

Entwicklung und Evaluation eines MMI für funkgestützte Unfallwarnungen

C. Schneider, K. Dahmen-Zimmer, M. Kostka, C. Marberger, A. Zimmer

Lehrstuhl für Experimentelle und Angewandte Psychologie, Universität Regensburg

Zusammenfassung

Viele schwere Unfälle im Straßenverkehr ereignen sich in unübersichtlichen Streckenabschnitten oder bei schlechten Sichtverhältnissen. Ein entscheidender Parameter zur Vermeidung einer Kollision ist die Geschwindigkeit, mit der man sich einem Hindernis nähert. Ein von der Universität Regensburg zusammen mit der Automobil- und Zulieferindustrie evaluiertes Warnsystem versucht durch Funkübertragung sich annähernde Fahrzeuge rechtzeitig vor potentiellen Gefahrenstellen zu warnen.

In der ersten Phase der experimentellen Evaluation wurden verschiedene Darstellungsmöglichkeiten eines MMI (Man-Machine-Interface) zur Übermittlung der Gefahrenwarnung im Fahrsimulator untersucht. Kriterien waren hierbei eine leicht erfassbare visuelle Darstellung, eine effektive akustische Ankündigung mit Sprachausgabe, sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Fehlalarm-Quoten.

In der zweiten Phase der experimentellen Evaluation wurden die Erkenntnisse der Simulatorversuche für die Konstruktion eines Prototypen genutzt, der in einem Feldversuch erprobt wurde. Kriterien waren neben Geschwindigkeitsverläufen und Blickverhalten, die durch Experten (Fahrlehrer) eingeschätzte Auswirkung einer Warnung auf die Verkehrssicherheit in der jeweils vorgegebenen Situation. Außerdem wurden Daten zur Akzeptanz des Systems und zur subjektiven Beurteilung in Form von Situationsfragebögen erhoben.

Die festgestellten Geschwindigkeitsverläufe zeigen, dass durch die Warnung vor einer potentiellen Gefahrenstelle eine deutliche Reduzierung von Auffahrunfällen zu erwarten wäre, eine ausreichende Dichte von Fahrzeugen mit eingebautem System vorausgesetzt. Die im Fahrversuch mitfahrenden Experten notierten in der überwiegenden Zahl der Fälle einen deutlichen Sicherheitsgewinn. Eine hohe Akzeptanz und ein eindeutiger subjektiver Sicherheitsgewinn der Probanden lässt eine große Bereitschaft zur Nachrüstung vorhandener PKW erwarten.

Einleitung

Nach Schätzungen für die USA könnten 60 % von Kreuzungs- und 30 % aller Auffahrunfälle vermieden werden, wenn der Fahrer eine halbe Sekunde länger Zeit zum Reagieren hätte. In den Sekunden vor dem Unfall durchläuft der Fahrer ein Kontinuum von normaler Fahrt ohne Vorkommnisse bis zur aktuellen Kollisionssituation. Der Aufwand, um den Unfall zu vermeiden, steigt mit abnehmender Zeit dramatisch an. Früh, in der „Precrash phase“ genügt ein Hinweis, am Ende ist der Unfall unvermeidlich (Dingus et al. 1998). Bei einem nicht unerheblichen Teil der Verkehrsunfälle steht dem Fahrer aufgrund unübersichtlicher Bedingungen an Stauenden oder aufgrund schlechter Sichtverhältnisse nur wenig Zeit zur Verfügung um situationsadäquat zu reagieren. Hier kann die heutige Technik den Fahrer unterstützen und vor Hindernissen warnen, noch bevor der Fahrer diese selbst erkennen kann. Auf diese Weise gewinnt der Fahrer die Zeit um angemessen zu reagieren und einen Unfall zu vermeiden.

Als frühe Information für den Fahrer bietet sich die direkte Übermittlung von Unfall- und Stauinformationen zwischen den Fahrzeugen mittels eines Funkwarnsystems an. Dieses informiert, wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt, im Radius von etwa 1km sich nähernde Fahrzeuge über potentielle Gefahrenstellen, was besonders bei schlechten Sichtverhältnissen, z.B. hinter Kurven, Kuppen, bei Nebel und starkem Verkehr auf der Autobahn dem Fahrer Zeit gibt, auf Gefahrenstellen zu reagieren. Nur Fahrzeuge, die sich der Gefahrenstelle nähern, werden gewarnt.

