

# Unsicherheiten der Geschwindigkeitsbestimmung aus EDR und Error Codes (DTCs) nach Unfällen

Dr. Tim Hoger  
Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke

## Zusammenfassung

Die Ermittlung der Einlaufgeschwindigkeit und der Kollisionsgeschwindigkeit ist ein Hauptbestandteil der Unfallrekonstruktion. Konventionell werden diese Geschwindigkeiten über Impuls- und Energiebetrachtungen sowie der Schäden eingegrenzt.

Durch die zunehmende Speicherung von elektronischen Daten können die gespeicherten Fahrdaten und eben auch die Geschwindigkeit manchmal nach einem Unfall ausgelesen werden. Ein verlockender – weil einfacher – Weg der Geschwindigkeitsbestimmung ist, die vorkollisionären Geschwindigkeiten – die beispielsweise im Rahmen von Fehler- oder Umgebungsdaten gespeichert werden – mit der Kollisionsgeschwindigkeit gleichzusetzen. Diese Herangehensweise wird im Folgenden kritisch hinterfragt.

## Grundlagen

### **Geschwindigkeitsbestimmung**

*Historisch wurde die Geschwindigkeit an einem Rad abgegriffen und dem Fahrer über ein Zeigerinstrument dargestellt. Hierzu war es erforderlich, eine Tachowelle vom Rad zum Tacho zu verlegen. Moderne Fahrzeuge verfügen über einen ABS-System, das ohnehin die Raddrehzahlen sehr genau bestimmt. Es bietet sich somit an, die Geschwindigkeit aus diesen Raddrehzahlen zu bilden. Die einfachste Art der Geschwindigkeitsbestimmung wäre – wie früher – lediglich ein Rad zur Geschwindigkeitsbestimmung heranzuziehen. Diese Art der Geschwindigkeitsbestimmung ist aufgrund von Schlupf eine sehr fehleranfällige Art der Geschwindigkeitsbestimmung. Durch die digitale Erfassung aller Raddrehzahlen sind auch andere Vorgehensweisen möglich. Beispielsweise könnte der Mittelwert aller vier Räder oder auch eine achsweise Geschwindigkeitsbestimmung erfolgen. Möglich sind auch Kombinationen je nach Fahrvorgang, auch Maximalwerte oder Minimalwerte sind vorstellbar. Ohne die*

*Kenntnis der Geschwindigkeitsbildung kann eine gespeicherte Geschwindigkeit nicht ohne weiteres auf das Unfallgeschehen übertragen werden, weshalb hierzu Versuche durchgeführt wurden.*

### **Speicherzeit**

*Ein weiterer kritischer Faktor in der Bestimmung der Geschwindigkeit ist der genaue Zeitpunkt der Speicherung, wenn sich die Geschwindigkeit – beispielsweise im Rahmen eines Unfallgeschehens – schnell ändert, also hohe Beschleunigungen auftreten. In diesem Fall ist es erforderlich zu wissen, wann die entsprechende Geschwindigkeit gemessen und wann gespeichert wird. Zusätzlich ist zu untersuchen, ob diese Zeitdifferenz konstant ist oder ob sich beispielsweise, je nach Belegung des Datenbusses, unterschiedliche Verzugszeiten ergeben können. Bei einer zeitlichen Differenz zwischen Messung und Speicherung von beispielsweise 0,2 s ist dann nicht mehr zu unterscheiden, ob der entsprechende Geschwindigkeitseintrag vor, während oder*

nach der Kollision erfolgte. Eine Verwendung der gespeicherten Geschwindigkeit ist dann nur als Grenzbetrachtung möglich.

### Versuch Geschwindigkeitsbestimmung

Um die Geschwindigkeitsbildung zu analysieren, wurde ein Audi A 6 (Typ 4F) auf eine Bühne gehoben, so dass die Räder frei drehbar waren. Die Fahrzeugdaten wurden über einen CAN-bus-recorder aufgezeichnet. Durch den Antrieb der verschiedenen Räder können so verschiedenste Fahrzustände simuliert werden.

In der Abb. 1 sind die verschiedenen Raddrehzahlen (vorne links: rot, vorne rechts: grün, hinten links: blau, hinten rechts: violett und die gespeicherte Radgeschwindigkeit: schwarz) für verschiedene Raddrehungen dargestellt. Wird ausschließlich das Rad vorne links gedreht, folgt eine Geschwindigkeit, die etwa halb so groß wie die Radgeschwindigkeit des vorderen linken Rades ist (1). Das gleiche Verhalten erzeugt eine Drehung des vorderen rechten Rades (2). Eine einzelne Drehung des hinteren linken oder hinteren rechten Rades, siehe (3) und (4), führt hingegen zu keiner Geschwindigkeit.

