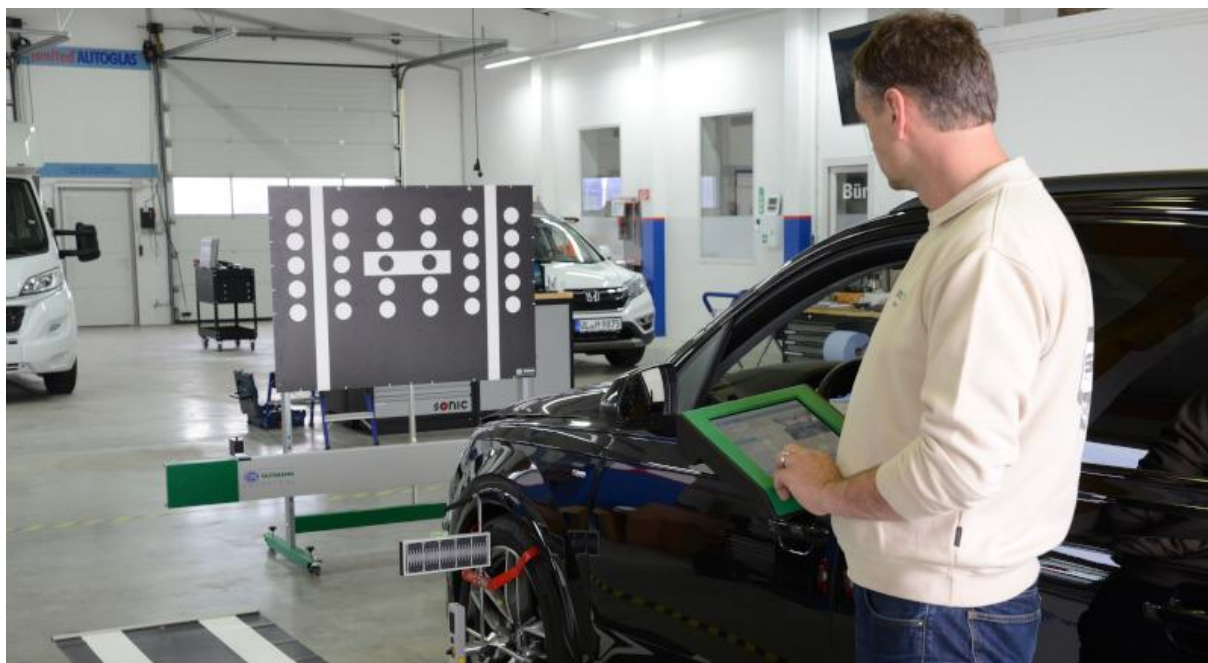


## Systemtest mit Tiefgang

Die Kalibrierung von Fahrerassistenzsystemen (FAS) wird zunehmend eine Standardaufgabe in K+L-Betrieben. Die Fremdvergabe dieser Arbeit ist sicher (weiterhin) möglich, macht bei steigender Marktdurchdringung und Notwendigkeit zukünftig aber immer weniger Sinn und sollte deshalb direkt vor Ort in den Betrieben möglich sein. Um Werkstätten bei einer Investitionsentscheidung zu unterstützen, hat das Kraftfahrzeugtechnische Institut (KTI) in Lohfelden am Markt gängige Kalibriertools von sechs Anbietern unter die Lupe genommen.



*Die Kalibrierung nimmt Fahrt auf: Rund jeder sechste Pkw ist bereits mit radarbasierten FAS ausgestattet.*  
Quelle: HGS

Schon mehrfach haben wir im Rahmen unseres technischen Newsletters darauf hingewiesen, wie essenziell das Thema Kalibrierung von Fahrerassistenzsystemen für alle Unfallreparaturbetriebe im Rahmen einer Schadenbeseitigung ist und welche Voraussetzungen dafür zu treffen sind. Allerdings konnten bisher einige wichtige Details nicht vollumfänglich dargestellt werden. Zum Beispiel: Wo liegen die wesentlichen Unterschiede der am Markt verfügbaren Kalibriertools? Und: Sind sie überhaupt geeignet, um damit fachgerecht nach den Vorgaben der Fahrzeughersteller zu arbeiten? Antworten auf genau diese Fragen können im Rahmen einer Investitionsplanung für jeden Unternehmer ausschlaggebend sein.

In unserem Newsletter [„Das \(Kamera-\)Auge fährt mit“](#) vom Ende letzten Jahres wurde in diesem Zusammenhang auf einen noch stattfindenden und umfangreichen Test des

Kraftfahrzeugtechnischen Institutes (KTI) in Lohfelden hingewiesen. Mit freundlicher Unterstützung des dortigen Leiters der Schadenforschung sowie des Projektverantwortlichen Dipl.-Ing. (FH) Helge Kiebach können wir nun an dieser Stelle die Ergebnisse der ausführlichen Untersuchung präsentieren. Zudem stand uns Helge Kiebach für die Beantwortung von Fragen zur Verfügung – siehe Interview S.19. Dafür bereits an dieser Stelle herzlichen Dank!

## Schrittweises Vorgehen

Der Test der vom KTI ausgewählten Kalibriersysteme fand an einem VW Tiguan 2.0 TDI (21 tkm, 255/45 R19 Continental SportContact Sommerreifen, Reifenfülldruck 2,6 bar und 8 mm Reifenprofil) statt, wobei Helge Kiebach besonderen Wert darauf legt, dass die nachfolgenden Ausführungen sich beispielhaft auf dieses Fahrzeug beziehen und daher nicht allgemeingültig sind. Eine fachgerecht durchgeführte Arbeit bedeutet, dass qualifiziertes Personal aktuelle und fahrzeugindividuelle OEM-Vorgaben befolgt und geeignete Geräte und Ausstattung verwendet.



Testfahrzeug VW Tiguan mit „Multifunktionskamera“ an der Windschutzscheibe sowie Frontradar im Kühlergrill. Quelle: KTI

„Die Vorgaben der Fahrzeughersteller hinsichtlich der Sensorkalibrierung sind teilweise sehr unterschiedlich. Da sich Herstellervorgaben mit der Zeit ändern können, sollten die bei einer Reparatur verwendeten Dokumente archiviert werden. Für Schäden, die nachweisbar auf eine nicht fachgerecht ausgeführte Reparatur zurückgeführt werden können, haftet die Werkstatt“, so Kiebach.

„Die Vorgaben der Fahrzeughersteller hinsichtlich der Sensorkalibrierung sind teilweise sehr unterschiedlich. Da sich Herstellervorgaben mit der Zeit ändern können, sollten die bei einer Reparatur verwendeten Dokumente archiviert werden. Für Schäden, die nachweisbar auf eine nicht fachgerecht ausgeführte Reparatur zurückgeführt werden können, haftet die Werkstatt“, so Kiebach.

Die Beachtung folgender Hinweise ist im Rahmen einer FAS-Kalibrierung hilfreich:

Die Beachtung folgender Hinweise ist im Rahmen einer FAS-Kalibrierung hilfreich:

1. Ein ggf. vorhandenes Security Gateway des Fahrzeugherstellers beachten; dafür sind zum Beispiel Diagnosegeräte mit Authentifizierungsfunktionalität und regelmäßige Software-Updates notwendig
2. Fahrzeug an der OBD-Dose mit einem geeigneten (auch universellen) Diagnosegerät verbinden
3. Gespeicherte Fehler auslesen, dokumentieren und idealerweise beseitigen/beheben
4. Prüfen, ob eine dynamische Kalibrierung notwendig ist (während der Fahrt) oder eine statische bei stehendem Fahrzeug bzw. eine Kombination aus beiden Methoden (abhängig vom jeweiligen Fahrzeugmodell)
5. Fahrzeugspezifische Vorbereitungen gemäß Herstellervorgaben, u.a. korrekter Reifenfülldruck, Herstellen der vorgegebenen Beladung oder

- Höheneinstellung der Karosserie, Prüfung des Fahrwerks auf Beschädigungen und Spiel, Messung der Reifenprofiltiefe
6. Bei Luftfahrwerk ist häufig ein spezieller Fahrwerkmodus einzustellen
  7. Ggf. Felgenschlagkompensation notwendig (siehe dazu auch Tipp Felgenschlagkompensation S.24)
  8. Ggf. den Kunden auf Sinn oder Notwendigkeit einer Einstellung der Fahrwerkgeometrie als Vorbereitung zur Sensorkalibrierung hinweisen
  9. Messplatz vorbereiten (siehe dazu Tipp zum richtigen Messplatz, S.21)
  10. Beim Kalibrieren von Radarsensoren dürfen im Erfassungsbereich keine metallischen Gegenstände liegen/stehen, um störende Reflexionen zu vermeiden
  11. Um Verspannungen im Fahrwerk zu vermeiden, das zu kalibrierende Fahrzeug nicht in engem Bogen vor das Kalibriertool oder den Messstand fahren; Vorder- und Hinterachse durchfedern
  12. Blendung der Kamera durch direkte Sonneneinstrahlung vermeiden; auch zu geringer Lichteinfall kann die Kalibrierung beeinflussen; LED- oder Leuchtstoffröhren können flackern und dadurch Störungen verursachen

## Untersuchung im Detail

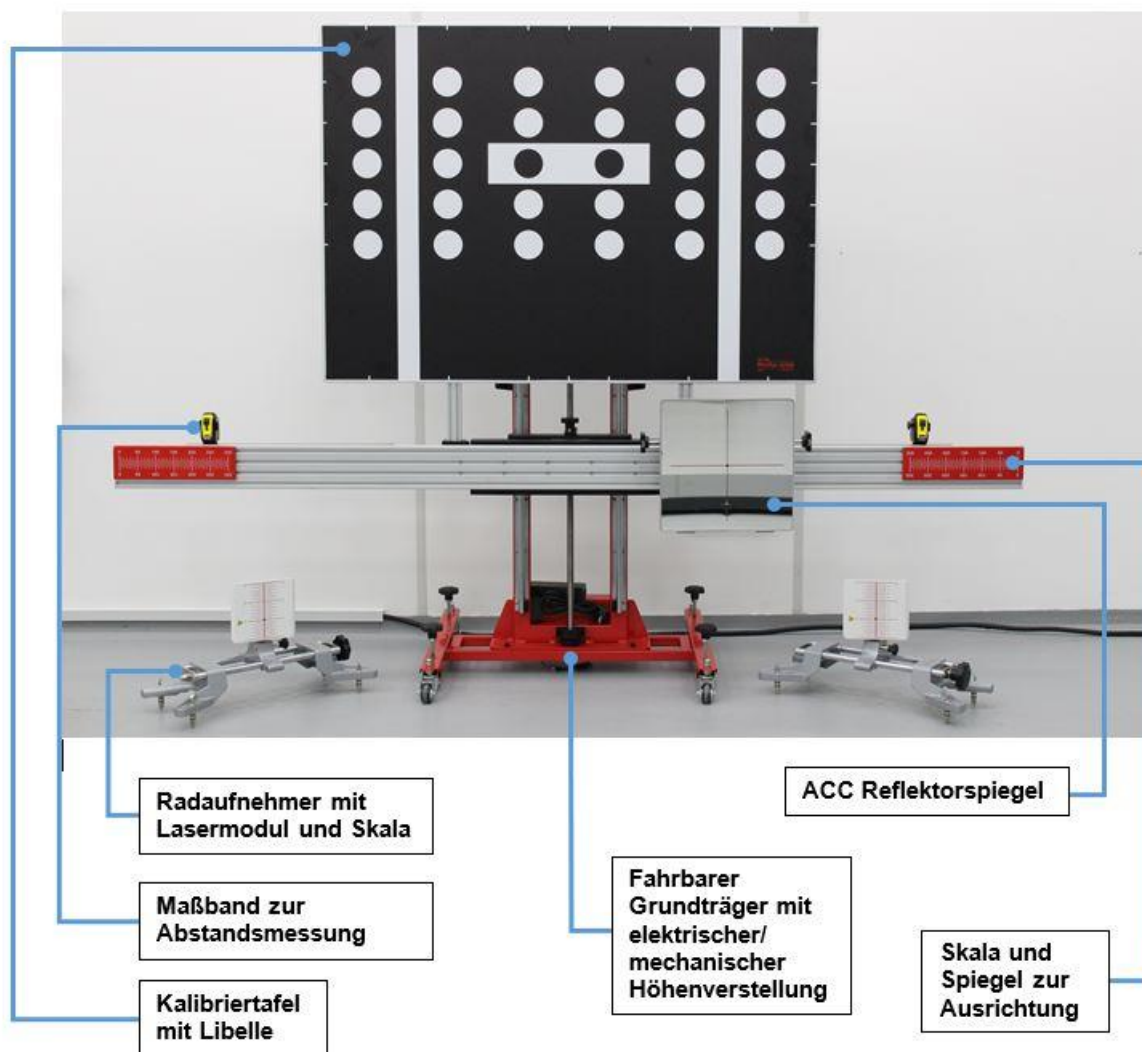
Bei der KTI-Untersuchung (Stand: Dezember 2019) war Voraussetzung, dass die Kalibriertools eine statische Kalibrierung von FAS-Sensoren ermöglichen. Das war bei allen getesteten Systemen von Autel, Beissbarth, Bosch, Hella Gutmann, Mahle und Texa der Fall. Auf Details zu den Systemen wird später genauer eingegangen.

