

Ralf Krause*, Manfred Becke**

Splitterwurfweiten von Front- und Rückleuchteinheiten bei Auffahrkollisionen auf stehende Pkw

Zusammenfassung

Die Untersuchung enthält Messwerte aus 25 Fahrzeug-Fahrzeug-Kollisionen, bei denen jeweils der Anfang, der Schwerpunkt und das Ende eines jeden Splitterfeldes (vom Kollisionsort aus) eingemessen wurde. In den Diagrammen wurden die Splitterwurfweiten in Relation zur Kollisionsgeschwindigkeit des auffahrenden Fahrzeuges und zur Stoßausgangsgeschwindigkeit des angestoßenen Pkw gesetzt.

Summary

In this publication, the relationship between the collision velocity/change of velocity in rear-end-collisions and the end positions of the splints of headlights will be studied. The results of this study are based on 25 car-to-car collisions.

1 Einleitung

Das Ziel dieser Untersuchung bestand darin, den Einfluss der Kollisionsgeschwindigkeit des stoßenden Pkw und die Stoßausgangsgeschwindigkeit des angestoßenen Fahrzeuges auf die Splitterwurfweite von Scheinwerfergläsern zu überprüfen. Aus der Vielzahl der Crashtests von Schimmelpfennig + Becke konnten insgesamt 25 gut dokumentierte Versuche für die Thematik "Splitterwurfweiten" ausgewertet werden.

2 Versuchsparameter

Die **Tabelle 1** spiegelt alle relevanten Versuchsdaten wider. Ihr lässt sich entnehmen, dass die Messergebnisse aus Versuchen mit verschiedenen Anstoßkonstellationen stammen. Die Überdeckung der Front-Heck-Kollisionen lag zwischen 30 % und 100 %. Der Winkel der Anstoßkonfigurationen konnte zwischen 0° und 20° eingemessen werden.

Bei den Crashtests wurde eine Vielzahl verschiedener Pkw-Typen eingesetzt. Auf Grund der sehr verschiedenen Fahrzeugkonstellationen ist der Masseneinfluss als weiterer Randparameter zu benennen (soweit die Splitterwurfweiten auf die Kollisionsgeschwindigkeit bezogen werden).

Abschließend soll noch auf einen weiteren, sehr wichtigen Aspekt bei der Bewertung der Einflussfaktoren hingewiesen werden. Bei allen Versuchen stand das angestoßene Fahrzeug. Damit lassen sich die ausgewiesenen Wurfweiten nicht direkt auf einen Realunfall projizieren, bei dem sich beide Fahrzeuge zum Anstoßzeitpunkt noch in Bewegung befanden.

*Dipl.-Ing. Ralf Krause,

**Dipl.-Ing. Manfred Becke, Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, IHK Münster, c/o Schimmelpfennig + Becke, Münsterstraße 101, 48155 Münster

3 Messergebnisse

3.1 Streuung der Messwerte und Einflussgrößen

Die ausgemessenen Wurfweiten finden sich in der **Tabelle 1** und in den **Diagrammen 2 bis 5** wieder. Die angegebenen Abstände wurden vom Kollisionsort aus gemessen. Schon eine erste Betrachtung zeigt, dass einzelne Messpunkte (vor allem die, die den Beginn des Splitterfeldes dokumentieren) erhebliche Abweichungen vom Verlauf der Regressionsgeraden aufweisen.

Ein linearer Ansatz erbringt für die Beziehung zwischen den Parametern Wurfweite und Kollisionsgeschwindigkeit eine (im Vergleich zu anderen Ansätzen) sehr gute Annäherungsqualität. Lediglich Polynomansätze bieten geringfügig bessere Annäherungen. Der Einsatz einer Polynomapproximation ist jedoch ungünstig, da die Kurven z.B. für das **Diagramm 3** sowohl einen progressiven Verlauf (Splitterfeldanfang), wie auch einen degressiven Verlauf (Splitterfeldende) aufweisen.

