Fahrerassistenzsysteme im Kontext technischer Fahrzeugbegutachtungen - Funktionsgrenzen, Systemeingriffe und praxisnahe Fallanalysen

erstellt von

INGENIEURBÜRO BERGER

Tim Berger

Ingenieur für Fahrzeugtechnik M.Eng. - ö.b.u.v. Sachverständiger für Kraftfahrzeugtechnik

Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) sind integraler Bestandteil moderner Fahrzeugarchitekturen und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der aktiven Sicherheit. In der gutachterlichen Praxis treten diese Systeme zunehmend als Untersuchungsgegenstand in Erscheinung, sei es im Rahmen von Funktionsprüfungen oder bei der Ursachenklärung fahrdynamischer Auffälligkeiten. Dabei zeigt sich, dass Fehlfunktionen nicht nur auf physische Defekte oder softwareseitige Störungen, sondern auf systemimmanente Funktionsgrenzen oder sicherheitsgerichtete Schutzmechanismen zurückzuführen sind. Der vorliegende Bericht dokumentiert und analysiert exemplarische Fallkonstellationen aus der Begutachtungspraxis, in denen die Bewertung von Fahrerassistenzsystemen eine zentrale Rolle eingenommen hat.

1. Theoretische Grundlagen

Vor der Darstellung praxisbezogener Fallkonstellationen soll zunächst ein Überblick über zentrale theoretische Grundlagen automatisierter Fahrfunktionen gegeben werden. Die in diesem Bericht behandelten Auffälligkeiten betreffen vorwiegend moderne Fahrerassistenzsysteme mit teilautomatisierten Eingriffen, die über klassische sicherheitsrelevante Systeme wie das Antiblockiersystem (ABS) oder das Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) hinausgehen. Insbesondere Systeme mit höherem Automatisierungsgrad, etwa automatisierte Längs- oder Querführung, stehen im Fokus.

Neben der Einflussnahme auf Fahrdynamik und Umfeldinteraktion spielt auch die Fähigkeit eines Systems zur Herstellung eines risikominimalen Zustands eine zentrale Rolle, etwa bei Erreichen von Systemgrenzen oder im Störfall. Moderne Systeme zur Längsführung, wie z.B. Abstandsregeltempomaten (Adaptive Cruise Control, ACC), basieren auf Radar-, Kamera- und zunehmend auch LiDAR-gestützten Sensorplattformen. Diese ermöglichen sowohl die Detektion statischer als auch dynamischer Objekte und bilden die Grundlage für automatisierte Längs- und Querführung im Straßenverkehr. Querführende Assistenzsysteme wie Spurhalteassistenten oder Lane Departure Warning Systeme greifen aktiv oder warnend in die Fahrspurführung ein. Je nach Auslegung und Parametrisierung variieren dabei Intensität und Art des Eingriffs. Auch Parkassistenzsysteme, welche Teilfunktionen bis hin zur vollständigen Übernahme einzelner Manöver unterstützen, zählen zu dieser Systemklasse. In der Praxis können Auffälligkeiten auch im Zusammenspiel mehrerer Teilsysteme auftreten, etwa beim gleichzeitigen Einsatz von ACC und Spurführung.

Allen derzeit verfügbaren Systemen ist gemein, dass sie den Fahrer nicht vollständig ersetzen. Die Verantwortung für das Fahrgeschehen verbleibt beim Menschen, insbesondere im Hinblick auf Systemausfälle, Fehleingriffe oder situationsbedingte Grenzen automatisierter Funktionen.

2. Beispiele aus der Praxis

2.1. Fehlauslösung des Notbremsassistenten

Im Rahmen einer Fahrzeuguntersuchung war zu prüfen, ob es bei einem Fahrzeug auf Basis des modula-

ren Querbaukastens (MQB-Plattform) des Volkswagen-Konzerns zu ungewollten und sicherheitsrelevanten Eingriffen des Fahrerassistenzsystems „Front Assist“ kommt. Seitens des Fahrzeughalters wurde vorgebracht, das Fahrzeug habe wiederholt ohne erkennbaren äußeren Anlass plötzlich abgebremst.