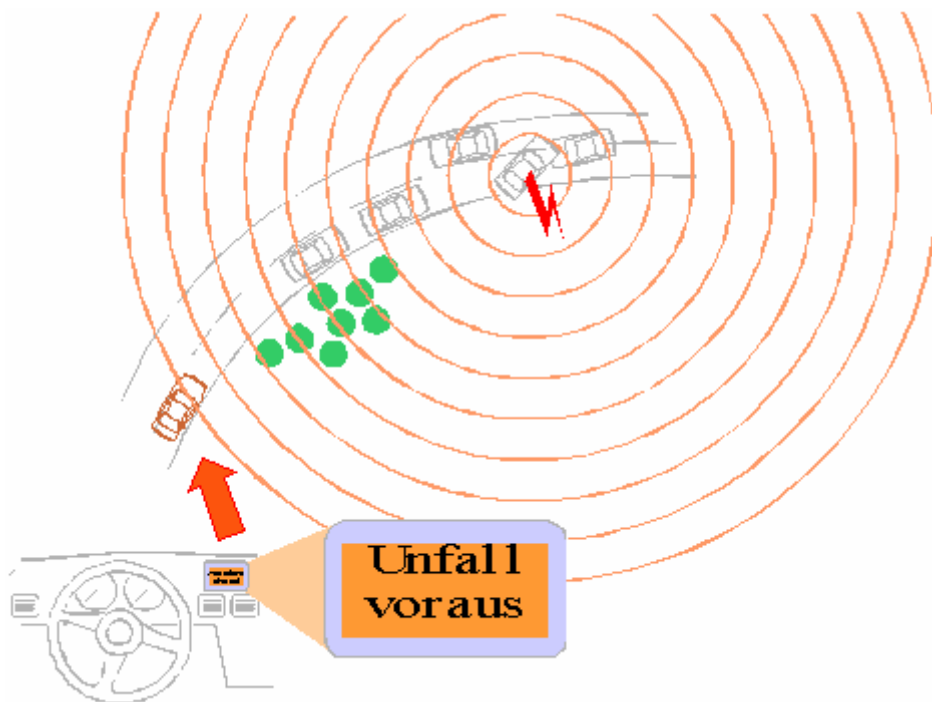


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Funktionsweise, nur Fahrzeuge, die sich der Gefahrenstelle nähern, werden gewarnt

Methodisches Vorgehen

Die Vorarbeiten, umfassten eine umfangreiche Literatur- und Internetrecherche und eine Fragebogen-Untersuchung zu den Erwartungen der potentiellen Nutzer an ein Funkwarngerät. Der Entwurf eines MMI auf Grundlage der technischen Vorgaben wurde in Laborexperimenten auf Wahrnehmbarkeit, Verständlichkeit, kognitive Verarbeitungszeit, und Handlungsrelevanz für den Fahrer untersucht und verbessert. In Simulator- und Feldexperimenten wurden die Prototypen experimentell evaluiert.

Elemente des Anzeigerätes

Das Anzeigemodul für die Firma Bosch (vgl. Abbildung 2) gliedert sich in zwei Bereiche: Auf der linken Seite wird dem Fahrer Information über die Art des kritischen Ereignisses geboten. Die Symbole „Gefahr“ und „Achtung“ stellen sowohl in Größe als auch in der Benennung eine Abstufung dar. Gefahr steht für Unfälle und weitere als sehr kritisch eingestufte Ereignisse, Achtung wird an den Fahrer ausgegeben, wenn z. B. ein Schwertransport oder ähnliches Hindernis vor dem Fahrzeug zu erwarten ist. Das Symbol Stau wird bei Annäherung an ein Stauende ausgegeben. Diese „Ereignissymbole“ leuchten bei Ausgabe einer Meldung stetig. Sie verlöschen erst nachdem die ankommenden Warnungen vom Funkwarngerät als nicht mehr relevant für das eigene Fahrzeug registriert werden.