Das Testfahrzeug war mit einer Multifunktionskamera in der Windschutzscheibe sowie einem Frontradar im Kühlergrill ausgerüstet, wobei sich das Radar laut Herstellerinformation statisch oder dynamisch kalibrieren lässt. Laut Helge Kiebach wird die Frontkamera bei diesem Fahrzeug statisch kalibriert und gemäß Vorgabe von Volkswagen ist eine Ausrichtung des Targets auf die geometrische Fahrachse (einschließlich Felgenschlagkompensation) des Fahrzeugs vorgeschrieben. Zur Gewährleistung einer ebenen Aufstandsfläche, wurde das Testfahrzeug zum Kalibrieren auf einen geeigneten Achsmessstand gefahren. Dabei handelte es sich um eine nivellierbare Prüffläche (Beissbarth LTB 300).

„Dem Beissbarth-Tool kam eine Sonderrolle zu: Im Gegensatz zu allen anderen Geräten handelt es sich um eine Markenlösung speziell für Volkswagen und nicht um eine Mehrmarkenlösung. Ein direkter Vergleich ist daher nicht in jeder Hinsicht sinnvoll. Da es aber neben einem VW Tiguan zur Ausstattung des KTI gehört und Volkswagen die Nutzung dieses Geräts zur Kalibrierung empfiehlt, wurde das VAS 6430 in die Testreihe aufgenommen. Die Beissbarth-Mehrmarkenlösungen BBFAS 1000/1415 werden im KTI ebenfalls noch getestet und die Ergebnisse später veröffentlicht. Etwaige Schwächen und Nachteile der Geräte wurden mit den Anbietern diskutiert. Im Ergebnis werden und wurden einige Geräte zur Beseitigung der aufgeführten Nachteile zügig weiterentwickelt. Nicht betrachtet wurden die erreichbaren Genauigkeiten der Sensorjustage“, so der Projektverantwortliche.

Die nun folgenden Einschätzungen und Ergebnisse zu den einzelnen Kalibriertools resultieren nahezu vollständig aus dem sehr detaillierten Abschlussbericht des KTI, der uns zur Vorbereitung dieses Newsletters vorlag. Hierbei wird jedes getestete System sehr umfangreich beschrieben und kann jedem Interessenten außerordentlich genaue Einblicke geben. Aufgrund des Umfangs kann der Leser gegebenenfalls auch direkt zu seinem favorisierten System weiterspringen.

### **Autel MaxiSys ADAS Calibration „Plus“ - CSC0600**



Die Komponenten des Autel-Geräts.

Quelle: KTI

Das Grundgestell des Geräts von Autel besteht aus Stahl. Die Tafel zur Kalibrierung der FAS-Kamera ist aus Kunststoff gefertigt und mit einer Aluminiumrahmen-Halterung versehen. Die Basisvariante (Tafel) deckt Fahrzeuge der Volkswagen Konzernmarken und von Mercedes-Benz ab. An die Tafel können via magnetische Beschichtung schnell und einfach Targets weiterer OEMs angebracht werden (Nissan, Hyundai, Kia, Subaru, Renault). Für die Targets anderer Marken (zum Beispiel Honda, Toyota) wird die Tafel der Basisvariante durch einen Aluminiumrahmen ersetzt, an dem stufenlos verschiebbare Halterungen angebracht sind. Neben einer elektrischen Höhenverstellung der Kalibriertafel ist auch eine manuelle Verstellung über Zahn-



radkurbel möglich, wodurch die Höhe sehr präzise eingestellt werden kann. Bedingt durch das Eigengewicht wirkt das System sehr stabil.

Für die Abstandsmessung zwischen Fahrzeug und Kalibriertool sind zwei Maßbänder auf dem Justagebalken installiert. Für die Messung ist eine zweite Person zum Halten des Maßbands erforderlich. Die grobe Ausrichtung des Kalibriertools erfolgt zunächst durch Verschieben über die vier Räder. Mithilfe von zwei Radaufnehmern und daran befestigtem Lasermodul und Targetskala an den Hinterrädern wird der Justagebalken um die Hochachse gedreht und dadurch das Kalibriertool auf die geometrische Fahrachse beziehungsweise Symmetrieachse des Fahrzeugs ausgerichtet. Der Justagebalken einschließlich Target wird hierbei feinjustiert, ohne das Gestell über die



Autel Tester „MaxiSys MS908S“.

Quelle: KTI

Räder zu verschieben. Dieses Vorgehen vereinfacht die Ausrichtung und spart Zeit. Die Radaufnehmer werden zwischen Reifenflanke und Felgenhorn angesetzt, ohne die Felgen zu beschädigen. Die Ausrichtung des Targets erfolgt über eine Einstellschraube am beweglichen Justagebalken. Der Niveaueausgleich wird über vier Einstellschrauben am Gestell vorgenommen und über zwei am Gestell angebrachte Libellen kontrolliert. Die Kommunikation

mit dem Fahrzeug erfolgte mit dem Autel Tester „MaxiSys MS908S“. Eine geeignete Fahrzeugaufstellfläche sowie die Möglichkeit zur Durchführung einer Fahrwerkvermessung (einschließlich Felgenschlagkompensation) kann durch Nutzung einer Achsmessanlage von Hunter oder Ravaglioli dargestellt werden.

Der Tester MaxiSys MS908S wirkt sehr träge. Voraussetzung für eine Kalibrierung ist ein kompletter – etwa fünf Minuten dauernder – Diagnosescan (Pre-Scan). Im Protokoll ist der Post-Scan zeitlich vor der Kalibrierung aufgeführt, obwohl dieser am Schluss durchgeführt wird. Der erforderliche Zeitaufwand ist bedingt durch die Menüführung recht hoch. So muss beispielsweise nach dem Pre-Scan wieder in das Hauptmenü zurückgekehrt werden, um das zu kalibrierende Fahrzeug erneut anzuwählen und die Kalibrierung zu starten. Gemäß Autel wurde der Pre-Scan nach dem Test modifiziert und beschleunigt. Außerdem kann der Pre- und Post-Scan nach Auskunft von Autel auf Kundenwunsch deaktiviert werden.

Der Leitfaden im Tester ist aber leicht verständlich und mit Grafiken versehen; die Übersetzungen sind an manchen Stellen verbesserungswürdig. Es wird während der Ausrichtung des Kalibriertools kein Hinweis auf eine Prüfung der Achsgeometrie oder eine gegebenenfalls (beim VW Tiguan vorgeschriebene) Felgenschlagkompensation gegeben. Eine mögliche Höhendifferenz zwischen der Aufstellfläche von Fahrzeug und Kalibriertool ist im Leitfaden berücksichtigt. Die Protokolle des Diagnosescans und der Kalibrierung lassen sich als PDF speichern, allerdings nicht umbenennen, obwohl ein entsprechender Button vorhanden ist. Die Parameter der Frontradar-Kalibrierung

stehen nicht im Protokoll. Mit dem Tester können zur Dokumentation maximal fünf Fotos aufgenommen und an das Protokoll angehängt werden. Der Zeitstempel im Protokoll von Post-Scan und Kalibrierung ist vertauscht.

Die Libelle zur Nivellierung des Reflektorspiegels in Längsrichtung weicht bei dem getesteten Gerät auf beiden Spiegeln („01“ und „02“) von der Vergleichslibelle ab. Um dies zu vermeiden, ist es nach Auskunft der Firma Autel erforderlich, die Libellen mit einer Zusatz-Wasserwaage manuell beim Systemaufbau korrekt zu nivellieren. Für den im Test verwendeten VW Tiguan wurde im Autel Leitfaden „Reflektorspiegel 01“ genannt, obwohl zur Radarkalibrierung „Reflektorspiegel 02“ benötigt wurde. Hier sind Korrekturen erforderlich.

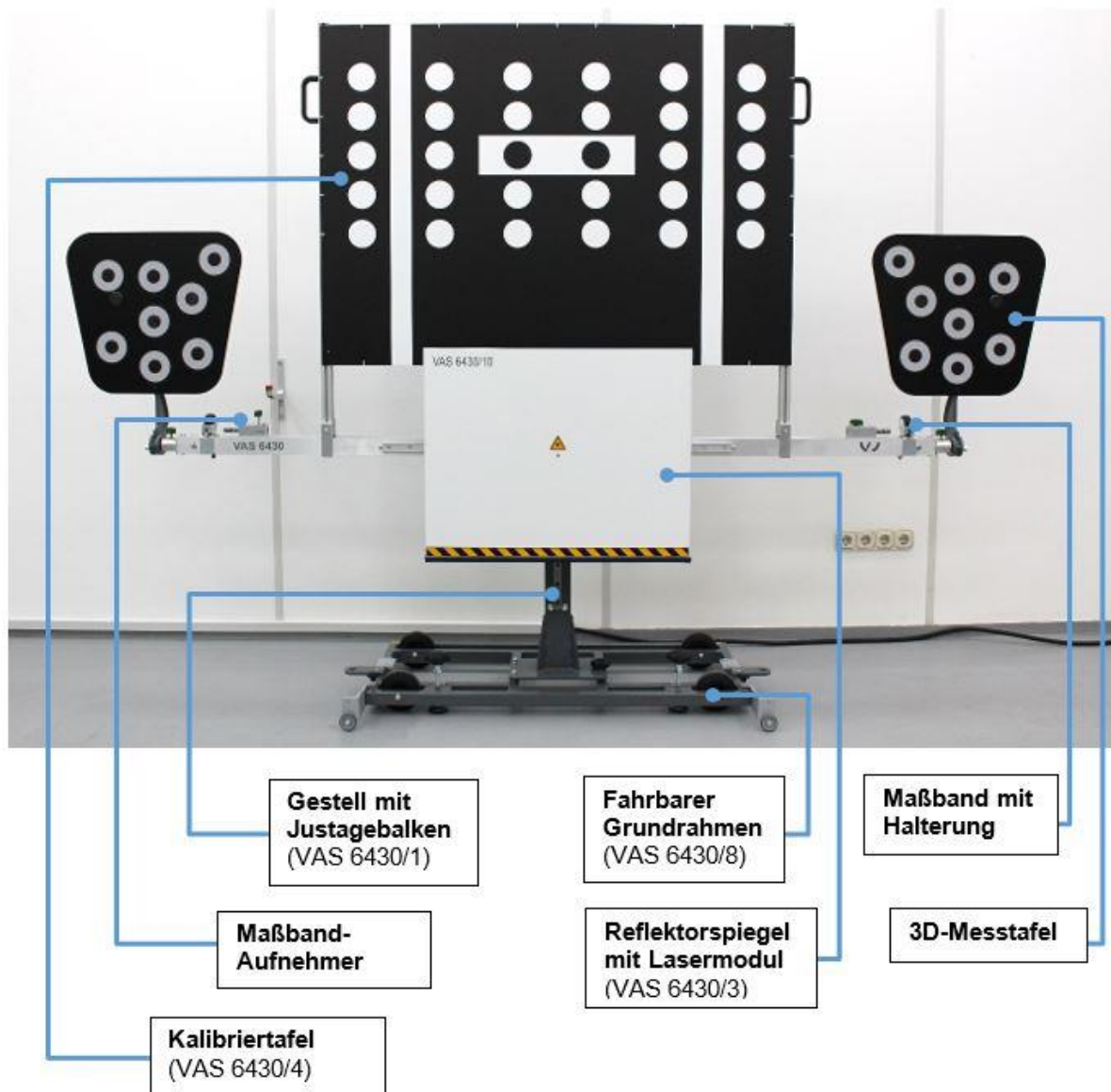
### **Fazit Autel MaxiSys ADAS Calibration „Plus“ - CSC0600**

Als Fazit lässt sich für das Autel-System festhalten: Die Hardware hinterlässt einen guten Eindruck. Das System ist sehr stabil und lässt sich leicht handhaben. Die Ausrichtung des Justagebalkens ohne Positionsänderung des Gestells und die Kombination aus elektrischer sowie mechanischer Höhenverstellung sind gelungen. Negativ fällt der Diagnosetester mit seiner Menüführung und der schlechten Übersetzung ins Deutsche auf. Für schnelle Servicefunktionen erweist sich die Menüführung als umständlich und zeitintensiv. Die Software weist in der getesteten Version viele Defizite auf, die mit Updates behoben werden könnten. Auf eine gemäß OEM-Reparaturvorgaben gegebenenfalls erforderliche Prüfung hinsichtlich Fahrwerkschäden, Achsgeometrie oder durchzuführende Felgenschlagkompensation wird von Autel nicht hingewiesen. Die Preise für das Maxisys-Basistool liegen bei circa 7500 Euro, in der Plus-Variante bei circa 10.800 Euro und der Diagnosetester Maxisys MS 908S kostet etwa 4000 Euro. Weitere Infos finden Sie unter [www.autel-diagnostic.eu](http://www.autel-diagnostic.eu).

