

VDA QMC

Verband der Automobilindustrie
Qualitäts-Management-Center

5 Teil 1

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Rückgeführte Inline-Messtechnik

Eignung, Planung und Management

2., überarbeitete Auflage, August 2023

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Rückgeführte Inline-Messtechnik

Eignung, Planung und Management

2., überarbeitete Auflage, August 2023
Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA)
Online-Download-Dokument

Unverbindliche Empfehlung des VDA

Der Verband der Automobilindustrie (VDA) empfiehlt seinen Mitgliedern, die nachstehende Richtlinie bei der Einführung und Aufrechterhaltung von QM-Systemen anzuwenden.

Haftungsausschluss

Dieser VDA-Band ist eine Empfehlung, die allen frei zur Anwendung steht. Wer sie anwendet, hat im konkreten Fall für die richtige Anwendung Sorge zu tragen.

Dieser VDA-Band berücksichtigt die zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe bekannten technischen Verfahrensweisen. Durch das Anwenden der VDA-Empfehlungen entzieht sich niemand der Verantwortung für sein eigenes Handeln. Alle handeln selbstverantwortlich.

Eine Haftung des VDA und der Personen, die an der Erstellung der VDA-Empfehlungen beteiligt sind, ist ausgeschlossen.

Wer bei der Anwendung dieser VDA-Empfehlung auf Unrichtigkeiten oder die Möglichkeit einer unrichtigen Auslegung stößt, wird gebeten, dies dem VDA umgehend mitzuteilen, damit etwaige Mängel beseitigt werden können.

Urheberrechtsschutz

Diese Schrift ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des VDA unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Übersetzungen

Diese Schrift wird auch in anderen Sprachen erscheinen. Der jeweils aktuelle Stand ist bei VDA QMC zu erfragen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
1 Normen und Richtlinien	8
2 Nutzen und Anwendungsbereich.....	11
3 Begriffe und Definitionen	13
3.1 Integration von Messsystemen in den Produktionsablauf	13
3.2 Begriffsdefinition Messvolumen	16
3.3 Weitere Begriffe und Definitionen	20
4 Detaillierung des Prüfprozessmanagements nach VDA 5 in Bezug auf Inline-Messtechnik	21
4.1 Ablauf des Prüfprozessmanagements in acht Schritten	21
4.2 Besonderheiten von Inline-Messsystemen in Bezug auf die Anforderungen an die Betreibung.....	23
4.3 Besonderheiten von Inline-Messsystemen in Bezug auf die Anforderungen an die Rollen im Rahmen der Planung für den Produktions- und Prüfprozess	24
5 Besonderheiten der Prüfprozessplanung für die Inline- Messtechnik	26
6 Annahme- und Bestätigungsprüfung	33
7 Messsystemeignung.....	36
7.1 Option 1: Referenz über kalibriertes Referenzteil oder Normal	39
7.1.1 Option 1a: Konstante Referenz	39
7.1.2 Option 1b: Nicht-konstante Referenz.....	39
7.2 Option 2: Referenz über mehrere Normale.....	39
7.3 Option 3: Referenz über unabhängiges Messsystem	44

7.3.1	Option 3a: Konstante Referenz	45
7.3.2	Option 3b: Nicht-konstante Referenz.....	45
7.4	Eignungsnachweis – Anwendbarkeit auf nicht geometrische Merkmale	46
7.5	Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen des Messsystems	47
8	Messprozesseignung	48
8.1	Berücksichtigung der Aufspannung und Zuführung	48
8.2	Temperatureinfluss.....	49
8.2.1	Einflüsse der Temperatur auf das Messsystem	50
8.2.2	Einflüsse der Temperatur auf den Messprozess.....	52
8.3	Bewertung von Eignungskennwerten	54
8.4	Vorgehensweise bei nicht erreichtem Eignungsnachweis	56
8.5	Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen des Messprozesses	57
9	Nachweis der fortlaufenden Eignung.....	58
10	Reaktion auf außerordentliche Vorkommnisse	60
11	Bestätigungsprüfung bei Nutzungsende	63
	Literaturverzeichnis	65

Vorwort

Aufgrund der Neuauflage des VDA-Bands 5 „Mess- und Prüfprozesse“ im Juli 2021 lag es auf der Hand, dass der „Ergänzungsband“ VDA-Band 5.1 ebenfalls einer Anpassung bedurfte.

Im Zuge der vollständigen Überarbeitung wurde zunächst die Begrenzung auf die Anwendung der geometrischen Messtechnik im Karosseriebau aufgelöst. Dennoch sind zur besseren Verständlichkeit viele Beispiele daran erklärt, aber grundsätzlich ist die Methode übertragbar auf weitere Anwendungsbereiche der Inline-Messtechnik.

Es lässt sich ein Trend beobachten, dass Messungen statt offline im Messraum immer öfter über rückgeführte Inline-Messsysteme durchgeführt werden sollen. Dadurch gewinnt die Durchführung von Eignungsnachweisen für Inline-Messprozesse gemäß VDA 5 mehr und mehr an Bedeutung. In der Praxis rückt die „klassische“ Anwendung im Messraum dagegen eher in den Hintergrund. Dennoch ist insbesondere im Analysefall (z. B. bei Prozessschwankungen) eine von der Produktionslinie unabhängige Messmöglichkeit hilfreich.

Genau wie in der Überarbeitung des Hauptbandes lag auch bei der Erstellung des neuen VDA-Bands 5.1 der Fokus auf der Verständlichkeit der Methodik, um eine bessere Anwendbarkeit in der Praxis zu erzielen. Dazu wurde anhand eines achtstufigen Modells eine ganzheitliche Betrachtung von der Prüfprozessplanung bis zum Nutzungsende für Inline-Messsysteme vorgenommen.

Die hierüber ermittelten Eignungsnachweise dienen als Bestandteil der Anlagenfreigabe. Diese umfasst jedoch noch weitere im VDA-Band 5.1 nicht betrachtete Inhalte (z. B. Arbeitssicherheit).

Über den Fokus des VDA-Bands 5.1 hinaus ist im Zuge des o. g. Trends zur Inline-Messung zu erwähnen, dass Messdaten in viel größerer Stichprobe erhoben werden und damit deutlich größere Datenmengen zur Prozesssteuerung vorliegen. Deshalb wird empfohlen, intelligente Auswertemethoden oder -systeme zu entwickeln bzw. einzusetzen, um die Reaktionsgeschwindigkeit an die gestiegene Datenmenge anzupassen.

1 Normen und Richtlinien

Die Kenntnis der Messunsicherheit und deren Ermittlung wird durch verschiedene Normen und Richtlinien gefordert und unterstützt. In Ergänzung zu dem VDA-Band 5 „Mess- und Prüfprozesse. Eignung, Planung und Management“ sollen hier noch folgende genannt werden. Es sind exemplarisch nur Normen aufgelistet, die für Koordinatenmesssysteme relevant sind. Für andere Messgrößen ist separat zu prüfen, ob entsprechende Normen vorliegen.

- DIN EN ISO 10360-3: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) – Teil 3: KMG mit der Achse eines Drehtisches als vierte Achse
- DIN EN ISO 10360-5: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) – Teil 5: Koordinatenmessgeräte (KMG) mit berührendem Messkopfsystem im Einzelpunkt- und/oder Scanningmodus
- DIN EN ISO 10360-8: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) – Teil 8: KMG mit optischen Abstandssensoren
- DIN EN ISO 10360-9: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) – Teil 9: KMG mit Multisensorik
- DIN EN ISO 10360-10: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) – Lasertracker für Punkt-zu-Punkt-Messungen
- DIN EN ISO 10360-13: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für

Koordinatenmesssysteme (KMS) – Teil 13: Optische 3D KMS

- VDI/VDE 2617 Blatt 2.1: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-2 zur Messung von Längenmaßen
- VDI/VDE 2617 Blatt 2.2: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Formmessung mit Koordinatenmessgeräten
- VDI/VDE 2617 Blatt 4: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-3 für Koordinatenmessgeräte mit zusätzlichen Drehachsen
- VDI/VDE 2617 Blatt 5: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Überwachung durch Prüfkörper
- VDI/VDE 2617 Blatt 6.1: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-7 für Koordinatenmessgeräte mit Bildverarbeitungssystemen
- VDI/VDE 2617 Blatt 6.2: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-8 für Koordinatenmessgeräte mit optischen Abstandssensoren
- VDI/VDE 2617 Blatt 7: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Simulation
- VDI/VDE 2617 Blatt 8: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Prüfprozesseignung von Messungen mit Koordinatenmessgeräten

- VDI/VDE 2617 Blatt 10: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Annahme- und Bestätigungsprüfung von Lasertrackern
- VDI/VDE 2617 Blatt 11: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Messunsicherheitsbilanzen
- VDI/VDE 2617 Blatt 12.1: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Annahme- und Bestätigungsprüfungen für Koordinatenmessgeräte zum taktilen Messen von Mikrogeometrien
- VDI/VDE 2617 Blatt 12.2: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Annahme- und Bestätigungsprüfungen von Koordinatenmessgeräten zum optischen Messen von Mikrogeometrien in Anlehnung an DIN EN ISO 10360-8 und VDI/VDE 2617 Blatt 6.2
- VDI/VDE 2617 Blatt 13: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten – Kenngrößen und deren Prüfung – Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren – VDI/VDE 2630 Blatt 1.3: Computertomografie in der dimensionellen Messtechnik – Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmessgeräte mit CT-Sensoren
- VDI/VDE 2634 Blatt 1: Optische 3D-Messsysteme – Bildgebende Systeme mit punktförmiger Antastung
- VDI/VDE 2634 Blatt 2: Optische 3D-Messsysteme – Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung
- VDI/VDE 2634 Blatt 3: Optische 3D-Messsysteme – Bildgebende Systeme mit flächenhafter Antastung in mehreren Einzelansichten

2 Nutzen und Anwendungsbereich

Inline-Messstationen sind in den Produktionsablauf integriert, um eine Messung ausgewählter geometrischer Merkmale an Bauteilen durchzuführen. Die Ergebnisse werden zur Steuerung der Fertigungsprozesse und zur Sicherstellung der Produktqualität eingesetzt.

Im Sinne der DIN EN ISO 10360-1 können rückgeführte Inline-Messstationen, insbesondere flexible Stationen mit Robotern, als Koordinatenmesssysteme angesehen werden. Eine zusätzliche Korrelationsmessung zum Messraum ist nicht erforderlich.

Der VDA-Band 5 bewertet Messsysteme und Messprozesse über das Verhältnis der Messunsicherheit zur Toleranz für die zu prüfenden Merkmale. Die Bewertung einer Inline-Messstation ist sowohl hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit als Messsystem als auch ihrer Eignung als Messprozess eine komplexe Aufgabe.

Das Ziel des VDA-Bands 5.1 ist es, eine Methode für den Eignungsnachweis Messsystem und Messprozess in Anlehnung an den VDA-Band 5 unter Berücksichtigung der speziellen Einsatzbedingungen von Inline-Messstationen zu beschreiben.

Im Vergleich zu den nahezu idealen Bedingungen in Prüflaboren und Messräumen sind im Produktionsumfeld zusätzliche Einflüsse zu berücksichtigen, z. B. Temperaturschwankungen, Verschmutzungen, Erschütterungen, Lichtverhältnisse etc. Die Absicherung des Messprozesses muss auf die daraus resultierenden Risiken abgestimmt werden.

Basierend auf einem achtstufigen Prozessmodell werden im Folgenden die einzelnen Schritte zur erfolgreichen Einführung und zum Betrieb eines rückgeführten Inline-Messsystems beschrieben.

Im Falle der Inline-Messtechnik soll mit dem Begriff „Rückführbarkeit“ das derzeit bestmögliche Verfahren (Best Practice) zum Nachweis der Eignung des Messprozesses beschrieben werden. Hierzu wird das verwendete Messvolumen mit geeigneten kalibrierten Normalen unter Einhaltung der für die Anwendung festgelegten Spezifikationen überprüft. Die eingesetzten Normale müssen auf SI-Einheiten rückgeführt werden.

3 Begriffe und Definitionen

Die wesentlichen Begriffe und Definitionen sind in VDA-Band 5 „Mess- und Prüfprozesse“ enthalten.

3.1 Integration von Messsystemen in den Produktionsablauf

Für das Verständnis der Methodik im VDA-Band 5.1 ist es wichtig zu wissen, wie die Inline-Messtechnik in die Fertigung integriert werden kann. Im Folgenden sind daher mögliche Beispiele für eine Integration von Messsystemen in den Produktionsablauf dargestellt.