Ein Maß für die Streuung liefert der lineare Korrelationskoeffizient R . Der Korrelationskoeffizient zeigt an, inwieweit zwischen zwei Datensätzen eine lineare Abhängigkeit besteht. Eine völlige Linearität zwischen den Messpunkten ist genau dann gegeben, wenn der Korrelationskoeffizient (das Bestimmtheitsmaß) den Wert $IRI = 1$ annimmt.

Anhand des Korrelationskoeffizienten lässt sich im Weiteren darstellen, dass die Abweichungen bei den Datensätzen für das Splitterfeldzentrum und das Splitterfeldende (im Vergleich zum Datensatz Splitterfeldbeginn) deutlich abnehmen.

Im Weiteren wurde untersucht, welche der unter Abschnitt 2 diskutierten Randparameter Einfluss auf die Streuungen nehmen bzw. in welchem Maße sie diese verstärken. Es wurde festgestellt, dass die Variation der Überdeckung und der Kollisionswinkel zu Änderungen führt. Nimmt man eine Auswahl derart vor, dass nur Überdeckungen größer 75 % und kleinere Winkel als 10° vorkommen (**Diagramm 3**), lässt sich für alle Datensätze ein besserer Bestimmtheitsgrad R berechnen.

Eine plausible Erklärung liefert die Analyse der verschiedenen Anstoßkonfigurationen. Bei den Versuchen mit den größeren Winkeln zwischen 10° und 20° und den kleineren Überdeckungen (30 % bis 50 %) wird den angestoßenen Fahrzeugen häufig eine nicht unerhebliche Rotationsbewegung induziert. Im Gegensatz dazu sind bei den längsachsenparallelen Anstoßkonfigurationen mit großer Überdeckung Auslaufbewegungen ohne größeren Seitenversatz die Regel.

Die daraus resultierenden, differierenden Voraussetzungen können dann zu einer mehr oder minder starken Behinderung oder Ableitung der Splitter durch Anprallflächen (Karosseriekörper) in der Wurfbahn führen. Insgesamt wirken sich die verschiedenen Kollisionkonstellationen dann in Form mehr oder minder stark streuender Wurfweiten aus.

Als weiterer Randparameter sind das Massenverhältnis und die Karosserieelastizitäten der Versuchsfahrzeuge einzubeziehen. Die Lage des Splitterfeldzentrums bzw. der letzten Splitter hängt maßgeblich davon ab, ob und wie viele Splitter von den Fahrzeugen während der Kollision eingeklemmt werden und wie sich die Splitter insgesamt von den Kollisionsgegnern lösen. Für die Entfernung der letzten Splitter ist dann die Stoßausgangsgeschwindigkeit des angestoßenen Fahrzeuges von Bedeutung, da die Geschwindigkeit der zunächst eingeklemmten Splitter maximal die Höhe der Stoßausgangsgeschwindigkeit des angestoßenen Pkw entsprechen kann. Um den Masseneinfluss zu eliminieren, wurden die Splitterwurfweiten in Beziehung zur Stoßausgangsgeschwindigkeit des angestoßenen Pkw gesetzt (**Diagramm 5**). Die zugehörigen Korrelationskoeffizienten zeigen, dass die Ausklammerung dieser Größe schon zu geringeren Abweichungen führt (im Vergleich zu den im **Diagramm 2** berechneten Werten für R).