### **Beissbarth VAS 6430 mit VAS 6767**

Das Kalibriersystem ist im Volkswagen Reparaturleitfaden genannt und wird in Verbindung mit dem Achsmesssystem Beissbarth VAS 6767 verwendet. Das VAS 6430 ist für Fahrzeuge der Volkswagen Konzernmarken vorgesehen und besteht aus einem fahrbaren Grundgestell, der Kalibriertafel für die VAG-Gruppe, dem Justagebalken mit Aufnahmen für die Messtafeln des VAS 6767 und Reflektorspiegel mit Lasermodul. Weiterhin gehören zum Lieferumfang eine ACC-Laserbox inklusive Akustiksignal, ein Audi-ACC-Grobjustagespiegel, Einstellscheiben, Abstandsmesseinheiten (Maßbänder) und Steckbolzen (zwei Stück) sowie eine Montage- und Bedienungsanleitung. Durch die Kombination mit dem VAS 6767 erfolgt die Ausrichtung kamerabasiert über die Beissbarth-Software. Eine geeignete Fahrzeugaufstellfläche kann durch Nutzung einer „nivellierbaren Fahrzeugaufstellfläche LTB 300“ dargestellt werden.

Der Leitfaden entspricht dem originalen Reparaturleitfaden von Volkswagen. Die Ausrichtung per Kamerasystem mit Bezug auf die Hinterachse und die Bedienung der Software laufen problemlos und einfach. Die vier Radaufnehmer werden an jeweils drei Radschrauben durch Magnete befestigt und halten die Messtafeln für die kamerabasierten 3-D-Messwertaufnehmer. Danach werden die Messtafeln an der Vorderachse abgenommen und durch zwei ansteckbare Messtafeln links und rechts am Justagebalken des Kalibriertools ersetzt, sodass die Ausrichtung des Kalibriertools erfolgen kann.



Beissbarth VAS 6430.

Quelle: Beissbarth

Das Gestell ist durch vier Gummiräder an der Unterseite ausschließlich in Querrichtung zum Fahrzeug beweglich, sodass für die Längsausrichtung erhöhter Kraftaufwand erforderlich ist. Dadurch soll vermieden werden, dass sich beim seitlichen Ausrichten des Targets der Abstand des Gestells zum Fahrzeug verändert. Nach Einstellen der seitlichen Position ist es somit nicht erforderlich, erneut die Längsposition zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. Die Höhenverstellung erfolgt durch eine mechanische Zahnradkurbel, wodurch eine millimetergenaue Einstellung

möglich ist. Der Niveaueausgleich des Tools erfolgt über drei Einstellschrauben und wird über zwei am Gestell angebrachte Präzisionslibellen (Genauigkeit gemäß Beissbarth: 1") kontrolliert. Der Reflektorspiegel zur Radarkalibrierung wird mit einem Lasermodul ausgerichtet. Die Ausrichtung auf die geometrische Fahrachse des Fahrzeugs erfolgt durch Radaufnehmer und Messtafeln, welche links und rechts in den Justagebalken gesteckt werden. Sämtliche Arbeitsschritte für die Ausrichtung zur Kalibrierung der Frontkamera und des Frontradars sind durch die Beissbarth-Software mit Text und Grafiken beschrieben. Zusätzlich erfolgt eine Parameteranzeige in Echtzeit, wodurch die Handhabung präzise und benutzerfreundlich ist. Die Ausrichtung des Kalibriergeräts endet mit einer Kontrolle durch die Software.

Die Abstandsmessung zwischen Kalibriertool und Fahrzeug erfolgt durch Maßbänder, die fest auf dem Justagebalken befestigt sind und an speziellen Radnabenaufnehmern einrasten. Dadurch ist eine präzise Ermittlung des Abstands möglich. Zur Kalibrierung



Achsmesssystem Beissbarth VAS 6767 Quelle: Beissbarth.

wird die originale VW Diagnosesoftware „ODIS“ verwendet. Das Programm ist schlüssig und einfach zu bedienen. Der Leitfaden wird interaktiv und sehr benutzerfreundlich in der Beissbarth-Software dargestellt. Die Protokolle sind als HTML speicherbar. Weiterhin sind der Start- und Endzeitpunkt sowie die gesamte Diagnosedauer in Zeiteinheiten (ZE) angegeben. Eine Felgenschlagkompensation ist durch eine obligatorische Eingangsmessung vor jedem Ausrichtungsvorgang im Ablauf integriert. Damit ist für den be-

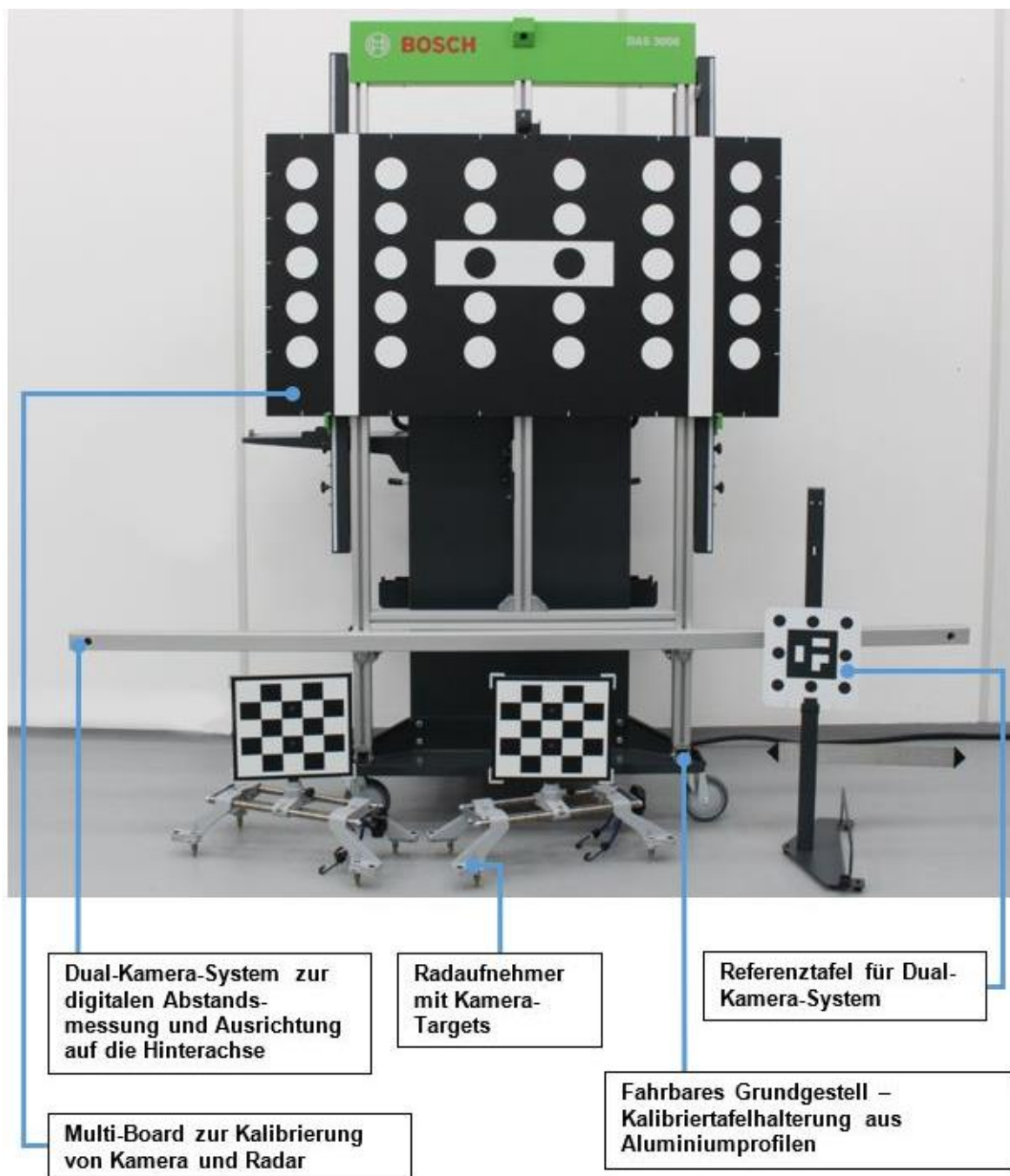
trachteten VW Tiguan eine OEM-konforme Kalibrierung möglich. Eine eventuell vorhandene Höhendifferenz zwischen Aufstellfläche des Fahrzeugs und Kalibriertools wird im Ausrichtungsprozess berücksichtigt.

## Fazit zum Beissbarth-System

Insgesamt besticht das System durch eine stabile und exakte Ausrichtbarkeit. Zudem ist die OEM-Konformität durch die integrierte Eingangsmessung mit Felgenschlagkompensation mit dem VAS 6767 sichergestellt. Die Bedienung ist leicht und verständlich und konform zu den VW Reparaturvorgaben. Allerdings ist das System nur für Fahrzeuge der Volkswagen Konzernmarken vorgesehen. Das VAS 6430 wird ausschließlich über die Volkswagen AG vertrieben. Zusätzliche Informationen auch unter [www.beissbarth.com](http://www.beissbarth.com).



## Bosch DAS 3000 S20



Bosch DAS 3000.

Quelle: KTI

Das „Dual Board“ des Bosch DAS 3000 S20 ist sowohl für die Kalibrierung der Kamera als auch des Frontradars einsetzbar, sofern vom OEM kein Tripelspiegel vorgesehen ist. Die horizontale, vertikale und parallele Ausrichtung des Targets erfolgt mit Bezug auf die Hinterachse über das Dual-Kamera-System und die Software „Bosch ADAS Positioning“. Das Kalibrierwerkzeug DAS 3000 wird unabhängig von dem Diagnostester über die Aufbauanleitung „One Pager“ eingerichtet. Sofern weiterhin die entsprechende Software zur Ausrichtung installiert ist, lässt sich eine Kalibrierung auch mit anderen Diagnostestern durchführen. Diagnose- und Kalibriertool funktionieren daher auch unabhängig voneinander.

Die Marktabdeckung der Basisvariante umfasst die Fahrzeuge der Volkswagen Konzernmarken (VW, Audi, Seat, Škoda). Zudem können Targets der Marken Alfa Romeo, Citroën, Daihatsu, Fiat, Honda, Hyundai, Jeep, Kia, Mazda, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Porsche, Renault, Smart, Subaru, Suzuki und Toyota als Zusatzequipment erworben werden.