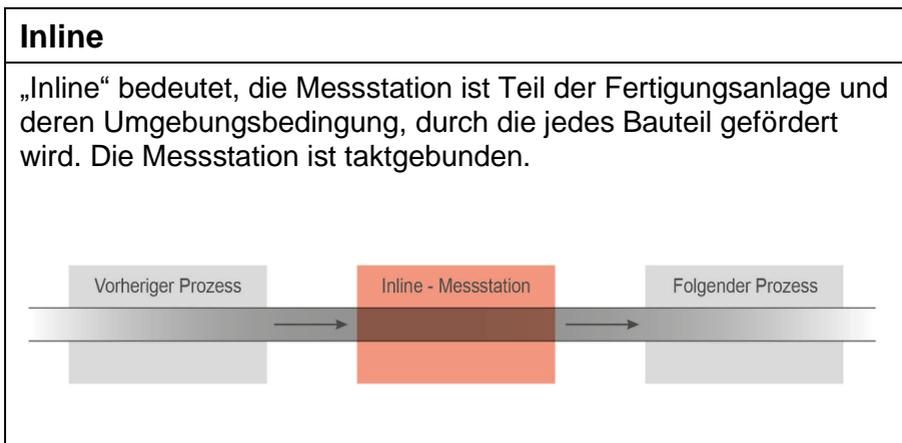


Abbildung 3-1: Inline-Messstation

Bypass-fähige Inline

Inline-Messstation, die im Sonderfall, z. B. bei Analysemessung in der Linie, umfahren werden kann.

Messstationen können automatisiert umfahren werden. Die angewendeten Messprozesse können flexibel ausgelegt werden: In der Regel wird jedes Bauteil mit einem Kurzprogramm in Taktzeit gemessen. Es kann aber auch während der laufenden Produktion ein umfangreicheres Analyseprogramm gemessen werden oder Integrations-/Optimierungsmaßnahmen erfolgen. Die Produktion kann normal weiterfahren, die produzierten Bauteile passieren die Messstation allerdings ohne eine Messung.

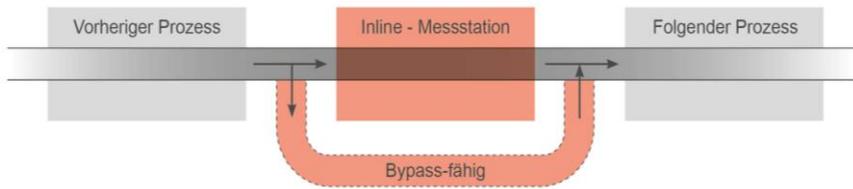


Abbildung 3-2: Bypass-fähige Inline-Messstation

Bypass (wie Inline, ohne Taktzeit)

Reine Bypass-Messstationen sind an die Fertigungsanlage vollautomatisch angeschlossen, es kann aber nicht jedes Bauteil gemessen werden, da die Bestückung viel Zeit in Anspruch nimmt. Die Entnahme der Bauteile zur Messung kann flexibel erfolgen. Häufig sind noch Pufferplätze vorgesehen. Solche Stationen sind vorteilhaft, wenn die Messung stichprobenartig erfolgt und länger als die Taktzeit dauert.

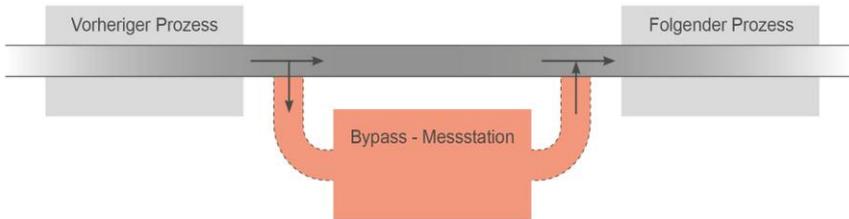


Abbildung 3-3: Bypass-Messstation

At-Line

Eine „At-Line“-Messstation steht nahe der Fertigungsline und misst i. d. R. an einem sehr begrenzten Teilumfang umfangreichere Analyseprogramme.

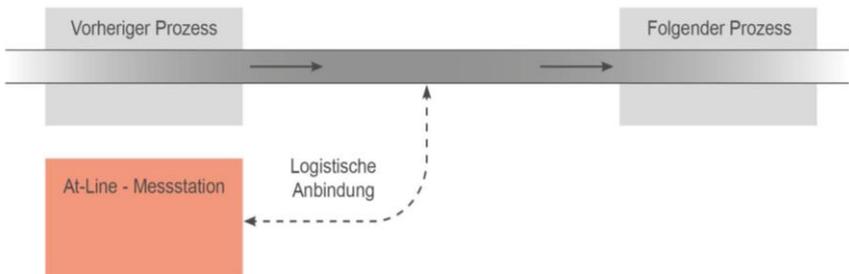


Abbildung 3-4: At-Line-Messstation

Offline/Messraum (abseits von der Linie) Produktionsbegleitender, separater Messraum

Offline ist seit ein paar Jahren der Überbegriff für Messanlagen in den klimatisierten Messräumen. Hier kann aufgrund kontrollierter Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck) deren Messunsicherheitsanteil reduziert werden. Da keine Taktzeiten berücksichtigt werden müssen, können ausführliche Analysemessungen der Bauteile erfolgen. Offline-Messstationen sind zudem sehr flexibel nutzbar, der logistische und personelle Aufwand ist in der Regel aber höher.

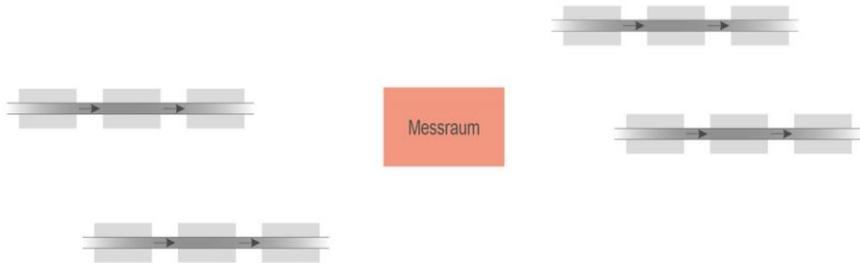


Abbildung 3-5: Offline-Messstation bzw. Messraum

3.2 Begriffsdefinition Messvolumen

Gemäß „VIM“ [1] ist der Messbereich „[...] die Menge von Werten von Größen derselben Art, die unter definierten Bedingungen gemessen werden können, und zwar mit einem speziellen Messgerät oder Messsystem mit einer vorgegebenen Gerätemessunsicherheit [...]“, z. B. im Falle von Temperaturmessungen die kleinste und größte erfassbare Temperatur, für die die vorgegebene Unsicherheit gilt.

Sofern die räumliche Verteilung von Messorten, an denen Messgrößen erfasst werden, relevant ist, können verschiedene Arten von Messvolumina unterschieden werden.

Gemäß Definition aus DIN EN ISO 10360-1 [2] beschreibt das Messvolumen den „*Messbereich eines KMG [...], angegeben als gleichzeitige Grenzwerte für alle räumlichen Koordinaten, die auf dem KMG gemessen werden können*“, für Koordinatenmessungen.

Hieraus kann abgeleitet werden, dass das Messvolumen die Menge der geometrischen Orte ist, an denen eine Messung der gesuchten Messgröße möglich ist.

Bei näherer Betrachtung lassen sich drei Messvolumina unterscheiden:

1. das o. g. theoretisch mögliche Messvolumen,
2. das messaufgabenspezifische Messvolumen und
3. das Bewegungsvolumen.

Dabei ist das messaufgabenspezifische Messvolumen (2.) derjenige Anteil des theoretisch möglichen Messvolumens (1.), der für die betrachtete Messaufgabe relevant ist. Das messaufgabenspezifische Messvolumen ist damit der tatsächlich genutzte Anteil des Messvolumens. Es umschließt die Messorte unter Berücksichtigung der Variationen der Bauteile, der Präzision und der Wiederholbarkeit der Bauteil- und Sensorpositionierung. Es ist – ebenso wie das theoretisch mögliche Messvolumen – nicht zwingend quaderförmig (siehe Abbildung 3-6).

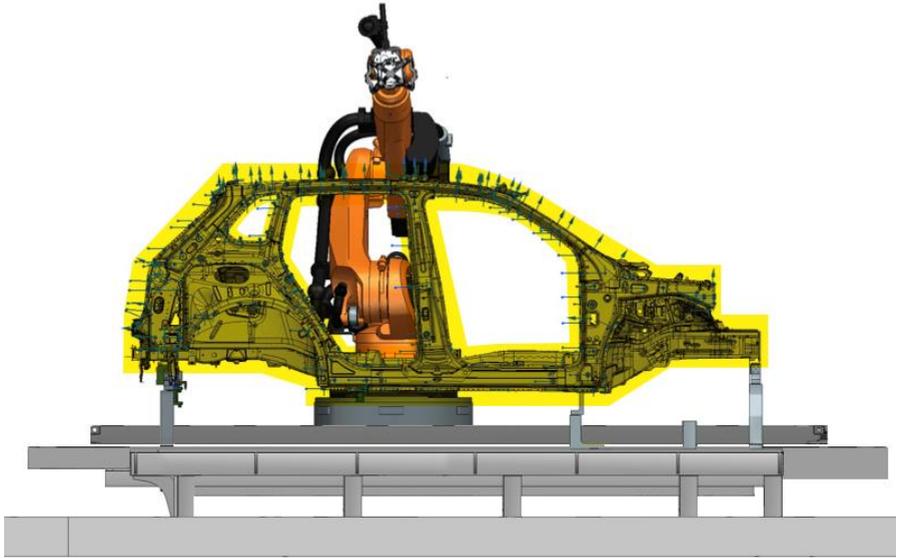


Abbildung 3-6: Tatsächlich genutztes Messvolumen

Das Bewegungsvolumen (3.) ist das umschreibende Volumen, welches sich aus dem messaufgaben-spezifischen Volumen (2.), den dazu erforderlichen Bewegungsbahnen, dem Volumen des Messensors und dem für die Messung benötigten Raum (mit Arbeitsabstand) zusammensetzt, wie z. B. in Abbildung 3-7.

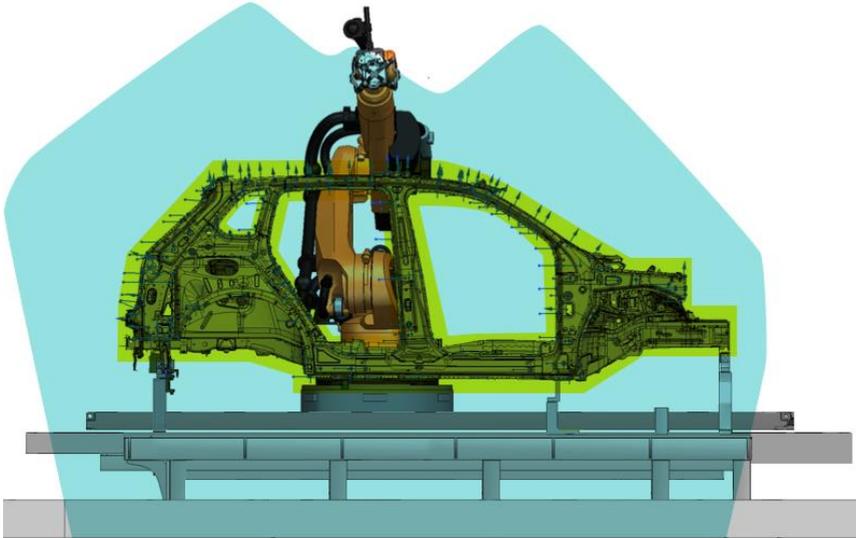


Abbildung 3-7: Theoretisch mögliches Messvolumen

Im Sinne der Übertragbarkeit von Unsicherheitskomponenten (VDA-Band 5, Kapitel 4.7.4) ist für das messaufgabenspezifische Messvolumen zu prüfen, inwieweit Messungen an unterschiedlichen Messorten mit der gleichen Messunsicherheit durchgeführt werden können. Ist dies möglich, so ist es ausreichend, eine erweiterte Messunsicherheit repräsentativ für diesen Teil des Messvolumens anzugeben.

Im Falle der Prüfung von Geometriemerkmale kann daraus folgen, dass für die Ermittlung der erweiterten Messunsicherheit der Anteil der Längenmessabweichung (einmalig) repräsentativ für diese Merkmale nachgewiesen wird.

Im Rahmen der Planung eines Messsystems wird das messaufgabenspezifische Messvolumen aus den zu messenden Merkmalen abgeleitet (gelbe Markierung in Abbildung 3-6 zeigt exemplarisch das messaufgabenspezifische Messvolumen einer Karosserie). Anschließend kann das Bewegungsvolumen bestimmt werden.

Für die Annahmeprüfung (siehe Kapitel 6) ist das messaufgabenspezifische Messvolumen ausschlaggebend.

3.3 Weitere Begriffe und Definitionen

Flexible Aufnahme

Vorrichtung zur Positionierung eines Messobjekts, die zwischen zwei Messvorgängen geometrisch verändert werden kann (z. B., um unterschiedliche Messobjekte aufnehmen zu können).

