

Varianten und Einsatzmöglichkeiten

Schraubtechnik in der Automobilproduktion

Bülent Hanli und Jörg Bergmann, Hannover

Erste Schraubverbindungen mit modernem Rechtsgewinde existieren schon seit dem 14. Jahrhundert. In den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts hat das Deutsche Institut für Normung (DIN) Schraubverbindungen aufgenommen. Trotz der seitdem rasanten Entwicklung der Technik und des Einsatzes alternativer Fügeverfahren haben diese Verbindungen in der Industrie ihre Bedeutung nicht verloren. Im Gegenteil, immer kleinere und leichtere Schrauben sowie das Alleinstellungsmerkmal der einfachen Wiederlösbarkeit erhöhen den Stellenwert in der Verbindungstechnik.

In der Automobilfertigung haben Verschraubungen eine besondere Bedeutung. Ein Mittelklassefahrzeug hat circa 250 sicherheitsrelevante Schraubverbindungen. Gestiegene Anforderungen sind hieraus abzuleiten, um diese und auch alle anderen Verschraubungen prozesssicher zu beherrschen.

Schraubtechnik in der Automobilindustrie

Im Folgenden wird auf die sicherheitskritischen Schraubverbindungen in der Automobilmontage eingegangen. Beispiele hierzu sind:

- Räder, Achsen, Motor, **Bild 1**, Getriebe,
- Türen, Klappen,
- Sicherheitsgurte, Airbags,
- Bremsen, Gas, Kupplung,
- Cockpit, Sitze
- sowie Anbauteile wie Anhängerkupplung, Front- und Rearend.

Wie diese Beispiele zeigen, können die Anforderungen an die Schraube und den

Prozess sehr unterschiedlich sein. Die VDI-Richtlinie 2862 unterteilt die Schraubverbindungen in drei Kategorien, **Tabelle 1**.

Außer dem Design sind die von der Konstruktion vorgegebenen Maße, Materialqualitäten sowie die Klemmkräfte das Entscheidende einer Verschraubung. Die daraus resultierenden Drehmomente variieren von einigen wenigen Newtonmetern für kleinere Halter und Scharniere bis zu mehreren Hundert Newtonmetern bei Motor- und Getriebeverbindungen oder dem Fahrwerk.

Der Kunde erwartet vom teuer gekauften Automobil in erster Linie Qualität und die höchste Sicherheit. Zur Sicherstellung der hohen Qualitätsansprüche und zur Beherrschung des Prozesses in der Serienproduktion ist der Einsatz präzise arbeitender, ergonomischer und wartungsarmer Schraubwerkzeuge erforderlich. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Zugänglichkeit des Werkzeugs.

Die Qualitätsabteilungen fordern in der Endabnahme Nachweise – unter anderem über die korrekte Verschraubung von sicherheitsrelevanten Verbindungen. Um dem Genüge zu tragen, planen



Bild 1

Verschraubung eines Antriebsaggregats in der Automobilindustrie.

die Automobilhersteller in der Entstehungsphase geeignete Werkzeuge und „intelligente“ Schraubtechnik (elektronisch gesteuerte dokumentationsfähige Schraubwerkzeuge) mit ein. Diese Systeme gestatten zusätzlich das Überwachen des Schraubergebnisses.

Unterschiedliche dokumentierfähige Schraubsysteme

Das Alleinstellungsmerkmal von elektronisch gesteuerten dokumentationsfähigen Schraubwerkzeugen ist das papierlose Erfassen der Qualitätsdaten. In **Tabelle 2** sind die gebräuchlichsten Anwendungssysteme überwachter Schraubgeräte aufgeführt.

Technik der überwachten Schraubsysteme

Impulsschrauber

Beim Impulsschrauber, **Bild 2**, handelt es sich um ein Handgerät, das pneumatisch angetrieben wird. Das Gerät ist schnell und arbeitet leiser und genauer als ein preisgünstigerer Schlagschrauber. Drehmomente über 15 Nm sind mit

Autoren

Dipl.-Ing. **Bülent Hanli**, Jahrgang 1958; Studium des Maschinenbaus an der TU Berlin. Nach Beschäftigungen bei den Firmen inpro, Airbus und gedas ist er seit 1996 Inhaber des Ingenieurbüros Hanli.