Auf der rechten Seite des Anzeigefeldes wird dem Fahrer Information über die Entfernung und Fahrspur des zu erwartenden Hindernisses bereitgestellt. Befindet sich das Hindernis auf der eigenen Fahrspur wird die Annäherung an die Gefahrenstelle mittels des allgemeinen Gefahrensymbols – entsprechend dem üblichen Verkehrszeichen nach Straßenverkehrsordnung – dargestellt, das in drei unterschiedlichen Größen aufleuchtet. Je nach Entfernungsbereich (Abstand zum Sender) leuchtet von ca. 1000m bis 500m das kleinste, von 500m bis 250m das mittlere und ab 250 m das größte Symbol auf, um die Annäherung an die Unfall-/Gefahrenstelle anzudeuten. Befindet sich das Hindernis auf der Gegenfahrbahn, so könnten mit Störungen wie ausweichenden Fahrzeugen und Behinderungen auftreten; in diesem Fall wird die Darstellung mit einer Anzahl variabler Punkteketten symbolisiert.

Die optische Warnmeldung wird begleitet von einer Sprachausgabe, die sowohl Art als auch Entfernung des Hindernisses ankündigt.

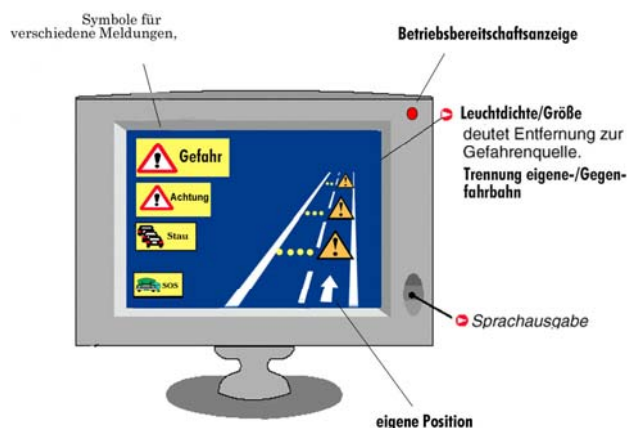


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Systemversion Fa. Bosch

Im Entwurf für die Firma BMW wird auf die Darstellung der Informationen zur Gegenfahrbahn verzichtet, dafür wird die Warnmeldung mit einem fahrzeugtypischen harmonisch verklingendem Gong angekündigt und es werden statt eines externen Gerätes der Bordmonitor und die Textzeile unterhalb des Tachometers verwendet.

Simulatorexperiment

Beide Prototypen (Bosch / BMW) wurden im videobasierten Fahrsimulator des Lehrstuhles hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Fahrer untersucht. Im Fahrsimulator ist es möglich, neue Geräte unter Einbeziehung auch potentiell gefährlicher Fahrsituationen hinsichtlich Ablenkung oder Erschrecken des Fahrers, Vollbremsungen oder Lenkfehlern gefahrlos zu prüfen. Ein weiterer Vorteil der Simulatorsituation ist, dass jeweils die gleichen Fahrsituationen unter unterschiedlichen experimentellen Bedingungen (mit / ohne Warnsystem, Fehlalarm, miss) „durchfahren“ werden können. Von besonderem Interesse im Hinblick auf das Funkwarngerät sind dabei die Auswirkungen unterschiedlicher „miss“ - und „false alarm“ - Raten.



Abbildung 3: Prototypischer Aufbau für BMW im Simulator

Am Simulator-Experiment nahmen insgesamt 70 Versuchspersonen teil. 40 der Versuchspersonen (20 Fahrer im Alter von 23 bis 33 Jahren, 20 im Alter von 45 bis 65 Jahren) fuhren mit dem Bosch – System. 30 Versuchspersonen (21 Männer und 9 Frauen im Alter zwischen 33 und 68 Jahren) evaluierten das BMW – System.

Nach der Fahrt im Simulator wurde jeweils eine subjektive Bewertung des Gerätes durch die Versuchsteilnehmer vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass 70 % der Fahrer eine Entfernungsangabe in der Sprachausgabe wünschen. Fehlmeldungen werden von 1/3 aller Fahrer gut akzeptiert, 2/3 empfinden sie als störend, wobei „misses“ als belastender empfunden werden. Die Versuchspersonen bestätigen alle einen hohen subjektiven Sicherheitsgewinn.

