollisionsgeschwindigkeit von ca. 37 km/h zu ca. 16,5 m. Wird der zuvor anhand der Schlagmarken erarbeitete Kollisionsort der ersten Kollision mit diesem Bremsweg in Beziehung gesetzt, so gelangt man zu dem Bremspurbeginn der Liftachse bzw. zum Bremspurbeginn der Vorderachse. Eine konkrete Zuordnung der einzelnen Reifenspuren ist insbesondere bei Mehrachsfahrzeugen notwendig, da sich aufgrund der Vielzahl von Achsen an einem Gliederzug die Bremspuren und somit auch der Beginn und das Ende der Reifenspuren in den meisten Fällen überlagern.

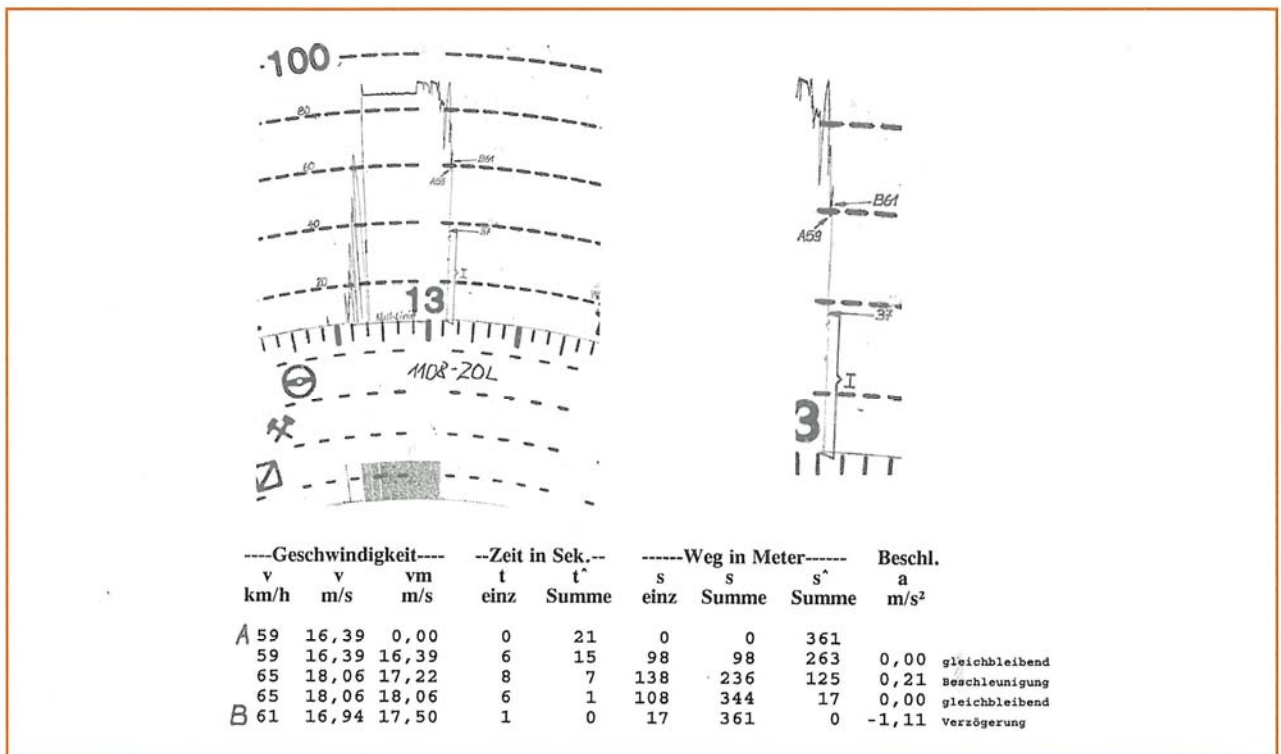


Abb. 4: Diagrammscheibenauswertung Gliederzug (3. Position)

