Stefan Schneider*

Beschleunigungsniveau beim Anfahren von Bordsteinen mit Pkw

1 Einleitung

Zur Rekonstruktion von Unfallabläufen, bei denen Anfahrvorgänge zu berücksichtigen sind, muß der Unfallrekonstrukteur bestimmte Werte für Anfahrbeschleunigungen zugrunde legen. Zwar gibt es bereits Untersuchungen zu diesem Thema [1], es wurden bisher jedoch noch keine Ergebnisse über Anfahrvorgänge veröffentlicht, bei denen Pkw von einem Bordstein anfuhren. Dabei ist zu erwarten, daß der Durchschnittsfahrer aufgrund des Höhenversatzes zwischen Bordstein und Fahrbahn und den damit verbundenen Wank- und Nickbewegungen des Fahrzeugs beim Anfahren vom Bordstein mit geringeren Beschleunigungen anfährt als bei Anfahrvorgängen auf einer ebenen Fahrbahn. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Anfahrbeschleunigungen bei Anfahrvorgängen von Bordsteinen gemessen.

2 Versuchsfahrten

Es wurden zwei unterschiedliche Arten von Anfahrvorgängen entsprechend der Darstellung nach **Bild 1** mit jeweils 10 Meßfahrten untersucht. Bei der ersten Versuchsserie stand der Pkw beim Anfahrbeginn mit den Rädern der rechten Fahrzeugseite auf dem Bordstein, während die Räder der linken Fahrzeugseite auf der Fahrbahn standen. Hierbei lag die Fahrzeuglängsachse beim Anfahrbeginn über der Bordsteinkante. Demgegenüber wurde der Anfahrvorgang bei einer zweiten Versuchsserie aus einer Anfahrposition begonnen, bei der das Fahrzeug vollständig auf dem Bordstein stand.
Die Versuche wurden mit verschiedenen Fahrern und Fahrerinnen im Alter von 20 bis 40 Jahren durchgeführt. Die Fahrer wurden angewiesen, einen in ihren Augen normalen Anfahrvorgang durchzuführen und nach dem Herabfahren vom Bordstein ohne Unterbrechung weiterzufahren. Die Bordsteinhöhe wurde im Bereich von 80 bis 140 mm variiert. Bei einer Bordsteinhöhe von 140 mm setzte das Fahrzeug bereits zum Teil auf, so daß höhere Bordsteine nicht mehr in die Versuchsserie aufgenommen wurden.
Als Ende des Anfahrvorganges wird der Zeitpunkt definiert, an dem das letzte Rad vom Bordstein herunter gefahren ist.

3 Meßtechnik

Als Versuchsfahrzeug wurde ein serienmäßiger VW Golf II mit einer Motorleistung von 55 kW verwendet. Das Fahrzeug wurde mit einem Unfalldatenspeicher (UDS) der Firma Mannesmann-Kienzle ausgerüstet, der unter dem Beifahrersitz montiert war. In dem Gerät sind Beschleunigungsaufnehmer zur Messung der Längs- und Querbeschleunigung integriert. Über den Tachoantrieb des Fahrzeuges und einem zwischengeschalteten Geber wird ein elektronisches Wegsignal erzeugt, welches durch das UDS-Gerät ebenfalls aufgezeichnet wird. Zur Bestimmung der Zeitspanne zwischen dem Anfahrbeginn und dem Herabfahren vom Bordstein wurden die Anfahrvorgänge mit einer Video-Kamera gefilmt.

*Dipl.-Ing. Stefan Schneider, Sachverständiger im Ing.-Büro Schimmelpfennig + Becke, Münsterstraße 101, 48155 Münster