Stabiles Referenzteil

Ergänzend zu der Definition des Referenzteils aus VDA-Band 5 (Kapitel 3.3) gilt ein Referenzteil als stabil, wenn im Zeitraum von Kalibrierung bis zum Abschluss der Messsystemeignung keine signifikante Änderung des ursprünglichen Kalibrierwertes des zu messenden Merkmales in Bezug zur Messunsicherheit des Messsystems auftritt.

4 Detaillierung des Prüfprozessmanagements nach VDA 5 in Bezug auf Inline-Messtechnik

Das Prüfprozessmanagement für die Inline-Messtechnik folgt im Wesentlichen den Ausführungen im VDA-Band 5 und lässt sich anhand von acht Detailschritten beschreiben.

Beginnend mit der Messprozessplanung folgen bei Einführung eines Inline-Messsystems eine Annahmeprüfung und der Nachweis der Eignung für das Messsystem sowie den Messprozess.

Im Rahmen des risikobasierten Ansatzes ist für den Betrieb des Systems ein Nachweis der fortlaufenden Eignung einzuplanen und durchzuführen. Darüber hinaus ist die Reaktion auf außergewöhnliche Ereignisse, eine turnusmäßige Überwachungsprüfung und eine Überprüfung zum Nutzungsende zu berücksichtigen.

4.1 Ablauf des Prüfprozessmanagements in acht Schritten

Die folgende Abbildung 4-1 zeigt schematisch den oben beschriebenen Ablauf für die rückgeführte Inline-Messtechnik:

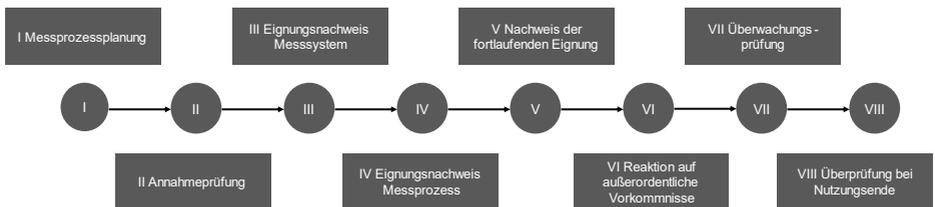


Abbildung 4-1: Ablaufschema für das Prüfprozessmanagement

- I. In der **Messprozessplanung** wird anhand der Messaufgabe ein mögliches bzw. geeignetes Messsystem geplant. Inline-Messtechnik wird direkt in der Fertigung betrieben. Deshalb sind dabei die besonderen Einsatzbedingungen wie zum Beispiel Umwelteinflüsse (Temperatur, Licht o. Ä.) zu berücksichtigen (Kapitel 5).
- II. Die **Annahmeprüfung** dient zum Nachweis der Erfüllung der Herstellerspezifikationen eines neuen Messsystems (Kapitel 6).
- III. Im Rahmen einer **Messsystemeignung** wird der Nachweis der Eignung eines Messsystems für die Messung der zu messenden Merkmale erbracht (Kapitel 7).
- IV. In der **Messprozesseignung** werden zusätzlich zur Messsystemeignung Prozesseinflüsse berücksichtigt und so der Nachweis der Eignung eines Messprozesses für die Messung der zu messenden Merkmale erbracht (Kapitel 8).
- V. Für den **Nachweis der fortlaufenden Eignung** (z. B. tägliche Referenzmessung) wird im laufenden Betrieb die Stabilität des Messprozesses überprüft bzw. es werden Veränderungen festgestellt (Kapitel 9).
- VI. **Reaktion auf außerordentliche Vorkommnisse** beschreibt ein Reaktionsszenario bei unvorhergesehenen Ereignissen wie z. B. Anlagendefekten oder Kollision (Kapitel 10).
- VII. Eine **Bestätigungsprüfung** ist ein regelmäßig wiederkehrender Nachweis der Erfüllung der Spezifikation und entspricht i. d. R. der Annahmeprüfung (Kapitel 6).
- VIII. Die **Überprüfung bei Nutzungsende** beschreibt die möglichen Prüfungen des Messprozesses, um den Zeitraum zwischen der letzten Überwachungsprüfung und dem Nutzungsende abzusichern (Kapitel 11).

In der Prüfprozessplanung sind die Vorgaben gemäß VDA 5, Kapitel 4.2 zu beachten. Bei der Prüfprozessplanung für Inline-Messanlagen sind die verschiedenen Modelle, die betrieben

werden, zu berücksichtigen und die Verantwortlichkeiten für Produktion und unterstützende Fachabteilungen präzise festzulegen.

Für das Betreiben der Anlagen sollten erweiterte Kompetenzen im Umgang mit Systemstörungen (Kollision, Prüfmittel ist fehlerhaft usw.) vorhanden sein. Abhängig vom betriebenen Modell müssen im Rahmen der Anwendung die für den Betrieb erforderlichen messtechnischen Kompetenzen vorliegen, aber nicht zwangsläufig Messstrategien festgelegt und Unsicherheitskomponenten ermittelt werden können.

Für Inline-Messsysteme ist der Ansatz einer risikogerechten Absicherung entsprechend den Ausführungen des VDA-Bandes 5, Kapitel 4.3 anwendbar. Die Ausgangsbasis hierfür stellt in der Regel ein Messobjekt (z. B. Bauteil, Baugruppe) dar. Aus dem Messobjekt werden die zu messenden Merkmale bzw. Merkmalsgruppen abgeleitet, für die aufgrund ihrer Risikobewertung Eignungsnachweise erforderlich sind.

4.2 Besonderheiten von Inline-Messsystemen in Bezug auf die Anforderungen an die Betreuung

Inline-Messsysteme werden in der Regel von Produktion oder produktionsnahen Bereichen innerhalb einer Organisation betrieben. Für eine reibungslose Validierung von Messsystemen und Messprozessen sowie die Betreuung aus messtechnischer Sicht ist Unterstützung durch Personal aus dem Bereich Messtechnik erforderlich. Für einen störungsfreien und messtechnisch korrekten Betrieb der Anlagen ist zusätzlich eine ausreichende messtechnische Qualifikation in den betreibenden Bereichen unerlässlich.

Insbesondere wenn Inline-Messsysteme erstmals innerhalb einer Organisation eingeführt werden, wird empfohlen, die erforderliche

messtechnische Unterstützung durch den Bereich Messtechnik im Vorfeld zu planen und zu definieren. Eine Planung vorab in Kombination mit ausreichender messtechnischer Qualifikation der betreibenden Bereiche kann die Akzeptanz von Inline-Messsystemen und deren Ergebnissen deutlich erhöhen.

Inline-Messsysteme zeichnen sich durch eine tiefe Integration in den Produktionsablauf aus. Diese tiefe Einbindung erfordert hinsichtlich des Betriebes von Anlagen neben ausreichendem messtechnischem Verständnis auch das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Messsystem und Produktionsanlage. Insbesondere diese Wechselwirkungen sind sowohl bei der Planung des Messsystems als auch in Bezug auf die Planung der Qualifikation des betreuenden Personals von entscheidender Bedeutung.

4.3 Besonderheiten von Inline-Messsystemen in Bezug auf die Anforderungen an die Rollen im Rahmen der Planung für den Produktions- und Prüfprozess

Es ist notwendig, dass sowohl die Planung für den Produktions- (auch: die Anlagenplanung) als auch für den Prüfprozess frühzeitig abgestimmt werden, da die Umgebungsbedingungen des Produktionsumfelds einen großen Einfluss auf die Messtechnik haben.

Daher wird empfohlen, bereits bei der Layoutplanung der Fertigungsanlage die besonderen Anforderungen der Inline-Messtechnik an die Mitwelt zu berücksichtigen und so beispielsweise Ausschlussbereiche aufgrund von Umgebungseinflüssen festzulegen.

Ebenso sollten Einflüsse von vor- und nachgelagerten Prozessschritten und benachbarte Produktionsprozesse berücksichtigt werden, um daraus folgende Wechselwirkungen zu

verringern (z. B. Schwingungen durch Fördertechnik oder Temperaturschwankungen aus Schweißoperationen).

Die spezifischen Umgebungseinflüsse des Einsatzortes (z. B. Lichtquellen oder Luftbewegungen) sind bei der Auswahl der Messmethode und der dabei eingesetzten Messtechnik zu berücksichtigen.

5 Besonderheiten der Prüfprozessplanung für die Inline-Messtechnik

Die Prüfprozessplanung gemäß VDA-Band 5 beschreibt den Einsatz von Messtechnik unter idealen Bedingungen (d. h. in Messlaboren bzw. in Messräumen), vgl. Abbildung 4-12 in VDA-Band 5, Kapitel 4.4.1.

Analog dazu sind die Prozessschritte des Prüfprozessmanagements für Inline-Messtechnik in Abbildung 5-1 dargestellt. Bei der Planung von Inline-Messprozessen sind die dargestellten acht Schritte zu berücksichtigen.

Inline-Messtechnik wird in der Regel in das Produktionsumfeld integriert. Dementsprechend sind stärkere Einflüsse aus der Umgebung, z. B. Temperaturschwankungen und Luftströmungen, zu erwarten. Aus diesem Grund müssen diese Umgebungsbedingungen ergänzend zum Vorgehen aus VDA-Band 5 beim Planungsprozess berücksichtigt werden.

Dies erfolgt durch die Identifizierung aller möglichen Einflussfaktoren, ihrer jeweiligen Bewertung und, falls erforderlich, einer anschließenden Maßnahmendefinition.

Vorzugsweise ist eine aufsteigende Vermeidungsstrategie zu wählen:

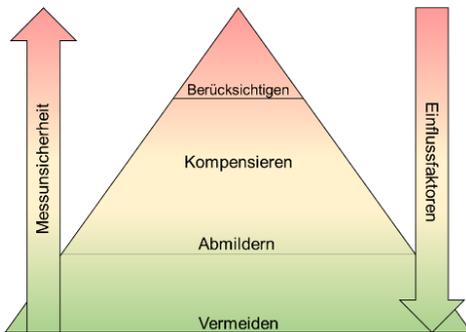


Abbildung 5-1: Vermeidungsstrategie zur Reduzierung von Einflüssen aus der Produktionsumgebung

Im Idealfall lassen sich manche Einflüsse aus der Umgebung gänzlich vermeiden. Ist dies nicht möglich, kann versucht werden, die Auswirkungen abzumildern oder rechnerisch zu kompensieren. Erst wenn diese Maßnahmen nicht zielführend sind, müssen die verbleibenden Einflussfaktoren bei der Messprozesseignung berücksichtigt werden.

Grundsätzlich können mehrere Ebenen zum Einsatz kommen, wenn die Einflüsse so vielfältig sind, dass unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Ziel sollte es sein, bereits in der Planungsphase möglichst allen Einflussfaktoren entgegenzuwirken. Falls diese sich nicht vermeiden oder vernachlässigbar abmildern lassen, vergrößert sich die Messunsicherheit beim Eignungsnachweis.

Für die Ebene „Vermeiden“ dient als Beispiel der Einbau von Vorhängen, um Verschmutzungen durch Schweißspritzer im Messvolumen zu vermeiden.

Als Beispiel für die Ebene „Abmildern“ ist eine Positionierung der Messanlage möglichst weit vom Halleneingang (z. B. Rolltor) genannt, um dadurch den Temperatureinfluss abzumildern.

Für die Ebene „Kompensieren“ können beispielsweise systematische Anteile ermittelter Messunsicherheiten durch rechnerische Kompensation reduziert werden.

In der Ebene „Berücksichtigen“ kann zum Beispiel so vorgegangen werden, dass man bei der Versuchsplanung und -durchführung die Einflüsse miteinbezieht, etwa das Öffnen und Schließen eines Halleneingangs (z. B. Rolltor).

Für den Fall der Nicht-Nutzbarkeit der Messvorrichtung sind vorbereitende Maßnahmen zur Wartung, Pflege, Notfallstrategien, präventive Maßnahmen (z. B. Schulung für Komponententausch, Ersatzteilkhaltung, Fallback-Strategien) in der Planungsphase einzubeziehen. Dazu zählen auch planbare Maßnahmen/Ausfälle, wie z. B. die Bestätigungsprüfung.