Nr.	v (km/h)	Beginn (m)	Zentrum	Ende	Überdeckung	Winkel	Δv_2 (km/h)
1	32,3	1,9	5	8,5	30%	10°	19,4
2	32,4	2,2	5	8,7	30%	10°	21,1
3	50,6	6,7	9,35	14,6	30%	10°	29,4
4	54,8	7,1	10,4	15	30%	10°	35,3
5	37,8	1,2	2,5	3,8	30%	10°	14
6	38	0,5	2,6	4,5	30%	20°	14
7	14,4	0,2	0,7	1,2	50%	20°	5,3
8	39,9	5,3	6,7	8,1	50%	0°	27,8
9	15,2	0,3	0,75	1,25	75%	10°	8,1
10	16,4	0,2	1	1,9	75%	10°	9
11	22,7	1,35	2,1	2,85	75%	0°	14
12	27,1	2,6	3,5	4,4	90%	0°	13
13	21,7	0,5	1,35	3,15	90%	10°	13,8
14	20,6	0,6	2,1	5	100%	0°	13
15	21,6	0,5	2,1	4,3	100%	0°	11,9
16	29,5	1,8	4,2	6,3	100%	0°	18,5
17	30,3	1,3	2,35	7,6	100%	0°	18,9
18	42,1	2,1	7,7	10,2	100%	0°	23
19	47,3	2,1	6,6	11	100%	0°	29,2
20	55,4	3,5	7,5	11,8	100%	0°	30,4
21	59,9	4,8	9,3	13	100%	0°	31,2
22	17,8	1,9	2,4	2,9	100%	0°	9,9
23	18,1	0,2	1,1	2,1	100%	0°	11,4
24	27,3	0,2	1,9	4,3	100%	0°	16,1
25	29,2	1,65	2,15	2,65	100%	0°	20,5

Tabelle 1: Messwerte

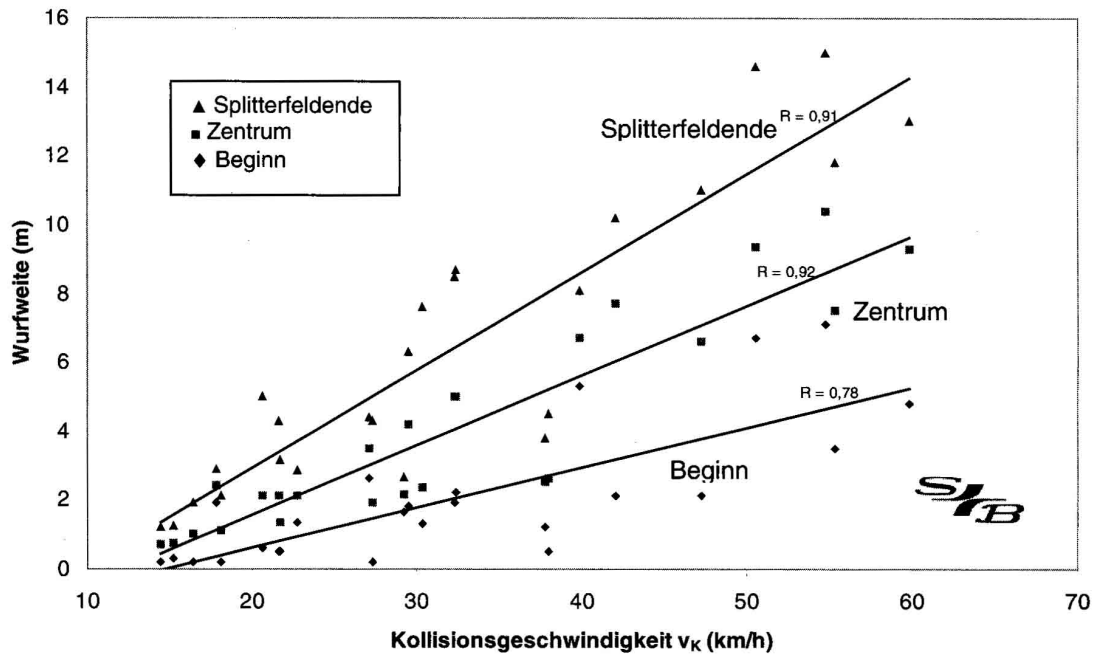


Diagramm 2: Splitterwurfweiten Versuche 1 bis 25
(Überdeckung 30% - 100%; Winkel 0° - 20°)