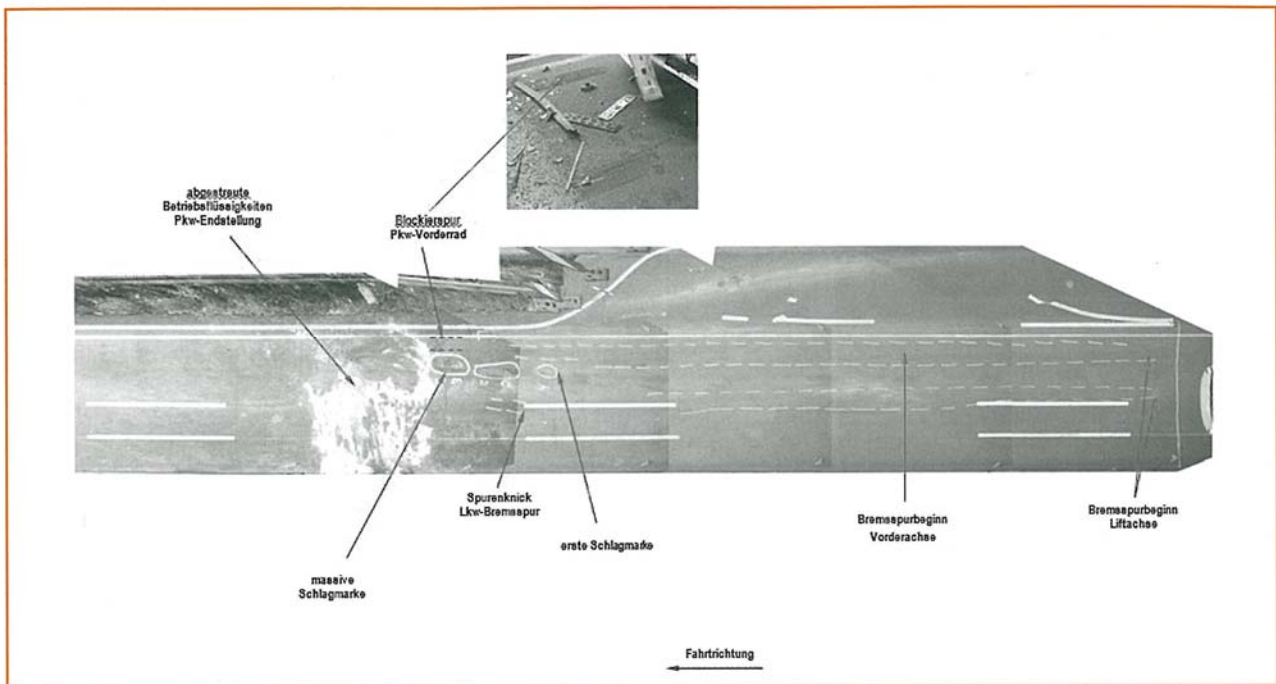


Abb. 5: Spuren auf der Straße

Der Kollisionsort der zweiten Kollision zwischen dem Pkw und dem davor befindlichen Sattelzug konnte wiederum anhand der vom Pkw verursachten charakteristischen Schlagmarken eingegrenzt werden.

Der Sattelzug wurde bei der Kollision mit dem Pkw und dem von hinten schiebenden Gliederzug deutlich beschleunigt. Dieser Umstand ist neben der extremen Stauchung des Pkw auch aus den Endstellungen sowie dem Geschwindigkeitsaufschrieb des digitalen Tachografen des Sattelzugs zu entnehmen.

Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass der Sattelzug vor dem Unfall aus einer Geschwindigkeit von ca. 70 km/h innerhalb von 8 Sekunden beinahe bis zum Stillstand (unter 5 km/h) abgebremst wurde. Diese Bremsung entspricht einer mittleren Verzögerung von ca. $2,4 \text{ m/s}^2$, die auch im normalen Straßenverkehr, z.B. beim Halt vor einer roten Ampel, erzielt wird. Die Intensität und der zeitliche Verlauf der Sattelzug-Bremsung sind aus technischer Sicht unkritisch für den nachfolgenden Verkehr zu bewerten, selbst

wenn dieser nicht den gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsabstand einhält. Kurz vor Erreichen des Stillstands wurde der tonnenschwere Sattelzug innerhalb von einer Sekunde auf mindestens 10 km/h beschleunigt. Diese Beschleunigung ist, wie oben angedeutet, der Gliederzug/Pkw/Sattelzugkollision zuzuordnen. Während die Kollision bei der analogen Tachoscheibe im Gliederzug durch „Erschütterungen“ im Aufschrieb zu identifizieren ist, kann die Kollision allein anhand der digitalen Tachodaten ohne weitere Randbedingungen nicht ohne Weiteres erkannt werden. Auch hier würde eine Aufzeichnung der tatsächlichen Stellgrößen durch den Fahrer wertvolle Hinweise liefern.