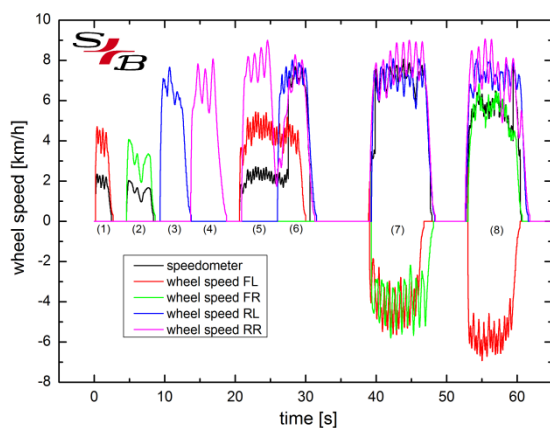


Abbildung 1: Radgeschwindigkeiten und angezeigte Geschwindigkeit

Wird das vordere linke Rad in Kombination mit dem hinteren rechten Rad gedreht (5) so hat das hintere rechte Rad keinen Einfluss, es wird lediglich die halbe Geschwindigkeit der zugehörigen Raddrehzahl des vorderen linken

Rades gespeichert. Erst wenn das linke hintere Rad in Verbindung mit dem rechten hinteren Rad gedreht wird (also achsweise), steigt die gemessene Geschwindigkeit auf die Geschwindigkeit der hinteren Räder an. Das einzelne vordere linke Rad und das vordere rechte Rad hat dann keinen Einfluss mehr. Das gleiche Verhalten ist auch aus (7) zu erkennen, bei dem die Räder der Hinterachse auf eine Vorwärtsgeschwindigkeit von rund 8 km/h gedreht wurden und die Vorderräder auf rund 4 km/h rückwärts. In diesem Fall dominiert die Geschwindigkeit der Hinterradachse. Erst wenn ein zusätzliches Rad vorwärts gedreht wird, wie dies in (8) dargestellt ist, wird diese – geringere Geschwindigkeit – übernommen. Insgesamt zeigt sich somit, dass die Bestimmung der Geschwindigkeit aus den einzelnen Raddrehzahlsensoren alles andere als trivial ist und je nach Situation einer genauen Prüfung bedarf.

Zusätzlich ist vorstellbar, dass die Geschwindigkeitsbestimmung von der Beschleunigung abhängt, also davon, ob das Fahrzeug beschleunigt oder bremst. Um dies zu untersuchen, wurden das in der Abb. 2 dargestellte Fahrzeug zusätzlich mit einem data-logger (zusätzlich zu dem CAN-bus-recorder) ausgestattet.



Abbildung 2: Messsensorik im Audi A6

In der Abb. 3 ist ein Fahrvorgang wiedergegeben, bei dem aus dem Stand auf eine Geschwindigkeit von rund 60 km/h maximal beschleunigt und anschließend maximal gebremst wurde. Während des Anfahrens drehten das vordere linke Rad und das vordere rechte Rad durch, siehe (1), wodurch die Geschwindigkeit abrupt zunahm. Auch wenn nur das vordere rechte Rad durchdreht, siehe (2), kommt es zu einem

unnatürlich starken Anstieg der Geschwindigkeit.

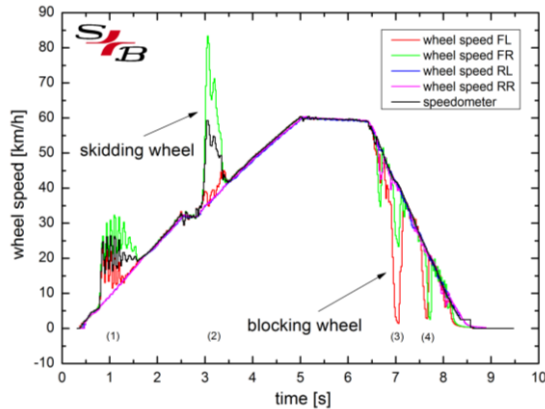


Abbildung 3: Radgeschwindigkeiten und angezeigte Geschwindigkeit bei beschleunigter und gebremster Fahrt

Bei einer Bremsung des vorderen rechten und vorderen linken Rades, siehe (3) und (4), wird daraus zunächst erwartet, dass die Geschwindigkeit ebenso stark abfallen würde, wie sie im (1) und (2) ansteigt. Tatsächlich erfolgt dies nicht, die Geschwindigkeit wird in diesem Fall konstant aus der Hinterradachse übernommen.

Insgesamt folgt somit, dass entweder durchdrehende Vorderräder die gespeicherte Geschwindigkeit anheben, während blockierende Vorderräder die gespeicherte Geschwindigkeit NICHT senken oder eine Beschleunigungsabhängigkeit vorliegt.

### Versuch Speicherzeiten

Die Erfassung der Geschwindigkeit über die Radrehzahlsensoren ist schnell, vergl. Abb. 1. Es erfolgt eine Speicherung und Weitergabe der Daten in der Größenordnung von 20 ms. Es stellt sich die Frage, ob auch andere Einträge, beispielsweise Fehlerspeichereinträge, mit ähnlich kurzen Zeitintervallen übertragen und gespeichert werden. Da solche Fehlerspeichereinträge im Allgemeinen nicht sehr zeitkritisch sind, ist eher nicht zu erwarten, dass eine unmittelbare Speicherung – mithin innerhalb von wenigen Millisekunden – erfolgt.