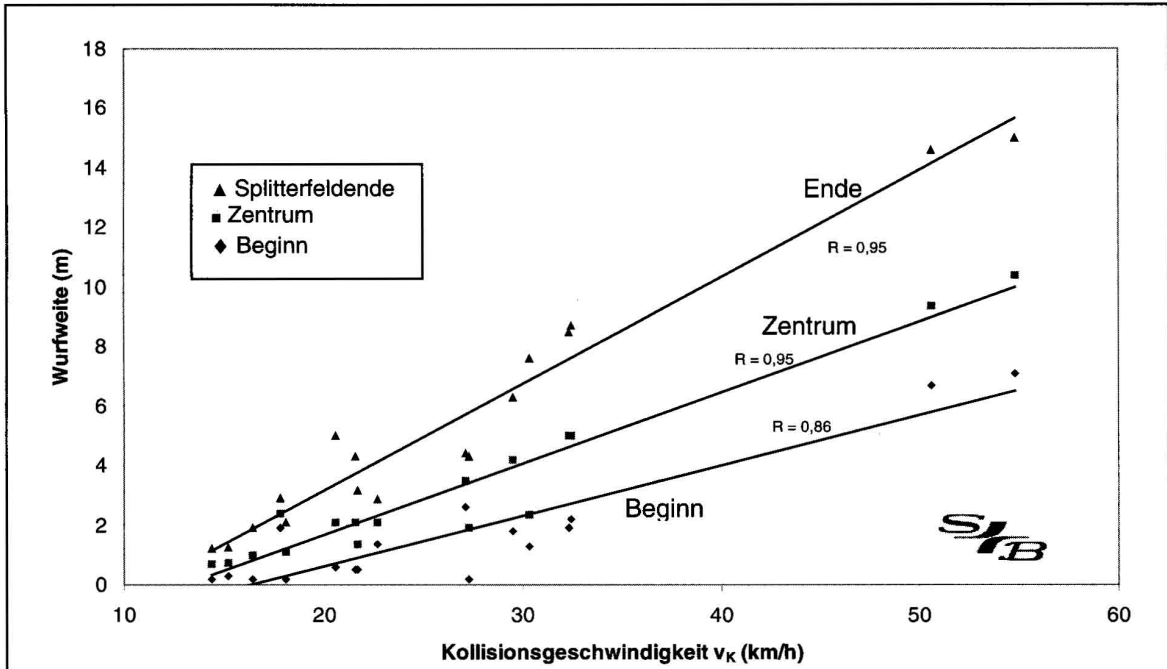


Diagramm 3: Splitterwurfweiten Versuche 9 bis 25
(Überdeckung 75% - 100%; Winkel $0^\circ - 10^\circ$)

