

Optimierung der Homologation des Intelligenten Geschwindigkeitsassistenten durch die Nutzung eines speziellen Vehicle-in-the-Loop (ViL) Prüfstandes mit Umfeldsimulation

Optimization of the intelligent speed assistant (ISA) homologation by a special Vehicle-in-the-Loop (ViL) test bench with environment simulation

B.Eng. Joshua Peter, jpeter@kues.de, M.Eng. Julian Schultz, jschultz@kues.de, Dr. rer. nat. Thomas Tentrup, ttentrup@kues.de, Maximilian Meyer, mameyer@kues.de, Pascal Riga, priga@kues.de, B.Eng. Raphael Lazar, rlazar@kues.de, Dipl.-Ing. Thomas Auer, tauer@kues.de, Dipl.-Ing. (FH) Benjamin Wertz, bwertz@kues.de
 KÜS Bundesgeschäftsstelle, Zur Küs 1, 66679 Losheim am See, www.kues-drive.de

Kurzfassung

Seit Juli 2022 gehört der intelligente Geschwindigkeitsassistent oder Intelligent Speed Assistance (ISA) zur verpflichteten Ausstattung von neu typgenehmigten Kraftfahrzeugen in der EU. Der ISA dient zur Information des Fahrers über das aktuell geltende Tempolimit und warnt den Fahrer optisch, akustisch oder haptisch bei Übertretung des Tempolimits. Abhängig von der Ausbaustufe des ISA kann auch die Geschwindigkeit des Fahrzeugs bezüglich des Tempolimits im Fahrbetrieb reguliert werden. Zum Erhalt einer Typgenehmigung für neue Kraftfahrzeugtypen, müssen diese eine ISA Homologation gemäß der Verordnung (EU) 2021/1958 von einem Technischen Dienst, der dafür von einer EU Typgenehmigungsbehörde z.B. vom KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) benannt ist, durchlaufen. Hier zeigen wir, wie wesentliche Umfänge der ISA Homologation anstatt auf der Straße in einer Halle auf einem speziellen ViL (Vehicle-in-the-Loop) Prüfstand mittels einer Umfeldsimulation effizient und unabhängig von Tageszeit und Witterungsbedingungen durchgeführt werden können.

Summary

Since July 2022, the Intelligent Speed Assistance (ISA) has been part of the mandatory equipment for newly type-approved vehicles in the EU. The main tasks of ISA are to inform the driver about the current speed limit and to warn the driver by a visual, acoustic, or haptic signal when the speed limit is exceeded. Depending on the ISA's level of performance, a regulation of the vehicle's speed relative to the speed limit can also take place during driving. To obtain a type approval for new vehicle types, they must undergo an ISA homologation according to Regulation (EU) 2021/1958 by a Technical Service appointed for this purpose by an EU type approval authority, e.g., by the KBA (Federal Motor Transport Authority). Here, we show how essential aspects of ISA homologation can be efficiently carried out not on the road but in a hall on a special Vehicle-in-the-Loop (ViL) system using an environment simulation, independent of time of day and weather conditions.

1 Einleitung und Motivation

Der der intelligente Geschwindigkeitsassistent (ISA) als Advanced Driver Assistant System (ADAS) hat im Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs folgende Aufgaben:

1. Detektion und Erkennung von expliziten und impliziten Verkehrszeichen, die ein Tempolimit anzeigen, sowie die Erfassung der Position des Verkehrszeichens beim Vorbeifahren, d.h. des Zeitpunktes, ab wann die Geschwindigkeitsbeschränkung gilt.
2. Optische, akustische oder haptische Warnung des Fahrers bei Übertretung des Tempolimits.

3. Abhängig von der Ausbaustufe des ISA kann eine Regelung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs unter Berücksichtigung der Tempolimits auf der Fahrstrecke stattfinden.

Unter *expliziten* Verkehrszeichen des Tempolimits versteht man die Verkehrszeichen an der Straße oder Anzeigen z.B. über der Straße, die eine der Geschwindigkeitsbeschränkung entsprechende Zahl zeigen.

Die *impliziten* Verkehrszeichen (d.h. Verkehrszeichen ohne Zahl z.B. Ortsanfang) werden dem Fahrzeug u.a. direkt über die Karten des Navigationssystems übermittelt. Die Fahrzeugposition bezüglich des impliziten Verkehrszeichens

kann über das GNSS (Global Navigation Satellite System) bestimmt werden.

