

© Daimler

HOCHGENAUE BEWEGUNGSHÜLLEN UND ABSTANDSBÄNDER

Während der Neuentwicklung von Fahrzeugen werden umfangreiche Messungen von Motor- und Radbewegungen im realen Fahrbetrieb durchgeführt. Mit der Digital-Mock-up-Software Melvis des Unternehmens Rmags lassen sich solche gemessenen Bewegungen auf ein digitales Fahrzeugmodell übertragen und analysieren. Dadurch wird der Anwender bei der virtuellen Absicherung und Optimierung des Bauraums unterstützt.

Der Einsatz der Software ist sogar in der frühen Phase des Produktentwicklungsprozesses möglich, wenn noch keine Prototypenfahrzeuge aufgebaut sind. In diesem Fall können bei Vorgängerfahrzeugen gemessene Bewegungen auf das neue Modell übertragen oder alternativ Bewegungsdaten aus Simulationen herangezogen werden.

Die Software wird seit 2013 vom Unternehmen Rmags GmbH in Kooperation mit Mercedes-Benz entwickelt. Sie ist dort vor allem im Bereich der Gesamtfahrzeugkonstruktion im Einsatz – wie auch die Software TrunkPacker, eine Software von Rmags zur virtuellen und vollautomatischen Bestimmung [1] des Gepäckraumvolumens nach ISO 3832.

Um Bauräume sicher zu untersuchen, lassen sich mit der Software hochgenaue Bewegungshüllen und Abstandsbänder berechnen sowie gezielte Abstandsuntersuchungen durchführen. Bei der Entwicklung von Melvis wurde besonderer Wert auf hohe Performanz und geringen Arbeitsspeicherverbrauch gelegt. So können auch komplexe Bauräume wie der Motorraum effizient abgesichert werden. Im Folgenden wird anhand von zwei Anwendungsfällen exemplarisch der produktive Einsatz von Melvis bei Mercedes-Benz im Packagingprozess beschrieben.

ERSTER ANWENDUNGSFALL: ANTRIEBSSTRANG

Mercedes-Benz verwendet die Melvis-Software zur Absicherung von Motorbewegungen im Motorraum. Herausforderungen bei dieser Anwendung sind die hohe Packungsdichte, eine enorme geometrische Datenmenge und die sehr hohe Genauigkeitsanforderung.

Bevor es die Software gab, wurden die Abstände zwischen Motor und umliegenden Bauteilen anhand eines statischen Abstandskatalogs abgesichert. In diesem Katalog waren Mindestabstände vermerkt, die am ruhenden Fahrzeug eingehalten werden mussten. Diese waren hinreichend groß gewählt, sodass es im realen Fahrbetrieb zu keinerlei Kontakten kommt. So wurde teilweise mehr Abstand eingeplant als nötig.

Mit der Software können nun bereits in der digitalen Entwicklungsphase detail-



Dr. rer. nat. Rainer Erbes
ist Co-Geschäftsführer und
Softwareentwickler der Rmags GmbH
in Ober-Olm.



Dr. rer. nat. Andreas von Dziegielewski
ist Co-Geschäftsführer und
Softwareentwickler der Rmags GmbH
in Ober-Olm.

Absicherung von komplexen Bauräumen für Motor- und Radbewegungen

Mithilfe digitaler Fahrzeugmodelle lassen sich Bewegungen von Bauteilen in knappen Bauräumen effizienter absichern. Dadurch können teure und zeitaufwendige Anpassungen an Hardwareprototypen vermieden werden. Rmags hat zusammen mit Mercedes-Benz seine Digital-Mock-up-Software Melvis entwickelt, um bereits in einer frühen Entwicklungsphase den Freigang von Motor- und Radbewegungen analysieren zu können.

lierte Motorbewegungen betrachtet werden. Somit lassen sich die erforderlichen Mindestabstände genauer und gezielter einschätzen. Dadurch kann erkannt werden, an welchen Stellen noch Bauraum zur Verfügung steht, der effektiv genutzt werden kann.