Innerhalb eines Weg-Zeit-Diagramms lassen sich die rekonstruierten Geschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeuge unter Berücksichtigung der aus den Schäden abzuleitenden Anstoßkonfigurationen und der Spuren auf der Fahrbahn miteinander verknüpfen:

Die anhand von Blockierspuren auf der Fahrbahn rekonstruierte Gefahrenbremsung des Gliederzugs

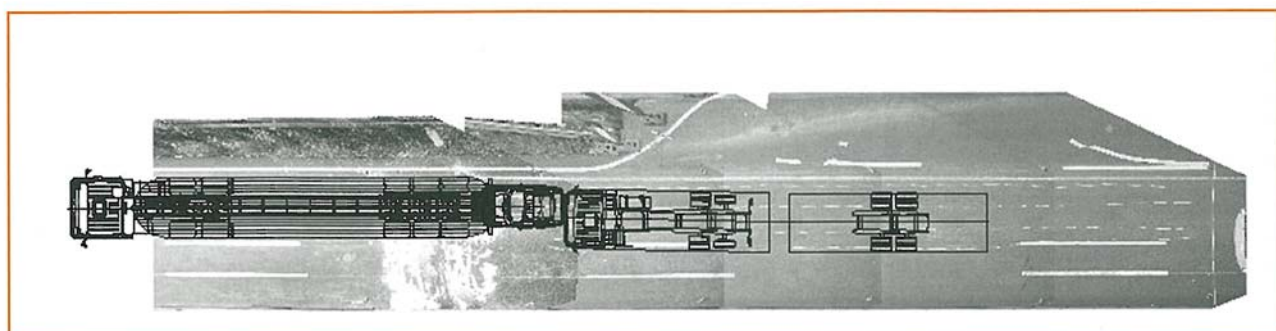


Abb. 6: Kollisionsstellung

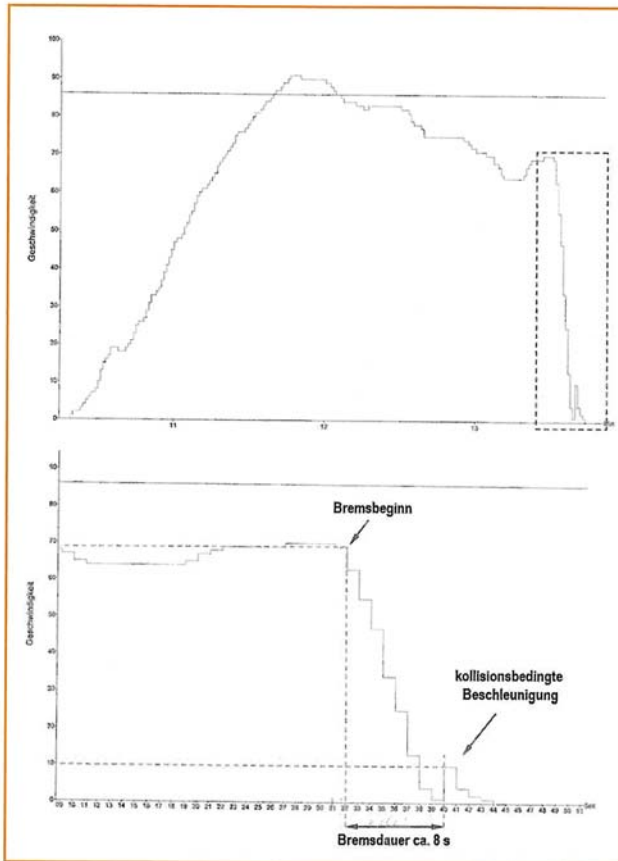


Abb. 7: Daten des digitalen Tachografen des Sattelzuges

an letzter Position wurde ca. 1,3 Sekunden vor der ersten Kollision mit dem Heck des mutmaßlich einsicherenden Pkw eingeleitet. Nach einer Zeitdauer von weniger als 0,5 Sekunden kam es zu der zweiten

Kollision mit dem Heck des an erster Stelle befindlichen Sattelzugs, der noch nicht vollständig bis zum Stillstand abgebremst hatte. Der zeitlich enge Zusammenhang zwischen der ersten und der zweiten Kollision ist nur mit sehr geringen Abständen zwischen dem an erster Stelle befindlichen und noch nicht vollständig zum Stehen gekommenen Sattelzug und dem dahinter befindlichen Pkw zu vereinbaren.