Abbildung 1: Zeigt die Landstraße am Ortsausgang.

Das gegenständliche Fahrzeug ist mit einem Frontradarassistenten ausgestattet, welcher aus einem im Stoßfänger verbauten Radarsensor sowie einer Kameraeinheit hinter der Windschutzscheibe besteht. Vor Durchführung der Fahrversuche wurden beide Sensorikkomponenten einer Sichtprüfung unterzogen, ohne dass äußerlich erkennbare Beschädigungen oder Funktionsbeeinträchtigungen festgestellt werden konnten. Der Fehlerspeicher wies keine systembezogenen Einträge auf. Die Einstellungen im Bordmenü wiesen den Front Assist als aktiviert aus; die Empfindlichkeitsstufe war auf den mittleren Wert gesetzt. Der adaptive Geschwindigkeitsregler (ACC) war zu keinem Zeitpunkt aktiviert.

Die gutachterliche Untersuchung umfasste insgesamt 20 standardisierte Fahrten auf einem definierten Straßenabschnitt. In zwei Fällen kam es zu plötzlichen, kurzzeitigen Bremsvorgängen ohne visuelle oder akustische Vorankündigung im Fahrerdisplay. Beim ersten dokumentierten Eingriff erfolgte bei einer Geschwindigkeit von etwa 70 km/h eine spontane Verzögerung unmittelbar hinter dem Ortsausgang. Das Fahrzeug reduzierte seine Geschwindigkeit innerhalb von weniger als einer Sekunde auf ca. 60 km/h. Während des Eingriffs wurde im Kombiinstrument lediglich das Symbol des Frontradarassistenten angezeigt. Auffällig war, dass zum Zeitpunkt der Bremsung kein erkennbares Objekt die Fahrbahn blockierte oder eine tatsächliche Kollisionsgefahr bestand. Das Fahrzeug befand sich in einer langgezogenen Linkskurve; auf der rechten Seite verlief eine durchgehende, metallische Leitplanke (vergl. Abbildung 1). Die Verkehrssituation war dabei strukturell übersichtlich und ohne offensichtliche Gefährdungspotenziale.

Zur messtechnischen Erfassung des Fahrzeugverhaltens wurde anschließend eine Datenerfassungseinheit installiert. Wie in Abbildung 2 dargestellt, zeigte sich bei der zweiten dokumentierten Bremsung in Sekunde 47 eine abrupte Verzögerung von -0,45 g. Dabei reduzierte sich die Geschwindigkeit innerhalb von ca. 0,5 Sekunden von 74 km/h auf 66 km/h. Auffällig war die Form der Verzögerungskurve: Sie zeigte einen steilen Anstieg und einen doppelten Impuls, was auf eine abrupte Eingriffscharakteristik mit spürbarem „Ruck“ hindeutet. Ein derartiger Ruck wird vom Fahrer typischerweise als „harte“ Bremsung wahrgenommen, auch wenn die absolute Verzögerung moderat bleibt.

Zur Einordnung des Systemverhaltens wurde der identische Streckenabschnitt mit vier weiteren Referenzfahrzeugen vergleichbarer Bauart und identischer Systemkonfiguration befahren. Bei keiner dieser Vergleichsfahrten konnte ein vergleichbares Bremsverhalten oder eine Kollisionswarnung festgestellt werden.

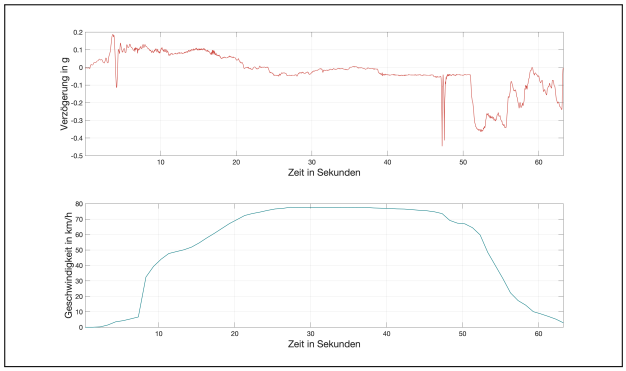

Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Beschleunigung und Verzögerung sowie der Fahrgeschwindigkeit.

