

Optische Assistenzsysteme im HiL-Test: schärfer testen mit digitaler Brille



AUTOREN



Dimitrij Gester

ist Systemingenieur bei der Berner & Mattner Systemtechnik GmbH in Stuttgart.



Oliver Schütze

ist Teamleiter Automotive bei der Berner & Mattner Systemtechnik GmbH in Stuttgart.



Jürgen Meyer

ist Bereichsleiter Automotive bei der Berner & Mattner Systemtechnik GmbH in München.

Bildverarbeitende Fahrerassistenzsysteme werden heute mit Hardware-in-the-Loop-Tests (HiL) in Betrieb genommen und getestet. Kamera, Bildschirm und Simulation müssen für den Testaufbau aufwendig aufeinander abgestimmt werden. Berner & Mattner stellt ein System vor, das die Restriktionen des konventionellen HiL-Aufbaus umgeht und die Bilddaten direkt in das Steuergerät einspeist.

AUSGANGSLAGE

Neben dem obligatorischen Test von Fahrerassistenzfunktionen im Fahrzeug auf der Straße werden kamerabasierte Systeme auch am HiL-Prüfstand konventionell abgesichert. Echtzeitfähige Rechner übernehmen dafür die Restbussimulation, während eine parallele Visualisierungssoftware die 3D-Sicht aus dem Fahrzeug simuliert oder das Video einer zuvor aufgezeichneten Fahrt abspielt. Die Darstellung wird auf einen separaten Bildschirm projiziert, auf den die Kamera des zu testenden Steuergeräts gerichtet ist. So bekommen die Bildverarbeitungsalgorithmen eine virtuelle Welt vorgesetzt, auf der schließlich die Auswertung läuft. Der

Nachteil: Bildschirme sind auf das menschliche Auge abgestimmt und eignen sich nur bedingt für digitale Aufnahmegерäte. Die Testbarkeit kamerabasierter Systeme ist damit aufgrund der optischen Wechselwirkungen zwischen Monitor und ECU stark eingeschränkt. Zudem müssen die Sichtfelder von Kamera, Bildschirm und Simulation aufwendig aufeinander abgestimmt werden. Abhängig von den verwendeten Bilddaten kann mit einem Monitor-HiL nur eine mittlere Testabdeckung erreicht werden. Ist eine höhere Testtiefe durch Einbeziehung besonderer Umweltsituationen gefordert, gelangt der Aufbau hinsichtlich Reproduzierbarkeit von Ergebnissen an seine Grenzen. Mit einem neuen Verfahren zur

direkten Bilddateneinspeisung in das Steuergerät lassen sich hingegen optische Extremsituationen am HiL-Aufbau optimiert testen und den Aufwand des Test-Setups deutlich reduzieren.

Der Beitrag zeigt bestehende Restriktionen im konventionellen HiL-Aufbau hinsichtlich Testgenauigkeit und Testbarkeit und stellt das Funktionsprinzip der direkten Bilddateneinspeisung vor.

EINSCHRÄNKUNGEN BEI KONVENTIONELLEN TESTS

Für die Plausibilität der Testergebnisse ist die präzise Justierung der Bildkegel von entscheidender Bedeutung. Das Sichtfeld oder „Field-Of-View“ (FOV) der Visualisierung muss identisch sein zum nominellen FOV der Kamera und auch zum effektiven FOV des Testaufbaus, der aus Bildschirmgröße, Kameraabstand und Vorsatzlinsengeometrie resultiert. Ist einer der Parameter mit den restlichen nicht deckungsgleich, beeinträchtigt das die Objekterkennung: Aussagen über Warnzeitpunkte und Entfernungen werden verfälscht, die Erkennungsrate kann ebenfalls sinken, **BILD 1**.

Tests in besonderen (simulierten) Umweltbedingungen ziehen weitere Probleme nach sich. Situationen mit einer besonders breiten Helligkeitsspanne zwischen der dunkelsten und hellsten sichtbaren Lichtquelle sind auf herkömmlichen Bildschirmen mit TFT-Matrix nur bedingt darstellbar. Das liegt am begrenzten Kontrast dieser Monitore. Die Transmissionseigenschaften der TFT-Maske sind stark eingeschränkt. Ebenso ist die Abdunklung nicht ausreichend, um den Lichtfluss vollkommen zu blockieren – ein weißes Pixel erreicht also nicht die Leuchtstärke der Hintergrundbeleuchtung, ein schwarzes Pixel emittiert weiterhin Licht. Der Kontrast beträgt bei den handelsüblichen Geräten ungefähr 300 : 1, **BILD 2**.