Da in der digitalen Entwicklungsphase noch keine Prototypfahrzeuge aufgebaut sind, verwendet man die Motorbewegungen von vergleichbaren Vorgängerfahrzeugen. Hierfür werden für verschiedene standardisierte Fahrmanöver, die Extrembewegungen des Motors hervorrufen, Bewegungsdaten mit optischen Messsystemen aufgezeichnet. Die so entstandenen Bewegungs-Tracks aller gefahrenen Motor-Fahrzeug-Kombinationen können dann mit Melvis auf das digitale Modell des neuen Fahrzeugs übertragen und analysiert werden. Dafür bietet die Software dem Anwender die drei Funktionen

Berechnung intelligenter Bewegungshüllen, Bandanalyse mittels interaktiver Abstandsbänder sowie eine quantitative Bestimmung von Minimalabständen an.

Mit Melvis lassen sich effizient hochgenaue und intelligente Bewegungshüllen berechnen, **BILD 1**. Im Szenario der Motorbewegungen umschließt die Bewe-

BILD 1 Bewegungshülle eines gesamten Motors für die Bewegung während einer Testfahrt (rechts), berechnet mit der Software Melvis von Rmags; Vergrößerung eines Teils der Hülle (links); die originalen Farben der CAE-Bauteile (sowie die Struktur) bleiben erhalten (© Daimler)



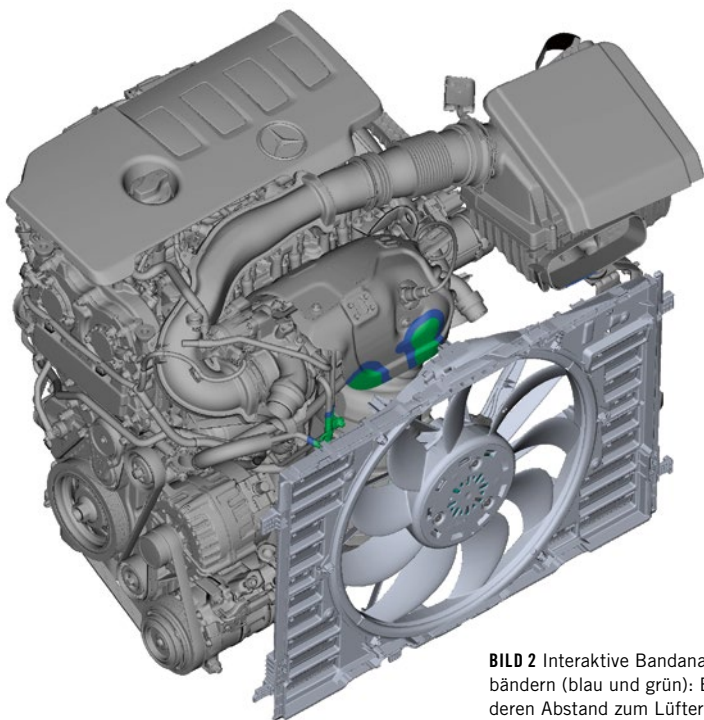


BILD 2 Interaktive Bandanalyse mit zwei Abstandsbändern (blau und grün): Bereiche des Motors, deren Abstand zum Lüfter in einem bestimmten Bereich liegen, sind farblich hervorgerufen; die Breite der Bänder sowie die Motorposition lassen sich interaktiv verändern (© Daimler)

gungshülle den vom Motor während seiner Bewegung beanspruchten Raum. Damit kann schnell geprüft werden, ob der Motor während der gesamten Bewegung die erforderlichen Mindestabstände zu allen umliegenden Bauteilen einhält.