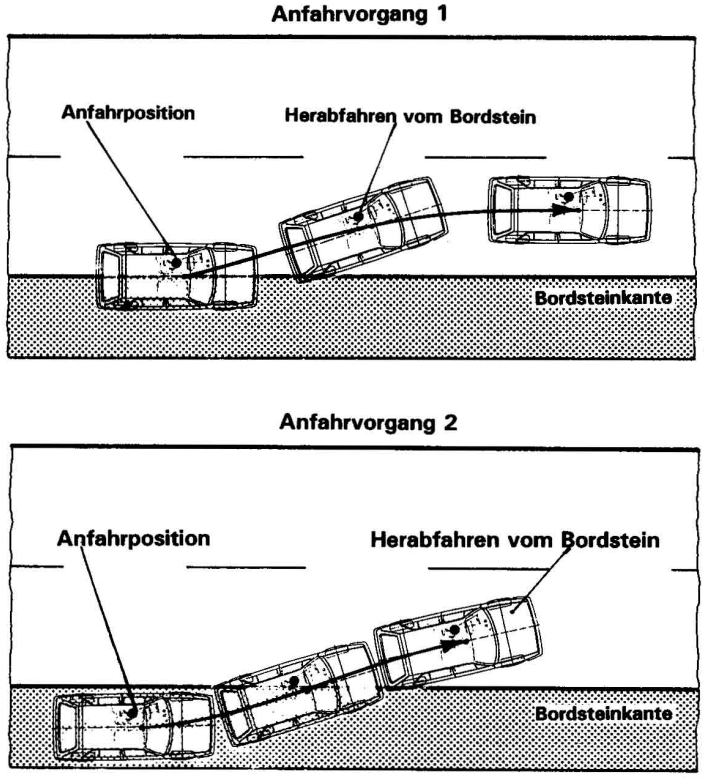


Bild 1 Bei den Meßfahrten berücksichtigte Anfahrvorgänge

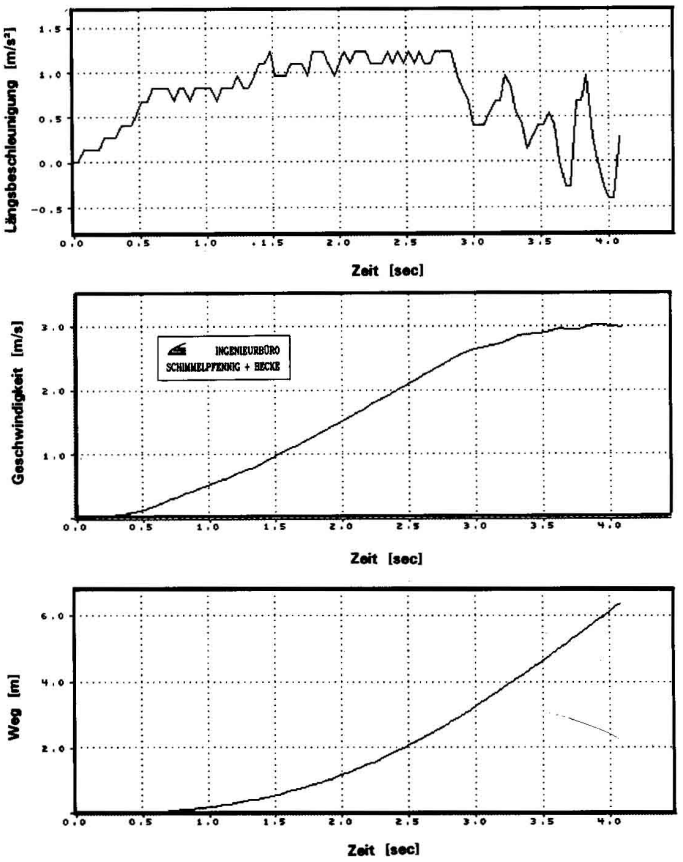


Bild 2 Zeitlicher Verlauf von Längsbeschleunigung, Geschwindigkeit und Weg bei Anfahrvorgang 1

