BOSCH HEFT 10 · AUSGABE 11.2019

Fähigkeit von Mess- und Prüfprozessen

Die Grundzüge in sieben Verfahren

1	2	3	4	5	6	7

1 bis 5 für messbare Merkmale
6 und 7 für Prüfentscheide

Eigene Zusammenfassung der Schriftenreihe „Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe, Technische Statistik“. Kein Ersatz für das Originalheft.

my8data.com

ÜBER DIESE UNTERLAGE

Was diese Unterlage leistet

DER NUTZEN

Verstehen und selbst rechnen

Welches der sieben Verfahren wann gilt, wie es abläuft und was bei »nicht fähig« zu tun ist. Jedes Ergebnis lässt sich an den Rohdaten nachrechnen.

DAS ZIEL

Den Nachweis selbst führen

Wer die Unterlage durchgearbeitet hat, plant eine Untersuchung, wertet sie aus, beurteilt das Ergebnis und kann fremde Auswertungen prüfen.

MIT MY8DATA

Jede Zahl nachvollziehen

Die Messwerte der Beispiele und Übungen stehen auf den Folien. Im passenden Modul auf **my8data.com** eingegeben, zeigen sie Kennwerte und Diagramme zum Vergleich mit der Folie.

1 Überblick
Kurzfassung lesen, 20 Folien

→

2 Beispiel
im Kapitel zum Verfahren Schritt für Schritt mitgehen

→

3 Nachrechnen
Rohdaten in my8data eingeben und vergleichen

→

4 Übung
selbst lösen, dann eigene Daten auswerten

Eigene Schulungsunterlage zu Bosch Heft 10, Ausgabe 11.2019. Kein Ersatz für das Originalheft.

WOZU DAS GANZE

Erst der Messung trauen, dann dem Prozess.

Der Nachweis soll zeigen, dass eine Messeinrichtung an ihrem Einsatzort ein Merkmal mit ausreichend kleiner systematischer Abweichung und ausreichend kleiner Streuung misst. Maßstab ist immer die Toleranz des Merkmals.

ANWENDUNGSBEREICH

Wo der Nachweis gilt und wo nicht

Je Merkmal

Der Nachweis gilt nur für das untersuchte Merkmal. Misst dieselbe Einrichtung ein zweites Merkmal, braucht es einen eigenen Nachweis.

Am Einsatzort

Gemessen wird dort, wo die Einrichtung später arbeitet, mit allen Einflüssen der Serie. Sinnvoll bei vielen gleichartigen, wiederkehrenden Messungen.

Nicht bei wechselnden Aufgaben

In Entwicklung und Versuch wird statt der Fähigkeit die Messunsicherheit ermittelt, zum Beispiel nach Heft 8 oder GUM.

Nicht für jede Messgröße

Verfahren 1 bis 5 setzen normalverteilte Messwerte voraus. Härte, Drehmoment und inhomogene Teile schränken Verfahren 1 bis 4 zusätzlich ein.

Vertraglich immer das konkrete Verfahren benennen. Eine pauschale Vereinbarung „nach Heft 10“ reicht nicht.