Aussagen von 1.000.000 : 1 oder mehr basieren auf einem „Trick“, der in der menschlichen Wahrnehmungspsychologie begründet ist. So kann eine höhere Kontrastspanne dadurch simuliert werden, indem die Hintergrundbeleuchtung des Bildschirms in Abhängigkeit des angezeigten Bilds automatisch gedimmt wird. Hierdurch werden zwar „tiefere Schwarztöne“ erreicht, jedoch geschieht dies auf Kosten der Durchschnittshelligkeit des gesamten Bilds. Dieses Verfahren wirkt

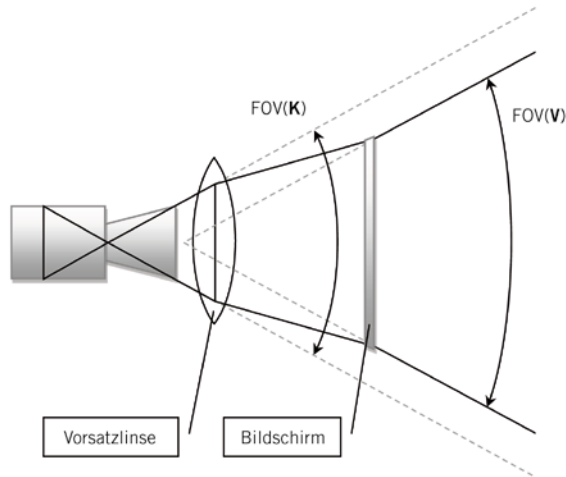


BILD 1 Das Bildfeld eines Kamerasystems bestimmt sich aus der Brennweite des Objektivs und der Weite des aufnehmenden Sensors; im konventionellen Testaufbau müssen die Sichtfelder FOV(K) und FOV(V) exakt aufeinander abgestimmt sein

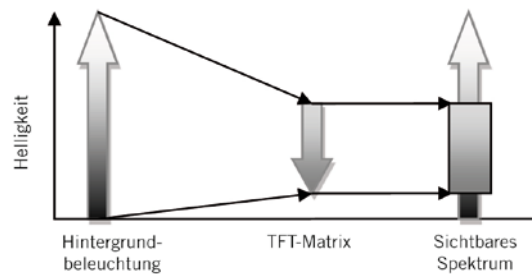


BILD 2 Prinzipieller Aufbau eines TFT-Monitors: Hinter der CCFL- oder LED-Hintergrundbeleuchtung ist die abdunkelnd, bilderzeugende TFT-Matrix angebracht; dadurch ist die maximale, sichtbare Helligkeit stark begrenzt

sich auf den darstellbaren Farbraum aus: Töne, die über die Grenzen der Anzeige hinausgehen, werden beschnitten. Ein Quellbild, das Strukturen sowohl in dunklen als auch in hellen Partien zeigt, würde so auf dem Bildschirm zu einem detailarmen Bild komprimiert. Die benannten Bereiche stoßen dadurch an die Aussteuerungsgrenzen und verlieren ihre Zeichnung. Diese unerwünschten Effekte können nur partiell durch Verwendung von sogenannten „Wide-Gamut“-Monitoren und entsprechenden Grafikkarten abgeschwächt werden, **BILD 3**.

Eine zusätzliche Herausforderung ist die Synchronisation der Komponenten.

Der Bildaufbau von modernen TFT-Bildschirmen basiert auf dem Raster-Scan-Prinzip der frühen Röhrenmonitore. Wo seinerzeit ein Elektronenstrahl das Bild auf die Phosphorschicht hinter dem Glas schrieb, läuft heute ein virtueller Cursor über den Bildschirm und zeichnet zeilenweise jedes Pixel neu. Die Bildwiederholrate liegt üblicherweise bei 60 Hz. Die Grafikkarte des Rechners übernimmt dabei die Steuerung. Der Bildsensor der Kamera startet die Belichtung ebenfalls zyklisch und erreicht Bildwiederholraten in Abhängigkeit der Verarbeitungsleistung des nachgeschalteten Prozessors im Bereich