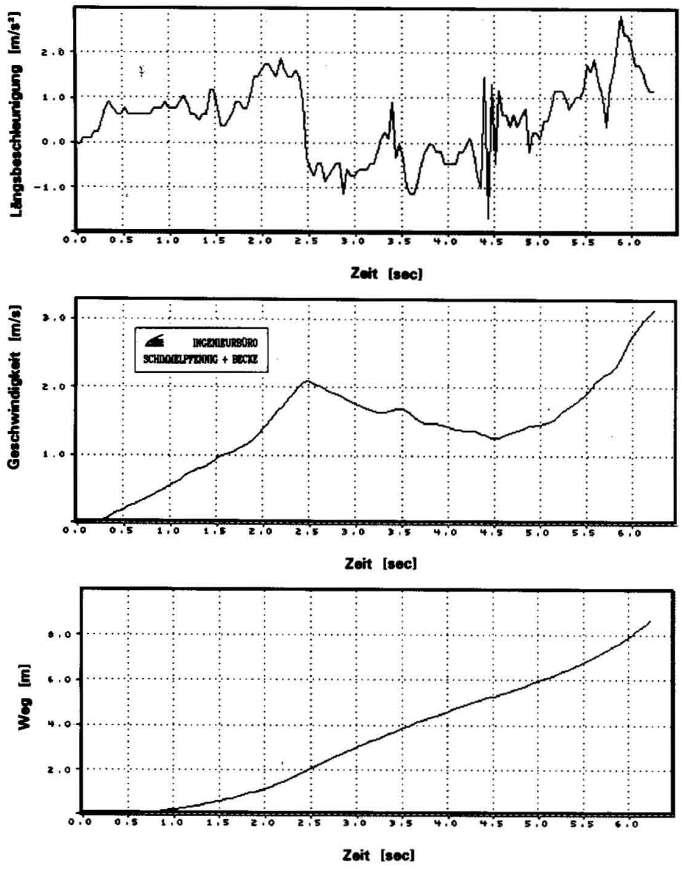


Bild 3 Zeitlicher Verlauf von Längsbeschleunigung, Geschwindigkeit und Weg bei Anfahrvorgang 2

Beim Herabfahren vom Bordstein kam es aufgrund der Fahrzeugneigung zu einer Einkopplung einer Komponente der Erdbeschleunigung in Längs- und Querrichtung, die zu einem systematischen Fehler der vom UDS-Gerät gemessenen Beschleunigung führte. Das Ausmaß dieser Einkopplung der Erdbeschleunigung wurde gemessen und bei der Verarbeitung der Meßdaten mit einem PC kompensiert.

4 Auswertung

Bild 2 und **3** zeigen beispielhaft die Längsbeschleunigung in Abhängigkeit von der Zeit zweier Anfahrvorgänge entsprechend den Anfahrvorgängen 1 und 2.

Ausgehend vom Anfahrbeginn steigen die Beschleunigungswerte zunächst kontinuierlich an. Nach ca. 0,5 s wird zunächst ein mittleres Beschleunigungsniveau erreicht, welches im weiteren Fahrverlauf deutlichen Schwankungen unterliegt.

Die maximal auftretenden Beschleunigungswerte lagen überwiegend im Bereich von 0,8 bis 1,5 m/s². Es ist deutlich zu erkennen, wie die Beschleunigungswerte insbesondere bei Anfahrvorgängen, die sich über eine relativ lange Wegstrecke erstrecken (Fahrverlauf 2) schwanken. Diese Schwankungen werden durch Gaswegnahme und z.T. durch Abbremsen des Fahrzeuges während des Herabfahren vom Bordstein verursacht. Zusätzlich treten dynamische Schwankungen der Meßwerte aufgrund von Nickbewegungen des Fahrzeuges auf.

Insbesondere in der ersten Phase des Anfahrvorganges und beim Abbremsen des Fahrzeuges weichen die Beschleunigungswerte von einem über den gesamten Anfahrvorgang gemittelten Wert ab. Ein konstanter Mittelwert der Längsbeschleunigung kann somit den gesamten Anfahrvorgang bis zum Herabfahren vom Bordstein nur begrenzt wiedergeben. Dem gegenüber stellen die Weg-Zeit-Verläufe, die durc zweifache Integration des Beschleunigungssignales ermittelt wurden, den Anfahrvorgang genauer dar.