Die Spannvorrichtungen der Radaufnehmer haben eine Drehmomentbegrenzung. Diese dient beim Anziehen vor allem dazu, die Felge nicht zu beschädigen, und vermeidet als Nebeneffekt größere Verspannungen. Das gesamte System wirkt sehr stabil. Bosch empfiehlt die Montage eines „Präzisionsbalkens“ mit Libelle oberhalb des Dual Boards, was durch die Magnete und die Sicherung in der Mitte einfach umzusetzen ist. Bei Ausrichtung auf beidseitig gleicher Höhe besteht so die Möglichkeit, eine Abweichung im Wankwinkel festzustellen.



Bosch KTS 590

Quelle: KTI

Über die Einstellung der seitlichen Positioniereinheit (zur Einstellung des Offsets) lässt sich eine Wankwinkel-differenz ausgleichen. Bei seitlich abfallendem Boden muss eine Nachjustierung der Targethalterung vorgenommen werden, um den Wankwinkel auszugleichen. Eine feste Arretierung der Targettafel fehlt, wodurch ein versehentliches Verschieben möglich ist. Eine verbesserte Arretierung hat

Bosch angekündigt. Die Targets für andere Fahrzeughersteller sind fest durch Magnete und Führungstifte arretiert.

Günstig ist die platzsparende Verstaueung der optionalen Targets in der im Gestell integrierten Multi-Target-Aufbewahrungsbox. Sehr gut ist die Ergonomie: Die Ausrichtung des Targets ist ohne Bücken möglich. Der Aufbauleitfaden ist verständlich und leicht nachvollziehbar. Es erfolgt kein Hinweis zur Einbeziehung einer eventuell vorhandenen Höhendifferenz des Kalibriertools zur Aufstellfläche des Fahrzeugs. Auf eine (beim VW Tiguan vorgeschriebene) Felgenschlagkompensation wird ebenfalls nicht hingewiesen. Gemäß Leitfaden ist lediglich zu prüfen, dass die „Achsgometrie i.O.“ ist. In diesem Zusammenhang ist allerdings darauf hinzuweisen, dass Bosch für die Kalibrierung von FAS-Sensoren an Fahrzeugen der Marke Volkswagen ausdrücklich die Verwendung des VAS 6430 empfiehlt.

Während des Tests zeigte sich eine träge Reaktion der Dual-Kameras bei der Ausrichtung des Tools. Die Ursache lag in der Lichtempfindlichkeit der Kameras. Durch ein Software-Update und gezieltes Ausschalten einzelner Elemente der Deckenbeleuchtung konnte diese Schwierigkeit weitgehend behoben werden und die Handhabung verbesserte sich. Als Diagnosetester dient ESI[tronic] 2.0 in Verbindung

mit KTS 590 (oder KTS 560). Die Bedienung ist benutzerfreundlich und einfach. Protokolle sind als PDF speicherbar.

## Fazit zum Bosch-System

Insgesamt ist das DAS 3000 sehr stabil und die Ausrichtung lässt sich nach einer Eingewöhnungszeit sehr einfach und schnell durchführen. Durch die Verwendung der „Service Information“ und der Ausrichtungssoftware ist die Kalibrierung auch mit anderen Diagnosetestern beziehungsweise deren Software durchführbar. Insgesamt überzeugt das System durch eine ergonomische Handhabung, reagiert aber träge bei ungünstigen Lichtverhältnissen. Die Preise für das DAS 3000 liegen bei rund 9000 Euro, für das KTS 560 fallen etwa 2300 Euro an. Zusätzliche Informationen auch unter [www.boschaftermarket.com](http://www.boschaftermarket.com).

## Hella Gutmann Solutions CSC-Tool

Das HGS-Tool mit dem Grundgestell aus Stahl sowie die Kalibriertafel aus Kunststoff wirken durch das Eigengewicht insgesamt sehr stabil. Der Niveaueausgleich des Gestells erfolgt mit vier Einstellschrauben und zwei Libellen. Die Kalibriertafel ist zur Höhenverstellung links und rechts am Gestell mit jeweils einer Feder gesichert. Werden die Feststellschrauben gelöst, kann die Tafel nach oben oder unten verschoben werden. Dabei kann die Tafel verkanten und die Einstellung der exakt vorgeschriebenen Höhe erfordert mehrfaches Nachstellen. Links und rechts am Justagebalken befindet sich jeweils eine aufklappbare Skala mit Spiegel und mittig eine verschiebbare Winkelverstellplatte.



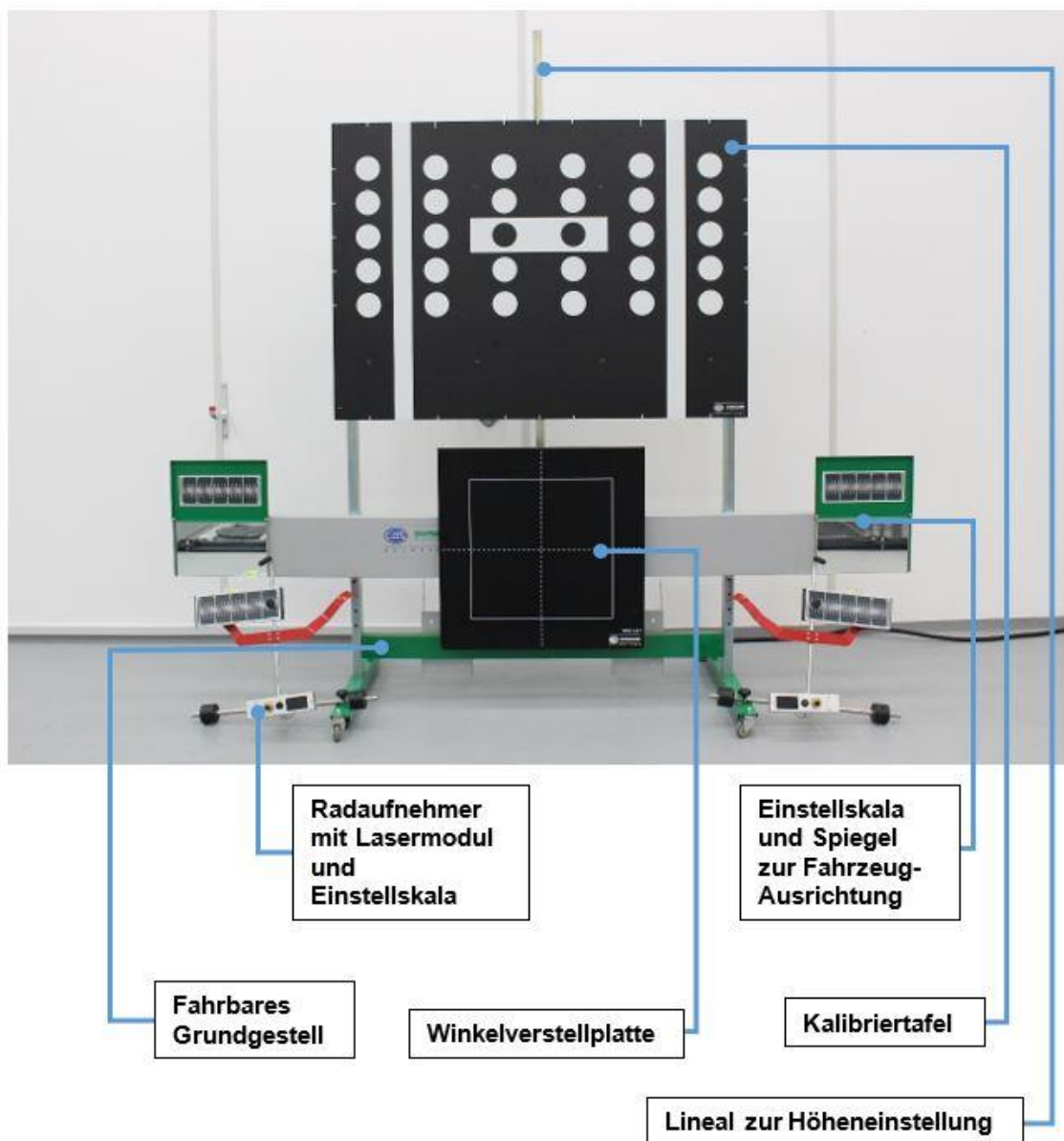
Mega Macs PC.

Quelle: KTI

Die Radaufnehmer mit Lasermodul und Skala werden auf der Lauffläche des Reifens durch Spikes angebracht und liegen mit zwei Gummirollen auf dem Felgenhorn auf. Der Laserpunkt der Radaufnehmer besitzt eine geringe Streuung und arbeitet zusammen mit den Spiegeln und Skalen sehr präzise. Die Einstellung des Abstands zwischen Fahrzeug (Radnabenmitte) und Justagebalken erfolgt mit einem Maßband. Zu empfehlen ist die Ausstattung mit der optional erhältlichen Maßband-Halterung. Ohne diese ist zur Einstellung des Abstands zwischen Kalibriertafel und Radnabenmitte eine zweite Person erforderlich. Eine geeignete Fahrzeugaufstellfläche kann durch Nutzung eines „nivellierten Plattensystems“ dargestellt werden.

Die Menüführung erfolgt mit dem mega macs PC (oder mega macs 42SE, 56, 66, 77). Darin enthalten ist ein kurzes Infowindow mit Stichpunkten zur Ausrichtung. Es erfolgt kein Hinweis zur Berücksichtigung einer eventuell vorhandenen Höhendifferenz des Kalibriertools zur Aufstellfläche des Fahrzeugs. Die Kalibrierung des Frontradars am VW Tiguan konnte mit der getesteten Variante nicht durchgeführt werden, da die Winkelverstellplatte nicht in der Höhe verstellbar ist. Mit der Variante CSC-Kit Radar 1

EVO ist dies möglich. Auf eine (beim VW Tiguan vorgeschriebene) Felgenschlagkompensation wird im Leitfaden nicht hingewiesen, es wird lediglich eine einwandfreie Achsgeometrie vorausgesetzt. Eine Felgenschlagkompensation kann bei Bedarf mittels Zusatzequipment (Radaufnehmer „Control“) durchgeführt werden. Die kabellose Bedienung ist schlüssig und leicht verständlich. Protokolle sind im PDF-Format speicherbar.



HGS CSC-Tool.

