

K.-H. Schimmelpfennig,
Manfred Becke

**Ausnutzung der Symmetriebedingungen beim
Impuls-Diagramm zur engeren
Eingrenzung der Kollisionsgeschwindigkeiten
unter gleichzeitiger Berücksichtigung
des Drallsatzes**

Rhomboid-Schnitt-Verfahren

Eine Hauptaufgabe in der forensischen Praxis der Unfallrekonstruktion ist die Rückrechnung der Fahrzeuggeschwindigkeiten zum Zeitpunkt der Kollision. In der Regel wird die sogenannte Rückwärtsrechnung angewandt. Dieses bedeutet, daß der Auslaufvorgang von der Endlage aus betrachtet wird, wodurch die Geschwindigkeiten nach der Kollision und hieraus die Geschwindigkeiten vor der Kollision ermittelt werden.

Diverse Autoren haben Methoden angegeben, mit deren Hilfe Fahrzeugkollisionen rekonstruiert werden können. Ein Vergleich dieser Methoden wurde von Rau durchgeführt.

Mit Hilfe des Impulssatzes lassen sich die Stoßvorgänge beschreiben. Man kann rechnerisch und grafisch Lösungen erarbeiten. Als grafische Möglichkeit wurde von Slibar das Impuls-Diagramm in einer besonderen Form als »Antriebs - Balance - Diagramm« publiziert. Es beschränkt sich auf die Bedingung der translatorischen Impuls-Erhaltung. Nach Konstruktion derartiger »Antriebs-Balance-Diagramme« kann die Bedingung zur Erhaltung des Drehimpulses rechnerisch überprüft werden.

Bei der Rekonstruktion müssen die Geschwindigkeiten nach der Kollision nach Größe und Richtung bekannt sein. Bei exzentrischen Stößen mit erheblichen Schleuderbewegungen liegt häufig eine große Unsicherheit in der Wahl der Auslaufrichtungen vor. Da auch die Auslaufverzögerung in Schranken zu berücksichtigen ist, sind die Auslaufimpulse sowohl in ihrer Richtung als auch in ihren Beträgen mit Toleranzen behaftet. Auf die Bedeutung der Auslaufanalyse wurde in diesem Zusammenhang von Rau wiederholt hingewiesen.

Entgegen der normalen Vorgehensweise bei der Konstruktion des »Antrieb-Balance-Diagrammes«, bei dem man die Auslaufimpulse mit den Spitzen zusammenzeichnet und durch die Enden Parallelen zu den Einlaufrichtungen zeichnet, wonach der Stoßantrieb durch Ausbalancieren gewonnen wird, wird ein Verfahren gezeigt, bei dem sich rhomboidförmige Lösungsbereiche ergeben, in denen die Auslaufimpulse und damit die Stoßimpulse enden. Bei diesem Verfahren werden die Einflüsse von tolerierten Auslaufimpulsen bildlich verdeutlicht. Insbesondere erhält man in übersichtlicher Form die minimalen und maximalen Eingangsimpulse, siehe Bild 1, 2, 3 und 4.

Dipl.-Ing. K.-H. Schimmelpfennig, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle, Lehrbeauftragter an der Fachhochschule Hamburg.