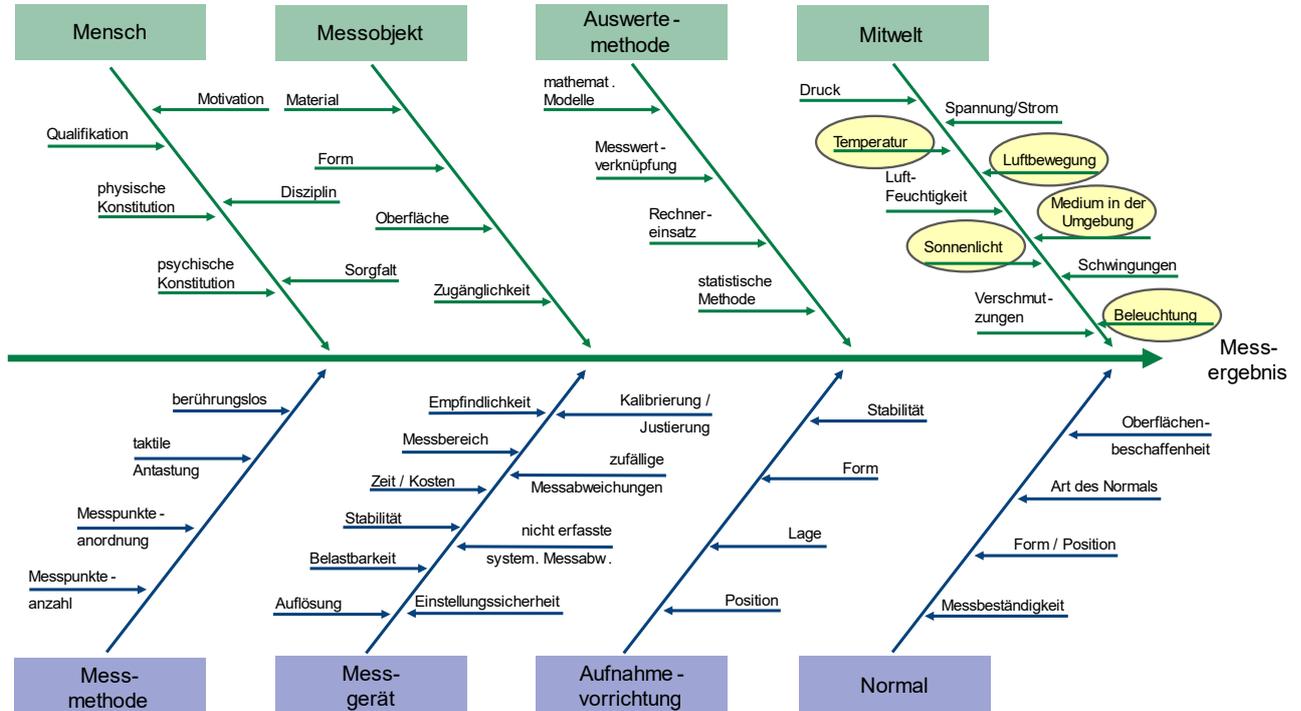


Abbildung 5-2: Ishikawa-Diagramm mit Fokus auf die Umgebungsbedingungen als Besonderheit für die Inline-Messtechnik

Einflüsse aus dem Produktionsablauf

Neben den Einflüssen aus der Produktionsumgebung müssen auch die Einflüsse direkt aus dem Produktionsablauf in der Prüfprozessplanung beachtet werden.

Beispielsweise muss die Messzeit an die vorgegebene Taktzeit angepasst werden. Dabei sind u. a. auch Förderzeiten für die Bereitstellung des Messobjekts miteinzubeziehen. Dadurch kann es dazu kommen, dass in der verbliebenen Nettomesszeit nicht alle gewünschten Messpositionen erfasst werden können. Deshalb kann in der Messprozessplanung eine gesamte Messung in einzelne Teilmessungen „zerlegt“ werden.

Berücksichtigung der Aufspannung und Zuführung

Bei bestimmten Messaufgaben, z. B. geometrische Maßhaltigkeit von Karosserien, kann die Aufnahmevorrichtung einen großen Effekt auf die Eignung des Messprozesses haben. Grundsätzlich besteht ein erhöhtes Risiko, dass die Einflüsse oder Änderungen der Umgebungsbedingungen im Produktionsumfeld kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Aufnahmevorrichtung haben, die sich in einer erhöhten Messunsicherheit zeigen können.

Schon in der Planungsphase sind darum potenzielle Risiken bei der Aufnahmevorrichtung und Zuführung zu ermitteln, wann immer möglich konstruktiv abzustellen und gegebenenfalls hinsichtlich ihres kurzfristigen oder langfristigen Einflusses zu untersuchen.

Beispiel für die Risiko- und Maßnahmenbetrachtung im Bereich der Aufnahmevorrichtung:

- Konstruktiv muss der Durchmesser von Aufnahmestiften ein Untermaß zum Durchmesser des Aufnahmelochs haben, um ein Verkleben bei Einlegen und Ausheben des Prüfteils zu vermeiden.

- Zugleich ist das Aufnahmeloch das vereinbarte Ausrichtungsmerkmal für eine RPS-Ausrichtung.
 - Risiko: Die tatsächliche Lage des Bauteils auf der Aufnahme ist undefiniert (Stift „schwimmt“ um Untermaß im Aufnahmeloch).
 - Maßnahme: Durch Voreinweiser wird das Bauteil stets mit derselben Stiftseite auf Anschlag gebracht.
 - Folge-Risiko 1: Erhöhte Abnutzung des Aufnahmestiftes
 - Prüfung Abnutzung des Aufnahmestiftes in jährlichem Zyklus und Tauschen, ggfs. präventiver Austausch
 - Folge-Risiko 2: Erhöhter Spanabrieb, der auf der Z-Auflage liegenbleibt
 - konstruktive Berücksichtigung durch Kerbe oder Loch in Z-Ablage und tägliche Prüfung/Reinigung der Z-Auflagen
 - Folge-Risiko 3: Voreinweiser wird mit der Zeit abgenutzt
 - Jährliche Prüfung auf Abnutzung

Das Beispiel zeigt auch, dass die Zuführung des Bauteils einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Eignung eines Messprozesses haben kann. Dies gilt besonders, wenn die Ausrichtung des Bauteils physikalisch über die Aufnahme erfolgt und eine Verformung und/oder ein Spiel in der Ablage messtechnisch nicht kompensiert wird.

Sporadische, kurzfristige Effekte (z. B. instabile Bauteilablage) erhöhen häufig die Messunsicherheit bei Wiederholmessungen und können durch geeignete Testszenarien des gesamten Messprozesses (inkl. „Vor-Rück-Shuttlen“ des Bauteils) identifiziert werden.

Langfristige Effekte wie Abnutzung oder Setzverhalten der Aufnahmevorrichtung, die dann auch tatsächliche Auswirkungen auf den Bias haben, können zum Beispiel durch zyklisches Einmessen der Aufnahmevorrichtung identifiziert werden.

Stehen kalibrierte formstabile Referenzteile zur Verfügung, so empfiehlt sich bei erhöhtem Risiko die zyklische Überprüfung gemäß VDA-Band 5, Kapitel 10.1 durch die fortlaufende Überwachungsprüfung mit Stabilitätsteilen.

Bei rechnerischer Ausrichtung des Bauteils – d. h., definierte Ausrichtungspunkte werden direkt gemessen – ist der Einfluss durch Spiel bei der Ablage des Bauteils vernachlässigbar. Ist die rechnerische Ausrichtung wesentlicher Bestandteil der Messaufgabe, so ist diese gemäß VDA-Band 5 gegebenenfalls hinsichtlich Eignung Messsystem und Messprozess zu untersuchen.

Ein weiterer Effekt, der in der Risikobewertung untersucht werden sollte, ist das Risiko der Verwindung des Bauteils, speziell bei nicht formstabilen Bauteilen. Verwindungen sind in der Regel nicht oder nur sehr komplex kompensierbar (abhängig von Verhältnis Effekt zu Toleranz) und müssen schon konzeptionell oder konstruktiv für die Aufnahmevorrichtung vermieden werden.

Flexible Aufnahmevorrichtung (typischerweise verfahrbare Ein- bis Drei-Achssysteme) sollten hinsichtlich ihrer kurz- und langfristigen Wiederholbarkeit geprüft werden. Für den Eignungsnachweis Messprozess sind flexible Aufnahmevorrichtungen zwischen den Messzyklen dynamisch anzuwenden, um den tatsächlichen Einsatz abzubilden.

Überwachungen

Es ist sinnvoll, bereits in der Planungsphase Überwachungen für außergewöhnliche Ereignisse zu berücksichtigen, z. B. Crash-Warnungen oder Funktionsüberwachung von Komponenten, die das Messsystem in seiner Eignung beeinflussen (z. B. Kabelbruch, Kamerafunktion).

6 Annahme- und Bestätigungsprüfung

Dieses Kapitel ordnet die Annahme- und Bestätigungsprüfung in das im VDA-Band 5 „Mess- und Prüfprozesse“ erläuterte Konzept der Eignungsnachweise ein und gibt Hinweise, wie diese sinnvoll in dem Eignungsnachweisprozess für rückführbare Inline-Messtechnik verwendet werden können.

Die Annahme- bzw. Bestätigungsprüfung ist der Nachweis, dass die Herstellerspezifikationen für dieses Koordinatenmesssystem eingehalten werden, und wird mit kalibrierten Gebrauchsnormalen (siehe VIM [1]) durchgeführt. Diese Prüfung wird auch als Kalibrierung der messtechnischen Eigenschaften nach DIN EN ISO 10360 bezeichnet.

Durch die Kalibrierung¹ wird der Anschluss an die SI-Einheiten (Rückführung) gewährleistet. Nur „letztgültige“ Messungen, die im Rahmen der Annahmeprüfung durchgeführt werden, können für Teile des Eignungsnachweises herangezogen werden.

Die Bestätigungsprüfung dient zur zyklischen Bestätigung, dass das Messsystem die Spezifikation hinsichtlich MPE (Maximum Permissible Error, siehe VDA-Band 5, Kapitel 6.3.1) erfüllt. Die Durchführung und Auswertung entspricht in der Regel der Annahmeprüfung. Die Bestätigungsprüfung ist nicht gleichbedeutend mit dem Nachweis der fortlaufenden Eignung (siehe Kapitel 9).

Die Annahmeprüfung beinhaltet standardisierte Tests an rückgeführten Normalen, die die Leistungsfähigkeit des Messsystems nachweisen. Bei der Annahmeprüfung wird die Einhaltung eines oder mehrerer MPE des Messsystems überprüft.

¹ Der Systemauditstandard IATF 16949, Kapitel 7.1.5.3.2 (Sanctioned Interpretations) ist entsprechend einzuhalten, wenn die Organisation nach IATF 16949 zertifiziert ist.

Im Allgemeinen wird die Annahmeprüfung gemäß den jeweilig gültigen ISO-Normen und VDI/VDE-Richtlinien durchgeführt. Die MPE werden vom Lieferanten des Messsystems spezifiziert und zwischen Lieferant und Kunde vereinbart. Durch die Annahmeprüfung werden keine neuen, systemspezifischen MPE bestimmt.

Die Annahmeprüfung ist nicht gleichbedeutend mit dem Verfahren zur Bestimmung der Messsystemeignung. Dennoch kann der MPE entsprechend VDA-Band 5, Kapitel 7.1.1 zur Bestimmung der Messsystemeignung Q_{MS} herangezogen werden (Methode B). Das Kapitel 6.3.1 des VDA-Bands 5 ist entsprechend anzuwenden.

VDA 5 verweist darauf, dass die MPE von komplexeren Messsystemen nicht 1:1 auf die Bestimmung der Unsicherheit der Prüfmerkmale übertragbar sein können. Es kann erforderlich sein, MPE-Werte zu kombinieren, um das zu prüfende Merkmal abzubilden. Beispielsweise können durch sinnvolle Kombination etwa von Längenmessabweichung und Antast-Abweichung (Form) die Fehlergrenzen zur Bestimmung der Rechtwinkligkeit abgeschätzt werden (siehe hierzu VDI/VDE 2617 Blatt 11).

Stellenwert und Anwendung der Annahmeprüfung bzw. Bestätigungsprüfung

- Der Kalibrierschein aus den Annahme- und Bestätigungsprüfungen dokumentiert auditsicher die Rückführung des Messsystems.
- Die Annahmeprüfung ist typischerweise Bestandteil des vereinbarten Abnahmeprozesses.
- Um sicherzustellen, dass Messsystem-Komponenten vor Verbau in der Anlage die gerätespezifischen Kennwerte einhalten, kann es sinnvoll sein, die Annahmeprüfung außerhalb der Anlage durchzuführen (Hinweis 2).

Hinweis 1: Im Fall von geometrischen Messsystemen werden die in der Normenreihe DIN EN ISO 10360 und den ergänzenden VDI/VDE-Richtlinien beschriebenen Annahmeprüfungen herangezogen. Gibt es für das Messsystem keine entsprechende Norm, so ist eine Annahmeprüfung nach individueller Absprache, möglichst in Anlehnung an ein passendes Blatt der DIN EN ISO 10360, zwischen Kunde und Systemlieferant zu vereinbaren.

Hinweis 2: Damit kann z.B. ausgeschlossen werden, dass bei nicht erreichtem Nachweis der Messsystem-/Messprozess-eignung die Messsystem-Komponente selbst dafür ursächlich ist. Dies setzt voraus, dass die Messsystem-Komponente für die eigentliche Messaufgabe geeignet ist (Nachweis z. B. durch eine Vorab-Validierung der Messsystem-Komponente für die Messaufgabe).