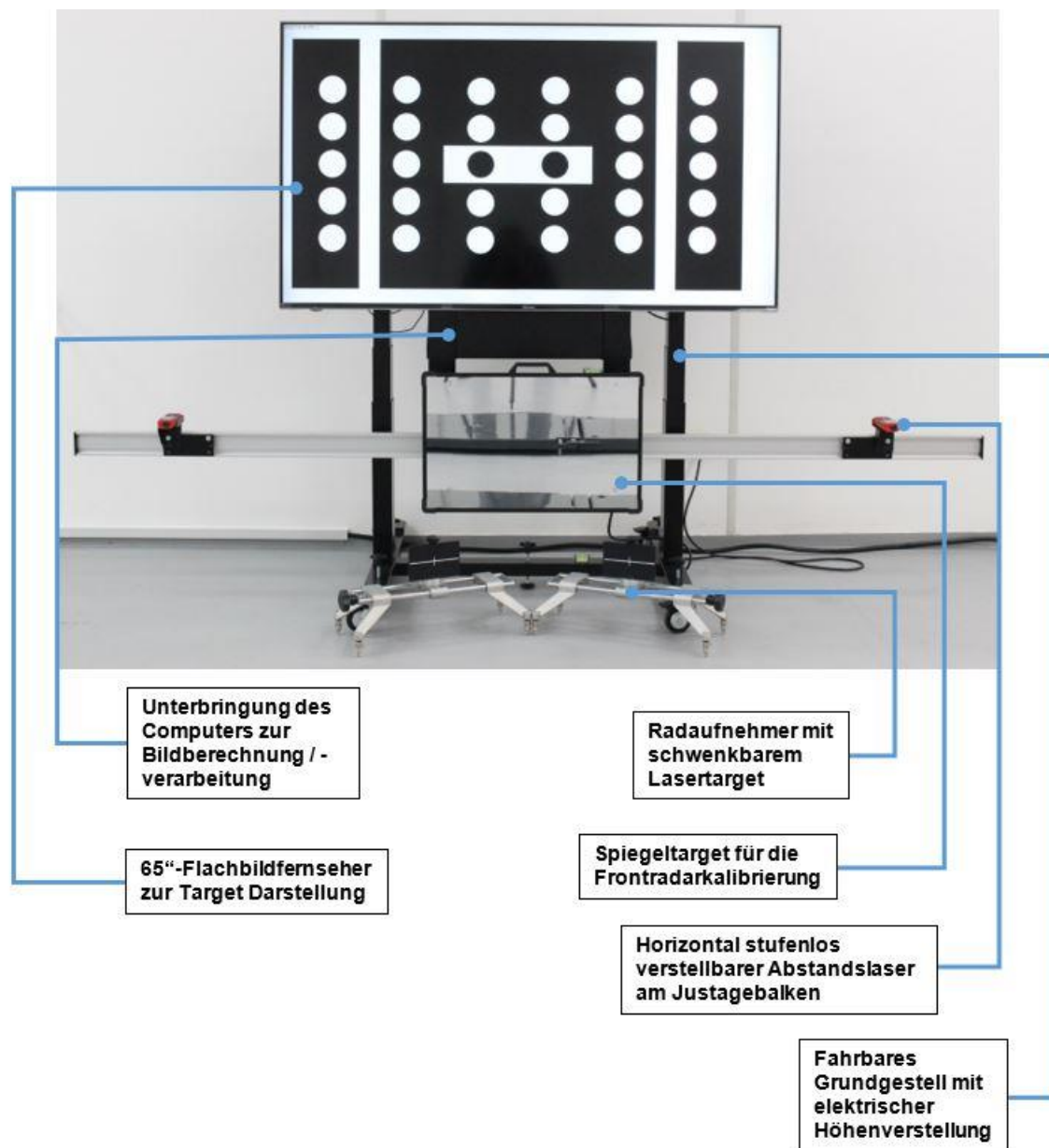
Quelle: KTI

## Fazit zum HGS-System

Das System wirkt stabil, die Radaufnehmer zeichnen sich durch eine geringe Fehleranfälligkeit aus. Zudem wird eine präzise Ausrichtung des Tools durch Laser ermöglicht. Allerdings ist ein Verkanten der Targettafel während der Höheneinstellung möglich. Das CSC-Tool kostet etwa 6000 Euro plus ein zusätzliches Radarkit für rund 2000 Euro. Der mega macs PC startet bei rund 2000 Euro. Weitere Informationen unter [www.hella-gutmann.com](http://www.hella-gutmann.com).



## Mahle TechPRO® Digital ADAS



Mahle-Kalibriertool mit digitaler Targetdarstellung auf einem Bildschirm.

Quelle: KTI

Als Besonderheit des Mahle TechPRO Digital ADAS bildet ein 65"-LED-Bildschirm (Hisense H65U7A) die Kalibriertafel. Die digitale Darstellung ermöglicht die Verwendung zusätzlicher Targets durch Software-Updates. Dadurch wird Abstellraum zur Aufbewahrung verschiedener Targets gespart. Der Bildschirm ist am Grundgestell aus Stahl elektrisch in der Höhe verstellbar. Schwierig war bei dem getesteten Gerät eine millimetergenaue Einstellung, da die digitale Anzeige der elektrischen Höhenverstellung zentimetergenau war. Nach Angabe von Mahle ist das Gerät in diesem Punkt überarbeitet worden und eine exakte Einstellung soll nun möglich sein.

Der Niveaueausgleich erfolgt über fünf Einstellschrauben am Gestell über zwei Libellen. Das Gestell wirkt sehr stabil und lässt sich sehr gut handhaben. Am Justagebalken sind zwei stufenlos verschiebbare Abstandslaser und der Spiegel zur Radarkalibrierung montiert. Die Radaufnehmer werden zwischen Reifenflanke und

Felgenhorn geklemmt und verfügen über ein schwenkbares Lasertarget zur Ausrichtung. Die Radaufnehmer können beim Montieren beziehungsweise Demontieren trotz Kunststoffschutz Beschädigungen an Felgen verursachen.

Gemäß der Auskunft von Mahle werden zwischenzeitlich alternativ auch Radaufnehmer zur Montage über die Reifen angeboten. Der Abstand zwischen Fahrzeug und Kalibriergerät wird mit zwei Abstandslasern auf dem Justagebalken ermittelt, welche die Entfernung zu den Lasertargets auf den Radaufnehmern an der Vorderachse oder – gemäß Mahle neuerdings – wahlweise an der Hinterachse messen. Nach Auskunft von Mahle sind deshalb neue (zum Testzeitpunkt noch nicht verfügbare) Lasertargets erhältlich, mit denen eine einfachere und exaktere Ermittlung der Kreuzmitte erreicht werden kann. Die Ausrichtung des Kalibrierwerkzeugs muss nur grob erfolgen.

Für die Kalibrierung des Frontradars wird das Kalibriertool zunächst grob parallel auf die Fahrzeugfront ausgerichtet. Die exakte Ausrichtung des Spiegels erfolgt anschließend über die Eingabe der Abstands- und Positionswerte der Balkenlaser in die Softwaremaske des Testers. Daraus ergibt sich ein Wert für den Winkel, um den der Spiegel verdreht werden muss, damit er parallel vor dem Fahrzeug steht. Für die Kalibrierung der Frontkamera werden abgelesene Werte an den Abstandslasern und Skalen (Quer- und Längsabstand) auf dem Justagebalken in das Berechnungsprogramm eingegeben.

Basierend auf diesen Parametern, wird das Targetbild auf dem Bildschirm nach einem patentierten Verfahren automatisch angepasst (Keystone-Korrektur). Das bedeutet, dass das System schräg vor dem Fahrzeug stehen kann und die Software das angezeigte Targetbild so (angepasst) darstellt, dass es von der Frontkamera als gerade ausgerichtet wahrgenommen wird. Zum Testzeitpunkt erfolgte die Ausrichtung der Kalibriereinrichtung mit Bezug auf die Vorderachse. Damit ist eine Ausrichtung zur geometrischen Fahrachse nicht möglich. Deshalb wird laut Mahle inzwischen auch die Ausrichtung des Kalibriertools mit Bezug auf die Hinterachse angeboten.



Mahle-Tester TechPRO.

Quelle: KTI

Bei der Nutzung des Wi-Fi zwischen Bildschirm und Tester kam es häufig zu Verbindungsabbrüchen bei geringer Signalstärke. Durch eine WLAN-Signalverstärkung (mittels Repeater) oder durch ein optional erhältliches Verbindungskabel lässt sich diese Störung einfach und zuverlässig beheben. Der Umgang mit dem Mahle-Tester TechPRO gelang auf Anhieb nicht reibungslos, wurde inzwischen gemäß Angaben

von Mahle jedoch optimiert. Hier bedarf es einiger Übung und eine Einweisung in die Bedienung ist unbedingt zu empfehlen.

Sämtliche Leitfäden sind in der Menüführung enthalten und mit Grafiken versehen. Die Protokolle sind nur über einen separaten PC mit NexusPrint-Software als PDF speicherbar oder per E-Mail versendbar. Der Leitfaden mit Grafiken ist sehr

ausführlich. Allerdings wird auf eine (beim VW Tiguan notwendige) Felgenschlagkompensation nicht hingewiesen und ein Hinweis auf die Kalibrier-voraussetzung „Achsgeometrie i.O.“ fehlt im Leitfaden. Ebenfalls keine Erwähnung findet die Einbeziehung einer eventuell vorhandenen Höhendifferenz zwischen den Aufstellflächen von Fahrzeug und Kalibriertool. Das Kalibriertool ist nicht mit anderen Diagnosetestern beziehungsweise Leitfäden kompatibel. Das Kalibriertool kann sowohl bei Android-, IOS- und Windows-Betriebssystemen eingesetzt werden. Eine Kalibrierung per App für iOS/Android ist möglich.

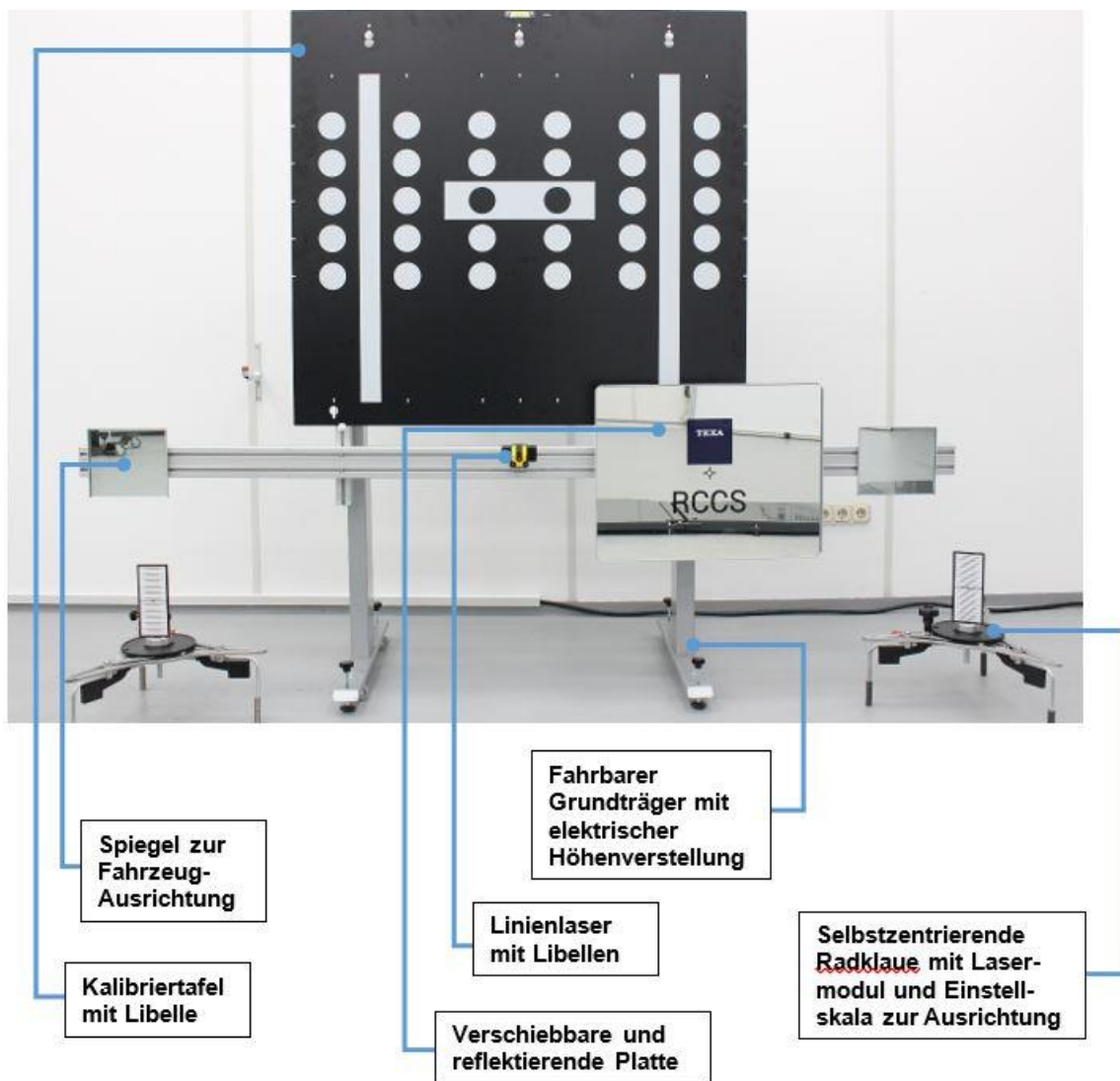
## **Fazit zum Mahle-System**

Das System wirkt insgesamt sehr stabil, die digitale Lösung der Targetdarstellung gefällt. Durch Darstellung verschiedener Targets auf dem Bildschirm reduziert sich der benötigte Stauraum, die Kalibrierung kann sehr schnell gestartet werden. Der Kalibrierungsprozess ist der schnellste aller getesteten Systeme (ca. 10 Min) und es gibt eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Targetdarstellung für die Kamerakalibrierung. Allerdings können Lichtspiegelungen am Bildschirm die Targeterkennung durch die Frontkamera stören. Darüber hinaus könnten die Felgen durch Radaufnehmer beschädigt werden. Die Preise für das TecPRO ADAS liegen bei rund 15.000 Euro, für das TechPRO fallen etwa 2000 Euro an. Ergänzende Informationen unter [www.brainbee.com](http://www.brainbee.com).