ÜBERBLICK

Sieben Verfahren auf einen Blick

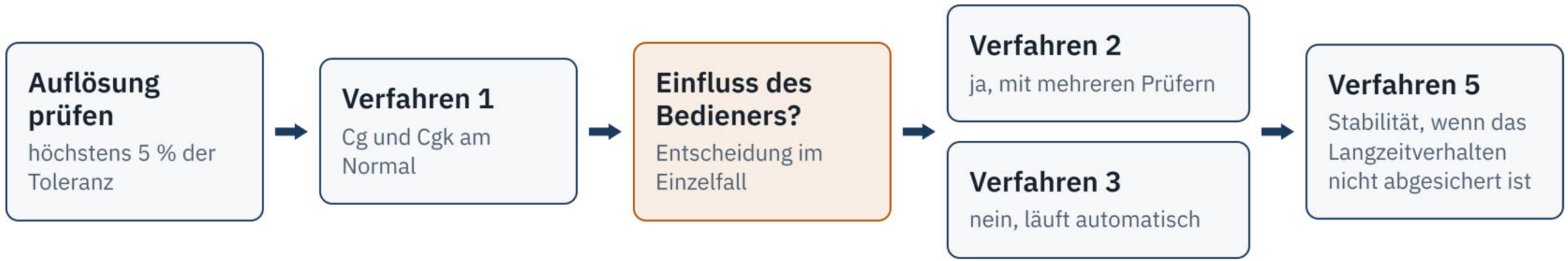
Nr.	Was wird nachgewiesen	Messobjekt	Mindestumfang	Kriterium
1	Lage und Streuung am Normal	Kalibriertes Normal	50 Messungen	Cg und Cgk ≥ 1,33
2	Streuung mit Bedienereinfluss	10 Serienteile	3 Prüfer, 2 Messreihen	%GRR ≤ 10 %
3	Streuung ohne Bedienereinfluss	25 Serienteile	2 Messreihen	%GRR ≤ 10 %
4	Linearität im Messbereich	Mehrere Normale	Verfahren 1 je Normal	Cg und Cgk je Stelle
5	Stabilität über die Zeit	Referenzteil	3 Messungen je Intervall	Eingriffsgrenzen
6	Prüfentscheid mit Messwerten	50 Referenzteile	3 Prüfer, 3 Durchläufe	%GRR ≤ 10 %
7	Prüfentscheid nach Katalog	100 bis 200 Referenzteile	3 Prüfer, 3 Durchläufe	Kappa ≥ 0,9

Die farbig hinterlegten Zeilen 6 und 7 gelten für diskrete Merkmale, alle anderen für Messwerte.

Heft 10, Kapitel 4 und 5. Grenzwerte nach Stand 11.2019.

ABLAUF

Der Weg durch die Verfahren



Verfahren 4 nur bei Bedarf

Linearität wird zusätzlich untersucht, wenn Hersteller oder Kalibrierung sie nicht belegen und sie für die Messaufgabe wichtig ist.

Diskrete Merkmale

Lehren- und Sichtprüfungen gehen über Verfahren 6 oder 7. Das Heft empfiehlt, wo immer möglich zu messen statt zu entscheiden.

VOR DEM ERSTEN VERFAHREN

Die Auflösung entscheidet zuerst

5 %

der Toleranz darf die Auflösung der Messeinrichtung höchstens betragen.

Beispiel

Toleranz 0,060 mm, Auflösung 0,001 mm. Das sind 1,67 % der Toleranz. Die Bedingung ist erfüllt.

Ausnahme bis 10 %

Nur wenn am Markt keine Einrichtung mit höherer Auflösung zu beschaffen ist. Die 10 % sind ein Erfahrungswert nach der goldenen Regel der Messtechnik. Das Messmittel soll mindestens zehnmal genauer sein als die Toleranz.

Über 10 % ist eine Fähigkeitsuntersuchung nicht sinnvoll.

VERFAHREN 1

Fünfzigmal dasselbe Normal messen

50

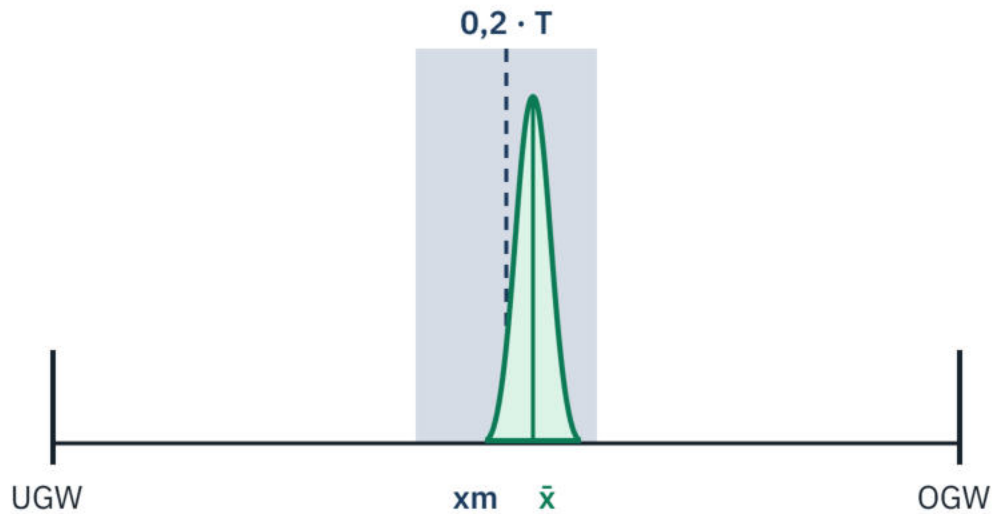
Messungen an einem kalibrierten Normal. Mindestens 25.

