



DEUTSCHER SCHRAUBENVERBAND E.V.

HERSTELLER MECHANISCHER VERBINDUNGSELEMENTE

## **Richtlinie**

# **Technische Lieferqualität von Verbindungselementen**

**November 2013**

# Technische Lieferqualität von Verbindungselementen

## 1. Zielsetzung

Die im Deutschen Schraubenverband e.V. zusammengeschlossenen Hersteller von Verbindungselementen verpflichten sich gemeinsam mit ihren Partnern, die Anforderungen an Qualität und Leistung, die in den internationalen Normen und den geltenden kundenspezifischen Anforderungen festgelegt sind, unter Anwendung der Qualitätszielsetzung

### **Null Fehler (Zero Defects)**

für alle mechanische Verbindungselemente, Zusammenbauten und Module einzuhalten. Sie tragen durch die Anwendung dieser Richtlinie gemeinsam dazu bei, dass Störungen bei der Verarbeitung von Verbindungselementen auf das mögliche Minimum reduziert werden können.

Die Komplexität der Fertigungsprozesse sowie logistische Aspekte können jedoch in einigen Fällen zu unsystematischen Abweichungen führen, die unter den derzeitigen technologischen Bedingungen nicht verhindert werden können.

Ziel dieses Dokuments ist es, den technischen Hintergrund wichtiger Zusammenhänge für die Anwendung der Null-Fehler-Strategie sowie Möglichkeiten und Grenzen bei deren Anwendung auf den Prozess der Herstellung von Verbindungselementen aufzuzeigen, um zu einer gemeinsamen Sichtweise zwischen Herstellern und Anwendern beizutragen.

Das Erfüllen der Qualitätsanforderungen liegt nicht nur in der Verantwortung der Hersteller von Verbindungselementen, sondern erfordert eine enge Abstimmung zwischen Hersteller und Anwender. Der Anwender hat alle erforderlichen Angaben für die Anwendung des Produkts sowie die quantifizierten technischen Anforderungen und relevanten Eigenschaften zur Verfügung zu stellen. Im Reklamationsfall muss der Anwender die beanstandeten Teile zur Analyse bereitstellen und für die Rückverfolgbarkeit (Chargenzuordnung) innerhalb seiner Prozesse Sorge tragen. Zur Beurteilung einer ‚Verbindung‘ ist zwingend immer eine Systembetrachtung ‚Verbindungselement - Komponenten - Montageprozess‘ notwendig.

**Hinweis:** Dieses Dokument beschreibt nicht die Bewertung der logistischen Aspekte. Die hierfür anzuwendenden Methoden sind zwischen Hersteller und Kunden noch vor dem Vertragsabschluss zu erarbeiten und zu vereinbaren. Es ist grundsätzlich nicht sinnvoll, eine ppm-Auswertung auf logistische Abläufe (Falschliefereien, falsche Verpackung, Etikettier-Fehler, etc.) anzuwenden.

## 2. Auswirkungen von Produktionsverfahren

Die Herstellung von Schrauben kann in die Prozessschritte

- Kalt-/Warmumformung
- Gewindefertigung
- Spanende Bearbeitung
- Waschen/Reinigen/Strahlen
- Wärmebehandlung

- Oberflächenbeschichtung
- Be- und Entladen von Behältern
- Interner Transport
- Sortieren und Verpacken
- Lagerung und Versand

unterteilt werden. Bei der Herstellung von Schrauben handelt es sich um eine Massenproduktion mit einem Potential für eine Vermischung von Teilen oder Produktionslosen. Darüber hinaus können die Gegebenheiten des externen Transports und die Verhältnisse vor Ort bei Unterauftragnehmern oder Kunden/Anwendern sowie Schütt- und Handlingsprozesse zu unbeabsichtigten Vermischungen oder Kontaminationen führen.

Hierdurch besteht trotz kontinuierlicher Verbesserung der Fertigungsprozesse immer eine Rest-Wahrscheinlichkeit, dass durch unsystematische Ereignisse (z.B. Kopfaufplatzungen bei Schrauben, Fremdteile, Vermischungen, Beschädigungen, Verbiegungen) nicht spezifikationskonforme Produkte innerhalb eines Herstellloses entstehen bzw. vorhanden sind.