## **Texa RCCS ADAS Multimarca**

Das Texa-Tool verfügt über ein Grundgestell aus Stahl und eine elektrisch sehr exakt höhenverstellbare Kalibriertafel aus Kunststoff. Die Materialstärke der Kalibriertafel ist mit circa 5 mm sehr dünn und instabil; die Verbindung zum Gestell über Kunststoffhalter zeigte beim getesteten Modell Spiel. Mit einer unten am Gestell angebrachten Querverstrebung würde das gesamte System stabiler werden.

Links und rechts am Justagebalken befindet sich jeweils ein Spiegel und mittig eine verschiebbare reflektierende Platte. An dem Gestell wäre eine zusätzliche Markierung hilfreich, um die Radartafel zu zentrieren. Der Niveaueausgleich erfolgt mit vier Einstellschrauben und zwei Libellen auf dem Linienlaser sowie einer elektronischen Wasserwaage. Die zwei Radaufnehmer mit Lasermodul und Skala sind selbst-zentrierend und liegen auf der Reifenflanke auf. Die Ausrichtung des Tools ist durch die Anlage der Radaufnehmer an der Reifenflanke fehleranfällig, sofern keine Kompensation vorgenommen wird. Die Ausrichtung auf die Fahrzeuglängsmittlebene wird durch einen Linienlaser vorgenommen, indem zum Beispiel die Mitte des Markenemblems anvisiert wird. Der Abstand zum Fahrzeug wird mit einem Maßband ermittelt und erfordert eine zweite Person. Der nur zusammen mit der Kalibriertafel höhenverstellbare Justagebalken mit dem Linienlaser erschwert die Ausrichtung auf die Fahrzeuglängsmittlebene: Da die Abstandsmessung zum Fahrzeug mit dem Maßband und die seitliche Ausrichtung mittels Laser beim VW Tiguan nicht zeitgleich möglich ist, muss der Vorgang häufig wiederholt werden. Dies verlängert die erforderliche Arbeitszeit für den Kalibrierungsvorgang. Die Ausrichtung der Kalibrier-einrichtung über Radaufnehmer an den Hinterrädern mit Laser, Spiegeln und Skalen ist aufgrund der hohen Streuung des Laserpunktes ungenau.



Texa RCCS-Tool.

Quelle: KTI



Texa-Tester Axone Nemo TXTS. Quelle: KTI

Der Texa-Tester Axone Nemo TXTS ist sehr benutzerfreundlich und intuitiv bedienbar. Sämtliche Leitfäden mit ihren Texten und Grafiken sind sehr leicht verständlich und auf dem Tester installiert. Die Protokolle sind im PDF-Format speicherbar. Der Leitfaden weist nicht auf eine (beim VW Tiguan notwendige) Felgenschlagkompensation hin. Es wird im Leitfaden lediglich folgende Warnung angezeigt: „Vorsicht: Vor dem Start des Verfahrens muss die Achsvermessung durchgeführt werden!“. Eine Achsvermessung einschließlich Felgenschlagkompensation ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn sie im Zuge der Ausrichtung des Kalibriertools stattfindet. Ein Hinweis auf eine

eventuell notwendige Berücksichtigung der Höhendifferenz zwischen den Aufstellflächen von Fahrzeug und Kalibriertool findet sich nicht. Das Tool wurde zwischenzeitlich zum RCCS 2 weiterentwickelt.



## Fazit zum Texa-System

Der Diagnosetester Axone Nemo TXTS ist intuitiv und leicht anwendbar. Auf eine (beim VW Tiguan erforderliche) Felgenschlagkompensation wird nicht hingewiesen. Die Kalibriereinrichtung des Tools ist instabil und ungenau. Das Tool wurde zwischenzeitlich jedoch zum RCCS 2 weiterentwickelt. Nach Angaben von Texa sind in diese Weiterentwicklung Verbesserungen eingeflossen und der Preis hat sich gegenüber dem getesteten RCCS um rund 2000 Euro reduziert. Die Preise für das RCCS-Tool liegen bei rund 8000 Euro und für das Axone Nemo TXTS bei etwa 7000 Euro. Weitere Informationen auch unter [www.texadeutschland.com](http://www.texadeutschland.com).

## Kombinationen eher schwierig

Für die Werkstätten von großem Vorteil wäre es, wenn sich ein bereits vorhandenes Mehrmarkendiagnose- und/oder Achsmessgerät mit dem neu anzuschaffenden Kalibriertool kombinieren ließe. Auch diesen Punkt hat das KTI untersucht. Zwar ließen sich nicht alle am Markt möglichen Kombinationen abprüfen, allerdings wurden Stichproben durchgeführt, die laut Helge Kiebach zu folgenden Resultaten führten:

1. Das Tool Autel MaxiSys ADAS Calibration ist mit anderen Diagnosetestern nicht kompatibel, da die in den Aufbauanleitungen vorgegebenen Höhen nicht übereinstimmen und Fehlermeldungen nach der Kalibrierung verursachen.
2. Das Tool Beissbarth VAS 6430 ist eine spezielle Markenlösung für Volkswagen und daher nicht als Mehrmarkentool konzipiert. Es ist mit anderen Diagnosetestern nicht kompatibel, da weder vorgegebene Höhen in den Aufbauanleitungen einzustellen sind noch eine mittige und parallele Ausrichtung des Targets zur Fahrzeugfront möglich ist.
3. Das „Bosch DAS 3000“ ist – nach Aussage von Bosch – mit anderen Diagnosetestern kombinierbar, da die Aufbauanleitung in einer separaten Datenbank vorliegt. Über die Kalibrierqualität bei Kombination des Bosch DAS 3000 mit einem Diagnosegerät eines anderen Anbieters können jedoch keine Aussagen getroffen werden.
4. Das CSC-Tool von Hella Gutmann Solutions (HGS) ist mit anderen Diagnosetestern nicht kompatibel, da die in den Aufbauanleitungen vorgegebenen Höhen mechanisch nicht eingestellt werden können. Die Nutzung von Diagnosetestern anderer Hersteller wird seitens HGS bewusst nicht unterstützt, da speziell auf das CSC-Tool bezogene Höhenstandswerte verwendet werden. Da HGS einen eigenen Bezugspunkt nutzt, stimmen diese auch nicht mit den Angaben in den Herstellerunterlagen überein.
5. Das Tool Mahle TechPRO Digital ADAS ist nicht mit den getesteten Diagnosetestern anderer Hersteller kompatibel, da die Berechnung des Mahle-Testers für die Darstellung des Targets auf dem Bildschirm notwendige Voraussetzung ist.

6. Das Tool Texa RCCS ist mit anderen Diagnosetestern nicht kompatibel, da die in den Aufbauanleitungen vorgegebenen Höhen nicht übereinstimmen und Fehlermeldungen nach der Kalibrierung verursachen.

Am Ende ist das nach Stand heute leider kein zufriedenstellendes Ergebnis für die Betriebe, wie auch der KTI-Bericht resümiert: „Vereinzelt ist die Ausrichtung eines Kalibriertools mit dem Leitfaden im Diagnosetester eines anderen Anbieters zwar möglich, die Genauigkeit der dabei erreichten Justage ist aber derzeit nicht bekannt. Die Nutzung von Targets anderer Hersteller wird bei einigen Diagnosetestern unterbunden. Dort lassen sich Kalibrierprozesse immer öfter nur starten, wenn zuvor die Seriennummer des Kalibriergestells auf dem Server der Diagnosesoftware hinterlegt wurde. So leitet sich die Empfehlung ab, möglichst nur Geräte eines Herstellers zu verwenden.“

## **Zusammenfassung**

Die Untersuchung des KTI hat gezeigt, dass eine Werkstatt mit den meisten getesteten Kalibriertools in der Lage ist, eine fachgerechte Sensorjustage durchzuführen. Ausgenommen Geräte, die auf originale und aktuelle Leitfäden des OEM zugreifen, lieferte die Menüführung nicht überall von vornherein alle notwendigen Informationen. Der Anwender kann sich in solchen Fällen nach heutigem Stand nicht zu 100 % auf das Kalibriersystem verlassen und ist auf eigene Recherchen in den Informationen der Fahrzeughersteller angewiesen.

Was können wir aus der KTI-Untersuchung noch für Schlüsse ziehen? Bei einem für die Werkstatt notwendigen Invest zwischen 10.000 und 20.000 Euro in das Kalibriertool waren Defizite dieser Art nicht zu erwarten. Für die Unternehmen empfiehlt es sich in diesem Zusammenhang auch zu klären, inwieweit der Zeitbedarf für die eigene und offenbar zwingend notwendige Informationsbeschaffung im Rahmen eines Kalibrierauftrags in der Reparaturkalkulation berücksichtigt und am Ende natürlich von der Versicherung zu regulieren sein wird. Immer häufiger gibt es im Markt ein wachsendes Ungleichgewicht zwischen der vom Kunden geforderten fachgerechten Reparatur und der am Ende gezahlten Rechnungssumme. Dieser Fakt wiegt umso schwerer, weil der Umgang mit moderner Automobiltechnik stetig neue und hohe Investitionen in aktuelles Reparaturoquipment von den Werkstätten erfordert.

## Ohne Kalibrierung drohen Fehlfunktionen sicherheitsrelevanter FAS: „Werkstätten sollten sich ihrer Verantwortung bewusst sein“

Dipl.-Ing. (FH) Helge Kiebach, Leiter der Schadenforschung beim KTI in Lohfelden, im Gespräch.



*Helge Kiebach, Leiter Schadenforschung beim KTI in Lohfelden.*

**Redaktion:** Herr Kiebach, wie schätzen Sie die aktuelle Verbreitung von FAS im Markt ein?

**H. Kiebach:** Tatsächlich ist es so, dass bereits heute laut DAT-Report rund jeder sechste Pkw des gesamten Bestandes mit radarbasierten FAS ausgestattet ist und etwa jeder fünfte über einen kamerabasierten Fernlichtassistenten verfügt. Neue Anforderungen durch das EuroNCAP-Rating, gesetzliche Initiativen, verbesserte und neu entwickelte Funktionen sowie der Kundenwunsch nach einer zunehmenden Automatisierung der Fahraufgabe werden diesen Trend in Zukunft weiter forcieren.

**Redaktion:** Worauf basieren die FAS?

**H. Kiebach:** Grundlage für die Funktion von FAS sind Informationen über das Fahrzeugumfeld. Insbesondere sicherheitskritische FAS, welche in das Lenk- beziehungsweise Bremsverhalten des Fahrzeugs eingreifen, sind auf korrekte Sensorinformationen angewiesen. Diese Informationen liefern beispielsweise Radarsensoren, Kameras und neuerdings Laserscanner mit Reichweiten bis zu mehreren hundert Metern und hohen Winkelauflösungen. Fahrerassistenzsysteme arbeiten deshalb nur dann präzise und zuverlässig, wenn die Orientierungen und Positionen der Sensoren relativ zum Fahrzeug innerhalb festgelegter Toleranzen liegen und den Steuergeräten genau bekannt sind. Da die Sensoren zumeist an Bauteilen montiert sind, die besonders häufig durch Anstöße (zum Beispiel Kühlermasken, vorderer und hinterer Stoßfänger) oder Steinschläge (Windschutzscheiben) beschädigt werden, kann sich die Ausrichtung beziehungsweise Position eines Sensors durch einen Schaden oder dessen Reparatur verändern.

**Redaktion:** Wann muss kalibriert werden?

**H. Kiebach:** Die Einbaulage einer FAS-Kamera kann bereits durch einen Aus- und Einbau der Frontscheibe verändert worden sein. An Radarsensoren können bereits bei leichten Anstößen Fehlaufrichtungen auftreten oder sie sind beschädigt und müssen ersetzt werden. Ziel einer Kalibrierung/Justage von FAS-Sensoren ist es dann, die Ausrichtungs- beziehungsweise Positionsfehler zu korrigieren. Auch wenn Radarsensoren oder Kameras ersetzt werden, müssen diese i.d.R. an das Fahrzeug angepasst werden. In vielen Fällen müssen FAS-Sensoren bei Reparaturen an diesen Bauteilen deshalb kalibriert und justiert werden. Die hierzu erforderlichen Methoden und Abläufe können je nach Hersteller aber sehr unterschiedlich sein.