7 Messsystemeignung

Für alle Messsysteme ist zunächst eine Risikobewertung gemäß VDA-Band 5, Kapitel 4.3 zu empfehlen. Der Umfang der Maßnahmen zur Messsystemeignung ist für alle relevanten Merkmale auf das Ergebnis der Risikobewertung abzustimmen.

Der Nachweis der Messsystemeignung ist gemäß VDA 5, Kapitel 4.4 in der Prüfprozessplanung zu berücksichtigen.

Als Grenzwert wird ein Q_{MS} von 15 % vorgeschlagen (siehe VDA-Band 5, Kapitel 7.2). Für Merkmale, die trotz erfolgter Optimierung diesen Grenzwert überschreiten, kann eine risikobasierte Beurteilung durchgeführt und ggf. der Grenzwert erhöht werden (siehe Kapitel 8, Abbildung 8-3).

Diese Merkmale sind in der Dokumentation der Messsystemeignung inklusive der Risikobewertung und erweiterter Grenzwerte und deren Freigabe zu erfassen.

Die Durchführung des „Versuchs Messsystem“ nach VDA-Band 5, Kapitel 6.3.8 erfordert kalibrierte Referenzteile oder Normale². Wenn dies in der Praxis in Inline-Messanlagen technisch nicht möglich oder im risikogerechten Ansatz nicht angemessen ist, können bestimmte Ersatzverfahren angewendet werden. Die Optionen der Messsystemeignung werden in nachfolgender Tabelle beschrieben.

² Referenzteile bzw. Normale können sich über die Zeit verändern. Besteht der Verdacht eines nennenswerten Einflusses auf die Messunsicherheit, kann dies in der Kalibrierunsicherheit des Normals berücksichtigt werden. Hierzu erfolgt eine Vergrößerung der Kalibrierunsicherheit um die Veränderung der Kalibrierwerte des Normals.

Tabelle 7-1: Optionen zur Messsystemeignung

	Option 1: Referenz über kalibriertes Referenzteil oder Normal		Option 2: Referenz über mehrere Normale	Option 3: Referenz über unabhängiges Messsystem	
	Option 1a: Konstante Referenz	Option 1b: Nicht-konstante Referenz		Option 3a: Konstante Referenz	Option 3b: Nicht-konstante Referenz
Bedingung 1: Ist der Referenzwert über die Dauer der Versuche konstant?	Über die Dauer der Versuche konstanter Referenzwert und Abweichungen zwischen Kalibrier- und Messbedingungen werden kompensiert.	Über die Dauer der Versuche gibt es keine konstanten Referenzwerte.	Über die Dauer der Versuche konstanter Referenzwert	Über die Dauer der Versuche konstanter Referenzwert und Abweichungen zwischen Kalibrier- und Messbedingungen werden kompensiert.	Über die Dauer der Versuche gibt es keine konstanten Referenzwerte.
Bedingung 2: Wie wird der Referenzwert dargestellt?	Mittels kalibriertem Referenzteil	Mittels kalibriertem Referenzteil	Mittels mehrerer Normale	Mittels zweitem unabhängigen Messsystem an einem Referenzteil	Mittels zweitem unabhängigen Messsystem an einem Referenzteil
Bedingung 3: Haben Umgebungsbedingungen einen Einfluss bzw. sind diese kompensierbar?	Umgebungsbedingungen haben keinen Einfluss auf den Messwert des Referenzteils.	Der Messwert der Referenzteile kann um die Einflüsse der Umgebungsbedingungen kompensiert werden.	Die Umgebungsbedingungen haben keinen Einfluss bzw. können kompensiert werden. <i>Kommentar: Wenn es einen Einfluss gibt, er aber nicht kompensierbar ist, ist die Option nicht anwendbar.</i>	Es erfolgt eine Referenzmessung.	Zu jeder Messung im Versuch MS ist eine eigene Referenzmessung erforderlich.
Bezug zu VDA 5	Im Sinne von VDA 5: Referenzteil oder Normal → Standardfall VDA 5	Für jede Messung angepasste Kompensation der Veränderung → Vorgehensweise immer noch gemäß VDA 5	Ergänzungsverfahren zu VDA 5		
Beispiel	Es werden formstabile Bauteile produziert, die in einer Inline-Messanlage gemessen werden sollen. Eines dieser Bauteile wird kalibriert und unter vergleichbaren Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur) für den Eignungsnachweis verwendet.	Es werden formstabile Bauteile produziert, die in einer Inline-Messanlage gemessen werden sollen. Eines dieser Bauteile wird kalibriert. Da sich während der Versuchsdurchführung die für den Referenzwert relevanten Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur) ändern, sich damit auch das kalibrierte Bauteil während der Messung verändert, muss der Messwert entsprechend der Veränderung des Referenzwertes kompensiert werden.	Es werden nichtformstabile Bauteile produziert, die in einer Inline-Messanlage gemessen werden sollen. Keines dieser Bauteile kann für den Eignungsnachweis herangezogen werden. Nach Untersuchung der Einflussfaktoren wird die Messaufgabe in zwei Teilaufgaben zerlegt, die jeweils mit einem geeigneten Normal separat untersucht werden, z. B. Kugeltast und Featureplatte.	Es werden nichtformstabile Bauteile produziert, die in einer Inline-Messanlage gemessen werden sollen. Eines dieser Bauteile wird für den Eignungsnachweis herangezogen. Da eine Kalibrierung des Bauteiles nicht möglich ist (nicht-formstabil), erfolgt eine zweite unabhängige Messung des Bauteils in der Inline-Anlage unter Verwendung eines zweiten Messsystems, dessen Messunsicherheit bekannt ist.	Es werden nichtformstabile Bauteile produziert, die in einer Inline-Messanlage gemessen werden sollen. Eines dieser Bauteile wird für den Eignungsnachweis herangezogen. Da eine Kalibrierung des Bauteiles nicht möglich ist (nicht-formstabil), erfolgt zu jeder Messung im Versuch MS eine eigene unabhängige Messung des Bauteils in der Inline-Anlage unter Verwendung eines zweiten Messsystems, dessen Messunsicherheit bekannt ist.

Option 1 (siehe Tab. 7-1) beschreibt den Standardfall nach VDA 5: Bei der Anwendung auf Inline-Messsysteme sind die verschiedenen Optionen beginnend vom Standardfall auf Durchführbarkeit zu überprüfen. Da Risiko und Aufwand in den Optionen 2 und 3 steigen, ist die Option 1 – wenn durchführbar – zu bevorzugen. Grundsätzlich kommt es unabhängig von der angewendeten Option auf die Erfüllung der vereinbarten Eignungsgrenzwerte Q_{MS} und Q_{MP} an.

Der Versuch MS wird in der Produktionsumgebung durchgeführt. Aus diesem Grund können Einflüsse der Umgebungsbedingungen auf den Versuch MS nicht komplett ausgeschlossen werden. Je nach Option, die verwendet wird, um den Versuch MS durchzuführen, können diese Einflüsse sich unterschiedlich stark auswirken. Das Auftreten dieser Umgebungseinflüsse kann zu einer Erhöhung der kombinierten Messunsicherheit des Messsystems u_{MS} und damit zu einer Verschlechterung des Eignungskennwertes Q_{MS} führen.

Um diesen Effekt zu minimieren, sind die Auswirkungen der Umgebungseinflüsse zu analysieren und bei der Auswahl der verwendeten Option zu berücksichtigen. Trotzdem kann es zu einer Überschreitung des $Q_{MS,max}$ kommen, die auf die Umgebungseinflüsse zurückzuführen ist. Ist bei einer Prüfung des Grenzwertes für die Messprozesseignung der Grenzwert $Q_{MP,max}$ unterschritten, kann das Messsystem dennoch freigegeben werden. Die tatsächlich erreichten Werte für Q_{MS} und Q_{MP} sind dann entsprechend, wenn möglich mit den für die Überschreitung ursächlichen Umgebungsbedingungen, zu dokumentieren.

7.1 Option 1: Referenz über kalibriertes Referenzteil oder Normal

7.1.1 Option 1a: Konstante Referenz

Die Messsystemeignung erfolgt über den Einsatz von Normalen oder Referenzteilen. Diese müssen wiederholbare Messergebnisse ermöglichen. Zu Referenzarten siehe VDA-Band 5, Kapitel 5.1.1.1.

7.1.2 Option 1b: Nicht-konstante Referenz

Für die Messsystemeignung liegen keine über die Dauer des Versuchs stabilen Referenzteile vor. Nicht stabile Referenzteile mit bekannter Veränderung des wahren Wertes dürfen für die Versuchsdurchführung verwendet werden, wenn die bekannte Veränderung des wahren Wertes kompensiert wird.

Zum Beispiel können Temperaturänderungen während der Versuchsdurchführung zu maßlichen Änderungen des Referenzteils führen. Dieser Wert kann ggf. rechnerisch kompensiert werden. Falls eine rechnerische Kompensation nicht möglich ist, kann der Einfluss als Unsicherheitskomponenten im Messunsicherheitsbudget berücksichtigt werden.

7.2 Option 2: Referenz über mehrere Normale

Wenn keine Referenz gemäß Option 1a oder 1b zur Verfügung steht, kann nach eingehender Prüfung und Bewertung ein alternatives Verfahren angewendet werden.

Die allgemeine Strategie des alternativen Verfahrens besteht darin, die Messung des zu prüfenden Merkmals in mehrere Teilmessungen, die jeweils den Anforderungen aus Kapitel 7.1.1 bzw. 7.1.2 entsprechen, aufzuteilen und jeweils einzeln die

Unsicherheit jeder Teilmessung abzuschätzen. Die Kombination der Teilmessungen muss dabei in hinreichend guter Näherung dem zu prüfenden Merkmal entsprechen. Entsprechend der Kombination der Teilmessungen kann auch die Unsicherheit des zu prüfenden Merkmals abgeschätzt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass das alternative Verfahren die relevanten Unsicherheitseinflüsse des Messsystems für das zu prüfende Merkmal abdeckt und Unsicherheitseinflüsse nach Möglichkeit nicht mehrfach berücksichtigt werden. Ein Beispiel für ein alternatives Verfahren wird nachfolgend exemplarisch, anhand einer Inline-Geometrie-Prüfung im Karosseriebau, beschrieben.

Das zu messende Merkmal ist in diesem Beispiel der Abstand zwischen einem Rechteck-Merkmal und einem Polygon-Merkmal (siehe Abbildung 7-1). Da keine Referenz mit den zu prüfenden Merkmalen vorhanden ist, muss analysiert werden, ob ein alternatives Verfahren möglich ist.

Die Analyse ergibt, dass die Messung des zu prüfenden Merkmals „Abstand Rechteck zu Polygon“ durch folgende drei Teilmessungen abstrahiert werden kann:

- a) Der volumetrischen Längenmessung eines Kugelstabs mit einer kalibrierten Länge ähnlich zum Nennabstand des zu prüfenden Merkmals
- b) Der Bestimmung der Antast-Unsicherheit an einem Merkmalsnormal, welches das Merkmal Rechteck der Messaufgabe in ausreichender Qualität abbildet
- c) Der Bestimmung der Antast-Unsicherheit an einem Merkmalsnormal, welches das Merkmal Polygon der Messaufgabe in ausreichender Qualität abbildet

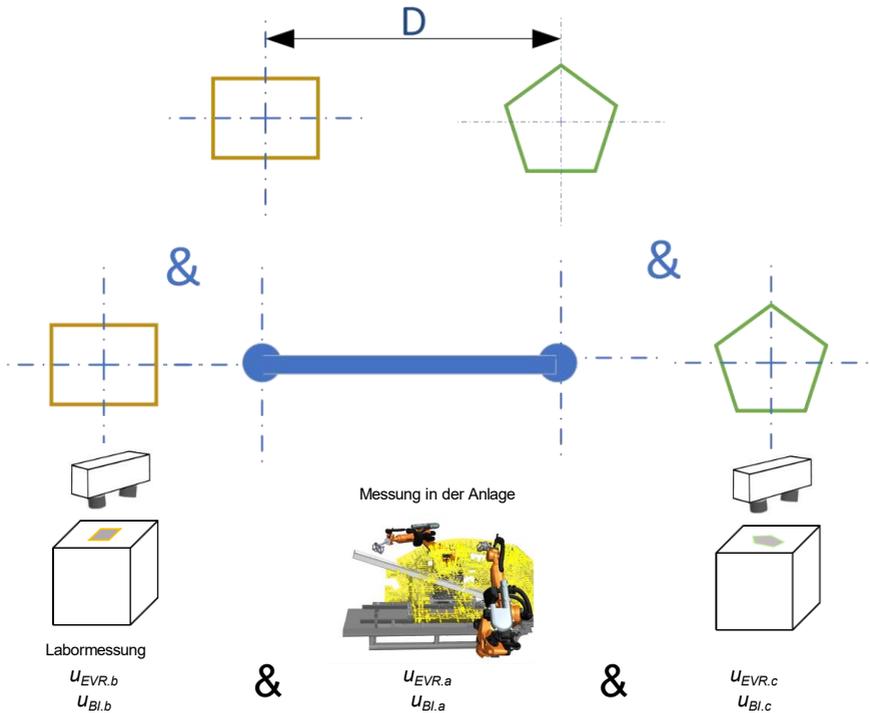


Abbildung 7-1: Beispiel für zweistufiges Verfahren

Die drei Teilmessungen werden unabhängig voneinander durchgeführt und die jeweiligen Unsicherheiten (Unsicherheit der volumetrischen Längenmessung sowie Unsicherheiten der Antastungen) ermittelt. Für jede Teilmessung ist eine kalibrierte Referenz Voraussetzung.