Dipl.-Ing. **Jörg Bergmann**, Jahrgang 1962; Studium an der TU Clausthal. Nach Tätigkeiten in verschiedenen Industriebetrieben ist er seit 2002 im Ingenieurbüro Hanli als Projektingenieur tätig.

Tabelle 1

Einteilung der Schraubverbindungen in drei Kategorien nach VDI-Richtlinie 2862.

Kategorie A	Mittelbare oder unmittelbare Gefahr für Leib und Leben
Kategorie B	Liegenbleiber
Kategorie C	Verärgerung des Kunden

Tabelle 2

Elektronisch gesteuerte dokumentationsfähige Schraubsysteme.

Technik	Besonderheiten	Drehmomentbereich	Hersteller (Auszug)
Impuls-Schrauber	kein Gegenhalter notwendig	mittel bis hoch	u.a. Yokota, Cooper
Elektro-Schrauber	breiter Anwendungsbereich	sehr niedrig bis sehr hoch	u.a. Ingersoll-Rand, AMT, Stanley, Bosch, Atlas Copco, Cooper
Hand-Schlüssel	leise, leicht	niedrig bis hoch	u.a. TBB, Schatz, GWK



Bild 2

Verschraubung eines Motorlagers an einen Längsträger mit einem Impulsschrauber der Firma Cooper.

einem Pistolengerät, das mit einer Hand geführt werden kann, problemlos zu erledigen. Sogar Drehmomente über 50 Nm können ohne zusätzliche Drehmomentabstützung gehandhabt werden. Das Drehmoment wird durch kurze Impulse erzeugt, wobei Öl durch eine regulierbare Engstelle gedrückt wird.

Elektroschrauber

Einen wichtigen Stellenwert nimmt der in den letzten Jahren erheblich verbreitete, elektronisch kommutierte Motor ein. Außer der Bezeichnung EC-Motor ist er auch unter bürstenloser Gleichstrommotor, Synchronservomotor, Drehstrommotor oder permanenterregter Synchronmotor zu finden. Das System einer Schraubspindel besteht aus EC-Motor mit Getriebe, integriertem Messwertgeber und Abtrieb. Solche überwachten und dokumentationsfähigen Schraubsysteme decken hauptsächlich den Drehmomentbereich von 1 bis 2000 Nm ab. Sie kommen als handgehaltene, **Bild 3** und **Bild 4**, handgeführte oder in Automaten eingebaute Systeme zum Einsatz. Der Markt bietet auch kabellose EC-Schraubgeräte.

Handschlüssel / Drehmoment- Messschlüssel

Der Drehmoment-Messschlüssel ist ein manuelles Handwerkzeug. Geeignet ist er für das Nachziehen bereits vorgezogener und zum Prüfen von endangezogenen Schraubverbindungen. Ein elektronischer Messschlüssel ist in der Lage, Drehmoment und/oder Drehwinkel zu messen. Er erfasst die Beschleunigungen und Bewegungen des Messgeräts, um daraus den Drehwinkel zu errechnen. Messschlüssel werden auch als Funkschlüssel mit integriertem Akku angeboten, deren Signale kabellos übertragen werden können. In der Ergebnisauswertung ist der elektronische Messschlüssel den gesteuerten Schraubspindeln gleichwertig.



Bild 3

Verschraubung des Schwingungsdämpfers mit einem handgehaltenen EC-Winkelschrauber der Firma Atlas-Copco.

Alle beschriebenen Systeme sind in der Lage, das Ergebnis der zu verschraubenden Verbindung anzuzeigen und zu speichern beziehungsweise das Ergebnis zu dokumentieren.

Schraubfallzuordnung

Das Erreichen einer Prozesssicherheit bedingt eine geeignete Schraubfallzuordnung. Dies kann nur mit einer eindeutigen Kopplung des Schraubergebnisses mit seiner Herkunft erreicht werden kann. Nur so ist die Dokumentationspflicht zu erfüllen.