Dipl.-Ing. Manfred Becke, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle

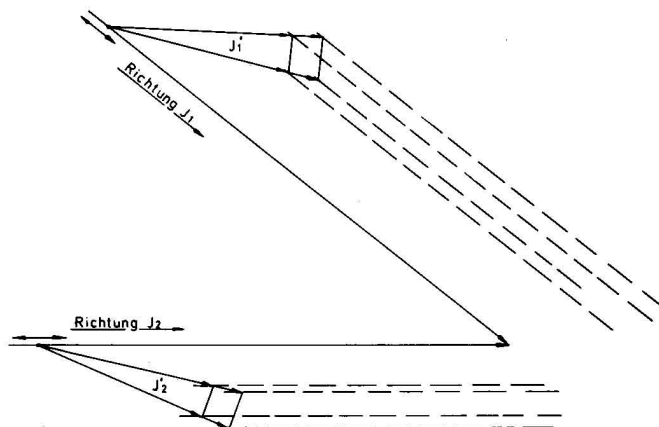


Bild 1
Geometrischer Ort für die Spitzen der Auslaufimpulse

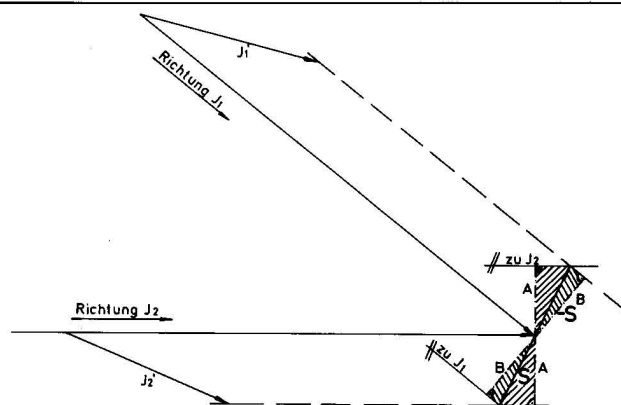


Bild 2
Spiegelung um die Einlaufimpulse

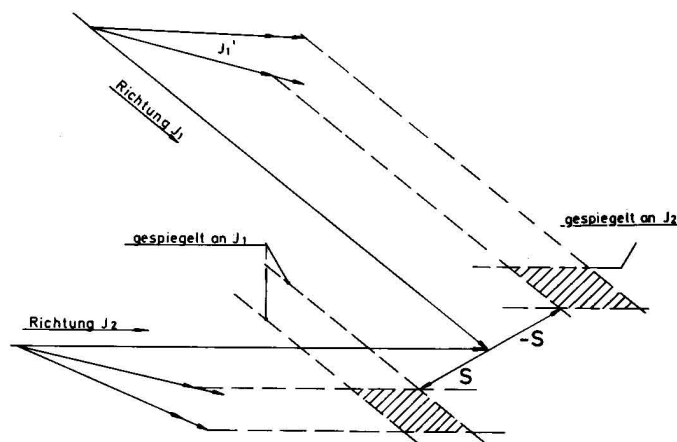


Bild 3
Ermittlung der Schnittfelder aus translatorischer Impulserhaltung

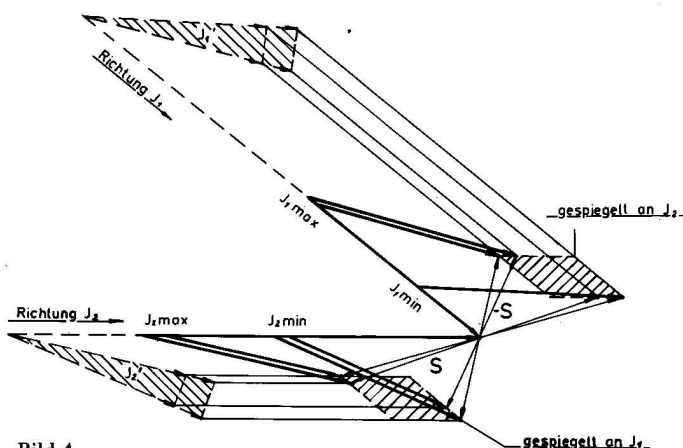


Bild 4
Bestimmung der minimalen und maximalen Einlaufimpulse

Inwieweit die hieraus erkennbaren Lösungen tatsächlich Lösungen darstellen, wurde bislang qualitativ über die Drehrichtung der Fahrzeuge überprüft, wie dieses aus der Lage des Stoßimpulses zum Fahrzeugschwerpunkt erkennbar ist. Als weitere Möglichkeit wurde bislang die gefundene Lösung mit Hilfe des Drallsatzes auf ihre Richtigkeit überprüft. Dieses geschieht mit der Gleichung

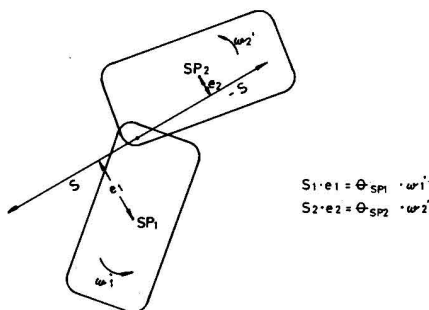
$$S \cdot e = \Theta \cdot \omega'$$

Hierzu wurden dem fertig konstruierten »Antriebs-Balance-Diagramm« sowohl der Stoßimpuls »S« als auch die Hebelarme zu den Schwerpunkten »e« entnommen, nachdem die Fahrzeuge maßstäblich in dieses Diagramm eingetragen wurden.

Dabei muß auf die Wichtigkeit der anzunehmenden Kollisionsstellung hingewiesen werden.