- Referenzwert des Normals möglichst in der Toleranzmitte
- Normal vor jeder Messung herausnehmen und neu einspannen
- Einstellungen und Hilfsmittel wie in der Serienmessung
- Keinen Messwert verwerfen
- Kalibrierunsicherheit des Normals unter 10 % der Toleranz, im Idealfall unter 1 %

Verfahren 1 kommt zeitlich vor Verfahren 2 und 3. Es stammt aus Firmenrichtlinien und ist kein Bestandteil der AIAG MSA.

VERFAHREN 1

Cg für die Streuung, Cgk für die Lage



Das hinterlegte Fenster ist ein Fünftel der Toleranz. Bei Cg 1,33 passen ±4 s der Messwerte hinein. Cgk zieht zusätzlich die Abweichung vom Referenzwert ab.

$$Cg = 0{,}2 \cdot T / (6 \cdot s)$$

$$Cgk = (0{,}1 \cdot T - |\bar{x} - xm|) / (3 \cdot s)$$

Beispiel mit T = 0,060 mm, s = 0,001 mm und 0,001 mm Abweichung. Cg = 0,012 / 0,006 = 2,00. Cgk = (0,006 – 0,001) / 0,003 = 1,67.

Fähig, wenn Cg ≥ 1,33 und Cgk ≥ 1,33

Heft 10, Kapitel 4.1. Mindestwerte nach Stand 11.2019.

VERFAHREN 1

Nur ein Grenzwert. Was dann?

MIT NATÜRLICHER GRENZE

Ersatzgröße T* bilden

Rauheit oder Fugenbreite können nicht kleiner als 0 werden. Die natürliche Grenze ersetzt den fehlenden Grenzwert.

$$T* = OGW - UGW*$$

Cg und Cgk werden damit wie gewohnt berechnet.

OHNE NATÜRLICHE GRENZE

Grenzwert für die Fertigung verschieben

Es gibt keine Toleranz, also auch kein Cg und Cgk. Aus Abweichung und Streuung entsteht ein strengerer Grenzwert für jeden Messwert.

$$OGW0 = OGW + (\bar{x} - xm) - 4 \cdot s$$

$$UGW0 = UGW + (\bar{x} - xm) + 4 \cdot s$$

Die Abweichung geht mit Vorzeichen ein. 4 s entspricht der Forderung 1,33. Bei 1,67 werden es 5 s, bei 2,00 werden es 6 s.

VERFAHREN 2 UND 3

Streuung an echten Serienteilen

VERFAHREN 2 · MIT BEDIENEREINFLUSS

10 × 3 × 2

Serienteile × Prüfer × Messreihen, also 60 Messwerte

Typisch bei Handmessung, fehlendem Spannmittel oder wenn der Bediener die Auswertung beeinflusst.

VERFAHREN 3 · OHNE BEDIENEREINFLUSS

25 × 2

Serienteile × Messreihen, also 50 Messwerte

Typisch bei eindeutiger Aufspannung und vollautomatischem Ablauf. Im Zweifel gilt Verfahren 2.

- Zufällig gewählte Teile, möglichst innerhalb der Toleranz, in jeder Messreihe in neuer zufälliger Reihenfolge
- Auswertung per Varianzanalyse (ANOVA). Die Spannweitenmethode gilt als nicht mehr zeitgemäß.

Heft 10, Kapitel 4.2 und 4.3. Die Zahlen sind Mindestumfänge.

VERFAHREN 2 UND 3

%GRR in drei Stufen

$$\%GRR = 6 \cdot GRR / T \cdot 100\ \%$$



GRR ist die Standardabweichung aus Wiederhol- und Vergleichpräzision. Wird die Grenze verfehlt, liegt die Ursache nicht zwingend im Messmittel. Auch ungleichmäßige Teile kommen in Frage.