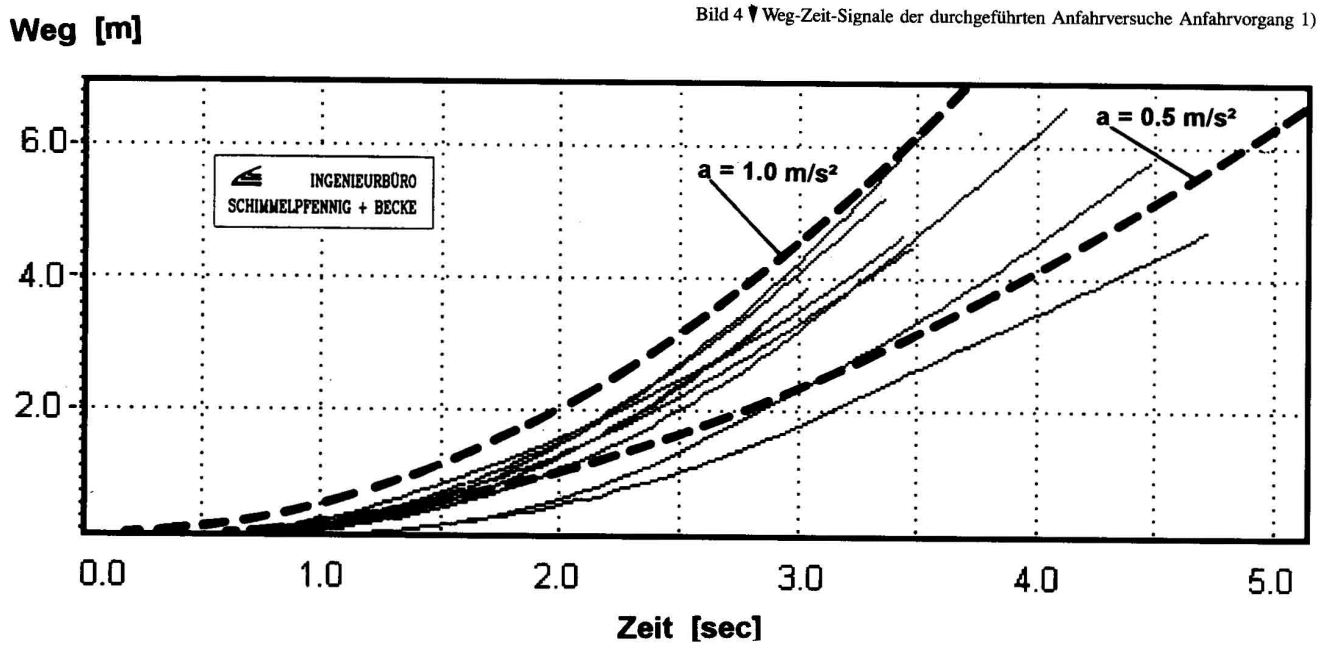
Bild 4 und **5** zeigen die durch zweifache Integration des Beschleunigungssignales ermittelten Weg-Zeit-Verläufe sämtlicher durchgeführter Anfahrversuche. Das jeweilige Kurvenende beschreibt den Zeitpunkt, an dem das Fahrzeug vollständig vom Bordstein heruntergefahren war. Ab diesem Zeitpunkt kann der weitere Anfahrvorgang unter Berücksichtigung bekannter mittlerer Anfahrbeschleunigungen beschrieben werden.

Die Wegstrecke, die das Fahrzeug vom Anfahrbeginn bis zum Herabfahren vom Bordstein zurücklegte, lag bei Anfahrvorgängen nach Fahrverlauf 1 zwischen 3,8 und 6,5 m und bei Fahrverlauf 2 zwischen 5 und 10 m.

Der Einfluß der Bordsteinhöhe im Bereich von 80 bis 140 mm auf das mittlere Beschleunigungsniveau war sekundär und wurde z.T. durch fahrerbedingte Unterschiede kompensiert.

In die Diagramme Bild 4 und 5 wurden zusätzlich Weg-Zeit-Verläufe von Anfahrvorgängen mit konstanter Anfahrbeschleunigung mit 0,5 und 1,0 m/s² eingetragen. Auch wenn ein einzelner Weg-Zeit-Verlauf aus der Versuchsserie nicht durch einen Anfahrvorgang mit konstanter

Bild 4 ▼ Weg-Zeit-Signale der durchgeführten Anfahrversuche Anfahrvorgang 1)