Die Auswertung der Fahrdaten (vgl. Abbildung 4), die während der Versuchsdurchgänge aufgezeichnet wurden, ergaben signifikante Geschwindigkeitsunterschiede an den dargebotenen Gefahrenstellen zwischen Fahrten ohne Gerät und mit Gerät. Wenn die Fahrer vor der Gefahrensituation gewarnt wurden, reduzierten sie ihre Geschwindigkeit kontinuierlich vor der Gefahrenstelle. Die Gefahrensituationen führten in der Fahrt ohne Warngerät zu Erschrecken und Vollbremsungen. Der Geschwindigkeitsunterschied zur Fahrbedingung mit Warngerät betrug kurz vor der „Unfallstelle“ durchschnittlich 80 km/h.

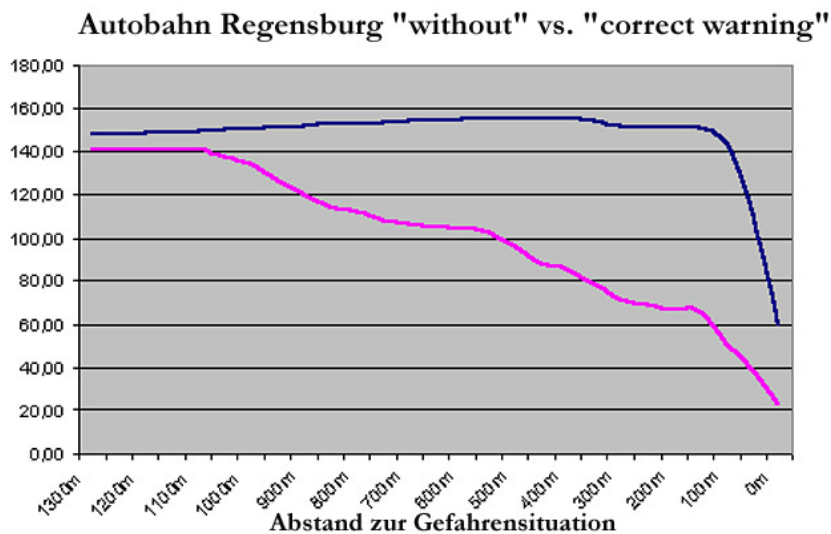


Abbildung 4: Kontinuierliche Geschwindigkeitsreduktion an einer gestellten Unfallstelle im Simulator

Bei der Fahrt mit dem Warngerät erschreckten die Fahrer nicht, sondern reduzierten die Geschwindigkeit in dem sie weniger Gas geben. Gebremst wurde nur kurz und in Einzelfällen.

Feldversuch

Für den Feldversuch wurden die Prototypen (vgl. Abbildung 5) sowie die Versuchsfahrzeuge von Bosch und BMW zur Verfügung gestellt. Am Feldversuch nahmen insgesamt 32 Probanden in zwei Gruppen teil. Gruppe 1 (n=23) fuhr mit dem BMW-System, Gruppe 2 (n=16) fuhr mit dem System für die Fa. Bosch.

Im Feldversuch wurde die gleiche Fahrstrecke wie im Fahrsimulator, in einem Versuchsfahrzeug durchfahren. Die Streckenführung enthält sowohl Autobahn-, als auch Landstraßenabschnitte, die geeignete Orte für Warnszenarien bieten. In den Simulatorversuchen gab es 3 Teilstrecken, von denen zwei für den Feldversuch ausgewählt wurden. Einen Überblick bietet der Kartenausschnitt der in Abbildung 6 dargestellt ist. Somit wurde das Warnsystem unter realen Fahrbedingungen evaluiert und zugleich festgestellt, ob das Fahrverhalten in Realität mit dem Fahrverhalten im Simulator übereinstimmt.



Abbildung 5: Bosch Prototyp im Feldversuch



Abbildung 6: Streckenführung Simulator- und Feldversuch

Im Feldversuch wurden die folgenden Daten erhoben: Geschwindigkeit, Abstand zum warnenden Fahrzeug, Videoaufzeichnungen des Fahrers für eine Blickrichtungs- und Verkehrsblindzeitanalyse und der voraus liegenden Strecke wurden automatisch registriert, der allgemeine Fahrstil und die Situationssicherheit wurden durch einen mitfahrenden Experten (Fahrlehrer) anhand eines vorgegebenen Kategoriensystems bewertet. Sie schätzen den Sicherheitsgewinn durch das Gerät unter Berücksichtigung der jeweils

aktuellen Verkehrslage ein. Die Fahrlehrer werden - um Versuchsleitereffekte möglichst gering zu halten - den Versuchspersonen als Techniker vorgestellt, der u.a. die Route vorgibt. Jeweils direkt im Anschluss an die kritische Situation wurden die Probanden nach der Wirkung der Warnung auf ihr Fahrverhalten befragt, nach Abschluss der Fahrt gaben sie eine Gesamtbewertung des Gerätes ab. In Einzelfällen war eine Videoaufzeichnung mittels eines nachfolgenden Fahrzeuges möglich.