Die dokumentierten Eingriffe sind nicht als klassische Notbremsung zu bewerten, sondern entsprechen systemseitig einer Bremswarnung bzw. einem vorbereitenden Bremseingriff. Solche Maßnahmen werden typischerweise ausgelöst, wenn das Assistenzsystem ein potenzielles Hindernis detektiert, das aus sicherheitsstrategischer Sicht eine Reaktion rechtfertigt. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass der Eingriff durch irreführende Reflexionen von metallischen Oberflächen oder fahrbahnnahen Strukturen verursacht wurde. Dabei handelt es sich nicht um einen technischen

Mangel im engeren Sinne, wohl aber um ein funktionales Fehlverhalten, das unter bestimmten Bedingungen reproduzierbar auftritt. Da baugleiche Fahrzeuge dieses Verhalten unter gleichen Bedingungen nicht zeigen, kann dieses Verhalten als fahrzeugspezifische Abweichung vom normalen Funktionsspektrum gewertet werden. In Abhängigkeit von der Häufigkeit und Intensität solcher Eingriffe kann dies auch ohne Fehlerspeichereintrag als **funktioneller Mangel** mit potenzieller Relevanz für die Verkehrssicherheit beurteilt werden.

2.2. Ausfall von Assistenzsystemen

Im Rahmen einer weiteren Untersuchung sollte die Ursache für wiederkehrende Systemmeldungen beim Fahrzeugstart untersucht werden. Das untersuchte Fahrzeug, ebenfalls ein Modell der Volkswagen MQB-Plattform, ist mit mehreren radar- und kamerabasierten Assistenzsystemen ausgestattet, welche sensorisch das Umfeld des Fahrzeugs erfassen und den Fahrer in verschiedenen Verkehrssituationen, etwa beim Spurwechsel oder beim Rangieren unterstützen. Hinsichtlich der Fehlersymptomatik wurde berichtet, dass Fahrerassistenzsysteme wie der Spurhalteassistent (Lane Departure Warning), der Spurwechselassistent (Audi Side Assist) sowie der Querverkehrswarner (Rear Cross Traffic Assist) sporadisch nicht zur Verfügung stünden. Entsprechende Hinweise seien unmittelbar nach dem Motorstart im Fahrerdisplay erschienen und hätten sich nach wenigen Sekunden selbstständig wieder zurückgesetzt. Ein Auslesen des Fehlerspeichers blieb ohne Ergebnis.

Zur Ursachenanalyse wurden gezielte Fahrversuche durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Systeme bei regulärem Betrieb einwandfrei funktionierten. Erst bei simulierten Lastbedingungen vor dem Startvorgang (aktive Verbraucher wie Licht, Klimaanlage, Infotainment) traten die beschriebenen Systemhinweise reproduzierbar auf. Unmittelbar nach dem Anlassen erschienen Warnmeldungen zu Spurhalte- und Spurwechselassistent, die nach etwa fünf Sekunden automatisch wieder verschwanden. Technisch lässt sich dieses Verhalten durch einen kurzzeitigen Spannungsabfall im 12-Volt-Bordnetz erklären, wie er beim Motorstart durch die hohe Stromaufnahme des Anlassers entstehen kann.