Aus diesem Grund wird in vielen Fällen der Fertigungsprozess durch eine manuelle oder automatische Sortierung vervollständigt, die die Anzahl von möglichen Teilen mit Abweichungen und/oder von Fremdteilen reduziert. Allerdings können mechanische Eigenschaften meist nur durch zerstörende Prüfverfahren kontrolliert werden. Die Möglichkeit einer Kontrolle mechanischer Eigenschaften kann daher üblicherweise nur mit Hilfe statistischer Methoden erfolgen.

Es liegt in der Verantwortung eines jeden Herstellers, zuverlässige Prozesse in allen Stufen der Fertigung festzulegen und zu installieren. Die grundsätzlichen Anforderungen für diese Prozesse sind in folgenden internationalen Normen beschrieben:

ISO 9001	Qualitätsmanagement-Systeme - Anforderungen
ISO TS 16949	Qualitätsmanagementsysteme - Besondere Anforderungen bei der Anwendung von ISO 9001 für die Serien- und Ersatzteil-Produktion in der Automobilindustrie
EN ISO 16426	Verbindungselemente - Qualitätssicherungssystem

### 3. Definitionen

**Fehler:** Nichterfüllung einer Anforderung mit der Folge, dass die Funktion bzw. die Verwendung eingeschränkt oder nicht (mehr) möglich ist. Hierzu gehören auch Fremdteile/Vermischungen.

**Abweichung:** Nichterfüllung einer Anforderung (z.B. Über- oder Unterschreitung einer Toleranz), wobei die Funktion bzw. Verwendbarkeit grundsätzlich erhalten bleibt.

**ppm:** Anzahl von Teilen mit Fehlern in einem Herstelllos bzw. Bewertungszeitraum von Verbindungselementen je 1 Million Teile.

## 4. Anforderungen

Im Allgemeinen werden mechanische Verbindungselemente durch eine Reihe von geometrischen und mechanischen Eigenschaften beschrieben, die in Kundenspezifikationen oder in Normen festgelegt sind.

Für Verbindungselemente mit speziellen, insbesondere sicherheitskritischen Anwendungen können ppm-Werte (d.h. fehlerhafte Teile pro Million Stück) gefordert werden. Hierdurch entsteht oft ein erhöhter Aufwand, der mit höheren Kosten verbunden sein kann. Um diese ppm-Anforderungen zu erfüllen, können automatische Sortierprozesse erforderlich sein.

Eine hohe und gleichbleibende Qualität mechanischer Verbindungselemente setzt ein geregeltes Produktionsverfahren voraus. Für variable Merkmale kann dies durch  $C_{pk}$ - oder  $C_{mk}$ - Kennzahlen verifiziert werden, wenn statistische Regeln gelten.

## 4. Grundlegende Hinweise

### 4.1 Allgemeines

- Die Null-Fehler-Strategie ist ein gemeinsames Ziel von Hersteller und Anwender. Sie ist keine Zusicherung, dass ppm = 0 erreicht werden kann.
- Vereinbarungen in Bezug auf Design und Qualität von mechanischen Verbindungselementen sollten in enger Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Anwender schon während der Konzeptphase des Endprodukts erarbeitet werden. Die Zusammenarbeit umfasst den Austausch aller notwendigen Informationen über die Funktion und die Montage der Verbindungselemente.
- Auch im Falle von festgestellten Fehlern ist eine enge Zusammenarbeit erforderlich, um die Kosten von Präventiv- und Abhilfemaßnahmen zu minimieren.
- Selbst Sortierautomaten nach dem heutigen Stand der Technik sind weder in der Lage, alle spezifizierten Merkmale eines Verbindungselementes zu erfassen und zu sortieren, noch Teile mit Abweichungen/Fehlern zu 100 % zu erkennen (Schlupf!)
- Die in einer 100%-Prüfung zu berücksichtigenden Merkmale sind zwischen Hersteller und Anwender bzw. Kunde abzustimmen.

### 4.2 Technische Aspekte

#### 4.2.1 ppm-Anforderungen

- ppm-Anforderungen für ein Verbindungselement müssen sich auf vereinbarte charakteristische Merkmale des Verbindungselements mit Einfluss auf die Funktion oder Montage beziehen. Die Vereinbarung sollte die Methode der Fehlererkennung beinhalten. Die Vereinbarung ist zum Zeitpunkt der Bestellung festzulegen.

Im Reklamationsfall bei einem Lieferlos muss die ppm-Zahl für das betroffene Fertigungslos ermittelt werden. Dies geschieht üblicherweise durch eine 100 %- Sortierung. Für die Annahme oder die Zurückweisung der Reklamation gelten die weiter unten aufgeführten oder vertraglich vereinbarten ppm-Zahlen.