Heft 10, Kapitel 4.2 und 4.3. Grenzen nach Stand 11.2019.

VERFAHREN 2 UND 3

Toleranz oder Gesamtstreuung als Bezug

BOSCH HEFT 10

Bezug ist die Toleranz

$$\%GRR = 6 \cdot GRR / T$$

Ein technischer Maßstab, unabhängig von den gewählten Teilen. Die Gesamtstreuung dient nur als Ersatz, wenn es keine Toleranz gibt.

AIAG MSA

Bezug ist die Gesamtstreuung

$$\%GRR = GRR / \sqrt{(GRR^2 + PV^2)}$$

PV ist die Streuung der Teile. Dazu kommt die Zahl unterscheidbarer Klassen, ndc = 1,41 · PV / GRR, die mindestens 5 betragen soll.

Vorsicht beim Bezug auf die Teile. Sehr gleichmäßige Teile lassen einen guten Messprozess schlecht aussehen, stark streuende Teile einen schlechten gut.

Heft 10, Kapitel 4.2 und Anhang D.1

STOLPERSTEIN

Gleiche Streuung, zwei Urteile

$$\%GRR = 20\ \% / Cg$$

Misst man ideale, gleiche Teile, sehen Verfahren 1 und 3 dieselbe Streuung. Die Grenzwerte passen trotzdem nicht zusammen.

Cg	%GRR	Urteil nach Verfahren 1	Urteil nach Verfahren 2 und 3
2,00	10 %	fähig	fähig, gerade noch
1,33	15 %	fähig, gerade noch	bedingt fähig
0,67	30 %	nicht fähig	bedingt fähig, gerade noch

Der Widerspruch ist historisch gewachsen. Verfahren 1 kommt aus Firmenrichtlinien, Verfahren 2 aus der AIAG MSA. Abweichende Einstufungen immer mit dem Kunden abstimmen.

VERFAHREN 4

Linearität ist meist schon nachgewiesen

REGELFALL

Kalibrierung deckt es ab

Hersteller und periodische Kalibrierung prüfen die Linearität. Ein zusätzlicher Nachweis ist in der Regel nicht nötig.

WANN DOCH

Besondere Kennlinien

Einstellbare Verstärkung, logarithmische Skala oder eine Fehlergrenze, die sich auf den Endwert bezieht.

WIE

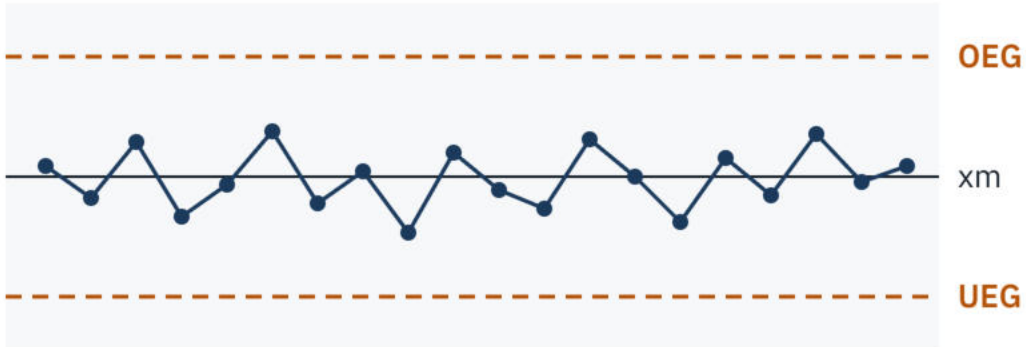
Verfahren 1 an mehreren Normalen

Referenzwerte über den Messbereich verteilen. Empfohlen sind mindestens 5 Normale, notfalls 2 an den Toleranzgrenzen.

Das Ergebnis gilt nur für die geprüften Stellen. Verlangt der Kunde ausdrücklich die Methode der AIAG MSA, gilt Anhang E des Heftes.

VERFAHREN 5

Bleibt die Messung über die Zeit richtig?



