

ATZ extra



FÜGETECHNIK

SCHRAUBENGEOMETRIE

für Verbünde aus

Aluminium und Stahl



Nachhaltiger dank der Umformtechnologie b&m-ECCO TEC®: Produkte wie hier der Gewindebolzen b&m-REPTO® B punkten mit hundertprozentiger Werkstoffausnutzung, hoher Festigkeit durch Kaltverfestigung und ununterbrochenen Faserverläufen.

Vom lokalen Schraubenhändler zum globalen Zulieferer



Laborarbeit: b&m-Anwendungstechniker Maxim Ort am Schraubenprüfstand.



1932 als lokaler Schraubenhändler gegründet, heute als Mitglied der Würth-Gruppe mit rund 500 Beschäftigten an neun Standorten in Europa, Asien und Nordamerika rund um den Globus aktiv: baier & michels (b&m) mit Hauptsitz in Ober-Ramstadt unterstützt das produzierende Gewerbe mit Lösungen im Bereich der Kaltumformung.

Die Basis dazu bilden Verbindungselemente, Verschluss- und Dichtsysteme aus eigener Entwicklung und Produktion; besonders im Fokus steht das spanlose Verfahren b&m-ECCO TEC®: Damit lassen sich rotationssymmetrische Bauteile mit unterschiedlichsten Außenkonturen fertigen – nicht nur präzise und schnell, sondern auch ressourcen- und energieeffizient.

Zu den Kunden gehören OEMs und Zulieferer aus den Branchen Automotive, Elektro- und Medizintechnik sowie Werkzeug- und Anlagenbau. Darüber hinaus bietet baier & michels neben anwendungstechnischer Beratung auch Schulungen und mit dem b&m-PORT® ein Online-Portal, das Industrieunternehmen bei der Standardisierung ihrer C-Teile unterstützt.

Hohe Präzision und beste Qualität
„Made in Germany“: b&m produziert in der Unternehmenszentrale in Ober-Ramstadt.



Innovatives Direktverschraubungskonzept

Liebe Leserin, lieber Leser,

Schrauben sind die wichtigsten Verbindungselemente im Automobilbau. Experten schätzen, dass es allein 250 sicherheitsrelevante Verschraubungen an einem modernen Fahrzeug gibt. Hinzu kommen unzählige weitere Schraubverbindungen für die Montage weiterer Fahrzeugbauteile. Am nach wie vor hohen Stellenwert der Schraubverbindung im Fahrzeugbau haben auch alternative Fügeverfahren wie das Kleben nichts ändern können. Im Gegenteil, durch das Alleinstellungsmerkmal der einfachen Wiederlösbarkeit bekommen Schraubverbindungen bei der Betrachtung der CO₂-Emissionen und des Energiebedarfs über die Produktlebenszeit „von der Fertigung bis zum Recycling“ sogar neues Gewicht.

Gerade im Automobilbau geht es um die Bereitschaft, Entwicklungen im Zusammenspiel aus Qualität, Kosteneffizienz und Ökobilanz permanent zu hinterfragen und bei Bedarf neu zu balancieren. Mit den immer höheren Anforderungen, die an moderne Fahrzeugkonzepte gestellt werden, reichen Standardlösungen im Bereich der Verschraubungstechnik dabei oftmals nicht mehr aus. Statt Teilelieferanten sind immer mehr Problemlöser mit eigener Labor- und Entwicklungsexpertise gefragt, die in der Lage sind, Automobilhersteller mit maßgeschneiderten Verschraubungskonzepten zu unterstützen. Ein Beispiel ist die Verbindungstechnik mit Direktverschraubung beziehungsweise gewindefurchenden Schrauben, die durch den Wegfall von Arbeitsschritten und die Vermeidung von Spanresten

die Effizienz in Fertigung und Montage erheblich steigern kann. Allerdings stoßen konventionelle Direktverschraubungen im Automobilbereich immer mehr an ihre Grenzen. baier & michels hat sich daher vom Standardkonzept der trilobularen Direktverschraubung gelöst und in Zusammenarbeit mit der Mercedes-Benz Group eine neue, wegweisende Schraubengeometrie mit kreisrundem Gewindequerschnitt für Direktverschraubungssysteme entwickelt. Durch die am gesamten Umfang tragende Flankenüberdeckung ermöglicht der neue Ansatz gegenüber konventionellen Direktverschraubungssystemen eine besonders große Kraftübertragung. Zusätzlich bietet das Konzept verstärkte Dichtwirkung, geringes Korrosionsrisiko, Prozesssicherheit bei der Schraubmontage sowie geringes Einform- und hohes Versagensmoment. Es ist schon in mehreren Baureihen von Mercedes-Benz erfolgreich im Einsatz, darunter die C-, E-, G- und S-Klasse.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre des folgenden Fachartikels über das innovative Direktverschraubungskonzept.