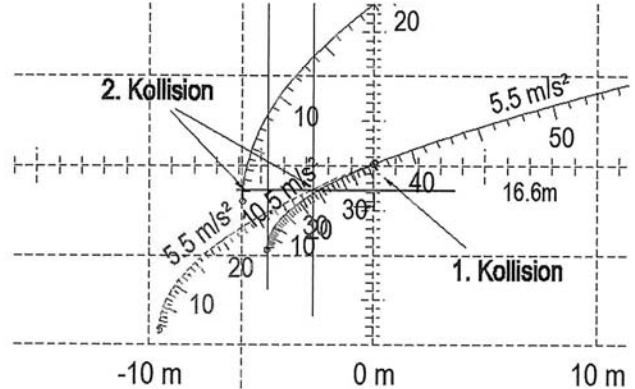


Abb. 9: vergrößerter Ausschnitt Weg-Zeit-Diagramm

Wie aus dem Weg-Zeit-Diagramm abzuleiten ist, beträgt der räumliche Abstand zwischen der ersten und der zweiten Kollision weniger als 6 m, sodass er nahezu von der Fahrzeuglänge des Pkw aufgebraucht wurde. Der Pkw befand sich dementsprechend zum Zeitpunkt der ersten Kollision unmittelbar hinter dem Heck des an erster Stelle befindlichen Sattelzuges.

Wird davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt der eingeleiteten Gefahrenbremsung der Pkw nicht zwischen die beiden Lkw gefahren war, so standen dem Glie-