- Pauschal geforderte ppm-Werte von Herstellern ohne Bezug auf definierte Merkmale sind technisch ohne jede Grundlage und können lediglich zur Bewertung des allgemeinen Qualitätsniveaus eines Herstellers bzw. Lieferanten (Lieferantenbewertung) herangezogen werden. Pauschale ppm-Anforderungen sollten sich auf einen festgelegten Zeitraum beziehen; sie sollten nicht für die Abnahme eines einzigen Loses angewandt werden.
- Eine Ermittlung von ppm-Werten ist vornehmlich zur Beurteilung unsystematischer Einflüsse oder Ereignisse geeignet.
- In den meisten Fällen erfordern ppm-Anforderungen eine teure automatische Sortierung. Aus diesem Grund sollte hierfür eine detaillierte Kosten-Nutzen Bewertung erstellt werden.
- ppm-Anforderungen sind nicht geeignet für Eigenschaften bzw. Merkmale, die ein zerstörendes Prüfverfahren erfordern, zum Beispiel
  - Zugfestigkeit
  - Härte
  - Oberflächendiskontinuitäten
  - Ab- / Entkohlung
  - Schlagzähigkeit
  - Metallographische Gefügestruktur
  - etc.
- Es gibt eine Reihe von Merkmalen, die bei Abweichungen von Anforderungen die Qualität der gesamten Charge beeinflussen können, da sich das Verarbeitungsverfahren immer für die gesamte Produktionsmenge auswirkt. Diese Merkmale sollten nicht in eine ppm-Auswertung einbezogen werden. Beispiele:
  - Korrosionsbeständigkeit
  - Aussehen
  - Reibungszahlen
  - Schichtdicke.
- Stand der Technik für erreichbare ppm-Zahlen bezüglich eines einzelnen Merkmals bei kaltumgeformten Produkten sind:
  - unsortiert:                    200 ppm \*
  - 500 ppm (bzgl. Fremdteile)
  - manuell sortiert:        100 ppm \*
  - automatisch sortiert:    10 ppm

\*) für Produkte mit einem Längen-Durchmesserverhältnis  $l/d > 10$  müssen bzgl. des Merkmals ‚Geradheit‘ spezielle ppm-Werte zwischen Hersteller und Abnehmer vereinbart werden.
- Merkmale, die für die automatische Sortierung geeignet sind:
 

Nach dem Stand der Technik werden verschiedene Mess- und Prüfverfahren eingesetzt, z.B. mechanische Verfahren, optische Verfahren (Kamera- oder Lasertechnik), Wirbelstromverfahren. Hierdurch lassen sich Herstellere unter anderem auf folgende Merkmale bzw. Größen sortieren:

### Maßangaben:

- Länge (mechanisch / optisch)
- Gewindelänge (optisch)
- Gewindedurchmesser mechanisch / optisch)
- Flankendurchmesser (mechanisch / optisch)
- Kopf- / Bunddurchmesser (mechanisch / optisch)
- Schaftdurchmesser (optisch)
- Kopfhöhe (mechanisch / optisch)
- Kerndurchmesser (optisch)
- Tiefe Innenantrieb (mechanisch)
- Höhe Außenantrieb (mechanisch / optisch)
- Gewindesteigung (mechanisch / optisch)
- Schlüsselweite (mechanisch / optisch)
- Rundheit / Axialität
- Innen-/Außendurchmesser und Höhe von Scheiben (mechanisch / optisch)

### Vorhandensein bestimmter Formen / Elemente:

- Gewinde vorhanden ja/nein (mechanisch / optisch)
- Innenantrieb vorhanden (mechanisch / optisch)
- Außenantrieb vorhanden (mechanisch / optisch)
- Klemmsicherung bei Mutter vorhanden (mechanisch / optisch)
- Suchspitze vorhanden (mechanisch / optisch)
- Vormontierte Unterlegscheibe vorhanden (mechanisch / optisch)
- Mikroverkapselter Klebstoff vorhanden (optisch)

### Sonstige Merkmale:

- Fremdteile (mechanisch / optisch / Wirbelstrom)
  - Brüche/Risse im Kopf/Bund (Wirbelstrom)
  - Brüche/Risse im Schaft (optisch/Wirbelstrom)
  - Funktion Schlüsselangriff (mechanisch).
- Im Hinblick auf die Kosteneffizienz sollte der Kunde nur Merkmale für die Sortierung wählen, die für die Montage oder Funktion der Verbindung / des Verbindungselements wesentlich sind.
  - Erfahrungen zeigen, dass die Korrosionsbeständigkeit des Produktes durch einen Sortiervorgang beeinträchtigt, zumindest reduziert werden kann.
  - Da mit der Zahl der zu sortierenden Merkmale auch der Pseudoausschuss signifikant ansteigt, sollte auf die Sortierung von Merkmalen untergeordneter Bedeutung verzichtet werden.