Dr. Alexander Heintzel
Chefredakteur





© Mercedes-Benz

Schraubengeometrie für Aluminium-Stahl-Verbundbauweise

Im modernen Automobilbau treffen unterschiedliche Anforderungen und Materialien aufeinander. Das Ziel ist, die Fahrzeuge effizienter, sicherer und nachhaltiger zu gestalten. Dies gilt auch für die Verbindungstechnik. Hier haben die Mercedes-Benz Group und der Schraubenhersteller Baier & Michels gemeinsam eine neue Lösung erarbeitet, die viele Herausforderungen der Aluminium-Stahl-Mischbauweise bewältigen kann.

Der Begriff Gewinde bezeichnet eine schiefe Ebene, die sich fortlaufend und dabei zylinderförmig um ein Zentrum windet. Wann und wo genau dieses Prinzip seinen Ursprung hat, kann die Wissenschaft nicht eindeutig bestimmen. Die ersten Erwähnungen finden sich in den Abhandlungen zur „Archimedischen Schraube“, verfasst von dem

Mathematiker Archimedes von Syrakus (287 bis 212 vor Christus). Seither hat sich die Schraube als Helferin des technischen Fortschritts etabliert [1].

Genormt und standardisiert agiert sie heute als Maschinenelement in etlichen Varianten. Im Einsatz als Befestigungsschraube zählt sie zu den gängigsten Verbindungselementen über-

AUTOREN



Olaf Ambros

ist Leiter Technik und Entwicklung in der Unternehmenszentrale von Baier & Michels (b&m) in Ober-Ramstadt.



Holger Wieden

ist Verbindungstechnikbeauftragter Karosserie im Bereich Research and Development der Mercedes-Benz Group in Sindelfingen.

haupt [2]. Im Vergleich zu anderen Fügeverfahren, etwa dem Schweißen oder Kleben, ermöglichen Verschraubungen sichere lösbare Verbindungen, die jederzeit zerstörungsfrei demon- tiert werden können [3].

DIREKTVERSCHRAUBUNGSSYSTEME

Eine besondere Rolle nehmen Direktverschraubungssysteme ein. So stellt die gewindeformende Schraube nicht nur das Verbindungselement dar, sondern ist zugleich auch das Werkzeug zur span- losen Erzeugung eines Muttergewindes im zu fügenden Bauteil. Diese Konstel- lation ist ein spürbarer Effizienzvorteil in der hochautomatisierten, auf Taktzei- ten ausgerichteten Automobilfertigung, **BILD 1**. Ein weiteres Plus, das mit dem Konzept einhergeht, ist die Kostenerspar- nis bei den Fertigungsschritten, die der Schraubmontage vorgelagert sind. So setzt beispielsweise eine konventionelle Verschraubung in einem Aluminium- gehäuse einen verhältnismäßig aufwen- digen Prozess voraus: Kernloch bohren, Gewinde schneiden und – speziell bei Sacklöchern – Späne entfernen. Gewin- defurchende Schrauben hingegen benö-

tigen nur ein angegossenes Kernloch und können daher zusätzlich die höhere Fes- tigkeit der Gusshaut nutzen.

Durch das Einformen des Gewindes wird der Faserverlauf des Werkstoffs nicht unterbrochen, sondern umgeformt und zusätzlich kaltverfestigt, **BILD 2**. Auf diese Weise entsteht eine Gesamtverbin- dung mit höherer Festigkeit und Belast- barkeit. Dank der Selbsthemmung durch die elastische Rückfederung des umge- formten Mutterwerkstoffs benötigt man keine zusätzliche klebende oder klem- mende Schraubensicherung gegen unge- wolltes Lösen. Außerdem ist die erstellte Gewindepaarung spielfrei.

KREISRUNDER GEWINDEQUERSCHNITT

Während marktübliche Direktverschrau- bungssysteme vorwiegend auf eine so- genannte trilobulare Gewindegeometrie zurückgreifen, hat die Mercedes-Benz Group in Zusammenarbeit mit dem Schraubenhersteller Baier & Michels, der zur Würth-Gruppe gehört, einen neuen Weg beschritten. Bei trilobula- ren Systemen weist der Querschnitt des Schraubengewindes – ähnlich

wie bei einem Maschinengewinde- former – das Profil eines stark verrun- deten Dreiecks auf, was beim Einbrin- gen des Gewindes für vergleichsweise niedrige Einformmomente sorgt. Die von Baier & Michels zum Patent ange- meldete Schraubengeometrie verfügt hingegen über einen kreisrunden Ge- windequerschnitt, der durch seine am gesamten Umfang tragende Flanken- überdeckung eine besonders große Kraftübertragung ermöglicht, **BILD 3**.