Sicherheitsrelevante Funktionen wie die Fahrerassistenzsysteme durchlaufen beim Fahrzeugstart eine Initialisierungsphase. Diese umfasst eine automatisierte Selbstdiagnose, die Kalibrierung der eingebundenen Sensorik sowie den Abgleich mit vernetzten Steuergeräten. Ziel dieses Prozesses ist es, die Betriebsbereitschaft der jeweiligen Systeme zu überprüfen und sicherzustellen, dass sie unter den gegebenen Umständen risikofrei arbeiten können. Erst wenn alle notwendigen Parameter innerhalb definierter Toleranzen liegen, werden die Systeme aktiv geschaltet. Im Hinblick auf das Energiemanagement erfolgt die Initialisierung einzelner Steuergeräte in priorisierter Reihenfolge. Fahrerassistenzsysteme werden dabei je nach sicherheitsrelevanter Einstufung früher oder später initialisiert. Ihre tatsächliche Verfügbarkeit hängt jedoch zusätzlich davon ab, ob die hierfür erforderlichen Signale und Daten anderer Steuergeräte bereits vorliegen. Wird während der Initialisierung ein definierter Mindestspannungswert unterschritten, erfolgt aus Sicherheitsgründen eine temporäre Deaktivierung der betroffenen ECU, um eine fehlerhafte Initialisierung zu vermeiden. Erst nach Stabilisierung der Bordnetzspannung und erfolgreichem Datenaustausch mit den relevanten Steuergeräten werden die Systeme automatisch reaktiviert.

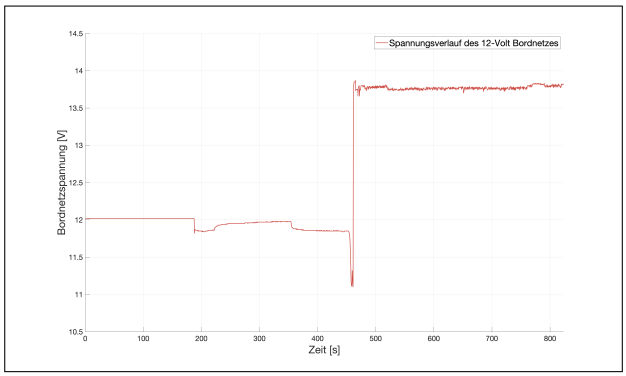

Abbildung 3: Verlauf der Bordnetzspannung während des Startvorgangs.

Aus Sicht der funktionalen Sicherheit (gemäß ISO 26262) ist ein solches Verhalten zulässig und sogar erforderlich. Systeme dürfen nur dann aktiv sein, wenn die Sensorik betriebsbereit und die Datenverbindung innerhalb des Fahrzeugs stabil ist. Die durch die Norm ISO 26262 geregelte Funktionale Sicherheit stellt somit sicher, dass elektronische und elektrische Systeme in Fahrzeugen so ausgelegt sind, dass sie auch im Fehlerfall keine ungewollten oder gefährlichen Zustände verursachen. Fahrerassistenzsysteme unterliegen diesen Anforderungen in besonderem Maße, da sie direkt in das Fahrgeschehen eingreifen und potenziell sicherheitskritische Entscheidungen treffen.

Die beim untersuchten Fahrzeug festgestellte, sporadische Nichtverfügbarkeit einzelner Fahrerassistenzsysteme unmittelbar nach dem Startvorgang ist nach technischer Bewertung auf ein **systemseitiges Schutzverhalten** zurückzuführen, das durch temporär kritische Bordnetzbedingungen ausgelöst wird. Aufgrund der beim Startvorgang hohen Stromaufnahme kann es zu kurzfristigen Spannungseinbrüchen kommen, wodurch die Initialisierung zunächst unterbrochen wird. In diesem Fall erfolgt eine kontrollierte Deaktivierung der betroffenen Systeme, da eine sichere Funktion unter diesen Bedingungen nicht garantiert werden kann. Diese Vorgehensweise entspricht den Anforderungen an die funktionale Sicherheit und stellt somit keinen dauerhaften Mangel dar. Vielmehr handelt es sich um eine sicherheitsorientierte Vorsichtsmaßnahme, die ein potenziell unvorhersehbares Systemverhalten im Fahrbetrieb verhindert. Sobald die Bordspannung stabilisiert ist und alle Systemprüfungen erfolgreich abgeschlossen wurden, erfolgt eine automatische Reaktivierung der Assistenzsysteme ohne Zutun des Fahrers. Dies ist in der Regel bereits wenige Sekunden nach dem Motorstart der Fall, insbesondere bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, bei denen die Batterie unmittelbar über den Generator nachgeladen wird.