Es bietet sich nun an, auch bei der Einführung des Drallsatzes den grafischen Weg zu wählen. Hierzu muß zunächst, genauso wie bei der rechnerischen Überprüfung, die Anfangswinkelgeschwindigkeit nach der Kollision ermittelt werden. Dafür ist der jeweilige Auslaufvorgang näher zu untersuchen. Auf die hierbei auftretenden Schwierigkeiten wurde wiederholt in der Literatur eingegangen.

Für einen bestimmten ω' -Wert ergibt sich unter Kenntnis des Massenträgheitsmomentes des Fahrzeuges ein bestimmter Wert von $S \cdot e$. In das vorgestellte Impuls-Diagramm kann ein geometrischer Ort eingezeichnet werden, auf dem die Spitzen der Stoßimpulse liegen müssen, damit der Drallsatz erfüllt wird. Dieser geometrische Ort ergibt sich als Gerade, die parallel zur Verbindungslinie Kontaktpunkt – Schwerpunkt verläuft. Diese Gerade weist einen Abstand von $S \cdot e/a$ von dieser Verbindungslinie auf, wobei a die Entfernung zwischen Schwerpunkt und Kontaktpunkt ist, siehe Bild 5, 6 und 7.



Kontrolle des Ergebnisses über den Drallsatz

Bild 5
Drallsatz

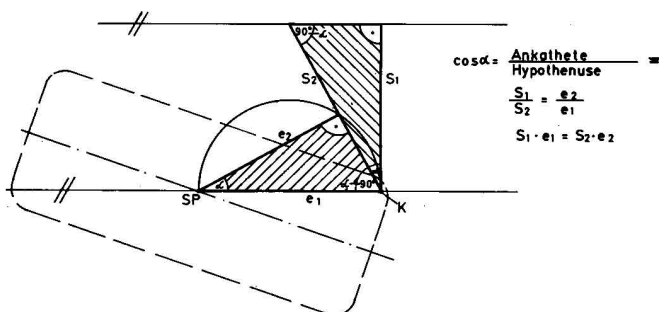


Bild 6
Darstellung der Parallelitäts-Bedingung

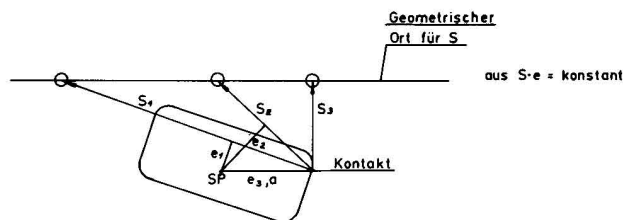


Bild 7
Herleitung der Ortslinie für den Stoßantrieb

Berechnet man tolerierte Werte für ω' , so erhält man als geometrischen Ort für die Spitze von S ein Band zwischen 2 Geraden für die Drehbewegung eines Fahrzeuges, siehe Bild 8.

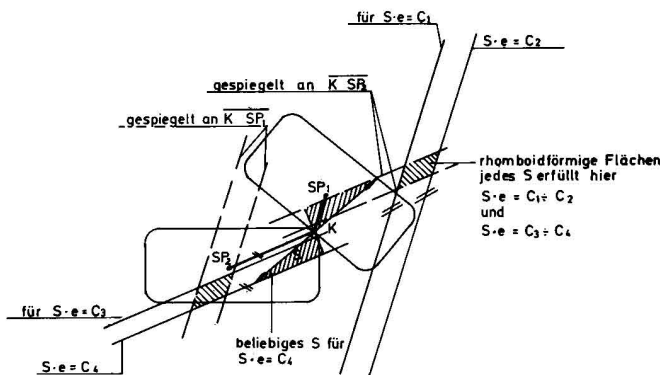


Bild 8
Ermittlung der Schnittfelder aus Drallsatz

Wie bei dem Lösungsverfahren für die translatorische Impulserhaltung ergeben sich durch Spiegelungen rhomboidförmige Flächen, in denen die Auslaufimpulse und damit die Stoßimpulse enden müssen, damit der Drallsatz erfüllt ist, siehe Bild 9, 10 und 11.