Ergebnisse des Feldversuches

Fragebögen:

Die subjektive Fehlalarmrate der Versuchsteilnehmer war deutlich niedriger als die reale Fehlalarmrate, weil die Fahrer eine Ursache für die Warnmeldung gesucht und eine fiktive Ursache „gefunden“ hatten. Die Akzeptanz für Fehlalarme war hoch. Alle Probanden gaben an das Gerät immer nutzen zu wollen. Die Bewertungen des Gerätes auf Autobahn und Landstrasse entsprechen sich weitestgehend.

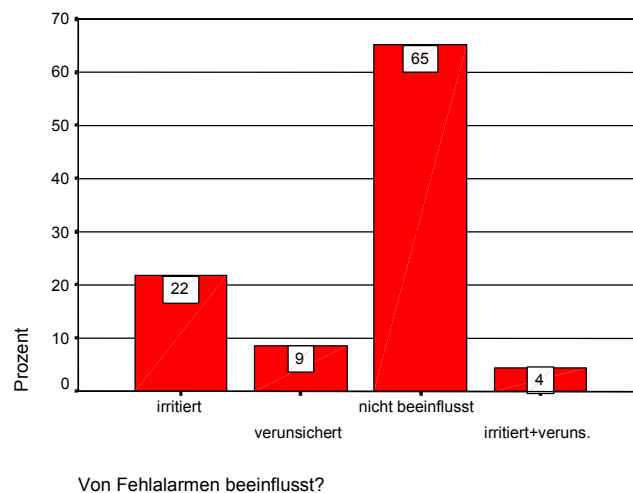


Abbildung 7: Fragebogenergebnisse (Feldversuch) zur Beeinflussung durch Fehlalarme

Expertenbewertung:

Entsprechend der Ratings durch die Experten führte der Einsatz des Funkwarngerätes in 38 % der Fälle zu einem „erkennbarem Sicherheitsgewinn“, in zusammen 52 % der Fälle wurde ein „sehr deutlicher Sicherheitsgewinn“ oder „perfektes Verhalten“ beobachtet.