Bei dieser Vorgehensweise mit drei getrennten Versuchen besteht das Risiko, Einflüsse mehrfach zu betrachten (z. B. Antastunsicherheit hat Auswirkung auf die Längenmessunsicherheit) und damit die kombinierte Unsicherheit zu überschätzen.

Um diesen Effekt zu minimieren, ist es wichtig, dass sowohl der Längenmessanteil in dem Versuch zur Bestimmung der Antastunsicherheit maximal reduziert wird (z. B. durch kalibrierte Referenzpunkte in der unmittelbaren Umgebung des betrachteten Merkmals) als auch der Anteil der Antastunsicherheit bei der Ermittlung der Längenmessunsicherheit (z. B. durch Auswahl geeigneter Merkmale mit minimaler Antastunsicherheit).

Im Folgenden setzt sich die kombinierte Unsicherheit des Messsystems u_{MS} zusammen aus den Beiträgen für die Längenmessung (a), für die Antastung des Rechtecks (b) und für die Antastung des Polygons (c) (siehe Abbildung 7-1).

$$u_{MS} = \sqrt{u_{CAL}^2 + \max(u_{EVR}^2, u_{RE}^2) + u_{BI}^2 + u_{LIN}^2 + u_{MS.REST}^2} \quad (1)$$

Diese Unsicherheitsbeiträge der Wiederholbarkeit an den drei Normalen (a, b und c) werden zu einer Unsicherheitskomponente kombiniert.

$$u_{EVR} = \sqrt{u_{EVR.a}^2 + u_{EVR.b}^2 + u_{EVR.c}^2} \quad (2)$$

Mit den Unsicherheitsbeiträgen infolge des Bias wird analog verfahren.

$$u_{BI} = \sqrt{u_{BI.a}^2 + u_{BI.b}^2 + u_{BI.c}^2} \quad (3)$$

Die obenstehende Formel zeigt den allgemeinen Ansatz zur Bestimmung der Unsicherheitskomponente, die aus dem Bias resultiert.

Können aufgrund von Vorwissen oder Untersuchungen einzelne Komponenten vernachlässigt werden, so ist dies zulässig.

In dem hier gezeigten Beispiel der Längenmessung kann für das verwendete Messsystem ein Bias-Einfluss zur Bestimmung auf die Normale b und c vernachlässigt werden. Daraus folgt, dass die Unsicherheitskomponente u_{BI} ausschließlich aus dem Anteil der Komponente a (Kugelstab) abgeleitet wird.

$$u_{BI} = u_{BI.a} = u_{BI.Länge} \quad (4)$$

Ein Überblick der Unsicherheitskomponenten und deren Zuordnung ist im VDA-Band 5, Tabelle 6-1 enthalten.

Bei der Bestimmung der einzelnen Anteile infolge systematischer Abweichungen sollen keine Mehrfachbetrachtungen erfolgen. Dieser Einfluss kann durch auf das Messsystem abgestimmte Normale (z. B. Sensor-Sichtvolumen) und geeignete Versuchsanordnungen minimiert werden.

In der Kombination der Messungen kann es zu unvermeidlichen Mehrfachbetrachtungen identischer Messunsicherheitskomponenten kommen. Die Messunsicherheit des Messsystems kann deshalb überschätzt werden.

Hinweis 1: Ein Beispiel für diese mehrfache Berücksichtigung von Messunsicherheitskomponenten können die Antast-Abweichung bei der Messung der Kugeln am Kugelstab und die Einzelmessungen an den Merkmalen sein.

Hinweis 2: Innerhalb eines alternativen Verfahrens ist es zulässig, bereits durchgeführte Messungen des Messsystems zu verwenden. Dies umfasst auch Messungen im Rahmen der Annahmeprüfung/

Kalibrierung des Messsystems. Wichtig ist, dass diese Messungen die Abschätzung eines oder mehrerer relevanter Unsicherheitsanteile des zu prüfenden Merkmals ermöglichen.

7.3 Option 3: Referenz über unabhängiges Messsystem

Steht ein geeignetes Referenzmesssystem mit hinreichender und bekannter Genauigkeit zur Verfügung, so kann die Prüfung der Messsystemeignung darüber erfolgen. Dabei werden zwei Fälle nach dem Gültigkeitszeitraum der Messwerte unterschieden, die in den folgenden beiden Unterkapiteln beschrieben sind.

Für die im Regelfall aus dem Normal übernommene Kalibrierunsicherheit u_{CAL} wird hier das $u_{MP.REF}$ aus dem Referenzmesssystem verwendet.

$$u_{CAL} = u_{MP.REF} \quad (5)$$

Beim Referenzmesssystem soll die Unsicherheit des Messprozesses herangezogen werden, weil die Umgebungsbedingungen bzw. Besonderheiten des Messobjektes hinreichend berücksichtigt werden müssen.

Alternativ kann auch der MPE des Referenzmesssystems als Kalibrierunsicherheit herangezogen werden.

$$u_{CAL} = \frac{MPE_{REF}}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

Voraussetzung hierfür ist, dass der MPE aussagekräftig, im Sinne des Versuchs Messsystem, für die zu prüfende Messaufgabe ist. Des Weiteren muss der MPE für die während des Versuchs herrschenden Umgebungsbedingungen gültig sein.

7.3.1 Option 3a: Konstante Referenz

Besteht die Möglichkeit, einen konstanten Referenzwert $x_{REF.m}$ während der gesamten Versuche zur Ermittlung von Messsystem- und Messprozesseignung zugrunde zu legen, dann ist eine einfache Durchführung gegeben. Wiederholmessungen des zu prüfenden Messsystems werden immer zu dem gleichen Wert (7) des Referenzmesssystems oder zu dem Mittelwert einer Folge von gültigen Werten (8) in Beziehung gesetzt.

Derjenige Anteil des Messunsicherheitsbudgets, der die systematische Abweichung repräsentiert, berechnet sich wie folgt:

$$u_{BI} = \frac{|\bar{x}_g - x_{REF.m}|}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$u_{BI} = \frac{|\bar{x}_g - \bar{x}_{REF.m}|}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

\bar{x}_g ist der Mittelwert der gemessenen Werte des zu prüfenden Messsystems.

$\bar{x}_{REF.m}$ ist der Mittelwert der Messwerte des Referenzmesssystems.

7.3.2 Option 3b: Nicht-konstante Referenz

Die durch das Referenzmesssystem erzeugte Referenz wird verwendet als Referenzwert $x_{REF.m}$ (VDA 5, Kapitel 6.3.5) für die Durchführung des Versuchs Messsystem. Wenn nicht sichergestellt werden kann, dass der Referenzwert während der gesamten Versuchsdurchführung Gültigkeit besitzt, muss zu jedem Messwert ein Referenzwert ermittelt werden.

Die aus der systematischen Abweichung resultierende Messunsicherheit berechnet sich aus der mittleren Differenz der Messwerte zu den jeweils zugehörigen Referenzmesswerten:

$$u_{BI} = \frac{|\bar{x}_\Delta|}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

mit

$$x_{\Delta.i} = x_{g.i} - x_{REF.m.i} \quad (10)$$

7.4 Eignungsnachweis – Anwendbarkeit auf nicht geometrische Merkmale

Um den Eignungsnachweis bei nicht geometrischen Merkmalen zu erbringen, können die in den vorherigen Kapiteln aufgezeigten Verfahren übertragen werden. Dabei ist zu prüfen, ob geeignete Normale, Referenzteile oder Referenzmesssysteme zur Verfügung stehen und ob die Voraussetzungen für die Messungen gegeben sind (z. B. wiederholbare Messung).

Hierzu können z. B. Dichtheitsmessungen, elektrische Messgrößen, Unwucht und bedingt auch Kraftmessungen bei Fügeprozessen (siehe VDA 5 Praxishandbuch) zählen, die in der Regel zu 100 % an jedem Bauteil durchgeführt werden.

Nicht geometrische Merkmale sind oft einseitig begrenzt und die Messunsicherheit ist nur im Bereich der Spezifikationsgrenzen relevant, z. B. bei:

- Dichtheitsmessungen → max. Leckage,
- Messung elektrischer Größen → max. Widerstand/Strom/ Spannung,
- Wuchten → max. Unwucht,
- Fügeprozesse → max. Kraft.

Die Berechnung der Eignungskennwerte bei einseitigen Spezifikationsgrenzen ist im VDA-Band 5, Kapitel 7.1.3 beschrieben.

7.5 Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen des Messsystems

Die Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen ist auch für die Inline-Messtechnik geeignet, hierfür gelten die in VDA-Band 5, Kapitel 4.7.4 genannten Grundüberlegungen.

Findet der Versuch Messsystem in der Produktionslinie statt, so sind die Umgebungsbedingungen in Bezug auf den Geltungsbereich des Eignungsnachweises (VDA-Band 5, Kapitel 4.7.1) zu berücksichtigen.

8 Messprozesseignung

Die Messprozesseignung ist für alle relevanten Merkmale nachzuweisen.

Als Grenzwert wird ein $Q_{MP,max}$ von 30 % vorgeschlagen (siehe VDA-Band 5, Kapitel 7.2). Für Merkmale, die diesen Grenzwert überschreiten, kann eine risikobasierte Beurteilung durchgeführt werden. Diese Merkmale sind in der Dokumentation der Messprozesseignung inklusive der Risikobewertung und erweiterter Grenzwerte und deren Freigabe zu erfassen.

Hinweis: Während der Eignungsuntersuchungen für neue Anlagen können Vergleichsmessungen mit einem alternativen, geeigneten Messprozess eventuelle Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen. Diese Vergleichsmessungen sind weder ein Ersatz für einen Eignungsnachweis noch eine Bewertung des zu überprüfenden Messprozesses.

8.1 Berücksichtigung der Aufspannung und Zuführung

Bei bestimmten Messaufgaben, z. B. geometrische Maßhaltigkeit von Karosserien, wird eine ungeeignete Aufnahmevorrichtung zu einer erhöhten Messunsicherheit führen (vgl. Kapitel 5). Bei der Durchführung des Versuchs Messprozess mit Serienbauteilen ist die Aufnahmevorrichtung entsprechend mit einzubeziehen.

In der praktischen Durchführung ist darum ein Rückfördern in die vorherige Station zwischen jedem Messzyklus vorzusehen. Ist das technisch oder konzeptionell nicht möglich, ist das Bauteil zwischen zwei Messzyklen aus der Aufnahme auszuheben und erneut abzusetzen.

Werden verstellbare Aufnahmen in der Messanlage eingesetzt, ist die Aufnahmevorrichtung zwischen zwei Messzyklen zu verstellen, um Einflüsse auf den Messprozess zu erfassen.

8.2 Temperatureinfluss

In vielen Messprozessen stellt die Temperatur auf verschiedene Arten einen wesentlichen Einflussfaktor dar. Hierbei kann sich der Einfluss sowohl auf das Messobjekt, auf das Messsystem, aber auch auf das Medium in der Umgebung der Messung auswirken. Aus diesem Grund ist in der Regel eine Standardreferenztemperatur für Messprozesse definiert (z. B. 20°C für die Messung von Metallbauteilen gemäß DIN EN ISO 1:2022-10).

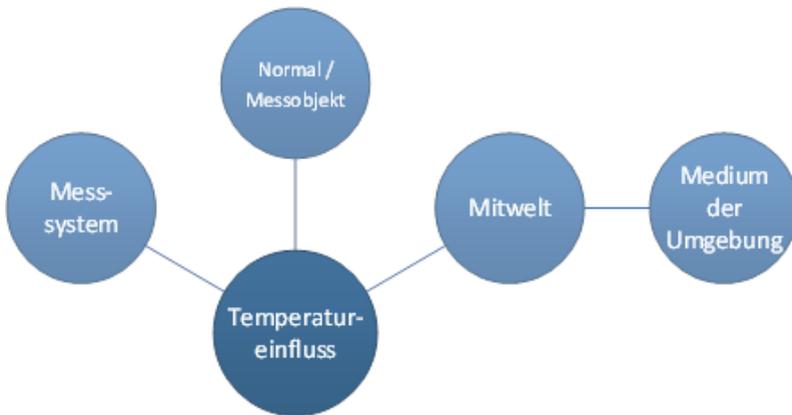


Abbildung 8-1: Einfluss der Temperatur im Messprozess

Die Einhaltung dieser Anforderungen ist bei Inline-Messprozessen aufgrund der komplexen Umgebungsbedingungen am Messort nicht immer möglich. Daher kommt der Betrachtung der Temperatur ein besonderer Stellenwert zu.