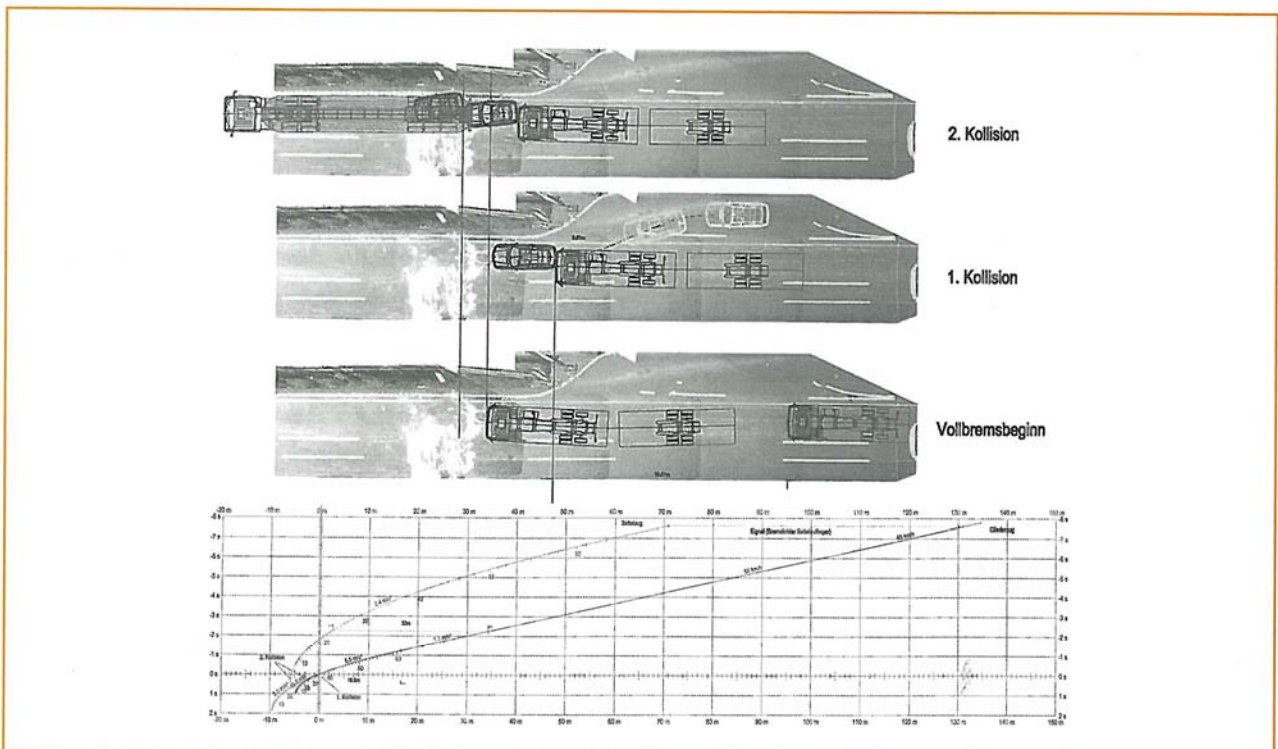


Abb. 8: Weg-Zeit-Diagramm

derzugfahrer weitere knapp 6 m bis zum Auftreffen auf das Heck des vor ihm befindlichen Sattelzugs zur Verfügung. Diese Wegstrecke war nicht ausreichend, um aus der ermittelten Kollisionsgeschwindigkeit von mindestens 37 km/h rechtzeitig vor dem Heck des Sattelzugs zum Stehen zu kommen. Das mutmaßliche plötzliche Einfahren des Pkw war somit nicht unfallursächlich. Wird eine durchgehende Vollbremsung ohne Pkw-Kollision für den Gliederzug bis in den Stillstand berücksichtigt, so errechnet sich die Kollisionsgeschwindigkeit, mit der der Gliederzug auf den an erster Position befindlichen Sattelzug gefahren wäre, zu ca. 24 km/h. Dies bedeutet, dass der Gliederzug auch ohne Vorhandensein des Pkw auf den Sattelzug an Position eins aufgefahren wäre. In erster Linie ist der Unfall nach Auswertung aller Anknüpfungspunkte darauf zurückzuführen, dass die Gefahrenbremsung des Gliederzuges an letzter Position erst **6,4 Sekunden(!)** nach dem Bremsbeginn des an erster Stelle fahrenden Sattelzugs eingeleitet wurde. Das Stauende war also nicht plötzlich aufgetreten.

Vor Einleitung der Vollbremsung ist aus der Diagrammscheibe des Gliederzugs zudem abzuleiten, dass der Gliederzug über einen Zeitraum von ca. einer Sekunde mit einer Verzögerung von $1,1 \text{ m/s}^2$ abgebremst wurde. Dieses Verzögerungsniveau entspricht genau 20 % der erreichbaren Vollbremsverzögerung von $5,5 \text{ m/s}^2$. Eine über einen Zeitraum von einer Sekunde anhaltende Verzögerung von 20 % der gesamten Bremsleistung war nicht der Gefahrensituation angemessen. Dies ist ein weiterer Aspekt, der gegen eine aktive Handlung des Gliederzugfahrers spricht. Aus technischer Sicht ist die charakteristische „abgestufte“ Bremsung auf eine systembedingte Bremsung zurückzuführen, bei der nicht der Fahrer, sondern der Bremsassistent reagierte.

III. Fazit

Mit Zunahme der Fahrerassistenzsysteme wird das Aufzeichnen der automatisierten Eingriffe in das Fahrverhalten des Fahrzeugs aus der Sicht der Unfallrekonstruktion unumgänglich. Schon die heute verbauten Fahrerassistenzsysteme bereiten der beweissicheren Rekonstruktion von Straßenverkehrsunfällen größte Schwierigkeiten. Wie in dem vorgestellten Fallbeispiel dargestellt wurde, ist nur noch in bestimmten Konstellationen zu erkennen, ob ein Unfallfahrer oder die Assistenzsysteme in seinem Fahrzeug vor der Kollision reagierten.

Bezogen auf den vorliegenden Fall wäre das Eingreifen des Assistenzsystems des auffahrenden Gliederzugs nicht von einer Reaktion des Fahrers zu unterscheiden, wenn nicht zusätzlich weitere digitale Aufzeichnungen eines am Unfall beteiligten Sattelzugs bzw. Aufzeichnungen zur gefahrenen Geschwindigkeit des unfallverursachenden Gliederzugs vorgelegen hätten. Die Aufzeichnungen der beiden am Unfall beteiligten Fahrzeuge, Sattelzug und Gliederzug, konnten anhand der Spuren auf der Straße und die daraus ermittelten Kollisionsorte durch ein Weg-Zeit-Diagramm verknüpft werden. Sehr viel einfacher und genauer wäre eine Verknüpfung, wenn die Eingriffe protokolliert würden.

Auch die ordnungsgemäße Funktion eines am Unfall beteiligten Fahrzeugs mit Assistenzsystemen ist schon jetzt nur durch entsprechende Datenaufzeichnungen möglich. Wegen der hierbei evtl. auftretenden Regressansprüche gegen die Hersteller besteht ein Interessenkonflikt, sodass der Gesetzgeber Regeln zur Protokollierung in das Fahrverhalten eingreifender Systeme aufstellen muss.