Dabei verfügt die Schraube mit der Bezeichnung b&m-Tight über eine spe- ziell designte Formzonengeometrie, die den Werkstofffluss beim Generieren des Muttergewindes begünstigt und so für niedrige Einformmomente sorgt. Bei entsprechender Kernlochgestaltung entsteht zudem eine Dichtfunktion. Auf diese Weise liefert die Schraube die in der Mercedes-Benz-Norm MBN 10355 geforderte Dichtigkeit der Verbindungs- stelle von bis zu 1 bar Unter- oder Über- druck gegenüber Flüssigkeiten und Gasen – und das ohne ein zusätzlich aufgebracht Dichtmittel. Anders als bei trilobularen Systemen, bei denen es durch die geometriebedingt unter- brochene Flankenüberdeckung zum



BILD 1 Das Direktverschraubungssystem b&m-Tight sorgt für eine sichere Befestigung des Integralträgers während der Hochzeit von Chassis und Karosserie (© b&m)

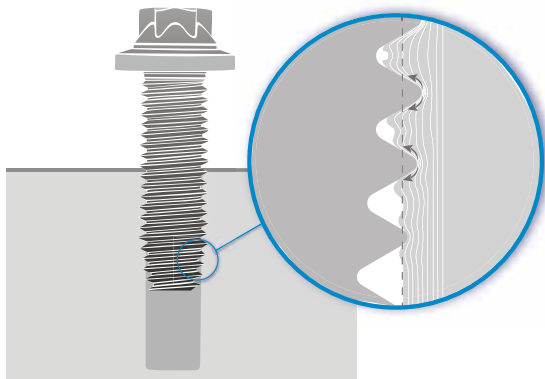


BILD 2 Gewindefurchende Schraube im Einsatz: Anders als beim Gewindeschneiden wird der Mutterwerkstoff nicht zerspanend abgetragen, sondern umgeformt und dabei kaltverfestigt (© b&m)

Tragende Gewindeanteile im Querschnitt

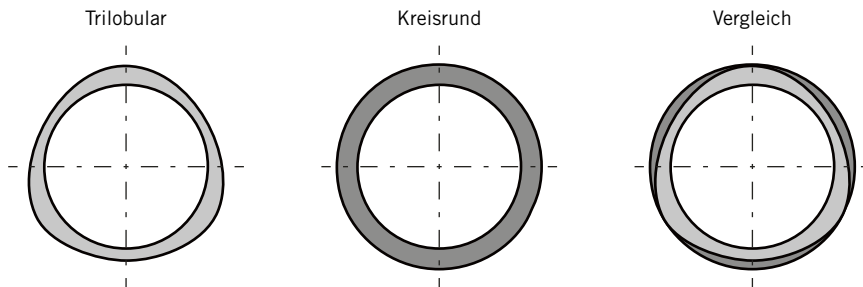


BILD 3 Im Vergleich zu einer trilobularen Lösung sorgt die kreisrunde Geometrie der b&m-Tight für einen zusätzlichen Traganteil (© b&m)

Eindringen von Feuchtigkeit in den Gewindebereich kommen kann, minimiert die b&m-Tight dank ihrer selbstdichtenden Funktion das Rostrisiko. Somit bringt die Performance des Direktverschraubungssystems mit dem kreisrunden Profil einen positiven Effekt in Sachen Korrosionsbeständigkeit mit sich.

solchen Fällen kommt es zu keiner Kopfauflage des Verbindungselements beziehungsweise kann es die geforderte und für eine sichere Verbindung notwendige Vorspannkraft nicht aufbringen, da das Sollanzugsdrehmoment bereits erreicht ist.

VORTEIL GEGENÜBER TRILOBULAREN LÖSUNGEN

Und die Schraube bietet einen weiteren Vorteil gegenüber trilobularen Lösungen. Im Fokus steht die Prozesssicherheit, wenn es um Verschraubungen geht, bei denen der Mutterwerkstoff eine zähweiche Aluminiumknetlegierung beispielsweise im Behandlungszustand T5 ist. Vor allem bei großen Einschraubtiefen neigen die gängigen trilobularen Systeme schon beim Einformen des Gewindes zum sogenannten Fressen: Kaltverschweißungen zwischen Mutterwerkstoff und der Schraube führen bereits im Montageprozess zu Problemen. In

In der Regel sind aufwendige Nacharbeiten an der beschädigten Verbindungsstelle die Folge, sie machen den ursprünglichen Kostenvorteil der Direktverschraubung zunichte. Anders verhält es sich bei der b&m-Tight: Durch ihre eigens für diese Herausforderung gestaltete Formzonengeometrie verhindert sie zuverlässig das Fressen der Verschraubung.