Die Temperatur ist ein Einflussfaktor, der bei Eignungsnachweisen des Messprozesses betrachtet wird (siehe VDA-Band 5, Kapitel 6.4.7). Für die grundlegenden Überlegungen zu diesem Thema wird sowohl auf das genannte Kapitel im VDA-Band 5 verwiesen als auch für Messprozesse mit optischen Messsystemen auf VDA-Band 5.3³, Kapitel 5.1.2 „Messprozess“.

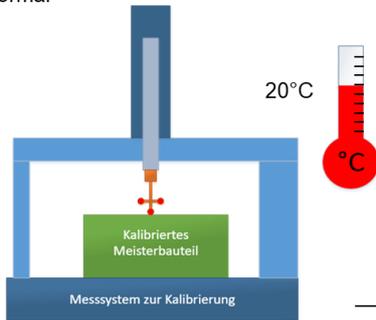
8.2.1 Einflüsse der Temperatur auf das Messsystem

Im Gegensatz zu den Betrachtungen im VDA-Band 5 stellen die besonderen Umgebungsbedingungen bei Inline-Messprozessen jedoch noch eine zusätzliche Herausforderung dar. Da die Untersuchungen zur Messsystemeignung in der Regel unter den klimatischen Bedingungen des Messortes (Aufbauort des Messsystems in der Fertigungsumgebung) stattfinden, treten Temperatureinflüsse bereits bei diesen Versuchen auf.

Besteht keine Möglichkeit, diese Temperatureinflüsse zu kompensieren, wird sich dies i. d. R. in einer Vergrößerung der Unsicherheitskomponenten u_{EVR} und u_{BI} zeigen (siehe Abbildung 8-2). Dies geschieht aufgrund von Temperaturschwankungen (u_{EVR}) bzw. aufgrund der Abweichung der mittleren Temperatur der Messung von der Standardreferenztemperatur (u_{BI}). Der Betrag dieses Einflusses ist nicht quantifizierbar. Als Folge dessen verschlechtert sich der Eignungskennwert Q_{MS} .

³ Der VDA-Band 5.3 wird zum Zeitpunkt der Gelbband-Phase dieses Bandes noch bearbeitet.

Kalibrierung
Normal



Kalibrierung
Normal

Kalibriertes
Meisterbauteil
im
Kalibrierlabor

Umgebungs-
bedingung

Labor-
bedingung

→ Kein
Temperatur-
einfluss auf
Kalibrierung

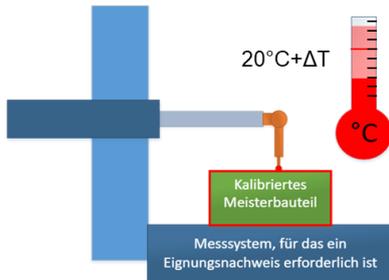
Ergebnis

Messwert
(Kalibrierwert)
+ Unsicherheit
der
Kalibrierung

Unsicherheitskomponente
im Eignungsnachweis

Kalibrier-
unsicherheit des
kalibrierten
Meisterbauteils
(Normals) u_{CAL}

Versuch
Messsystem



Wiederhol-
messungen am
Meisterbauteil
mit dem
Messsystem,
für das ein
Eignungsnach-
weis erfol-
gen soll

Umgebungs-
bedingung

Umgebung am
Aufstellort
des
Messsystems
→
Temperatur-
einfluss auf
Versuch-
Messsystem

Ergebnis

Streuung der
Messwerte

Mittelwert-
verschiebung
der Messwerte
zum
Kalibrierwert

Unsicherheitskomponente
im Eignungsnachweis

Wiederholung am
Normal u_{EVR}

Bias
 u_{BI}

Abbildung 8-2: Temperatureinfluss auf die Ermittlung von Unsicherheitskomponenten

Im Idealfall werden die Einflüsse der Temperatur bzw. der Temperaturänderungen auf das Messsystem kompensiert.

In vielen Fällen wird dies allerdings aufgrund der Komplexität des Messobjektes bzw. des Einflusses der Temperatur auf Messsystem und Umgebung nicht möglich sein. In diesen Fällen wird empfohlen, die Auswirkungen des Temperatureinflusses zu minimieren. Dies kann z. B. durch eine geeignete Wahl des Zeitfensters für die Durchführung des Versuchs Messsystem geschehen. Eine Beeinflussung anderer, während der Versuche gezielt zu analysierender Einflussparameter auf das Messsystem durch die Minimierung des Temperatureinflusses ist nicht zulässig.

8.2.2 Einflüsse der Temperatur auf den Messprozess

Bei der Ermittlung der Messprozesseignung muss neben den Unsicherheitskomponenten u_{BI} und u_{EVR} aus dem Versuch Messsystem auch die Unsicherheitskomponente u_{EVO} aus dem Versuch Messprozess betrachtet werden. Da es sich hierbei um experimentell ermittelte Unsicherheitskomponenten handelt, unterliegen diese ebenfalls einem Temperatureinfluss.

Zur Berechnung der kombinierten Messunsicherheit des Messprozesses wird von u_{EVR} und u_{EVO} nur die größere herangezogen: $\max(u_{EVR}^2, u_{RE}^2, u_{EVO}^2)$

(vergleiche VDA-Band 5, Kapitel 7.1.2).

Insbesondere dann, wenn gilt:

$$u_{EVR} \approx u_{EVO} \text{ bzw. } u_{EVR} > u_{EVO} \quad (11)$$

ist zu überprüfen, ob

- die mittlere Temperatur und die Temperaturänderungen während der beiden Versuche vergleichbar waren und
- u_{EVR} vorwiegend von diesem Effekt beeinflusst wurde.

Für den Fall, dass u_{EVR} vorwiegend vom Temperatureinfluss bestimmt wird und der Temperatureinfluss während des Versuchs Messsystem größer war als während des Versuchs Messprozess, wird empfohlen, den Versuch Messprozess unter den Temperaturbedingungen zu wiederholen, die zu denen des Versuchs Messsystem vergleichbar sind.

Ist dies nicht möglich, ist die Temperatur als eigene Unsicherheitskomponente u_{TEMP} des Messprozesses zu untersuchen und die obenstehende Maximalbedingung zu erweitern:

$$\max (u_{EVR}^2, u_{RE}^2, (u_{EVO}^2 + u_{Temp}^2)) \quad (12)$$

Auf diese Weise wird vermieden, Unsicherheitsbeiträge aus der Wiederholbarkeit am Messobjekt aufgrund der Überbewertung des Temperatureinflusses während des Versuchs Messsystem zu verlieren.

Der Einfluss auf die Unsicherheitskomponente u_{BI} resultiert aus der Differenz zwischen der mittleren Temperatur, die während des Versuchs Messsystem vorherrscht, und der Standardreferenztemperatur 20°C.

Damit stellt dieser Einfluss einen Teil des Einflusses auf die kombinierte Messunsicherheit des Messprozesses dar, die über die Unsicherheitskomponente u_{TEMP} betrachtet wird. Aus diesem Grund entsteht ohne weitere Maßnahmen eine Gefahr der Überschätzung.

Eine Eingriffsmöglichkeit ist die Ermittlung der mittleren Temperatur im Versuchszeitraum des Versuchs Messsystem und eine rechnerische Kompensation der mittleren Veränderung des Normals durch den Temperaturunterschied zu 20°C.

8.3 Bewertung von Eignungskennwerten

Im VDA-Band 5 wird in Kapitel 4.7.3 und Kapitel 7.2 der zweistufige Ablauf zum Nachweis der Messsystem- und Messprozesseignung und deren Bewertung beschrieben. Nach VDA-Band 5 wird die Messsystemeignung unter Ausschluss der Unsicherheitsbeiträge der Mitwelt nachgewiesen. Dieser Ausschluss kann für Inline-Messsysteme i. d. R. nicht erfolgen, da der Versuch Messsystem in der Produktionsumgebung durchgeführt wird.

Darum kann für Inline-Messsysteme ein Messprozess gesamthaft als geeignet eingestuft werden, obwohl $Q_{MS} > Q_{MS.max}$ ist, unter der Voraussetzung, dass $Q_{MP} \leq Q_{MP.max}$ ist. In diesem Fall sind, wenn möglich, die Gründe für die Überschreitung des $Q_{MS.max}$ und in jedem Fall die Risikobewertung zu dokumentieren. Für eine Freigabe sowohl des Messsystems als auch des Messprozesses wird in diesem Fall ausschließlich der Eignungskennwert Q_{MP} verwendet. Diese Vorgehensweise wird für die Risikoklasse „hoch“ ausgeschlossen.

Beispiel:

Es wird ein $Q_{MS.max}$ von 15 % angenommen (siehe VDA-Band 5, Kapitel 7.2). Bei der Messsystem-/Messprozesseignung ist für eines der in der Risikoklasse „mittel“ eingestuften Merkmale der Eignungskennwert für das Messsystem $Q_{MS} = 20$ % (nicht geeignet) und der Eignungskennwert für den Messprozess $Q_{MP} = 28$ % (geeignet) ermittelt worden.

Trotz Überschreitung des Eignungsgrenzwertes für das Messsystem kann der Messprozess nach erfolgter Risikobewertung, ggf. die Anpassung des Eignungsgrenzwertes (Messsystem) und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der durchgeführten Untersuchungen über Messsystem und Messprozess freigegeben werden.

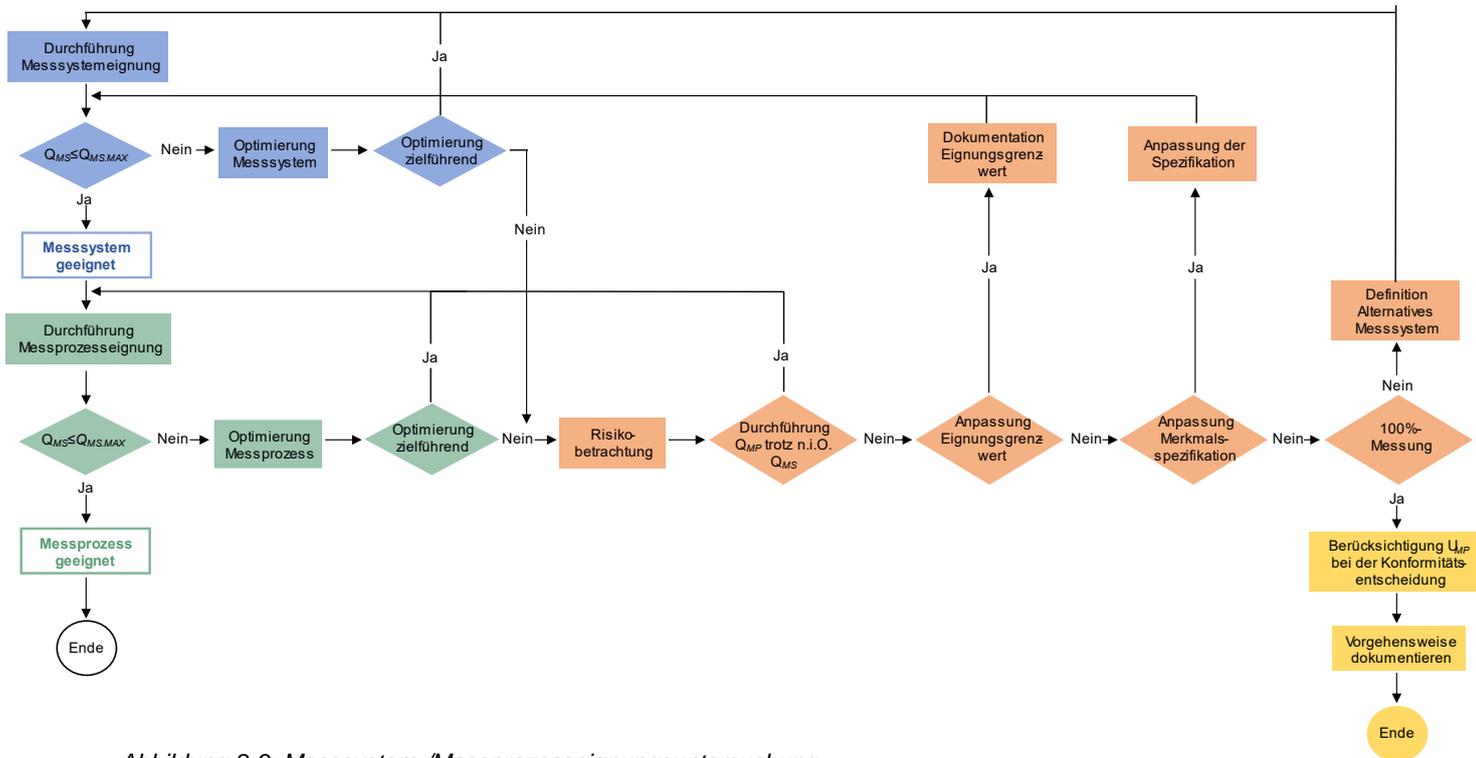


Abbildung 8-3: Messsystem-/Messprozesseignungsuntersuchung

8.4 Vorgehensweise bei nicht erreichtem Eignungsnachweis

Wenn eine Prozessfähigkeitsuntersuchung durchgeführt wird, wirkt sich die Streuung des Messsystems und damit die Messunsicherheit auf die beobachtete Prozessfähigkeit aus.