#### **4.2.2 Statistische Prozessregelung (SPC)**

- SPC eignet sich nur für solche Eigenschaften, die während des Herstellungsprozesses durch den Werker bzw. durch technische Einrichtungen beeinflusst werden können.
- Während sich unsystematische Abweichungen nicht durch eine statistische Prozessregelung (SPC) erkennen lassen, können systematische Abweichungen in der Regel durch die Anwendung von SPC begrenzt werden (siehe auch ISO 16426).

- Darüber hinaus ist im Falle eines einzelnen Merkmals folgendes zu beachten: Wenn der Prozess stabil ist ( $C_{pk} = C_p$ ) und wenn ein  $C_{pk}$ -Wert von 1,33 angenommen wird, bedeutet dies, dass immer noch mehr als 63 ppm der gefertigten Produkte außerhalb der Toleranzgrenzen liegen können (ISO 16426). Dieser ppm-Wert verringert sich bei höheren  $C_{pk}$ - bzw.  $C_p$ -Werten (bei solchen Abweichungen liegt aber üblicherweise keine Gefahr einer Funktionsbeeinträchtigung vor!).
- Die Forderung von  $C_{pk}$ - bzw.  $C_p$ -Werten  $\geq 1,33$  erfordert eine eingeschränkte Ausnutzung des vorgegebenen Toleranzfensters. Dies führt bei Größen, die in der Fertigung mit einem Werkzeugverschleiß einhergehen, zu kleineren Werkzeugwechselintervallen und damit erhöhten Fertigungskosten.

Es gibt eine Reihe von Merkmalen bzw. spezifizierten Prozessen, die nicht oder nur bedingt für eine SPC-Regelung geeignet sind, zum Beispiel:

Kategorie	Merkmal (Beispiel)
Nicht regelbar; abhängig vom Werkzeugverhalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radien</li> <li>- Winkel</li> <li>- Gewindemaße (aufgrund Vormaß nur bedingt regelbar)</li> <li>- Umgeformte Schaftdurchmesser</li> <li>- Gestanzte Schlüssel­flächen</li> <li>- Form- und Lagetoleranzen</li> </ul>
Merkmale, die in einem einzigen, getrennten und geschlossenen Prozess hergestellt werden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schichtgewicht des Oberflächenschutzsystems</li> <li>- Korrosionsbeständigkeit</li> <li>- Härte (Wärmebehandlung im Kammerofen)</li> <li>- Legierungszusammensetzung</li> <li>- Reibungszahlen</li> <li>- Le­hengängigkeit des Gewindes (Handlingbeschädigungen)</li> <li>- Einschraubmomente</li> </ul>
Merkmale, die nicht normalverteilt (Gauß-Kurve) sind (nicht zentrischer Toleranzlage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Festigkeit (Wärmebehandlung im Durchlauf­ofen)</li> <li>- Härte (Wärmebehandlung im Durchlauf­ofen)</li> <li>- Gewindedurchmesser</li> </ul>
Merkmale mit geringer Toleranz und gleichzeitig geringer Genauigkeit der Messgeräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Passdurchmesser für beschichtete Schrauben</li> <li>- Schichtdicke für beschichtete Schrauben</li> </ul>
Merkmale, die mit automatischer Anpassung hergestellt werden oder einen schleichenden Trend aufweisen	
Mehrteil-Montageprozess	
Prozesse mit unterschiedlichen inhomogenen Materialien	

### Frühere Ausgaben

November 1996

Dezember 1997

Januar 1999

## 5. Literatur

- DIN EN ISO 16426: Befestigungselemente – Qualitätssicherungs-System (Januar 2003)
- AFFIX Reference guide for quality rules and practices for fastening products, ein Nachschlagewerk der Qualitätsregeln und Praktiken im Bereich Verbindungselemente, (2. Auflage, Oktober 2006)
- European Industrial Fastener Institute (EIFI) guideline Mechanical Fasteners – Quality of Technical Characteristics (April 2009).