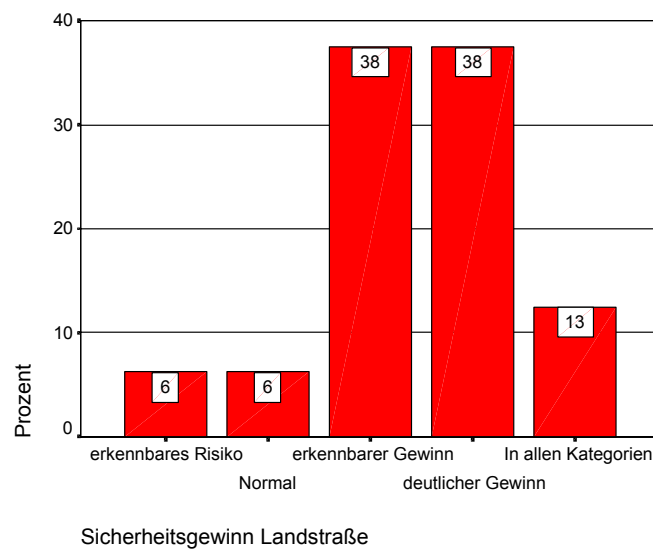


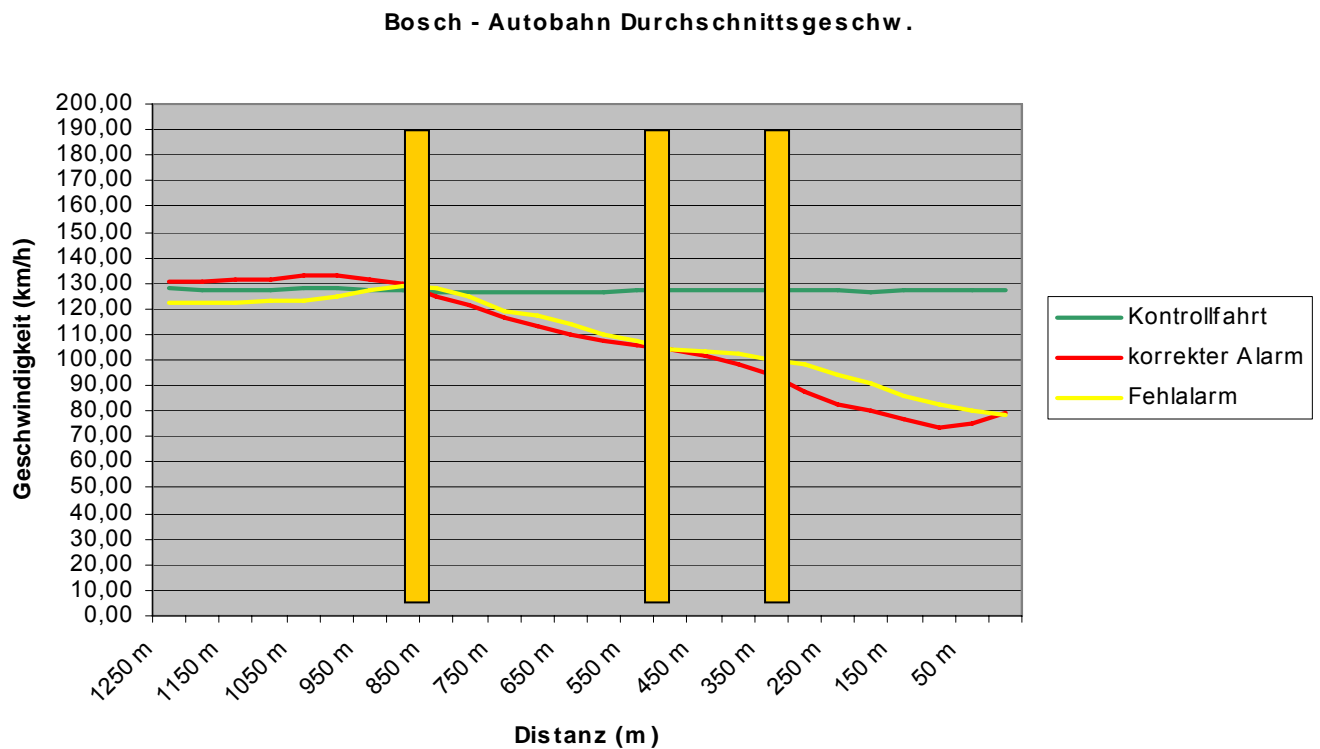
Abbildung 8: Experten-Bewertung (Feldversuch) des Sicherheitsgewinns auf der Landstrasse

Geschwindigkeitsverläufe:

Entsprechend der Ergebnisse im Simulatorexperiment reduzierten die Fahrer, wenn sie vor der Gefahrensituation gewarnt wurden, kontinuierlich ihre Geschwindigkeit. Im Vergleich der durchschnittlichen Geschwindigkeiten bei der Fahrt mit oder ohne Warngerät (Kontrollfahrt) treten die Geschwindigkeitsunterschiede am deutlichsten bei der Autobahnfahrt hervor. Bei Systemversion Bosch liegen die durchschnittlichen Geschwindigkeitsunterschiede auf der Autobahn bei etwa 50 km/h (vgl. Abbildung 9). Die Ausgabe der Warnmeldung erfolgte in den Bereichen mit den senkrechten Balken. Sie erfolgte nicht für jeden Teilnehmer an genau derselben Stelle der Strecke, da der Empfang und die Auswertung der Funksignale geringen systembedingten Schwankungen unterliegen. Es ergaben sich signifikante ($p \leq 0.001$) Unterschiede der Geschwindigkeiten zwischen den Bedingungen Autobahn Kontrollfahrt und korrektem Alarm sowie Autobahn Kontrollfahrt und Fehlalarm.

Bei der Fahrt mit dem Warngerät erschreckten die Fahrer nicht, sondern reduzierten die Geschwindigkeit in dem sie weniger Gas gaben. Gebremst wurde nur kurz und in Einzelfällen.