BILD 3 Effekt der Dynamikkompression auf einem Bildschirm

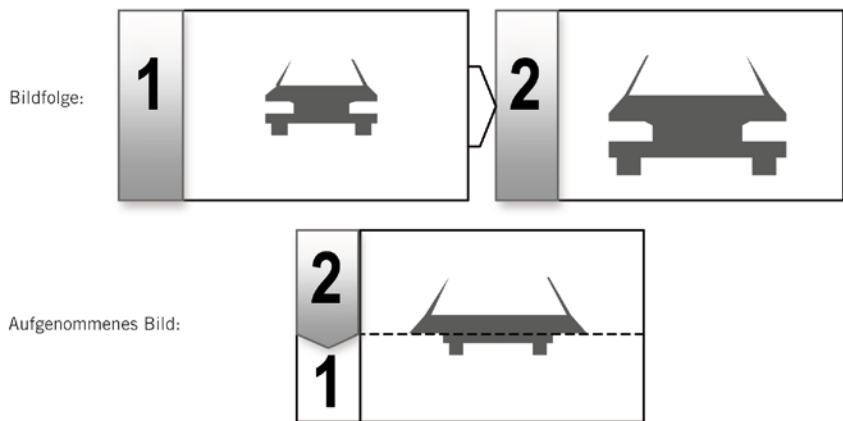


BILD 4 Ohne Synchronisation zwischen Bildsensor und Grafikkarte können Artefakte in den aufgenommenen Bildern entstehen

von mehreren Dutzend Bildern pro Sekunde. Mangels Synchronisation zwischen Kamera und Grafikkarte fällt die Belichtungszeit des Sensors auf die Phase der Bildschirmaktualisierung. Abhängig von den jeweiligen Startzeitpunkten und der Belichtungsdauer des Sensors ist das effektiv aufgenommene Bild eine Kombination von dem zuletzt dargestellten und dem neu gezeichneten Bild des Monitors, **BILD 4**. Die Konsequenz: Auf Videosequenzen mit raschen Objektbewegungen zeigt sich dieses Phä-

nomen in horizontal zerschnittenen und teilweise überlagerten Objekten. Das erschwert eine Objekterkennung oder Abstandsmessung deutlich.

DIREKTE BILDDATENEINSPEISUNG

Um die beschriebenen, negativen Effekte zu vermeiden und Testergebnisse mit höherer Testtiefe zu erzielen, hat Berner & Mattner eine Lösung entwickelt. Dazu wird das kamerabasierte Steuergerät geöffnet und elektrisch mit einem Ein-

speisungsadapter verbunden. Dieser Adapter wird statt des bisherigen Monitors direkt an den Testtreiber angeschlossen. Der Bildsensor der Kamera wird ausgeschaltet und dessen Funktion im Einspeisungsadapter emuliert. Die Bilddaten des Visualisierungsrechners können so direkt in das Steuergerät eingespeist werden. Hierbei wird der ursprüngliche optische Pfad der Kamera vollständig umgangen, **BILD 5** (oben). Für kamerabasierte Fahrerassistenzsysteme wurde diese Lösung bereits auf mehrere Bildsensoren erfolgreich adaptiert.

Die Vorteile der direkten Bilddateneinspeisung:

- Parasitäre optische Effekte wie Moiré-Muster und weitere Verzeichnung entfallen.
- Aufwändiges Justieren am Stativ vor einem Bildschirm entfällt. Es muss lediglich die FOV-Einstellung im Visualisierungswerkzeug berücksichtigt werden.
- Der volle Dynamikumfang des Bildsensors wird bedient. Nacht- und Gegenlichtsituationen werden testbar.
- Eingeschränkt nachstellbare Situationen, wie Schneefall, Regen oder ein verschmutzter Bildsensor, können witterungsunabhängig am HiL getestet werden.
- Aufsynchronisierte Bildeinspeisung eliminiert zerschnittene Objekte und Geisterspuren.
- Verzögerungen im optischen Pfad werden deutlich reduziert.