Bei nicht erreichtem Eignungskennwert nimmt dieser Effekt aufgrund der im Verhältnis zur Toleranz größeren Messunsicherheit (U_{MP}) zu. Dies kann dazu führen, dass eine Prozessfähigkeit des Produktionsprozesses unter Umständen nicht nachgewiesen werden kann (siehe VDA-Band 5, Kapitel 7.1.5).

Folgende Möglichkeiten bestehen:

- Anpassung der Messstrategie, z. B. Reduzierung der Messpunkte pro Takt und gleichzeitige Wiederholmessung → Rollierende Messung, damit alle Messpunkte gemessen werden → Statistische Prozesslenkung notwendig. Damit wird ein neuer Eignungsnachweis notwendig.
- Risikobewertung und Überprüfung Messprozesseignung (Q_{MP}). Wenn Messprozesseignung erfüllt, dann Freigabe des Messprozesses.
- Risikobewertung und ggf. Anpassung des Eignungsgrenzwertes für den Messprozess ($Q_{MP.max}$) unter Beachtung der Prozessfähigkeitsindizes (c_p, c_{pk}).
- Anpassung der Merkmalspezifikation (z. B. Toleranzen).
- Konformitätsabsicherung über 100%-Messung (das Prüfmerkmal wird an jedem Bauteil gemessen): Die jeweilige Spezifikationsgrenze muss gemäß DIN EN ISO 14253-1 (siehe auch VDA-Band 5, Kapitel 5.7) angepasst werden. Dadurch ist sichergestellt, dass keine falsche Konformitätsaussage getroffen wird.

8.5 Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen des Messprozesses

Die Übertragbarkeit von Eignungsnachweisen ist auch für die Inline-Messtechnik geeignet, hierfür gelten die in VDA-Band 5, Kapitel 4.7.4 genannten Grundüberlegungen.

Da der Versuch Messprozess in der Produktionslinie stattfindet, sind insbesondere die Umgebungsbedingungen in Bezug auf den Geltungsbereich des Eignungsnachweises (VDA-Band 5, Kapitel 4.7.1) zu berücksichtigen.

9 Nachweis der fortlaufenden Eignung

Der Nachweis der fortlaufenden Eignung wird in regelmäßigen Abständen mit dem Ziel „Bestätigung des Eignungsnachweises“ (siehe Kapitel 7) durchgeführt. Die fortlaufende Eignungsuntersuchung ersetzt nicht die regelmäßige Kalibrierung (siehe VDA-Band 5, Kapitel 10.1).

Die fortlaufende Eignung kann mit Hilfe von

- Normalen,
- kalibrierten Referenzteilen,
- Referenzmesssystemen oder
- einem zweiten unabhängigen Messsystem

durchgeführt werden.

Bei der Verwendung von Normalen oder kalibrierten Referenzteilen erfolgen zur Stabilitätsüberwachung des Messprozesses Messungen in regelmäßigen Abständen (zeit-/stückzahlabhängig, bei Temperaturänderung, sonstige Umgebungseinflüsse).

Bei der Verwendung von Referenzmesssystemen oder einem unabhängigen zweiten Messsystem werden die Abweichungen der Werte zueinander dokumentiert.

Für diese Messwerte müssen Eingriffsgrenzen definiert und die Ergebnisse dokumentiert werden, z. B. in Form einer Regelkarte (siehe VDA-Band 5, Kapitel 10.3). Die Eingriffsgrenzen müssen sich an der maximal zulässigen Messunsicherheit orientieren.

Normale können auch in der Inline-Messanlage fest verbaut werden, um einen störungsfreien Produktionsablauf zu gewährleisten.

Hinweis: Aufgrund der häufigen Verwendung/Umgebungsbedingungen und um fortlaufende Eignung zu

gewährleisten, müssen regelmäßige Reinigungs- und Sichtprüfungsmaßnahmen (TPM = Total Productive Maintenance) ergriffen werden.

Es wird empfohlen, für den Nachweis der fortlaufenden Eignung eines Inline-Messsystems repräsentative Merkmale aus den durchgeführten Eignungsnachweisen heranzuziehen. Die Normale, die kalibrierten Referenzteile oder das Referenzmesssystem sind entsprechend auszulegen. Haben weitere Komponenten (z. B. Bauteilaufnahmen oder Teileträger) einen Einfluss auf den Messprozess, müssen diese ebenfalls regelmäßig überprüft werden.

10 Reaktion auf außerordentliche Vorkommnisse

Nachfolgend wird erläutert, welche Aspekte berücksichtigt werden sollten, wenn außerordentliche Vorkommnisse innerhalb des Messprozesses auftreten.

Außerordentliche Vorkommnisse können entweder „plötzlich“ oder „schleichend“ in Erscheinung treten.

Beispiele für plötzlich auftretende Ereignisse sind:

- Kollision
- Fragwürdige Messergebnisse bei fortlaufender Prüfung
- Massive Änderung der Umgebungsparameter (z. B. Temperatursturz)
- Fehlbedienung durch Personal
- Einflüsse durch Schwingungen (z. B. Bauarbeiten, Erdbeben)

Beispiele für schleichend auftretende Veränderungen sind:

- Anlagendefekt (z. B. durch Verschleiß)
- Massive Änderung der Umgebungsparameter (z. B. andauernde Trockenheit)
- Setzverhalten des Gebäudes (z. B. Greenfield)
- Verschmutzungen

In jedem dieser Fälle muss abgeklärt werden, welche Maßnahmen erforderlich sind, um wieder zu einem vollumfänglichen Serienmessprozess zurückzukehren.

Basierend auf den getroffenen Maßnahmen ist zu prüfen, ob die Wiederholung eines Eignungsnachweises (vollständig oder teilweise) erforderlich ist.

Immer dann, wenn es sich um ein schleichend auftretendes Ereignis handelt, besteht das Risiko, dass für vorher gemessene Teile falsche Konformitätsbewertungen vorgenommen wurden.

Solange keine Erkenntnisse über die Wirkkette des schleichenden Prozesses vorliegen, sind alle Messungen seit dem letzten Eignungsnachweis, der letzten erfolgreichen Bestätigungsprüfung bzw. Überprüfung der fortlaufenden Eignung in Frage zu stellen.

Um die Auswirkungen des außerordentlichen Vorkommnisses abschätzen zu können, erfolgt eine Risikobewertung gemäß VDA-Band 5, Kapitel 4.3.

Abhängig vom Risiko, das von potenziell falschen Konformitätsentscheidungen ausgeht, sind angemessene Maßnahmen zu ergreifen. Sowohl bei der Durchführung der Risikobewertung als auch bei der Ableitung bzw. Bearbeitung von Maßnahmen ist unter Umständen eine Einbindung erforderlich.

Ist die Rückkehr zum Serienmessprozess nicht in ausreichend kurzer Zeit möglich, kann der Einsatz einer Notfallstrategie erforderlich sein.

Mögliche Notfallstrategien können sein:

- Temporärer Einsatz eines Ersatzmesssystems im Fertigungsfluss
- Ausschleusen von Bauteilen und zyklisches Offline-Messen
- Absicherung durch Überwachung in nachgelagerten Prozessschritten

Weil eine Notfallstrategie u. U. ein erhöhtes Risiko bedeutet und auf einem anderen Messsystem beruhen kann, ist diese zum einen bereits in der Planung zu berücksichtigen (siehe Kapitel 5) und zum anderen auch mit dem Kunden abzustimmen.

Für die Umsetzung von Notfallstrategien sind anlagenspezifische Vorkehrungen zu treffen, z. B.:

- Ausschleusemöglichkeiten
- Anlagensteuerung ist in der Lage, die betroffene Station ganz oder teilweise abzuwählen
- Vorhalten von Offline-Messkapazitäten

Diese Voraussetzungen sind bei der Planung und Validierung der Notfallstrategie zu berücksichtigen.

11 Bestätigungsprüfung bei Nutzungsende

Haben Inline-Messsysteme das Nutzungsende erreicht, ist zu prüfen, ob eine abschließende Bestätigungsprüfung durchgeführt werden muss. Diese Bestätigungsprüfung dient zur Absicherung der Prüfergebnisse im Zeitraum von der letzten durchgeführten Bestätigungsprüfung bis zum Nutzungsende, da nicht erkannte Veränderungen im Messprozess zu falschen Konformitätsentscheidungen geführt haben könnten.

Dabei kann der Begriff Nutzungsende differenziert werden in:

1. Außerbetriebnahme des Messsystems:
Die Anlage wird abgebaut, es ist keine anschließende Weiternutzung geplant, ggf. wird das Messsystem abgerüstet.
2. Wechsel der zu prüfenden Merkmale:
Das aktuelle Produkt läuft aus, das Messsystem wird aber weiterverwendet und einer anderen Nutzung zugeführt.

Im Falle einer Abrüstung muss berücksichtigt werden, dass eine spätere Bestätigungsprüfung nicht mehr möglich ist, um den Nachweis erbringen zu können, dass zur Laufzeit keine falschen Konformitätsentscheidungen getroffen wurden.

Wenn sich hingegen diverse zu messende Merkmale ändern bzw. entfallen, bleibt eine grundlegende Möglichkeit zur Bestätigungsprüfung erhalten.

Über eine Risikobewertung ist abzuschätzen, ob eine vollständige abschließende Bestätigungsprüfung durchgeführt werden muss:

- Hohes Risiko:
Handelt es sich bei den Prüfmerkmalen z. B. um gesetzliche oder sicherheitsrelevante Prüfungen, die zwingend

notwendig durchgeführt werden müssen, ist eine abschließende Bestätigungsprüfung durchzuführen und zu dokumentieren. Als Beispiel können hier elektrische Prüfungen genannt werden, die zu 100 % in Inline-Messanlagen durchgeführt werden und die Gefahr für Leib und Leben absichern (Isofix-Anbindung, Isolationswiderstands-/Spannungsfestigkeitsprüfung etc.).

- **Mittleres Risiko:**
Für Merkmale, die weder sicherheitsrelevant sind noch zu Ausfällen der Produkte führen (Optik, Haptik etc.), kann u. U. auf eine vollständige, abschließende Bestätigungsprüfung verzichtet werden. Alternativ kann eine verkürzte Bestätigungsprüfung durchgeführt werden oder zur Bewertung die letzten Ergebnisse der fortlaufenden Eignung herangezogen werden.
- **Geringes Risiko:**
Ein fehlerhafter Prüferscheid führt maximal im nachfolgenden Fertigungsprozess zu Störungen, führt aber nicht dazu, dass ein n.i.O.-Bauteil zum Kunden gelangt. Die abschließende Bestätigungsprüfung muss nicht zwingend durchgeführt werden.

Stellt sich bei der abschließenden Bestätigungsprüfung heraus, dass der Messprozess seit der letzten Bestätigungsprüfung nicht geeignet war, ist erneut eine Risikoabschätzung durchzuführen, an deren Ende im ungünstigsten Fall ein Rückruf der Bauteile stehen kann (vgl. Kapitel 10).

Literaturverzeichnis

[1] Brinkmann, B. (2012). *Internationales Wörterbuch der Metrologie: Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM)*; deutsch-englische Fassung ISO/IEC-Leitfaden 99:2007. Berlin. Beuth Verlag.

[2] DIN – Deutsches Institut für Normung (2003). *DIN EN ISO 10360-1:2003-07: Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Annahmeprüfung und Bestätigungsprüfung für Koordinatenmessgeräte (KMG) – Teil 1: Begriffe (ISO 10360-1:200 + Corr 1:2002) (enthält Berichtigung AC:2002)*; deutsche Fassung EN ISO 10360-1:2000 + AC:2002. Berlin. Beuth Verlag.

Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie

Den aktuellen Stand der veröffentlichten VDA-Bände zum Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie finden Sie im Internet unter <http://www.vda-qmc.de>.

Auf dieser Homepage können Sie auch direkt bestellen.

Bezug:

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)

Qualitäts Management Center (QMC)

10117 Berlin, Behrenstr. 35

Telefon +49 (0) 30 89 78 42-235, Telefax +49 (0) 30 89 78 42-605

E-Mail: info@vda-qmc.de, Internet: www.vda-qmc.de

VDA QMC

Verband der Automobilindustrie
Qualitäts-Management-Center