3. Zusammenfassung

Die in modernen Fahrzeugen verbauten Fahrerassistenztechnologien sind als unterstützende Instrumente zur Erhöhung der Fahrsicherheit konzipiert. Sie greifen bei erkannter Gefahr oder zur Entlastung des Fahrers situationsabhängig in Lenk-, Brems- oder Antriebsprozesse ein, ohne jedoch die Kontrolle vollständig zu übernehmen. Dabei ist das Zusammenspiel aus technischer Systemgrenze und dem Prinzip der sogenannten Fahrerhoheit entscheidend: Der Fahrer bleibt in allen Fahrsituationen verantwortlich für die Fahrzeugführung und kann durch gezielte Aktionen wie Gasgeben, Bremsen oder Lenken jede Systemreaktion übersteuern. Dieses Grundprinzip ist sowohl konstruktiv als auch normativ verankert.[1] Aus den Herstellerangaben im Handbuch moderner Fahrzeuge lässt sich zudem ableiten, dass Assistenzsysteme nur unter bestimmten Einsatzbedingungen voll funktionsfähig sind. So ist der Einsatz der automatischen Abstands- und Geschwindigkeitsregelung beispielsweise explizit für freie, übersichtliche Strecken mit geringer Verkehrsdichte vorgesehen, während die Nutzung im Stadtverkehr oder bei dichter Verkehrslage als nicht empfehlenswert eingestuft wird. Ebenso weisen Hersteller darauf hin, dass der automatische Notbremsassistent AEB unter gewissen Umständen unerwartet bremsen kann, etwa bei irrtümlicher Objekterkennung.

Für das AEB-System werden zudem eine Vielzahl von Einflussfaktoren benannt, die zu Fehlauslösungen oder Funktionsstörungen führen können. Dazu zählen sowohl Umgebungsbedingungen (z. B. Nebel, Blendung durch Sonnenlicht, extreme Temperaturen) als auch spezifische Fahrbahnsituationen (z. B. Stahlplatten, Leitplanken, Brücken, Mauern oder enge Parkhaussituationen). Auch kann eine Verschmutzung oder Vereisung der Sensorik die Systemfunktion beeinträchtigen. Die Betriebsanleitungen machen deutlich, dass das Systemverhalten nicht unter allen Bedingungen gleich verläuft. So kann in den Handbüchern moderner Kraftfahrzeuge beispielsweise erklärt sein: "*Das AEB-System funktioniert nicht unter allen Fahr-, Verkehrs-, Wetter- und Straßenbedingungen.*"

Insgesamt zeigt sich, dass Fahrerassistenzsysteme als hochentwickelte Hilfsmittel gedacht sind, die unter optimalen Bedingungen sehr zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen können. Gleichzeitig bestehen klare technische Grenzen und Bedingungen für ihren Einsatz. Das Verständnis dieser Einschränkungen ist für den bestimmungsgemäßen Gebrauch der Systeme von zentraler Bedeutung.

Trier, im August 2024

Die in diesem Bericht dargestellten Fallbeispiele basieren auf anonymisierten Inhalten aus der gutachterlichen Praxis. Rückschlüsse auf konkrete Verfahren, Personen oder Fahrzeuge sind nicht möglich. Die technische Bewertung wurde für den Bericht abstrahiert und spiegelt nicht notwendigerweise die vollständige Sachverhaltsdarstellung aus dem Originalgutachten wider.

[1] Auf internationaler Ebene wird dies durch die UN/ECE-Regelwerke, u. a. R79 (Lenkassistenz) und R152 (Notbremsassistenten), geregelt. Dort ist explizit vorgeschrieben, dass der Fahrer sämtliche Systemfunktionen durch aktive Eingriffe übersteuern können muss. Ergänzend legt der SAE-Standard J3016 fest, dass in den Automatisierungsstufen 0 bis 2 der Fahrer stets die alleinige Verantwortung und Eingriffshoheit behält.