Der Input für den ISA des Fahrzeugs geschieht also über das Front-Kamerasystem und das Navigationssystem. Der Output des ISA für den Fahrer erfolgt optisch über einen Monitor im Cockpit, akustisch über einen Fahrzeuglautsprecher und haptisch über ein Bedienelement des Fahrzeugs mittels Kraftaktuator.

Der ISA kann folgende Systeme beinhalten:

1. **SLIF (Speed Limit Information Function):**
Anzeige des Tempolimits im Fahrzeug.
2. **SLWF (Speed Limit Warning Function):**
Ausgabe von Warnungen für den Fahrer bei Überschreitung der geltenden Geschwindigkeitsbegrenzung.
3. **SCF (Speed Control Function):**
Automatische Anpassung der Geschwindigkeit gemäß dem Tempolimit bei Nutzung eines anderen Fahrerassistenzsystems (z.B. Tempomat oder ACC).

2 Umfang und Ablauf der ISA Homologation

Bei der ISA Homologation sind die Systemkomponenten SLIF (Speed Limit Information Function), SLWF (Speed Limit Warning Function) und SCF (Speed Control Function) getrennt gemäß den Verordnungen (EU) 2021/1958 Anhang I nach folgenden Kriterien zu prüfen:

- Zeitdifferenz zwischen dem Passieren und der korrekten Anzeige der durch ein Verkehrszeichen oder implizit vorgegebenen Geschwindigkeitsbegrenzung (**SLIF**)
- Zeitdifferenz zwischen dem Passieren und der Warnung(en) unter Berücksichtigung der Höhe der Geschwindigkeitsüberschreitung, sowie die Dauer der Warnung(en) (**SLWF**)
- Reaktionszeit bei Geschwindigkeitsüberschreitung und Einhaltung einer stabilisierten Geschwindigkeit gemäß der geltenden Geschwindigkeitsbegrenzung bei der automatischen Regelung der Geschwindigkeit durch ein Fahrerassistenzsystem (**SCF**).

Als Messmittel zur Prüfung des ISA unabhängig von dem Fahrer wird z.B. eine VBOX der Fa. Racelogic (siehe Bild. 1) verwendet. Die VBOX ist ein Datenlogger, der mit einer angeschlossenen Kamera im Fahrzeug das Cockpit und mit einer weiteren angeschlossenen Kamera im Fahrzeug das äußere Umfeld durch die Windschutzscheibe detektiert. Mit der VBOX kann auch ein akustischer Sensor (Mikrofon) und ein haptischer Sensor z.B. auf dem Gaspedal verbunden werden. Die VBOX besitzt weiterhin einen GNSS-

Empfänger. Alle wesentlichen Daten für die Prüfung des ISA stehen somit synchronisiert zur Verfügung.