**Redaktion:** Was ist für die Kalibrierung notwendig?

**H. Kiebach:** Fachgerechtes Arbeiten setzt natürlich an erster Stelle dafür qualifiziertes Personal voraus, welches die (aktuellen und fahrzeugindividuellen) OEM-Vorgaben befolgt und darüber hinaus geeignete Geräte und Ausstattung verwendet. Vergleicht man die aktuellen Vorgaben der Fahrzeughersteller hinsichtlich der Sensorkalibrierung, stellt man teilweise erhebliche Abweichungen fest. Die Ursache hierfür liegt in einer Reihe unterschiedlicher Rahmenbedingungen. So unterscheiden sich FAS zum Beispiel hinsichtlich ihrer Bedienung, Nutzungsdomänen, Funktion und der genutzten Sensoren. Einen Überblick zum Zugang zu OEM-Vorgaben einschließlich Hyperlinks zu den Herstellerportalen gibt zum Beispiel die Technische Information Nr. 01/2017 vom KTI.

**Redaktion:** Was ist bei der statischen Kalibrierung in der Werkstatt zu beachten?

**H. Kiebach:** Bei der statischen Kalibrierung werden „Targets“ mit definierten Eigenschaften an einem vorgegebenen Ort relativ zum Fahrzeug positioniert. Die Ausrichtung des Targets kann mit Bezug auf die Symmetrieachse der Karosserie erfolgen oder auf die geometrische Fahrachse des Fahrwerks. Die geometrische Fahrachse ist hierbei die Winkelhalbierende aus der Hinterachsgesamtspur und wird durch die Stellung der Hinterräder bestimmt. Elemente (zum Beispiel Laserlichtquellen) zur Ausrichtung der Kalibriertools werden deshalb oftmals mit Hilfe von Radaufnehmern an den Hinterrädern befestigt. Bei der eigentlichen Kalibrierung bestimmt das FAS mit seinen Sensoren anhand des Targets die tatsächliche Sensorausrichtung, woraus die Abweichung zu den Soll-Werten ermittelt werden kann. Mit diesen Werten werden dann bei der Justage die Ist-Werte den Soll-Werten angeglichen.

**Redaktion:** Ist auch eine Felgenschlagkompensation notwendig?

**H. Kiebach:** Ja, ein wichtiges Thema. Wird das Target auf die geometrische Fahrachse ausgerichtet, ist für einige Fahrzeuge eine Felgenschlagkompensation vorgeschrieben. In unserem Test hat sich bei der Kalibrierung der FAS-Sensoren am VW Tiguan gezeigt, dass im Leitfaden einiger Kalibriertools nicht auf eine Felgenschlagkompensation hingewiesen wird, obwohl diese gemäß Herstellervorgaben als Voraussetzung für eine FAS-Kalibrierung erforderlich ist. Der Hinweis, dass die „Achsgeometrie i. O.“ sein muss, reicht nicht in allen Fällen aus, um FAS-Sensoren nach OEM-Vorgabe zu kalibrieren. Auch bei einem Fahrwerk mit idealer Geometrie können die Räder seitliche Formabweichungen aufweisen.



Links: beschädigte Felge, rechts: Reifenflanke mit Beule.  
Quelle: KTI

**Redaktion:** Was muss die Werkstatt in dem Fall tun?

**H. Kiebach:** Die Felgenschlagkompensation kann nach verschiedenen Methoden erfolgen: indem man den Radaufnehmer mit Stiften direkt auf die Felgenanlagefläche setzt, durch optische Verfahren oder durch aufsetzen des Radaufnehmers auf das Felgenhorn bzw. die Reifenflanke mit Vor- und Zurückrollen des



Fahrzeugs (siehe hierzu auch Tipp Felgenschlagkompensation auf S.24). Teilweise werden die Verfahren auch kombiniert. Denn entscheidend ist bei einigen Fahrzeugen (unabhängig von der Fahrwerksgeometrie) die korrekte Ausrichtung des Kalibriertools auf die geometrische Fahrachse unter Berücksichtigung eventuell vorhandener seitlicher Formabweichungen der Räder.

**Redaktion:** Wie schätzen Sie die Qualität der heutigen Kalibrierung in Werkstätten ein?

**H. Kiebach:** Wir haben dazu keine validen Ergebnisse. Aber ein Beispiel: Im Rahmen des Projektes „FairRepair II“ wurden – neben dem Test der Kalibriertools – auch aufwendige Fahrversuche durchgeführt. Ziel war die empirische Untersuchung des Einflusses von Reparaturen am Heckstoßfänger mit dahinter verbauten Radarsensoren auf die Funktion der Spurwechselwarnung. Ein Testfall war, dass ein unbeschädigter Stoßfänger ab- und angebaut wurde. Obwohl vom Hersteller des Fahrzeugs vorgegeben, wurde der Radarsensor der Spurwechselwarnung nach der De- und Montage des Stoßfängers nicht kalibriert. Im Ergebnis zeigte sich eine deutlich wahrnehmbare und messbare Verschlechterung der Funktion des Spurwechselassistenten, die sich, zumindest beim verwendeten Fahrzeugtyp, später im Laufe der Messfahrten durch Selbstkalibrierung jedoch wieder verbesserte.

Was ich damit ausdrücken möchte: Die Grundlage für die Funktion von FAS sind Informationen über das Fahrzeugumfeld. Insbesondere sicherheitskritische FAS, welche in das Lenk- oder Bremsverhalten des Fahrzeugs eingreifen, aber auch Lichtfunktionen wie zum Beispiel der Fernlichtassistent sind auf korrekte Sensorinformationen angewiesen. Durch eine fachgerechte Kalibrierung werden Abweichungen der Orientierung und Position der Sensoren relativ zum Fahrzeug korrigiert.

Nur wenn die verbleibenden Abweichungen innerhalb festgelegter Toleranzen liegen und den Steuergeräten genau bekannt sind, funktionieren Fahrerassistenzsysteme wie vorgesehen. Bei einer fehlerhaft oder überhaupt nicht ausgeführten Kalibrierung der Assistenzsysteme bzw. deren Sensoren besteht die Gefahr einer fehlerhaften Funktion. Steht nach einem Unfall die Vermutung im Raum, dass ein FAS nicht einwandfrei funktioniert hat, wird möglicherweise untersucht werden, ob nicht fachgerecht durchgeführte Arbeiten am Fahrzeug ursächlich gewesen sein könnten. Über diesen Zusammenhang sollten sich Werkstätten bewusst sein und deshalb sehr verantwortungsvoll und gründlich mit dem Thema Kalibrieren umgehen.

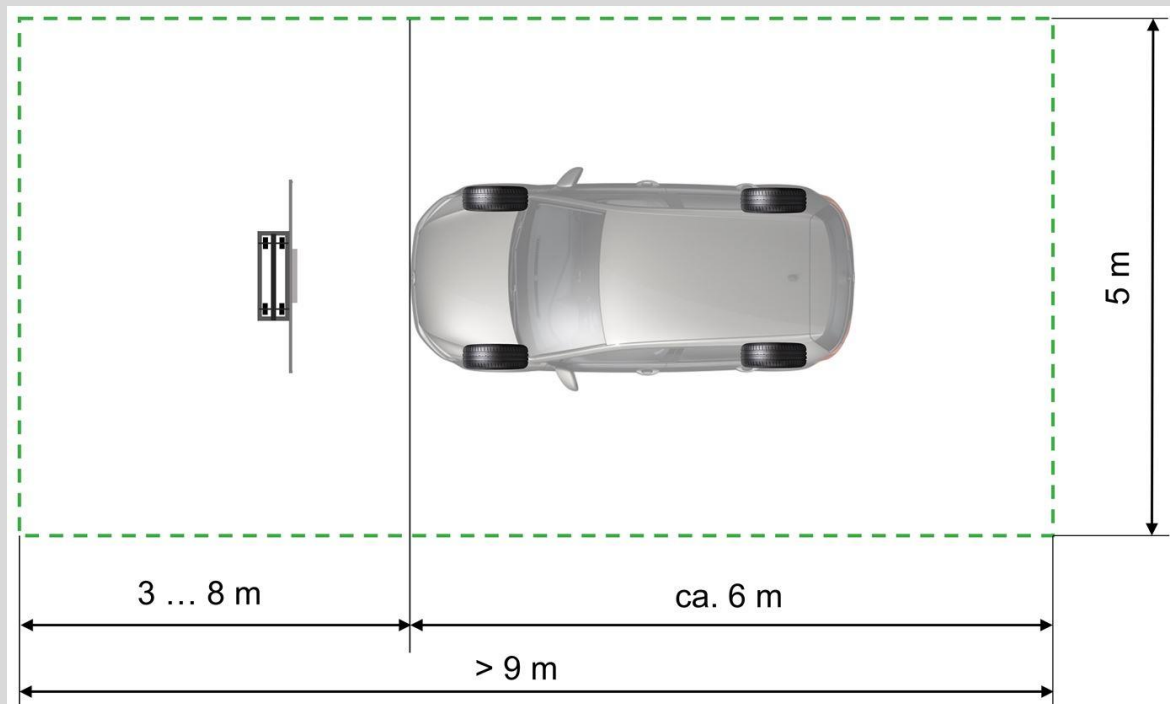
**Redaktion:** Herr Kiebach, herzlichen Dank!

### **Der richtige Messplatz**

Wer eine statische Kalibrierung fachgerecht durchführen will, kann das nur an dafür geeigneten Plätzen machen. Laut KTI sollte der Messplatz mit etwa 50 bis 80 m<sup>2</sup> (für Pkw) ausreichend groß sein (obere Abbildung). Die gesamte Fläche des Messplatzes setzt sich aus der Fahrzeugaufstandsfläche und der Fläche vor und hinter dem Fahrzeug mit dem Kalibriertool zusammen. Die Länge der

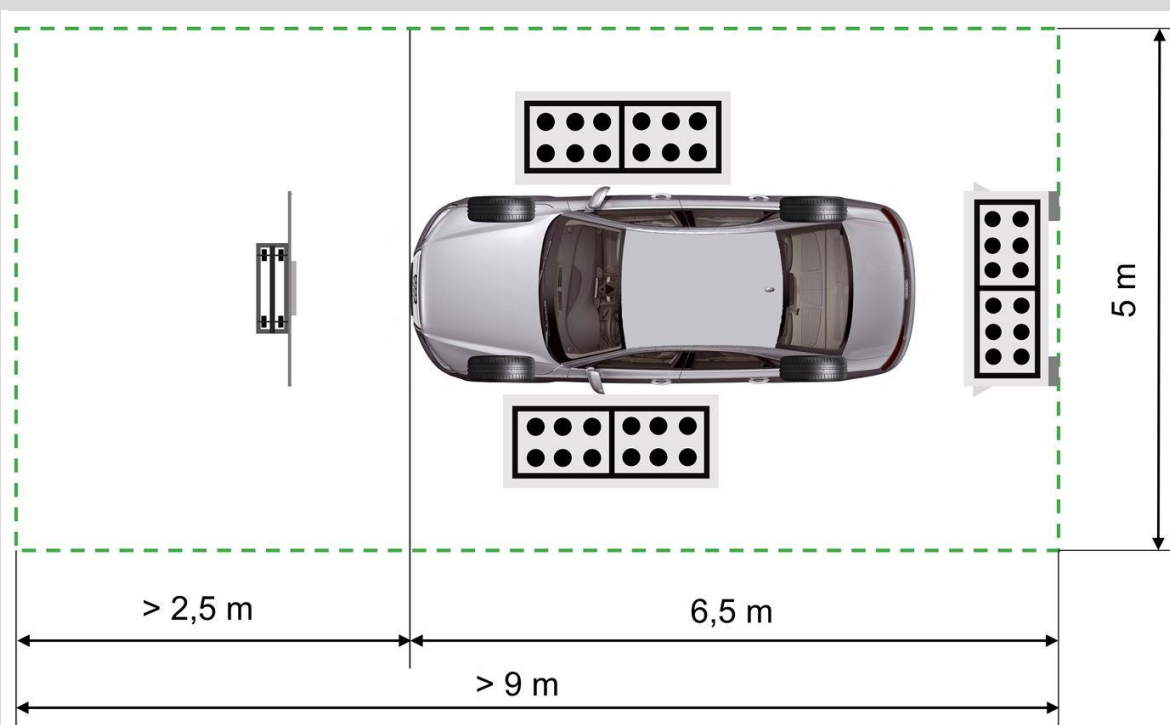
Fahrzeugaufstandsfläche richtet sich nach der Fahrzeuggröße und den Vorgaben zum Kalibrieren von FAS-Sensoren am Fahrzeugheck.