Die einfachste Zuordnung wird durch manuelles Kennzeichnen durch den Bediener erreicht. Da in diese Fall der Mensch aber alleine reagiert, besteht ein erhebliches Fehlerrisiko. Ein sehr hoher Grad an Sicherheit wird durch den permanenten Datenaustausch mit übergeordneten Datenerfassungssystemen geschaffen.

Für eine Schraubfallzuordnung ist zusätzlich ein Identifizierungssystem erforderlich, das sowohl das Fahrzeug als auch dessen Schraubstellen eindeutig erkennt. Mit der Zusammenführung des Schraubergebnisses zur fahrzeugbezogenen Schraubverbindung können diese Daten in eine gemeinsame Dokumentationsdatenbank integriert und auf einem Datenserver abgespeichert werden. Diese Daten sind unter anderem auch für einen Nachweis im Falle einer Regressforderung des Kunden notwendig.



Bild 4

Verschraubung des Cockpits mit einem EC-Pistolschrauber der Firma Bosch-Rexroth.

Das Ingenieurbüro Hanli hat sich darauf spezialisiert, Lösungen aus dem Bereich der anspruchsvollen Schraubtechnik zu erarbeiten. Es ist Ansprechpartner für individuelle und herstellerunabhängige Konzepte und Realisierungen rund um den Montageprozess der Fertigung – nicht nur in der Automobilindustrie. Die Projekte werden von der Planungsphase bis hin zur Inbetriebnahme von kompletten Anlagen betreut.

Ingenieurbüro Hanli, Jörg Bergmann, Verdener Platz 2, 30419 Hannover, Tel. 0511 / 2715588, E-Mail: info@hanli.de, Internet: www.hanli.de

Übergeordnete Datenerfassungssysteme und permanenter Datenaustausch

Über ein TCP/IP-Protokoll lässt sich via Internet praktisch von jedem Ort aus ein Schraubergebnis in Echtzeit kontrollieren. Eine montageabschnitt-übergreifende Vernetzung der Schraubsysteme mittels Ethernet erlaubt damit eine schnelle Auswertung der Daten, um systematische oder zufällige Fehler rechtzeitig erkennen zu können.

Am Ende jedes Fertigungsabschnitts erkennt der Qualitätsregelkreis durch Tastendruck auf einem Monitor, ob alle Schraubverbindungen gemäß der Qualitätsvorgaben ausgeführt worden sind, um den Null-Fehler-Prozess zu errei-

chen. Das ist aber erst der erste Schritt zum papierlosen Erfassungsmanagement der Schraubdaten. Zukünftige Systeme werden so aufgebaut sein, dass unterschiedliche Varianten im Herstellprozess automatisch erkannt werden und sich selbst einstellen. Die irrtümliche Handhabung des Werkers wäre somit ausgeschlossen. Die bisherige manuelle Qualitätsüberwachung im Montageprozess ist dann nicht mehr notwendig.

Fazit

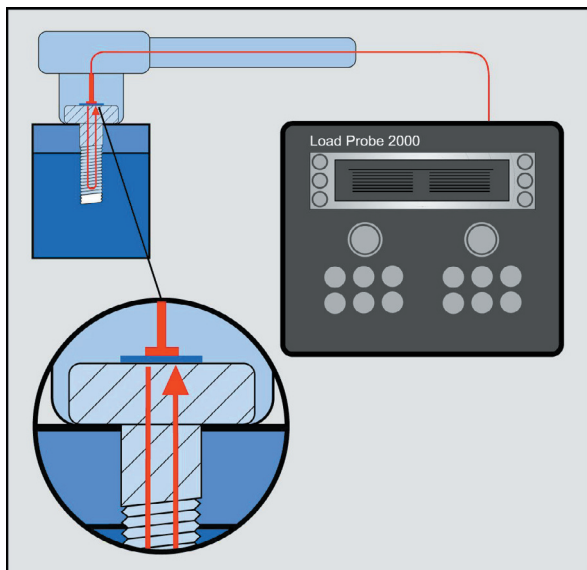
Die Bedeutung von Schraubverbindungen wird sich in Zukunft noch weiter erhöhen. Damit wird die richtige Auswahl der Verschraubung und der dafür geeignetsten Montage- und Dokumentationsmittel immer wichtiger. In einem Gesamtkonzept sollte schon in der Konstruktionsphase des Produkts das zukünftige Verschraubungssystem in der Montageliniengestaltung mit eingeplant werden. Damit können Realisierungsprobleme – wie eine erschwerte Zugänglichkeit, ergonomische Schwierigkeiten oder eine Kostenexplosion zum Erreichen der Dokumentationspflicht – vermieden werden.