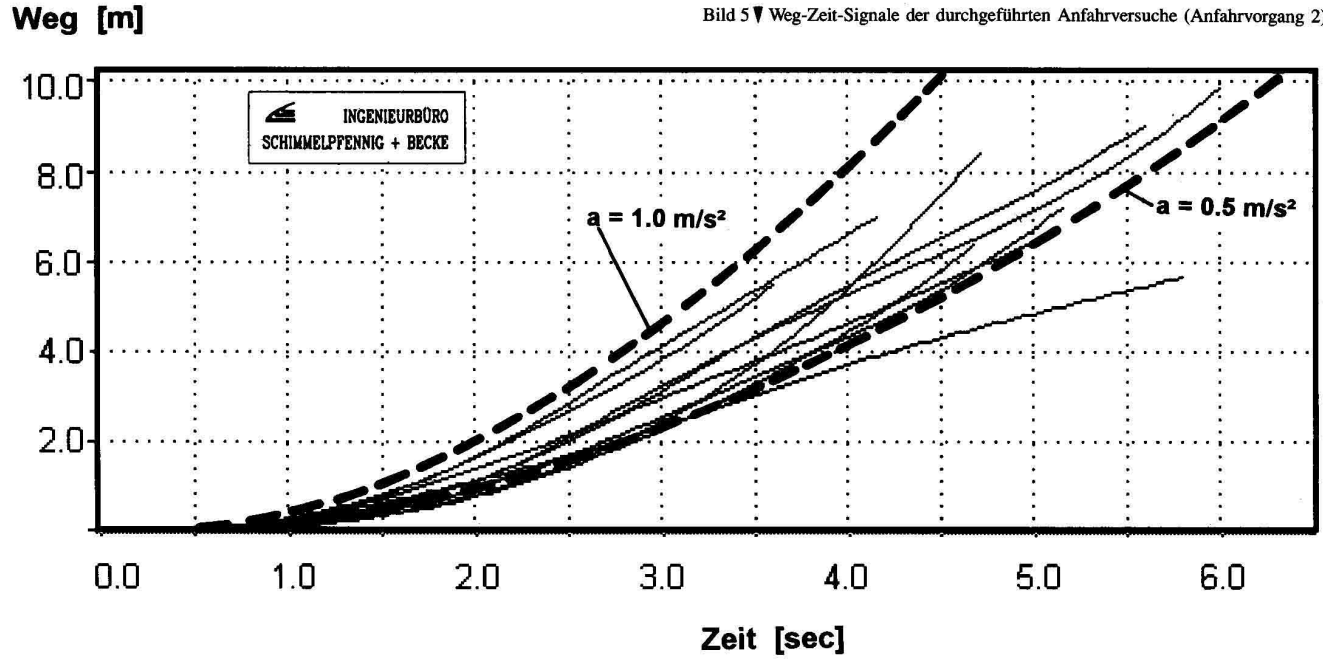


Bild 5 ▼ Weg-Zeit-Signale der durchgeführten Anfahrversuche (Anfahrvorgang 2)

Beschleunigung wiedergegeben wird, liegt dennoch nahezu die gesamte Kurvenschar der Weg-Zeit-Verläufe innerhalb der Kurven mit konstanter Anfahrbeschleunigung von 0,5 und 1,0 m/s². Geringfügige Abweichungen zwischen den gemessenen Weg-Zeit-Verläufen und den Kurven konstanter Beschleunigungen ergeben sich am Beginn des Anfahrvorganges bis etwa 1,5 s nach Anfahrbeginn. In diesem Bereich liegen die durch Messungen ermittelten Weg-Zeit-Verläufe weitestgehend unterhalb der Kurve, die einen Anfahrvorgang mit konstanter Beschleunigung von 0,5 m/s² beschreibt. Diese Abweichungen sind jedoch nur geringfügig. Im Rahmen der bei der Unfallkonstruktion erreichbaren Genauigkeit können Anfahrvorgänge von Bordsteinen somit durch konstante Anfahrbeschleunigungen im Bereich von 0,5 bis 1,0 m/s² in guter Näherung beschrieben werden.
Alternativ können die Kurvenscharen der Weg-Zeit-Verläufe nach Bild 4 und 5 direkt in ein Weg-Zeit-Diagramm übertragen werden.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Beschleunigungen von Pkw gemessen, die von Bordsteinen verschiedener Höhe anfuhren. Die Versuchsfahrer wurden zur Durchführung eines normalen Anfahrvorganges ohne Aufsetzen des Fahrzeugs auf den Bordstein angewiesen. Es wurden insgesamt 20 Anfahrvorgänge mit verschiedenen Fahrern untersucht. Die Beschleunigungswerte unterlagen vom Anfahrbeginn bis zum vollständigen Herabfahren vom Bordstein deutlichen Schwankungen, die durch Gaswegnahme und Abbremsen während des Herabfahrens vom Bordstein bedingt waren. Aus den zeitabhängigen Beschleunigungssignalen der Versuchsfahrten wurden durch zweifache Integration Weg-Zeit-Verläufe berechnet. Die Kurvenschar dieser Weg-Zeit-Verläufe wird in guter Näherung durch Weg-Zeit-Kurven konstanter Beschleunigung im Bereich von 0,5 bis 1,0 m/s² umschlossen. Lediglich am Beginn der Anfahrvorgänge innerhalb einer Wegstrecke von etwa 1 m nach Anfahrbeginn lagen die gemessenen mittleren Anfahrbeschleunigungen unterhalb 0,5 m/s².
Das mittlere Beschleunigungsniveau beim Anfahren von Bordsteinen liegt somit erwartungsgemäß deutlich unterhalb des durchschnittlichen Beschleunigungsniveaus auf ebener Fahrbahn [1].

Literaturnachweis

[1] Becke, Nackenhorst: »Anfahrbeschleunigungen von Personenwagen«, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Mai 1986 ■