Die mit der Software berechneten Bewegungshüllen haben eine Präzision im Submillimeterbereich. Trotzdem ist die Berechnung effizient: Um beispielsweise die Bewegungshülle eines Motors über alle Fahrmanöver zu rechnen, muss der Motor, der typischerweise aus mehreren Millionen Dreiecken besteht, über circa 200.000 gemessene Bewegungspositionen bewegt werden. Auf einem leistungsstarken handelsüblichen Desktop-PC kann die Berechnung innerhalb von 1 bis 2 h erfolgen.

Die erstellten Bewegungshüllen sind "intelligent": Bei der Berechnung bleiben Farbinformation sowie die Struktur des bewegten Bauteils erhalten. Der Anwender kann so für jeden Punkt auf der Hülle bestimmen, welche Bauteilkomponente in welcher Position diese Stelle überstrichen hat.

Mit der Melvis-Software kann der Anwender Bandanalysen mittels interaktiver Abstandsbänder vornehmen, **BILD 2** und Titelbild. Beim Motorszenario besteht ein

Abstandsbands zum Beispiel aus allen Bereichen des Motors, deren Abstand zu umliegenden Bauteilen in einem bestimmten Abstandsintervall liegt. Diese Bereiche werden dann mit einer bestimmten Farbe hervorgehoben.

Bevor das Abstandsbands angezeigt wird, erfolgt eine kurze Vorberechnung. Die eigentliche Berechnung eines Abstandsbands findet dann unter Verwendung der Grafikkarte in wenigen Millisekunden statt. Dadurch ist es möglich, interaktiv Veränderungen an der Position und Geometrie der Bauteile sowie der Abstandsintervalle vorzunehmen. Dabei bekommt der Anwender immer in Echtzeit das aktuelle Abstandsbands angezeigt.

Lässt der Anwender beispielsweise die aufgezeichnete Motorbewegung in Melvis ablaufen, kann er mithilfe eines interaktiven Abstandsbands den korrekten Abstand und mögliche Engstellen lokalisieren und im zeitlichen Verlauf betrachten. Dabei lässt sich die Breite des Abstandsbands interaktiv verändern. Es können auch gleichzeitig mehrere Abstandsbänder mit verschiedenen Abstandsintervallen in unterschiedlichen Farben angezeigt werden, **BILD 2**. Dadurch lassen sich beispielsweise unterschiedliche Toleranzbereiche definieren.

Besonders aufschlussreich ist der Einsatz von Abstandsbändern in Verbindung mit Bewegungshüllen. Der Anwender erkennt somit auf einen Blick, an welchen Stellen Fahrzeugteile im Verlauf der Bewegung einen einstellbaren Abstandswert unterschreiten würden.

Der Anwender kann mit der Melvis-Software auch systematisch alle interessanten Stellen identifizieren und untersuchen, also Minimalabstände quantitativ bestimmen. Hierzu werden automatisch alle Bereiche am Motor bestimmt und markiert, die während der Bewegung einen einstellbaren Mindestabstand zu den umliegenden Bauteilen unterschreiten. Diese Bereiche kann der Anwender gezielt mit exakten Abstandsberechnungen untersuchen, **BILD 3**. So können Engstellen effizient quantitativ untersucht und dokumentiert werden. Durch die systematische Vorgehensweise kann außerdem sichergestellt werden, dass keine Engstellen übersehen werden.

Die Software ist bereits ein fester Bestandteil bei der Arbeit in der Gesamtfahrzeugkonstruktion im Bereich der Motorenintegration bei Mercedes-Benz. Sie macht die Absicherung der Motoren im Fahrzeug effizienter, denn Entwicklungsvorschläge können schneller und mit weniger Aufwand digital überprüft und optimiert werden.

ZWEITER ANWENDUNGSFALL: RADFREIGANG

Neben der Untersuchung von Motorbewegungen findet die Melvis-Software auch an anderer Stelle in der Mercedes-Benz-Entwicklung Anwendung. Ein interessantes Beispiel ist die Untersuchung des Radfreigangs. Eine Methode zur Bestimmung des Radfreigangs ist das Auskleiden der Radhäuser mit Schaum. Bei der Durchführung bestimmter Fahrmanöver auf einem Testgelände wird der Schaum durch den Reifen entsprechend seines Freigangs eingedrückt oder abgeschabt.