Warnzeichen sind Werte außerhalb der Eingriffsgrenzen, 7 Mittelwerte in Folge auf einer Seite oder in einer Richtung, sowie mehr als 90 % oder weniger als 40 % der Werte im mittleren Drittel.

- Ein Referenzteil mit bekanntem Wert in festen Abständen mindestens dreimal messen
- Mittelwert und Standardabweichung in eine x̄-s-Karte eintragen

```
Eingriffsgrenzen = xm ± 2,58 · s / √n
```

Für s gelten 2,5 % der Toleranz, also T / 40, oder der Wert aus einem Vorlauf. n ist die Zahl der Messungen je Stichprobe. 2,58 steht für 99 % Vertrauensniveau.

VERFAHREN 6 · DISKRETE MERKMALE

Prüfentscheide mit Messwert im Hintergrund

- 50 Referenzteile aus der Serie, vorher gemessen, Messunsicherheit U bekannt
- Werte von etwas unter UGW – U bis etwas über OGW + U
- 3 Prüfer mit je 3 Durchläufen, bei Prüfautomaten 4 Durchläufe
- Teile für die Prüfer nicht erkennbar, jedes Mal in neuer zufälliger Reihenfolge

Bewertung wie bei Verfahren 2 und 3. Bis 10 % fähig, bis 30 % bedingt fähig.



Nach Messwert sortiert zeigen sich um beide Grenzwerte Bereiche, in denen die Entscheide nicht übereinstimmen. Ihre Breite ist das Maß für die Streuung.

```
%GRR = d / T mit d = (d1 + d2) / 2
```

Beispiel aus dem Heft mit d1 = 0,024 mm, d2 = 0,016 mm und T = 0,075 mm. %GRR = 0,020 / 0,075 = 26,7 %, also bedingt fähig.

my8data.com

VERFAHREN 7 · DISKRETE MERKMALE

Wie einig sind sich die Prüfer?

- Referenzlos mit 100 bis 200 Teilen, nach AIAG MSA mindestens 50
- Alle Fehlerbilder vertreten, Maßstab ist ein Grenzmusterkatalog
- Mindestens 3 Prüfer mit je 3 Durchläufen, bei Prüfautomaten mindestens 6 Durchläufe
- Funktioniert auch ohne Messwerte, zum Beispiel bei der Sichtprüfung

Die Kenngröße Kappa setzt die beobachteten, nicht zufälligen Übereinstimmungen ins Verhältnis zu den möglichen.

Kappa ≥ 0,9 · fähig

Kappa von 0,7 bis unter 0,9 · bedingt fähig

Kappa unter 0,7 · nicht fähig

Verglichen wird innerhalb jedes Prüfers, zwischen den Prüfern, jeder Prüfer gegen die Referenz und alle gegen die Referenz. Es zählt der kleinste Wert.

IM LAUFENDEN BETRIEB

Wann der Nachweis neu zu führen ist

- Nach Justage der Einrichtung oder einzelner Komponenten
- Nach Wartung mit Umbau oder Tausch wesentlicher Teile
- Bei neuen, überholten oder instandgesetzten Einrichtungen
- Bei nachträglich eingeengter Toleranz
- Bei auffälliger Stabilitätskarte nach einem Eingriff
- Bei technischen Änderungen an Aufbau oder Software
- Bei geänderten Abläufen oder geänderter Messstrategie
- Bei neuem Bedien- oder Prüfpersonal
- Bei Verdacht, dass die Einrichtung nicht fehlerfrei arbeitet
- Zwingend nach einer Verlagerung

Im Zweifel wiederholen.
Für diskrete Merkmale gibt es keine Stabilitätskarte. Üblich ist, die Fehlerquote der Fertigung zu beobachten und bei deutlicher Änderung neu nachzuweisen.

WENN ES NICHT REICHT

Nicht fähig. Wie geht es weiter?

Ursache suchen
Ishikawa, 5 × Warum

→

Messprozess verbessern
Checkliste im Anhang A

→

Präzisere Einrichtung
wenn beschaffbar

→

Toleranz prüfen
mit der Entwicklung abstimmen

→

Freigabe mit Auflage
wenn vertretbar

Wenn auch das nicht reicht

Messunsicherheit nach Heft 8 ermitteln. Dann im Konformitätsbereich fertigen oder zu 100 % verlesen.