Bei den Fahrten mit Fehlalarm zeigten sich sehr ähnliche Geschwindigkeitsverläufe wie bei korrekter Warnung. Bei Erreichen des Sendefahrzeuges wird die Geschwindigkeit kaum noch weiter verringert. Da nach einhelliger Meinung der Experten (Fahrlehrer) eine noch größere Reduktion des Tempos mit einer unverhältnismäßig hohen Gefährdung des auf der Autobahn schnell fließenden Verkehrs einherginge ist dieses Ergebnis eindeutig positiv zu werten.



**Abbildung 9: Durchschnittliche Geschwindigkeiten BAB,
Kontrollfahrt vs. korrekten Alarm und Fehlalarm**

Anders als im Fahrsimulator kann sich die konkrete Verkehrssituation im Feldversuch trotz gleicher Fahrstrecke für jeden Fahrer aufgrund der Straßen- und Sichtverhältnisse sowie dem Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer unterscheiden. In Abbildung 10 ist deutlich ein ungewöhnlicher Geschwindigkeitsverlauf bei VP2 zu beobachten, der sich auf ein reales Hindernis schon vor der gestellten Gefahrenstelle zurückführen lässt. Die Ausgabe der Warnmeldung erfolgte in den Bereichen mit den senkrechten Balken.

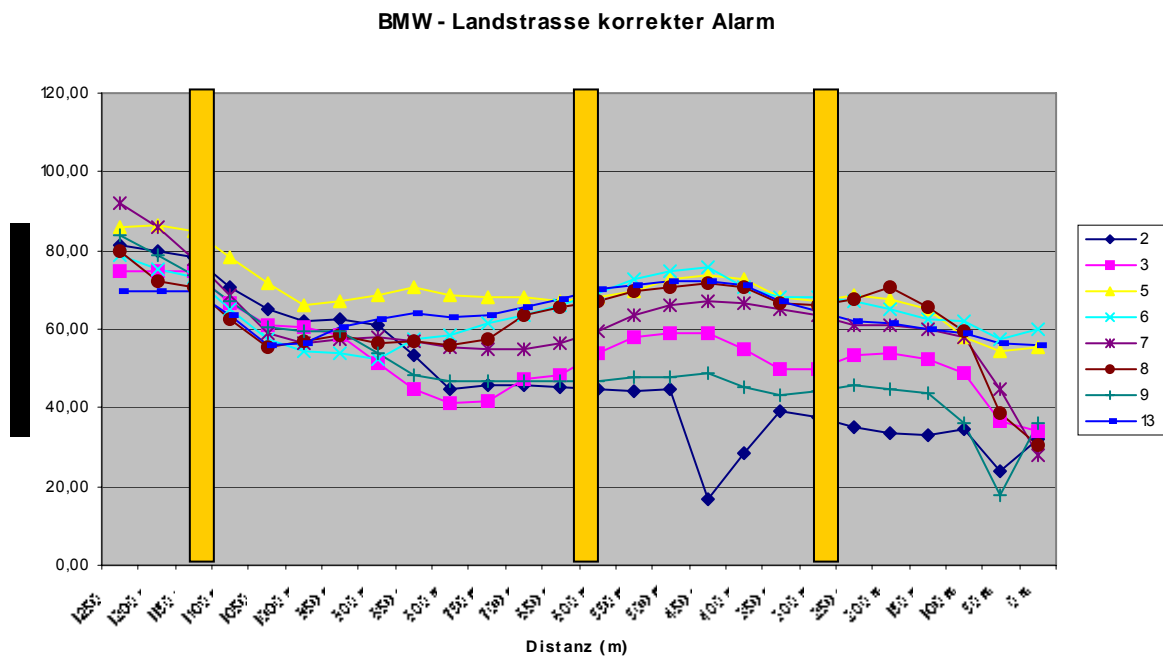


Abbildung 10: Geschwindigkeitsverläufe, Landstrasse, korrekter Alarm

Fazit

Sowohl in den Simulatorexperimenten wie auch in der realen Fahrsituation wurde durch die Warnung mithilfe des Funkwarngerätes ein deutlicher Zeitgewinn in kritischen Fahrsituationen erzielt. Dem Fahrer wurde somit die Möglichkeit eröffnet, sich auf die Gefahr einzustellen. Die Verantwortung für eine angemessene Reaktion bleibt beim Fahrer, es wird keine Kontrolle an das Gerät abgegeben. Die Nutzerakzeptanz des Funkwarnsystems war bei den Versuchsteilnehmern sehr hoch.