Mithilfe eines digitalen Fahrzeugmodells lässt sich eine Absicherung des Radfreigangs bereits in einer frühen Entwicklungsphase für verschiedene Rad-Reifen-Kombinationen durchführen. Dadurch können unter Umständen teure und zeitaufwendige Anpassungen am Hardwaremodell vermieden werden. Als Basis für das digitale Packaging dienen hierfür vor allem Bewegungs-

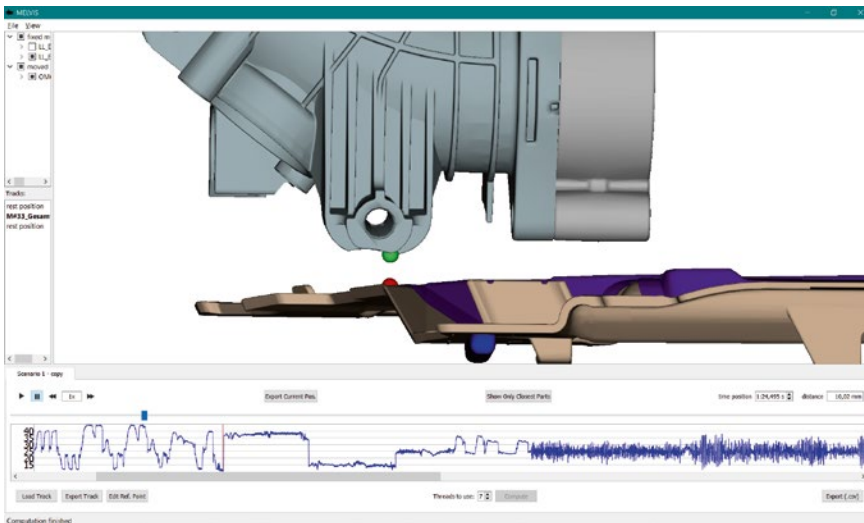


BILD 3 Screenshot der Melvis-Software: gezielte Berechnung des minimalen Abstands zwischen zwei Bauteilen während einer Bewegung; der rote und der grüne Punkt geben die räumlichen Stellen auf den Bauteilen an, die den Abstand für den aktuellen Zeitpunkt realisieren (oben); der blaue Graph zeigt den zeitlichen Verlauf des Abstands während der Bewegung an (unten) (© Daimler)

hüllen (in diesem Zusammenhang auch „Reifengebirge“ genannt), um den real benötigten Bauraum wiederzugeben. Die Bewegungsdaten zur Ermittlung der Hüllflächen stammen dabei entweder aus einer Messung am Testfahrzeug

oder aus einer Simulationsumgebung. Auf Grundlage dieser Bewegungsdaten sowie von 3-D-Modellen der zugehörigen Räder-Reifen-Kombinationen können dann digitale Bewegungshüllen generiert werden, **BILD 4**.