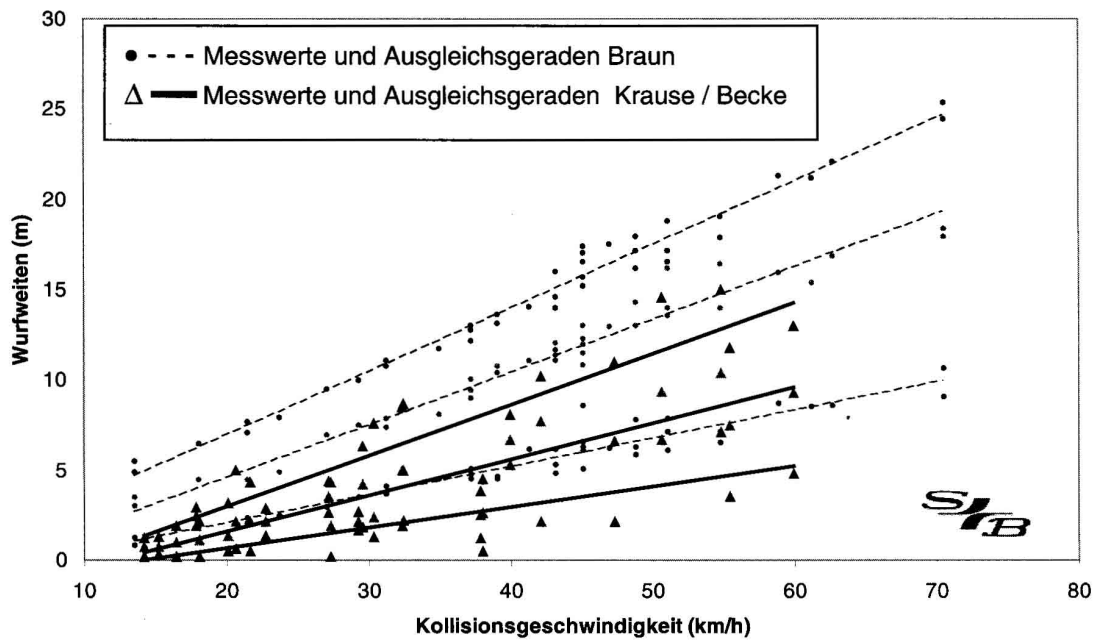


Diagramm 4: Zusammenfassung und Vergleich der Messwerte
(von Braun und Krause/Becke)

3.2 Vergleich der Wurfweiten von Braun und Krause/Becke

Schon 1980 gab es eine erste Untersuchung zu Splitterwurfweiten [1]. Im Vergleich zu dieser Veröffentlichung sind jedoch auf die erheblichen Unterschiede bei der Versuchsdurchführung hinzuweisen. Bei der damaligen Untersuchung lagen idealisierte Versuchsbedingungen vor. Als Versuchsträger wurde ein Pkw mit einer in der Höhe und in Längsrichtung verstellbaren Scheinwerferhalterung versehen. Beim Überfahren einer Fahrbahnschwelle wurde ein unter Federvorspannung stehender Schlagbolzen ausgelöst, der die Leuchteinheiten beim Auftreffen sofort zerstörte.

Jegliche Störgrößen waren bei diesen Versuchen ausgeschaltet. Es gab keine Behinderung oder Ableitung der Splitter durch Fahrzeugkörper in der Wurfbahn, kein Verschleppen der Splitter durch Überfahren und keine aerodynamischen Einflüsse. Bei einem Vergleich der Messwerte (s. a. zusammengefasste Daten in **Diagramm 4**) fällt auf, dass Braun bei gleicher Geschwindigkeit stets zu größeren Wurfweiten gelangte.

So lassen sich beispielsweise für eine Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h für die Datensätze Splitterwurfzentrum Differenzen von 5,6 m in der Wurfweite s feststellen (Braun $\rightarrow s = 13,4$ m und Krause / Becke $\rightarrow s = 7,8$ m).

Im Weiteren lässt sich in der Veröffentlichung von Braun eine viel größere Aufweitung bzw. ein größerer Winkel zwischen den Regressionsgeraden Splitterfeldbeginn und -ende erkennen. Während anhand der Messergebnisse aus Diagramm 2 für ein Splitterfeld mit einer Ausdehnung von etwa 7,2 m eine Kollisionsgeschwindigkeit von 50 km/h abzulesen ist, führen die unter [1] publizierten Werte lediglich auf eine Geschwindigkeit von ca. 33 km/h!

Neben den zuvor erwähnten Störgrößen sind die sehr unterschiedlichen Geradenverläufe im **Diagramm 4** auch darauf zurückzuführen, dass sich der Großteil der Splitter maximal mit der Auslaufgeschwindigkeit des angestoßenen Fahrzeugs lösen kann (s.a. Abschnitt 3.1). Im **Diagramm 5** wurden die von Braun ausgewiesenen Kollisionsgeschwindigkeiten den Stoßausgangsgeschwindigkeiten der angestoßenen Pkw gegenübergestellt. Vergleicht man den Verlauf der Regressionsgeraden für einen Geschwindigkeitsbereich bis etwa 35 km/h, lassen sich hohe Übereinstimmungen feststellen!

4 Fazit

Bei dieser Veröffentlichung wurde anhand von 25 Crash-Tests der Zusammenhang zwischen Kollisionsgeschwindigkeiten bzw. Stoßausgangsgeschwindigkeiten und Splitterwurfweiten bei Auffahrkollisionen auf stehende Pkw untersucht.