Verschraubungstechnik

Vorspannkraft direkt messen

Das „Permanent Mounted Transducer System“ (PMTS) von PFW-Technologies, Speyer (www.pfw-tec.com), verbindet die Verschraubungstechnik nahtlos mit der Ultraschallmesstechnik, **Bild**. Es eröffnet dadurch eine neue Dimension der Sicherheit im Bereich hochbelasteter Schraubenverbindungen. Dem Anwender erlaubt die genaue Kenntnis der vorhandenen Vorspannkraft in der Schraube eine bislang nicht gekannte Ausnutzung der Schraubenfestigkeit; bei-

spielsweise können weniger Schrauben mit geringerer Dimension für die gleiche Sicherheitsleistung eingesetzt werden. In der Folge wird die Größen- und Gewichtsoptimierung der Bauteile durch Verwenden kleinerer Schraubendimensionen möglich. Wichtige Einsatzbereiche des in einem Forschungsprojekt für die Mars-Sonde „Pathfinder“ entwickelten Systems sind überall dort, wo Schraubenverbindungen hohe Sicherheit zu gewährleisten haben.



„PMTS“ gestattet das direkte Messen der Vorspannkraft während der Montage.

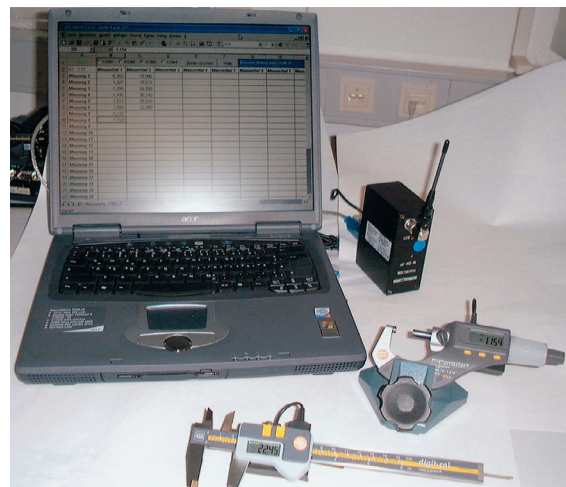
Bild: PFW

Daten per Funk senden

Kabellose Übertragung von Messwerten

In der Qualitätssicherung werden zunehmend digitale Messgeräte eingesetzt, die ihre Messwerte mittels Kabel an einen PC mit entsprechender Software weiterleiten. Neben den unbestrittenen Vorteilen dieser Art der Messdatenübertragung erweisen sich bei solchen Aufgaben die Kabelanschlüsse der Geräte oft als hinderlich. Eine viel übersichtlichere Gestaltung des Messplatzes erlaubt das kabellose Funkübertragungssystem „HF-MS“, **Bild**, von Hahn + Kolb Werkzeuge, Stuttgart (www.hahn-kolb.de). Da der

Aktionsradius des Anwenders nicht durch die Länge der Anschlusskabel eingengt wird, ist ein deutlich flexibleres Arbeiten möglich und es lassen sich auch Messungen außerhalb des eigentlichen Messplatzes vornehmen. Die maximale Entfernung beträgt 10 m bis 15 m in der Halle bei Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger. Nach dem derzeitigen Entwicklungsstand sind Sender für alle TeSa-Messgeräte mit „capa μ“-System sowie für Messgeräte weiterer Hersteller wie Mitutoyo oder Mahr lieferbar.



Funkübertragungssystem „HF-MS“ mit Messschieber, Bügelmessschraube und Laptop einschließlich angeschlossenen Empfängers.

Bild: Hahn + Kolb Werkzeuge