Dank dieser Eigenschaften bewährt sich das Direktverschraubungssystem in mehreren Baureihen der Marke Mercedes-Benz. Dazu zählen die Modelle der C-, E-, G- und S-Klasse inklusive der Elektro-Derivate und gepanzerten Sonderschutzversionen Guard. Die Schraube kommt in Durchmessern von M8 bis M14 und Längen von 16 bis 140 mm vor allem für sicherheits- und crashrelevante Bauteilverbindungen in Aluminium oder Stahl zum Einsatz. So zum Beispiel im Integralträger. Er ist die Querverbindung im Frontbereich des Fahrzeugs. Auf ihm lasten sowohl der Motor als auch über einen Verbund mit den Längsträgern unter anderem das Batteriegehäuse der E-Fahrzeuge und diverse andere Aggregate,

BILD 4. Mit zusätzlichem Gewicht, etwa einer Panzerung im Rahmen der Guard-Variante, kann das Auto rund 4,5 t und damit 2 t über dem regulären Gewicht der Basisversion auf die Waage bringen. Daraus ergibt sich die kritische Situation, dass die abzutragenden Querkräfte, die auf die Schraubverbindung wirken, enorm hohe Vorspannkräfte voraussetzen, um ein Rutschen des Integralträgers in Extremsituationen zuverlässig zu verhindern.



BILD 4 Die b&m-Tight, hier in der M14x50-Version, eignet sich besonders für Aluminium-Stahl-Mischkonstruktionen (© b&m)