Insgesamt deuten die Messwerte einen linearen Zusammenhang der Parameter Kollisionsgeschwindigkeit bzw. Stoßausgangsgeschwindigkeit und Splitterlagen an. Bei Anstoßkonstellationen mit großer Überdeckung und geringem Winkel lagen relativ geringe Toleranzen vor. Bei ansteigenden Winkelgraden und kleineren Überdeckungen nahmen die Schwankungen um die Regressionsgerade zu. Eliminiert man den Masseneinfluss und setzt die Stoßausgangsgeschwindigkeit in Relation zur Splitterwurfweite, lässt sich eine leicht verbesserte Annäherungsgenauigkeit zwischen den Parametern aufzeigen (bezogen auf den vollständigen Datensatz).

Stellt man den von Braun ausgewiesenen Zusammenhang zwischen Kollisionsgeschwindigkeit und Splitterwurfweite einmal dem Verlauf gegenüber, der sich aus der Relation Stoßausgangsgeschwindigkeit zu Splitterwurfweite ergibt, lassen sich sehr ähnliche Geradenverläufe erkennen.

Bei den angegebenen Messwerten ist darauf hinzuweisen, dass bei allen Versuchen das angestoßene Fahrzeug zum Kollisionszeitpunkt stand. Damit sind die Ergebnisse nicht direkt auf ein Realunfallgeschehen zu projizieren, bei dem sich beide Fahrzeuge in Bewegung befanden.

Literaturhinweis

Braun, Dr. Ing. H.: Splitterwurfweiten: Eine experimentelle Untersuchung. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik Heft 2 (1980, S. 37 - 43). ■

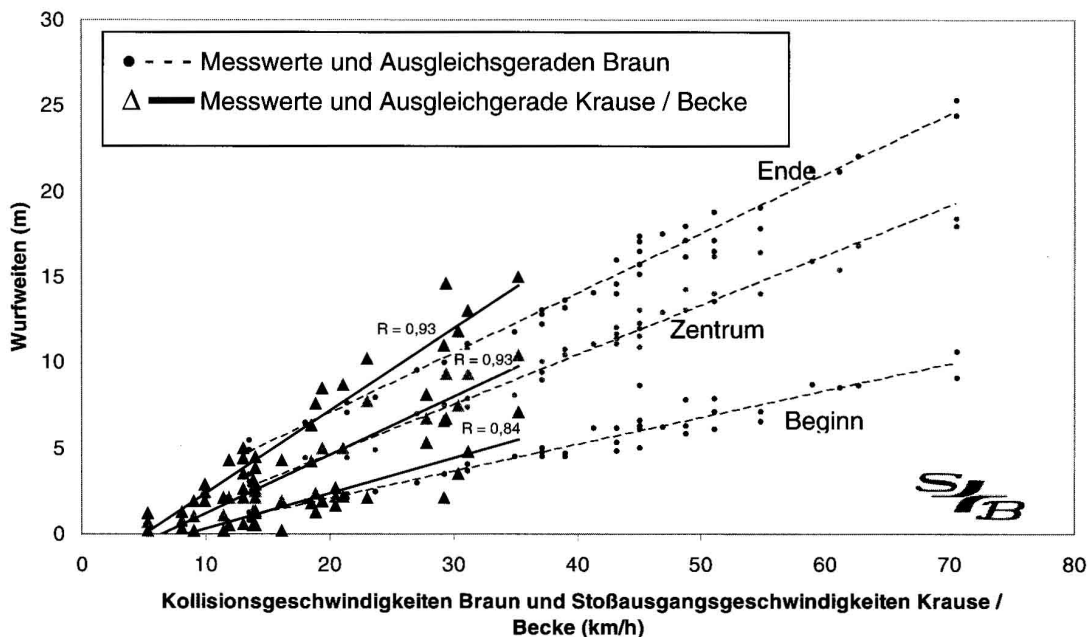


Diagramm 5: Zusammenfassung und Vergleich der Messwerte (von Braun und Krause/Becke)