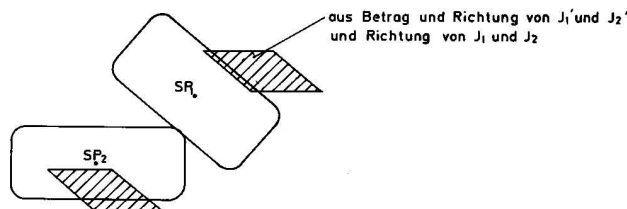


Bild 9
Schnittfelder aus translatorischer Impulserhaltung

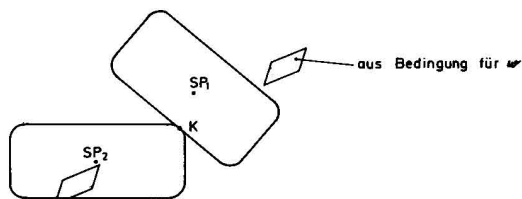


Bild 10
Schnittfelder aus Drallsatz

Die Rhomboid-Flächen aus der translatorischen und rotatorischen Impulserhaltung müssen sich zumindest teilweise schneiden.

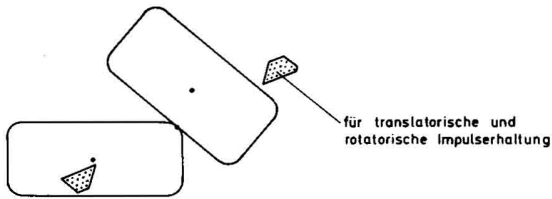


Bild 11
Gemeinsame Schnittfelder für die Lage des Stoßantriebes aus Impuls- und Drallsatz

Im Bereich der Überschneidungen sind die wahren Lösungen zu suchen. Überschneiden sich die Rhomboid-Flächen nicht, so sind die Ausgangsdaten, wie Winkelgeschwindigkeit nach der Kollision, Stoßauslaufrichtung und Stoßauslaufgeschwindigkeit zu überprüfen und dahingehend zu ändern, daß sich ein Schnittbereich ergibt, siehe Bild 12.

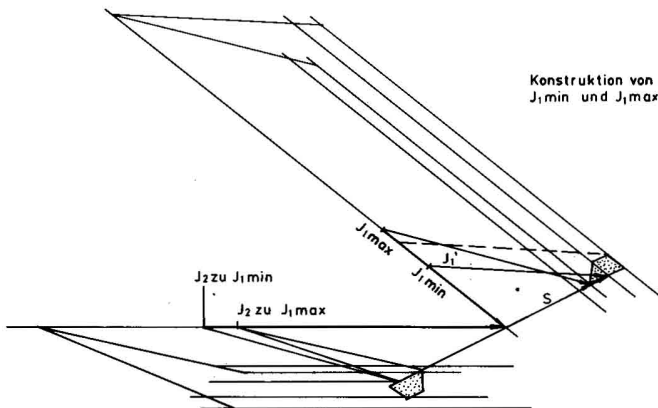


Bild 12
Bestimmung der minimalen und maximalen Einlaufimpulse bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Impuls- und Drallsatz

Das Rhomboid-Schnitt-Verfahren ermöglicht eine grafische Lösungsfindung, bei der die translatorische und rotatorische Impulserhaltung erfüllt ist, so daß Probiermethoden mit Kontrollrechnungen überflüssig werden.

Literatur

- 1 J. Halm, Erstmals Prüfung im Studienschwerpunkt »Kfz.-Sachverständigenwesen« an der Fachhochschule München
Der Verkehrsunfall, Juni 1975, S. 103 – 109
- 2 J. Halm, Prüfungsaufgabe im Fach »Unfallmechanik« an der Fachhochschule München,
Der Verkehrsunfall, September 1976, S. 158 – 164
- 3 E. Pestel, Technische Mechanik Teil II
BI Hochschultaschenbücher 206/206 a, 1969
- 4 K. Plankensteiner, Mathematische Grundlagen für die Rekonstruktion von Fahrzeugstößen
Dissertation TH Aachen, Jan. 1975
- 5 H. Rau, Methoden zur Rekonstruktion von Fahrzeugkollisionen
zbu Band 2, Heft 2, Nov 1976, S. 43 – 50
- 6 H. Rau, Probleme der Unfallrekonstruktion
Innere Sicherheit im Kraftfahrzeug, TÜV Rheinland 1979
- 7 H. Rau, Fahrzeugkollisionen, Analyse und Rekonstruktion von Verkehrsunfällen
Seminar der Technischen Akademie Wuppertal, Mai 1979
- 8 H. Schneider, Chrashversuche mit Personenkraftwagen
TÜV – Heft 21, 1976
- 9 A. Slibar, Das Antriebs-Balance-Diagramm als optimales Hilfsmittel der Unfallanalyse
Der Verkehrsunfall, Febr. 1973, S. 25 – 30
- 10 A. Slibar, Aussagewert und Schranken der Kollisionsanalyse nach Indizenstand
Der Verkehrsunfall, Oktober 1979