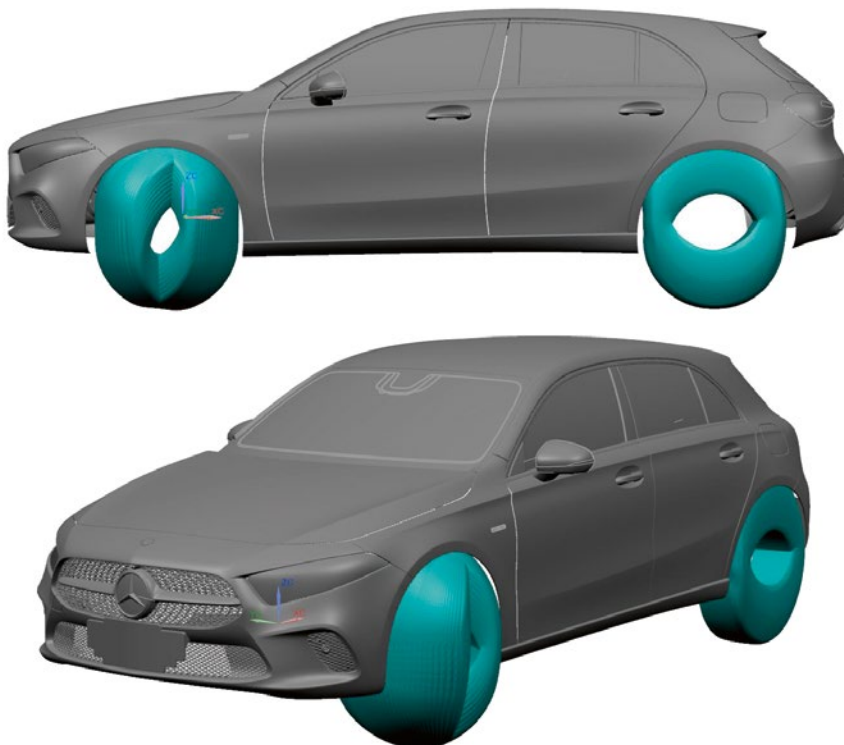


BILD 4 Bewegungshüllen von Vorder- und Hinterreifen („Reifengebirge“): mit einer Bewegungshülle wird der von einem Reifen beanspruchte Raum wiedergegeben (© Daimler)

Anders als bei dem Auskleiden der Radhäuser mit Schaum können hier die einzelnen Fahrmanöver getrennt voneinander ausgewertet werden. Zudem muss nicht für jede Rad-Reifen-Kombination ein separater Fahrversuch durchgeführt werden, da die aufgezeichneten Bewegungsdaten sich auf verschiedene Szenarien übertragen lassen.

Da in der heutigen Zeit jeder Millimeter im Packaging umkämpft wird, sollte die Bewegungshülle so exakt wie möglich sein. Daher setzen die Mitarbeiter von Mercedes-Benz nun die Melvis-Software zur Erzeugung der Reifengebirge ein. Durch eine spezielle Funktionserweiterung kann dasselbe Dateiformat für die Radbewegung importiert werden, das auch vorher zusammen mit dem bisherigen CAD-System genutzt wurde. Dadurch fügt sich die Software nahtlos in die vorhandene Prozesskette ein.

Mit Melvis findet keine unerwünschte Unterschätzung der Bewegungshülle statt. Somit kann nun ein genaues, digitales Abbild der durchgeführten Messung generiert werden. Aufgrund der Effizienz ist die Berechnung eines Reifengebirges mit bis zu einer Million Radstellungen problemlos möglich.

Die Melvis-Software hilft den Nutzern dabei, Daten von Bewegungshüllen schnell, einfach und mit einer hohen Genauigkeit in 3-D zu berechnen und zu visualisieren. Mercedes-Benz möchte weiter mit Rmags zusammenarbeiten, um die Reifenbewegungshüllen zukünftig bereits in der Grundausslegung eines Fahrzeugs mit Melvis zu erstellen. Dies würde einen produktiven Einsatz über alle Baureihen zur Folge haben.

LITERATURHINWEIS

[1] Dziejielewski, A. von; Erbes, R.: Vollautomatische Bestimmung des Gepäckraumvolumens. In: ATZ 118 (2016), Nr. 2, S. 64-68

DANKE

Der Dank der Autoren gilt folgenden Mitwirkenden: Prof. Dr. rer. nat. Elmar Schömer (Universität Mainz), Kathrin Gärtner, Nico Siebert, Daniel Renz, Michael Müller (alle Mercedes-Benz), Dr. Kai Werth und Dr. Dominik Will (beide Rmags).



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.atz-worldwide.com