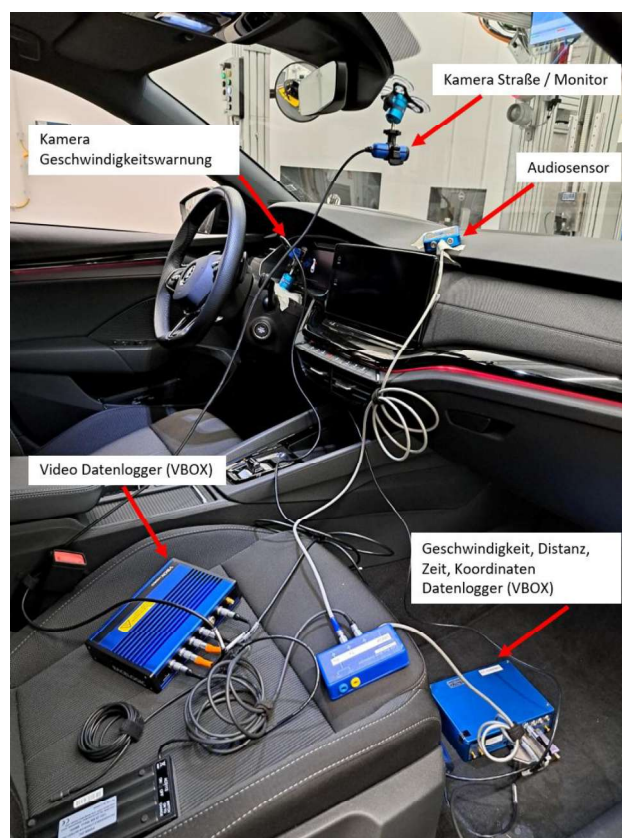


Bild 1: Datenlogger VBOX mit Sensorik im Fahrzeug

Die Zuverlässigkeitsprüfung des ISA muss für das Subsystem SLIF während einer Fahrt über 300 – 400 km auf öffentlichen Straßen mit einem Nachtfahranteil von 15% und Anteilen von mindestens 25% je Straßenart (Stadt, Land, Autobahn) durchgeführt werden. Die Funktionsprüfung des SLIF sowie die Prüfungen der Subsysteme SLWF und SCF können gemäß der Verordnung (EU) 2021/1958 auf Teststrecken bzw. öffentlichen Straßen oder **mit einem Prüfstand** getestet werden.

Die Teststrecke zur Prüfung des SLWF und des SCF muss mit Verkehrszeichen ausgestattet sein, deren jeweilige Position von Fahrzeug aus messbar ist. Dies kann z.B. durch Detektionsvorrichtungen an den Verkehrszeichen erfolgen. Mittels einer speziellen Messvorrichtung am Fahrzeug und der Detektionsvorrichtung am Verkehrszeichen kann somit die Position des Verkehrszeichens im Fahrbetrieb erfasst werden. Weiterhin wird in Geradeausfahrt bei Tag und bei guten Wetter (kein Niederschlag oder Nebel) geprüft.

Die Verfasser haben die Funktionsprüfung des SLIF, des SLWF und des SCF erstmalig mit der Prüflinie KÜS DRIVE durchgeführt, die einen ViL (Vehicle-in-the-Loop) Prüfstand mit Umfeldsimulation beinhaltet. Das Verfahren wurde für den Technischen Dienst „KÜS Technik GmbH“

im Rahmen eines Benennungsaudits von dem KBA benannt und von uns zum Patent angemeldet [1]. Im Folgenden wird dieses innovative Testverfahren für die Funktionsprüfung der Subsysteme SLIF, SLWF und SCF auf der Prüflinie KÜS DRIVE beschrieben.

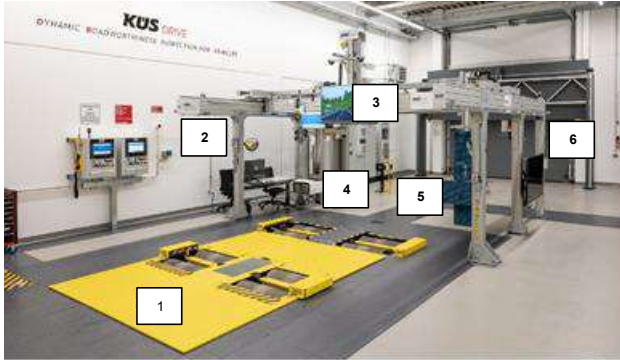


Bild 2: Prinzipieller mechanischer Aufbau der Prüflinie KÜS DRIVE [2,3] mit Beschreibung der wesentlichen Anlagenteile gemäß der Nummerierung siehe Text unten: (1) Lenkbarer Funktionsprüfstand (SFT). Auf dem SFT kann das Fahrzeug ohne Fixierung inklusive moderater Lenkbewegungen bis 130 km/h gefahren werden. Hierbei wird die Fahrzeugsymmetrieachse des Kraftfahrzeuges mittels eines Messsystems, während der Fahrt auf die Symmetrieachse des SFT positioniert. (2) Portalsystem zur Positionierung des Monitors (3), des Lichtsammelkastens (4) und des Radar-Target-Simulators (RTS) (5) vor das Fahrzeug. (6) „10 Meter Wand“ zur Vermessung u.a. des adaptiven Fernlichts (AFS).