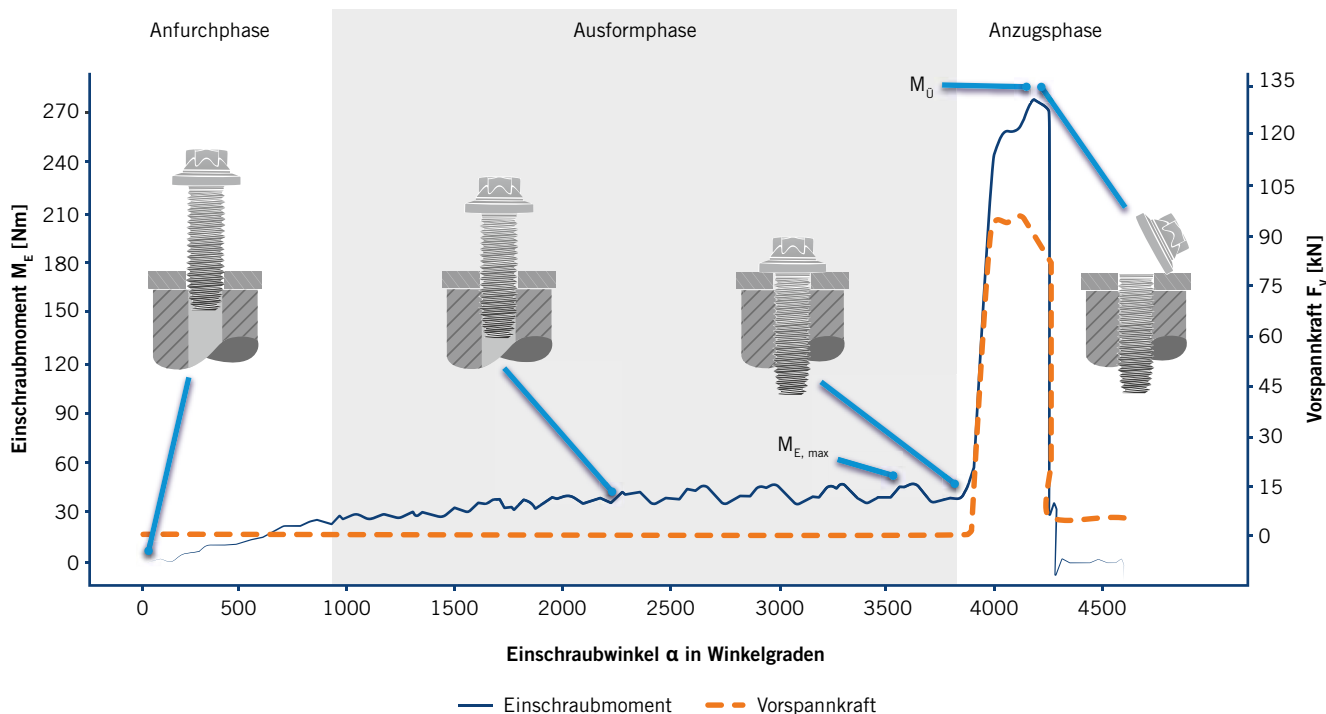


BILD 5 Die drei Phasen des Einschraubvorgangs einer b&m-Tight M14x50 bis zum Erreichen des Überdrehmoments (© b&m)

BAUREIHENÜBERGREIFENDE KONSTRUKTIONSWEISE

Hinzu kommt als Herausforderung die baureihenübergreifende Konstruktionsweise der Karosserie, konzernintern spricht man von der MRA-Plattform (Modular Rear Architecture, modulare Heckarchitektur). Je nach Modell wird in einen Aluminium- oder Stahlrohr verschraubt. In einen Aluminiumrohr beispielsweise begünstigt das System bei Verwendung von b&m-Tight M14x50 durch ein vergleichsweise geringes Einförmmoment von <50 Nm und zugleich hohes Versagensmoment von >270 Nm ein großes Prozessfenster für den Endanzug. Dabei entstehen prozesssicher einhaltbare Vorspannkraft von mehr als 85 kN – und das bei nur $1,7 \times D$ (D = nominale Gewindeaußendurchmesser) tragendem Gewindeanteil, **BILD 5**.

Auch Sitzanbindungen haben sich als spannende Aufgabe erwiesen: In einigen Fällen konnten herkömmliche Direktverschraubungssysteme den Crashtestvor-

gaben nicht standhalten. Die b&m-Tight dagegen schon. Durch ihren kreisrunden Gewindequerschnitt und vollständig ausgeprägte Gewindeflanken ist sie imstande, für eine maximale Flankenüberdeckung und dadurch für hohe Auszugskräfte zu sorgen. Da die Werker diese Verbindung mit handgeführten Schraubgeräten durchführen und dabei auf der Schwellerseite in Stahl und auf der Tunnelseite in Aluminium verschraubt wird, ist bei der Verwendung von nur einem Schrauber ein identischer Parametersatz für beide Bereiche enorm hilfreich. So kann man ein potenzielles Verwechslungs- und Fehlerrisiko im Montageprozess ausschließen. Dabei wird auch die Teilevielfalt, zum Beispiel für zwei unterschiedliche Schrauben, und die Anzahl der Abläufe im Sinne der Kosteneffizienz reduziert.

FAZIT

Konventionelle Direktverschraubungssysteme werden bei Anwendungen in zähweichen Aluminiumlegierungen

immer wieder vor Herausforderungen gestellt. Durch ihre spezielle Formzone und ihren kreisrunden Gewindequerschnitt eignet sich die b&m-Tight für ebensolche Werkstoffe – gerade bei großen Einschraubtiefen –, aber auch für hochfeste Stähle. Durch die vollständige Flankenüberdeckung zwischen Schraube und geformtem Muttergewinde lassen sich größtmögliche Kräfte prozesssicher übertragen. Damit empfiehlt sich diese verbindungstechnische Lösung vor allem für Aluminium-Stahl-Mischkonstruktionen. Ein weiterer Vorzug: Bei entsprechendem angepasstem Kernloch ist die b&m-Tight selbstdichtend gegenüber Gasen und Flüssigkeiten.

LITERATURHINWEISE

- [1] Dalley, S.; Oleson, J. P.: Sennacherib, Archimedes, and the Water Screw: The Context of Invention in the Ancient World. In: Technology and Culture 1/2003, S. 1-26
- [2] Wittel, H.; Muhs, D.; Jannasch, D.; Voßiek, J.: Roloff/Matek Maschinenelemente. Normung, Berechnung, Gestaltung. 22. Auflage, Wiesbaden, 2015, S. 230-232
- [3] DIN 8580 2003-09: Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung. Berlin, 2003, S. 1-13

IMPRESSUM:

Sonderausgabe 2022 in Kooperation mit baier & michels GmbH & Co. KG, Carl-Schneider-Str. 1, 64372 Ober-Ramstadt / Rohrbach; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

DRUCK:

Print Produktion-Service W. Hiese GmbH, Tilsiter Weg 9, 61273 Wehrheim

TITELBILD: © baier & michels GmbH & Co. KG