MODIFIKATIONEN AM STEUERGERÄT

Für den neuen Ansatz sind mechanische Modifikationen am Steuergerät notwen-

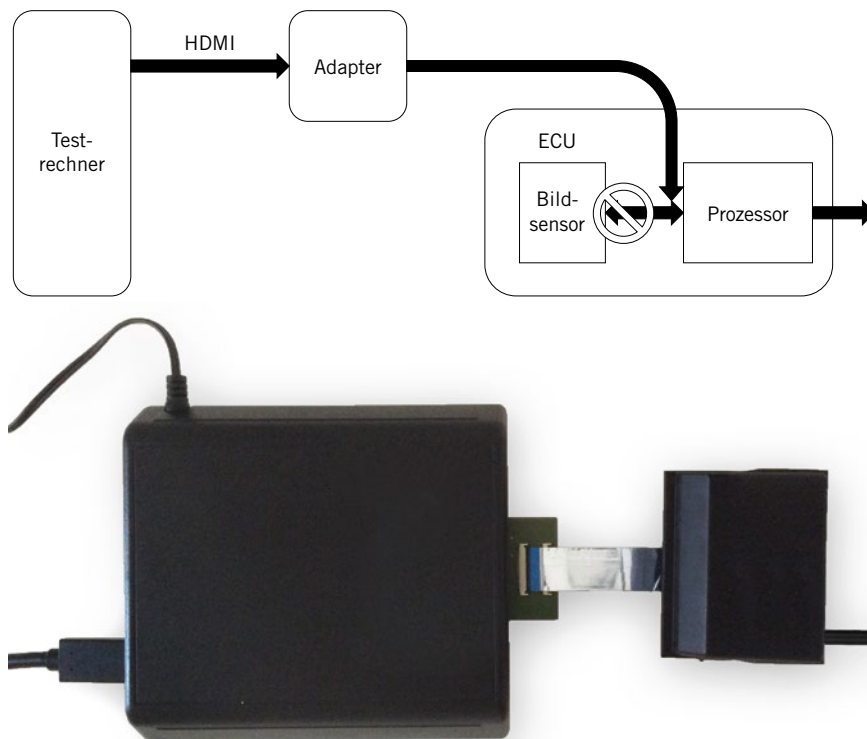


BILD 5 oben: Funktionsweise der digitalen Bildverarbeitung; unten: Einspeisungsadapter (links) und modifizierte Kamera (rechts) im Betrieb

dig. Der Bildsensor wird in einem ersten Schritt von der verarbeitenden Logik, dem Mikroprozessor, getrennt. Bereits vorhandene Schnittstellen zwischen Sensoreinheit und Verarbeitungsplatine erleichtern die Umsetzung. Die Datenkanäle des Einspeisungsadapters werden nun statt des Bildsensors an den Mikroprozessor angeschlossen, **BILD 5** (unten). Diese transportieren einerseits die Bilddaten vom Sensor zum Mikroprozessor und erlauben andererseits unter anderem die Regelung der Belichtungszeit, der Verstärkung und des Bildausschnitts der Aufnahme. Da der Einspeisungsadapter die Funktionalität des Sensors emuliert, muss die Software des Steuergeräts nicht angepasst werden und wird im Serienstand getestet. Die Bilddaten für das Steuergerät liefert weiterhin die Grafikkarte des Testrechners über eine DVI-, HDMI- oder Display-Port-Verbindung. Der Rechner erkennt die Kamera mit Adapter als zweiten Bildschirm mit der Auflösung des ursprünglichen Bildsensors. Dadurch kann dieses

System in bestehenden Testaufbauten den herkömmlichen Bildschirm ersetzen und reibungslos eingegliedert werden. Der übrige Testbetrieb bleibt hiervon unberührt. Der Adapter kann die Bilddaten direkt vor der Einspeisung nachbehandeln. So werden Belichtungsreihen durch Nachdunkeln und Aufhellen adäquat bedient. Darüber hinaus lassen sich auch Verschmutzungseffekte, Regentropfen, Scheibenkondensation oder Totpixel simulieren.

FAZIT

Das Verfahren der direkten Bilddateneinspeisung bietet gegenüber herkömmlichen Kamera-Monitor-Lösungen entscheidende Testvorteile. Die Testtiefe in der Verifikation kamerabasierter Fahrerassistenzsysteme ist deutlich höher. Zudem sind Tests möglich, die zuvor nur in der Fahrerprobung umgesetzt werden konnten. Gleichzeitig sinkt der Aufwand bei der Reproduktion konventionell nur

schwer nachstellbarer Situationen durch leistungsfähige Visualisierungswerkzeuge und eine unverfälschte Bilddatenübertragung von der Grafikkarte zur Bildverarbeitungssoftware.

ATZ extra

Siehe dazu auch den Beitrag zum Thema Entwicklung und Verifikation von „ECUs für kamerabasierte Fahrerassistenzsysteme im Closed-Loop-Verfahren“ im ATZextra Fahrerassistenzsysteme, April 2014, S. 30-33.



DOWNLOAD DES BEITRAGS

www.springerprofessional.de/ATZextra