Die Fahrzeugüberwachungsorganisation KÜS (Kraftfahrzeug-Überwachungsorganisation freiberuflicher Kfz-Sachverständiger e.V.) hat sich die Aufgabe gestellt, die technischen Möglichkeiten der Prüfung von DAS (Driver Assistance System wie z.B. ABS, ESP,...) und von ADAS im Rahmen eines Forschungsprojektes auszuloten. Dies geschieht mit nicht modifizierten Kraftfahrzeugen der Fahrzeugkategorien M1/N1 und des SAE Levels ab 2 ohne Kommunikation mit den DAS- und ADAS-Steuergeräten. Im ersten Schritt konzentrieren wir uns auf Kraftfahrzeuge mit einer Monokamera, deren optische Achse horizontal ist. Unter diesen Randbedingungen wurde die Prüflinie KÜS DRIVE (Dynamic Roadworthiness Inspection for Vehicles, siehe Bild 1) von KÜS konzipiert, bei entsprechenden Lieferanten ohne öffentliche Förderung beschafft und Ende 2022 in Betrieb genommen. Mittlerweile wird die Prüflinie KÜS DRIVE auch für die Begutachtung von Fahrzeugen mit fehlerhaften ADAS Funktionalitäten und zur Homologation von ISA durch den Technischen Dienst der KÜS „KÜS Technik GmbH“ genutzt. Prüflinien ähnlicher Konzeption wurden auch von KOTSA (Korea Transportation Safety Authority) zur Prüfung von ADAS in Korea installiert.

Unter anderen wegen der ISA Homologation im ViL Verfahren wurde 2025 in der Prüfhalle von KÜS DRIVE ein lokales GNSS integriert, um zu prüfenden Fahrzeugen mit den GNSS Daten passend zu der simulierten realen Fahrstrecke zu stimulierten (siehe Bild 3 und 4).



Bild 3: Testfahrzeug auf der Prüflinie KÜS DRIVE mit lokaler GNSS Stimulation



Bild 4: Test der GNSS Stimulation des Navigationssystems eines Smart Phones: Der Standort „Parkplatz vor der Oper in Sydney“ wird vorgegeben und angezeigt, obwohl sich das Smart Phone in Losheim am See, Saarland befindet.

Für die ISA Prüfung wird das Fahrzeug auf dem Funktionssprüfstand (SFT) der Prüflinie KÜS DRIVE ohne Fixierung geradeaus gefahren. Eine Fahrzeugsimulation erzeugt einen „digital shadow“ (siehe Bild 5) des Fahrzeugs mit den dynamischen Kenndaten der realen Fahrt auf dem SFT in der Umfeldsimulation. Diesen „digital shadow“ setzen wir in eine frei editierbare Umfeldsimulation [4] und nehmen mit der virtuellen Front-Kamera des „digital shadow“ das auf, was der „digital shadow“ in der Umfeldsimulation „erlebt“. Die Bilder der virtuellen Front-Kamera, die im Fahrzeugkoordinatensystem an der gleichen Stelle wie beim realen Fahrzeug positioniert ist, werden über einen Monitor an einem Portalsystem „Over the AIR“ (OTA) in die reale Kamera, des auf dem SFT fahrenden Fahrzeugs, eingespielt. Die Wirkung – d.h. die Reaktion des Fahrzeugs (Geschwindigkeits- und Kraftverlauf) - dieser Stimulation der ADAS-Sensoren erfassen wir mit dem SFT, auf der Basis einer auf nationale Normale rückführbaren Messtechnik. Zusätzlich wurde eine GNSS-Simulation in der Prüfhalle von KÜS DRIVE integriert, die die zur Umfeldsimulation passenden Geolokations-Daten ebenfalls OTA an das Fahrzeug sendet.

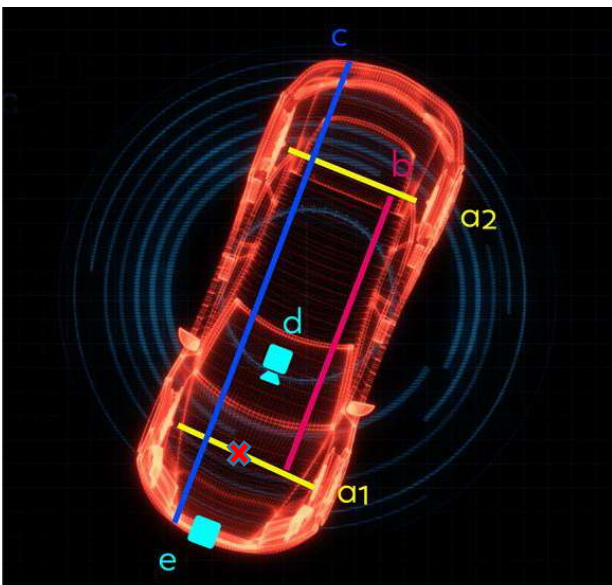


Bild 5: „digital shadow“ mit den wichtigen Daten des realen Kraftfahrzeuges wie Masse/Gewicht und Dimensionen a (Spurweite), b (Achsabstand), c (Karosserielänge), sowie x-,y-,z-Positionen der Front-Kamera (d) und des Radarsensors (e). Das rote Kreuz in der Mitte der Vorderachse bestimmt die Lage des Fahrzeugs in der Umfeldsimulation.