In der Abb. 4 ist hierzu der experimentelle Aufbau dargestellt. Die Befestigung des Gyrosensors des Fahrzeug-ESP-Systems wurde gelöst. Während der Fahrt wird der Gyrosensor schlagartig verdreht, was zu inkonsistenten Werten im ESP-System führt.

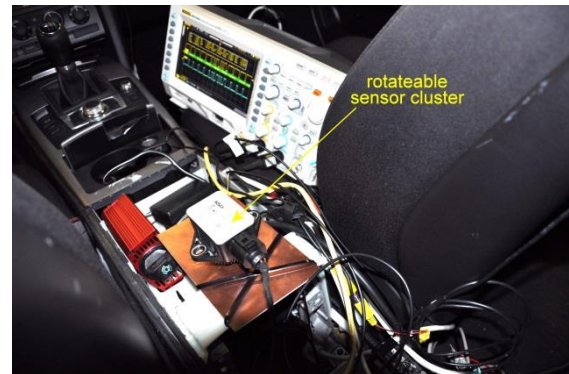


Abbildung 3: Gelöster ESP-Sensor, drehbar gelagert

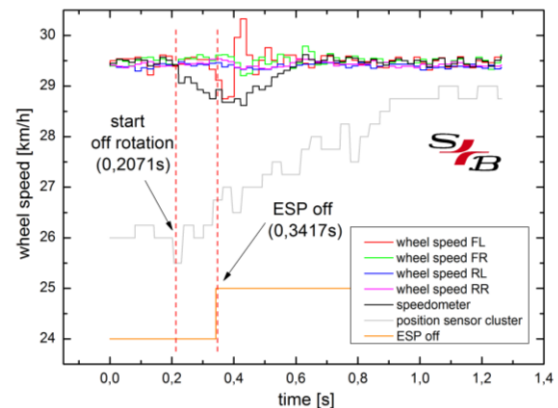


Abbildung 4: Verzugszeit in der Speicherung von 0,13 s

In der Abb. 5 sind die CAN-bus-Daten des Versuchs wiedergegeben. Im oberen Bereich sind die Radgeschwindigkeiten in der gleichen Farbgebung dargestellt wie in den Abbildungen zuvor. Die Rotation des sensor clusters begann bei der Zeit 0,2071 s. Erst nach einer Zeit von 0,13 s wird der Fehlereintrag in Form eines ESP-Fehlers bei der Zeit 0,3417 s erzeugt. Geht man von einer typischen Kollisionsdauer von 0,1 s aus, ist dann nicht mehr zuzuordnen, ob der

*Geschwindigkeitswert vor, während oder erst nach der Kollision erzeugt wurde. Es können mithin so lange Verzugszeiten durch die Übertragung und Speicherung entstehen, dass die eingetragenen Geschwindigkeitswerte nicht mehr eindeutig einem Zeitpunkt vor, während oder nach der Kollision zugeordnet werden können.*

*Im vorigen Abschnitt wurde dargestellt, wie die angezeigte Geschwindigkeit aus den Radgeschwindigkeiten bestimmt wird. Betrachtet man in der Abb. 5 den Verlauf der angezeigten Geschwindigkeit, so nimmt diese mit der Drehung des sensor clusters ab obwohl die Raddrehzahlen eine solche Abnahme nicht aufweisen. Weitere Untersuchungen hierzu sind somit zum Verständnis erforderlich.*

#### **Ausblick**

*Im Rahmen des Vortrags werden weitere experimentelle Ergebnisse aus Fahrversuchen und Crashtests gezeigt, bei denen eine Aufzeichnung der CAN-bus Daten und eine spätere Analyse erfolgte.*

#### **Zusammenfassung**

*In dem vorliegenden Artikel wurden die Zusammenhänge der verschiedenen Radrehzahlsensoren zur Erzeugung des Geschwindigkeitssignals diskutiert. Bei durchdrehenden Rädern, also einer beschleunigten Fahrt, wird die gespeicherte Geschwindigkeit angehoben, bei blockierenden Rädern, also bei einer Bremsung, wird die Geschwindigkeit über die Raddrehzahlsensoren der Hinterräder bestimmt. Wird nur ein Hinterrad gedreht, hat dieses nicht zwangsweise einen Einfluss auf den gespeicherten Geschwindigkeitswert.*

*Die Geschwindigkeitseinträge bei Fehlercodes können zeitlich deutlich verzögert gespeichert werden, wie am Beispiel einer Fehlermeldung aus dem ESP-Steuergerät gezeigt werden konnte, mit Verzögerungen bis 150 ms. In diesem Fall ist die gespeicherte Geschwindigkeit zeitlich nicht mehr dem Bereich vor, während oder nach der Kollision zuzuordnen.*

*Insgesamt muss damit bei einem instabilen Fahrvorgang sehr genau überprüft werden, ob und wie die gespeicherten Daten für eine Geschwindigkeitseingrenzung geeignet sind.*

#### **Contact**

Dr. Tim Hoger, Dr. Ingo Holtkötter  
Münsterstraße 101

48155 Münster, Deutschland

e-mails:

hoger@ureko.de, holtkoetter@ureko.de

tel: +49 2506 820-0