Die untere Abbildung zeigt ein Kalibriertool für die Rückfahrkamera beziehungsweise den Spurwechselassistenten. Aus der Fahrzeuglänge (ca. 5 m) und dem Platzbedarf des Targets (ca. 1,5 m hinter dem Fahrzeugheck) ergibt sich für dieses Beispiel eine erforderliche Länge der Fahrzeugaufstandsfläche von mindestens 6,5 m.



Platzbedarf eines Messplatzes (Pkw).

Quelle: KTI



Beispiel für die erforderliche Mindestlänge der Fahrzeugaufstandsfläche (Pkw).

Quelle: KTI

Laut KTI hängt die erforderliche Fläche vor dem Fahrzeug mit dem Kalibriertool stark von den Einstellvorgaben des jeweiligen OEM ab. So gibt beispielsweise Kia vor, dass für die Kalibrierung des Frontradars der Bereich 8 m vor dem Fahrzeug bis zu einer Höhe von 2 m frei von Gegenständen sein muss. Laut Helge Kiebach können auch die Vorgaben zur Bodenbeschaffenheit des Messplatzes sehr unterschiedlich sein.

„So geben einige Fahrzeughersteller (z.B. BMW, Fiat und Toyota) die maximal zulässigen Unebenheiten und Neigungen auf den Stellflächen vor, während bei anderen Marken (z.B. Volkswagen und bei statischer Ausrichtung des Frontradars bei Ford) eine Kalibrierung auf einer Achsmessbühne vorgesehen ist. Ist ein Fahrzeug mittels Hebebühne angehoben, ist eine fachgerechte Kalibrierung von FAS-Sensoren aufgrund ausgefederter Räder und unbekannter Neigung in Bezug auf das Kalibriertool (fachgerecht) nicht möglich.“



Zulässige Neigung der Fahrzeugaufstandsfläche.

Quelle: KTI

Sollten das Fahrzeug und das Kalibriertool nicht in einer Ebene stehen, muss die Höhendifferenz berücksichtigt werden. „Bei dem Achsmessstand des KTI, an dem der Vergleichstest durchgeführt wurde, betrug die Höhendifferenz 65 mm. Ein Hinweis auf einen ggf. zu berücksichtigenden Höhenversatz erfolgt bei einigen Kalibriertools, in ihren Leitfäden aber nicht. Ohne Berücksichtigung der Höhendifferenz wird z.B. die Kamera an der Windschutzscheibe auf ein zu tiefes Ziel eingestellt und die Funktion des FAS negativ verändert. An diesem Beispiel zeigt sich, dass der Werkstattmitarbeiter nicht unreflektiert den Vorgaben der Leitfäden folgen sollte, sondern der Sachverstand des qualifizierten Personals gefordert ist“, so Kiebach.

## Tipp: Laserlicht und Arbeitsschutz

Wie das KTI mitteilt, erfolgt die Ausrichtung des Kalibriertools zum Fahrzeug bei einigen Geräten mit Laserstrahlen. Wird ein Laser der Klasse 3R, 3B oder 4 verwendet (Leistungsaufnahme > 0,5 W), muss der Betrieb einen Laserschutzbeauftragten schriftlich bestellen. Die Lichtquelle muss laut Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV, § 5, Abs. 2) beim Gewerbeaufsichtsamt angemeldet werden. Für Laser der Klasse 1 beziehungsweise 2/2M sind keine besonderen Vorkehrungen erforderlich – was bei allen getesteten Geräten der Fall war.

## Felgenschlagkompensation: die Methoden

Laut KTI weisen Felgenhörner und Reifenflanken über den gesamten Umfang mehr oder weniger große seitliche Abweichungen auf. Werden die Messaufnehmer auf diesen Formabweichungen abgestützt, können Winkelfehler zwischen gemessener und tatsächlicher Radstellung entstehen. Zur Minimierung des Messfehlers durch den Seitenschlag der Felge (oder der Reifenflanke) und gegebenenfalls von Aufspannfehlern dient die sogenannte Felgenschlagkompensation.

### Methode 1 – Aufsetzen des Radaufnehmers direkt auf der Felgenanlagefläche

„Hierbei wird der Radaufnehmer durch Löcher in den Felgen direkt auf die Anlagefläche der Felge gesteckt. Die Felge mit ihren Formabweichungen wird somit ‚umgangen‘ und hat keinen Einfluss auf die Ausrichtung der Radaufnehmer. Wichtig ist, dass die Anlagepunkte frei von Schmutz und Korrosion sind“, so Helge Kiebach.

### Methode 2 – optische Verfahren

Helge Kiebach: „Durch Triangulation wird mit dem bekannten Winkel und Abstand von mindestens zwei Kameras mittels mathematischer Beziehungen des Dreiecks der Winkel und damit der Abstand einzelner Markierungen am Rad bestimmt.“ Die Markierungen können zum Beispiel in Form von Punkten auf Messtafeln aufgebracht sein, welche mittels Aufnehmern am Rad montiert werden (zum Beispiel Beissbarth VAS 6767). Erfolgt die Messung in verschiedenen Drehwinkeln des Rades, kann daraus die tatsächliche Drehachse des Rades berechnet werden.



Triangulation von Messpunkten.

Quelle: KTI

Beim Farblichtstreifenverfahren wird durch die Verzerrung paralleler Linien die Radstellung im Raum berechnet. Beim Stereo-Kamera-System (-) wird auf das Rad



und den angrenzenden Karosseriebereich eine große Zahl von Laserpunkten projiziert. Durch die Auswertung des Punktemusters wird ein 3-D-Modell der Seitenfläche des Reifens erstellt. Über das erzeugte 3-D-Modell der Reifenaußenwand lässt sich die tatsächliche Drehachse des Rades bestimmen, um so nach Kompensation des Radschlags die wirklichen Spur- und Sturzwerte zu berechnen. Die Felge wird nicht berücksichtigt und hat keinen Einfluss auf die Messung.

### **Methode 3 – Aufsetzen des Radaufnehmers auf das Felgenhorn oder die Reifenflanke mit Vor- und Zurückrollen**

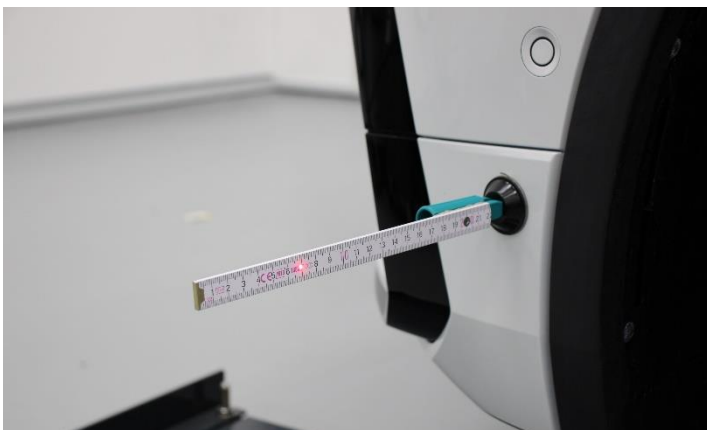


Markierung der Anlagepunkte.

Quelle: KTI

Hierbei wird der Radaufnehmer bei der Raddrehung in eine virtuelle Taumelbewegung versetzt. Die horizontale Winkelabweichung infolge der Taumelbewegung kann ermittelt und anschließend rechnerisch korrigiert werden. Wird ein Kalibriertool mit Hilfe von Laserstrahlern ausgerichtet, welche mittels Aufnehmer auf das Rad aufgesetzt werden, empfiehlt das KTI folgendes Vorgehen zur Felgenschlagkompensation, sofern kein anderes Vorgehen vom

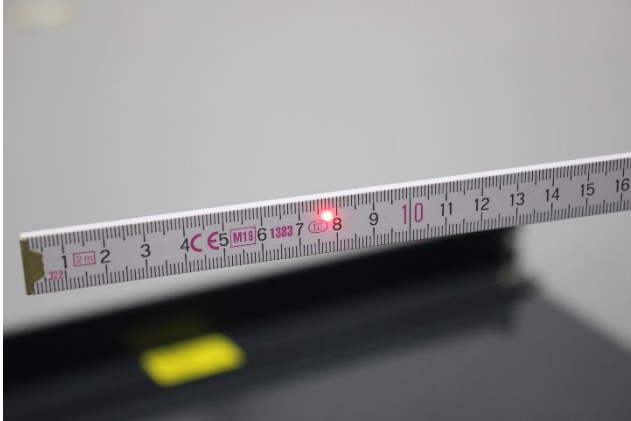
Hersteller des Fahrzeugs oder Kalibriertools vorgegeben ist: Zunächst werden die Anlagepunkte des Radaufnehmers seitlich an den Hinterrädern markiert. Das Foto oben zeigt die Markierungen beispielhaft für eine Dreipunktanlage an der Reifenflanke (grün; zum Beispiel für die Radaufnehmer des Texa RCCS) und von zwei Anlagepunkten am Felgenhorn (rot; zum Beispiel für die Radaufnehmer des Hella Gutmann Solutions CSC-Tool). Anschließend werden die Radaufnehmer angesetzt und exakt nach Vorgabe des Geräteherstellers ausgerichtet. In einem möglichst großen Abstand wird vorn am Fahrzeug auf der linken und rechten Fahrzeugseite je ein gestaltfester Punkt an der Karosserie gesucht und markiert. An dieser Stelle wird ein Maßstab (möglichst waagrecht und im rechten Winkel zur Fahrzeuglängsachse) angesetzt und der Laser an dem Radaufnehmer angeschaltet. Der abgelesene Wert am Maßstab wird notiert. Im Foto unten liegt der Wert bei 69 mm.



Maßstab mit Laserpunkt (erste Messung = 69 mm). Quelle: KTI

Die Radaufnehmer werden nun abgebaut und das Fahrzeug wird per Hand verschoben. Die Drehwinkel der Räder betragen bei Radaufnehmern mit zwei Anlagepunkten  $180^\circ$  und bei Radaufnehmern mit drei Anlagepunkten  $120^\circ$ . Nun werden die Radaufnehmer wieder montiert, ausgerichtet und der vom Laser angezeigte Wert auf dem Maßstab (der an der

Karosserie angelegt ist) notiert. Das Foto unten zeigt das Ergebnis der zweiten Messung auf der Fahrerseite: 77 mm. Für Radaufnehmer mit zwei Anlagestellen ist das Ermitteln der Werte zur Korrektur des Felgenschlages nun abgeschlossen.



Maßstab mit Laserpunkt (zweite Messung = 77 mm).  
Quelle: KTI

Für Radaufnehmer mit drei Anlagepunkten werden die Räder um weitere 120° gedreht und erneut wird der Wert auf dem Maßstab notiert. Das Fahrzeug bleibt in dieser Position für die anschließende Kalibrierung stehen. Aus den zwei beziehungsweise drei Messwerten wird nun der arithmetische Mittelwert berechnet. Die Berechnung für das oben gezeigte Beispiel (mit zwei Anlagepunkten) anhand der linken Fahrzeugseite ergibt 73 mm ( $69 \text{ mm} + 77 \text{ mm} = 146 \text{ mm} / 2$ ). Beim seitlichen

Ausrichten des Kalibriertools ist die richtige Position erreicht, wenn der Laserstrahl auf der linken Fahrzeugseite den (vorn an der Karosserie am Referenzpunkt angesetzten) Maßstab bei 73 mm trifft.