Das zu prüfende Fahrzeug ist wie bei der Straßenfahrt mit der VBOX als Datenlogger mit den notwendigen Sensoren ausgestattet. Dabei werden zwei Kameras benötigt, eine Kamera zur Detektion der angezeigten Geschwindigkeitsverkehrszeichen im Cockpit und eine andere zur Detektion des Bildes der Umfeldsimulation auf dem Monitor. An der Straße in der Umfeldsimulation können wir nun eine Viel-

zahl verschiedener virtueller Geschwindigkeitsverkehrszeichen definiert seitlich oder oberhalb (Verkehrssystems) positionieren. Das Passieren eines Verkehrszeichens können wir im Koordinatensystem der Umfeldsimulation über das Passieren der Vorderachse des „digital shadows“ über die Position des Verkehrszeichens erfassen (siehe Bilder 9a und 9b). Die Synchronisation der Sensordaten der VBOX mit der Umfeldsimulation erfolgt über ein Trigger-Signal in der Umfeldsimulation, welches von einer Kamera der VBOX erfasst wird. Dadurch sind alle statischen und dynamischen Fahrzeugparameter für die Prüfung der Kriterien gemäß der Verordnung (EU) 2021/1958 gegeben.

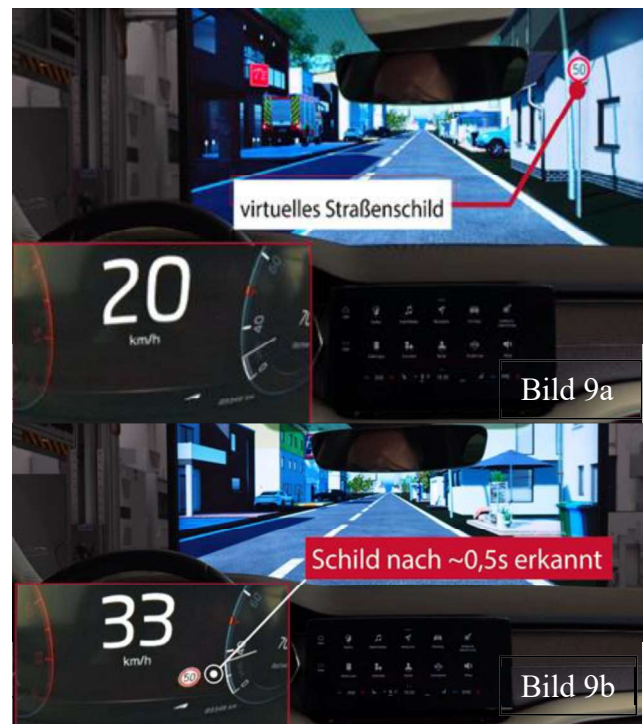


Bild 6a und 6b: Darstellung in zwei aufeinander folgenden Szenen der ISA Prüfung in der Prüflinie KÜS DRIVE entnommen einem Video in Referenz [2]

3 Fazit

Die ISA Homologation der ISA Systemkomponenten im ViL Verfahren stellt eine offensichtliche Optimierung im Vergleich zu Straßenfahrten auf Grund folgender Vorteile dar:

- keine Abhängigkeit von Witterung und Tageszeit
- kein Auf- und Abbau von einer Vielzahl von Verkehrszeichenn an einer Teststrecke
- kein Auf- und Abbau von zusätzlicher Messtechnik neben der VBOX, z.B. Reflektoren an den definiert aufgestellten Verkehrszeichenn zur Erfassung des Passierens des Fahrzeugs durch einen Laser

- ISA Prüfung mit Geschwindigkeitsbegrenzungsverkehrszeichen von Ländern außerhalb der EU, die nur virtuell verfügbar sein müssen

Literatur

- [1] Offenlegungsschrift DE 10 2024 117 874 A1
- [2] KÜS, www.kues-drive.de
- [3] Tentrup, T. & al., In VDI Mechatroniktagung 2024, 14. & 15.03.2024 in Dresden, Tagungsband S. 171 bis S. 1761
- [4] Agostinelli, P. & al., ATZ, 06/2024, S. 66 bis S.70