Sonst keine Freigabe

Die Einhaltung der Spezifikation kann nicht gewährleistet werden.

Es muss nachvollziehbar belegt sein, dass die Spezifikation eingehalten wird, bei Bedarf abgestimmt mit dem Kunden.

Heft 10, Kapitel 3 und 6

ZUM MITNEHMEN

Fünf Zahlen aus Heft 10

5 %

Auflösung höchstens, bezogen auf die Toleranz

1,33

Mindestwert für Cg und Cgk in Verfahren 1

10 %

%GRR für fähig in Verfahren 2, 3 und 6

30 %

%GRR als Obergrenze für bedingt fähig

0,9

Kappa für fähig in Verfahren 7

Grenzwerte nach Stand 11.2019. Bei Bosch gilt die jeweils aktuelle interne Vorgabe. Verlangt der Kunde die AIAG MSA, gelten deren Empfehlungen, etwa ndc ≥ 5.

Quelle: Robert Bosch GmbH, Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe, Technische Statistik, Heft 10, Ausgabe 11.2019

VERTIEFUNG · KAPITEL 1

Verfahren 1 im Detail

Systematische Messabweichung und Wiederholbarkeit

Vom Normal über die Messreihe bis zum Urteil, an einem Beispiel, das sich Zahl für Zahl nachrechnen lässt.

Heft 10, Kapitel 4.1 und Anhang C

my8data.com

VERFAHREN 1 · ZIEL UND ABGRENZUNG

Was Verfahren 1 beantwortet und was nicht

DAS BEANTWORTET ES

Lage und Streuung am Normal

Misst die Einrichtung den bekannten Wert des Normals richtig, und streuen die Messwerte dabei eng genug? Beides bezogen auf die Toleranz des Merkmals.

DAS BEANTWORTET ES NICHT

Alles, was das Normal nicht zeigt

Den Einfluss echter Serienteile und mehrerer Prüfer (Verfahren 2 und 3), andere Stellen im Messbereich (Verfahren 4) und das Verhalten über die Zeit (Verfahren 5).

Verfahren 1 ist im Regelfall die Eintrittskarte für alle weiteren Verfahren. Bei baugleichen Einrichtungen ist zu bewerten, ob jede einzeln untersucht werden muss.

Heft 10, Kapitel 2 und 4.1

VERFAHREN 1 · VORAUSSETZUNGEN

Was das Normal können muss

Gleiches Merkmal

Das Normal trägt dasselbe Merkmal wie die späteren Teile. Es darf aus einem Erzeugnisteil hergestellt sein.

Eindeutig und stabil

Wiederholte Messungen müssen ein eindeutiges Ergebnis zulassen. Das Normal verändert sich über lange Zeit nicht.

Kalibriert und überwacht

Als Normal gekennzeichnet, mit rückgeführtem Referenzwert und in die Prüfmittelüberwachung einbezogen.

Kleine Kalibrierunsicherheit

Mindestens unter 10 % der Toleranz, im Idealfall unter 1 %. Bei T = 0,060 mm also höchstens 0,006 mm, besser 0,0006 mm.

Gibt es kein solches Normal, ist Verfahren 1 nicht durchführbar. Dann ist ein anderes Verfahren zu wählen, zu dokumentieren und abzustimmen.

VERFAHREN 1 · DURCHFÜHRUNG

In fünf Schritten zur Messreihe

1 Kopfdaten festhalten
Einrichtung, Merkmal, Toleranz, Normal, Umgebung

→

2 Auflösung prüfen
höchstens 5 % der Toleranz

→

3 Normal 50-mal messen
jedes Mal herausnehmen und neu einlegen

→

4 Alle Werte behalten
keinen Messwert verwerfen

→

5 Auswerten
Mittelwert, Streuung, Cg und Cgk

Messen wie in der Serie

Messstellen laut Prüfplan. Taster, Tastkraft, Messbereich, Auswerteparameter und Hilfsmittel wie später an den Teilen.

Ausnahmen nur begründet

Abweichungen vom Vorgehen sind zulässig, wenn der Grund dokumentiert ist. Alle Parameter und Einstellungen gehören ins Protokoll.

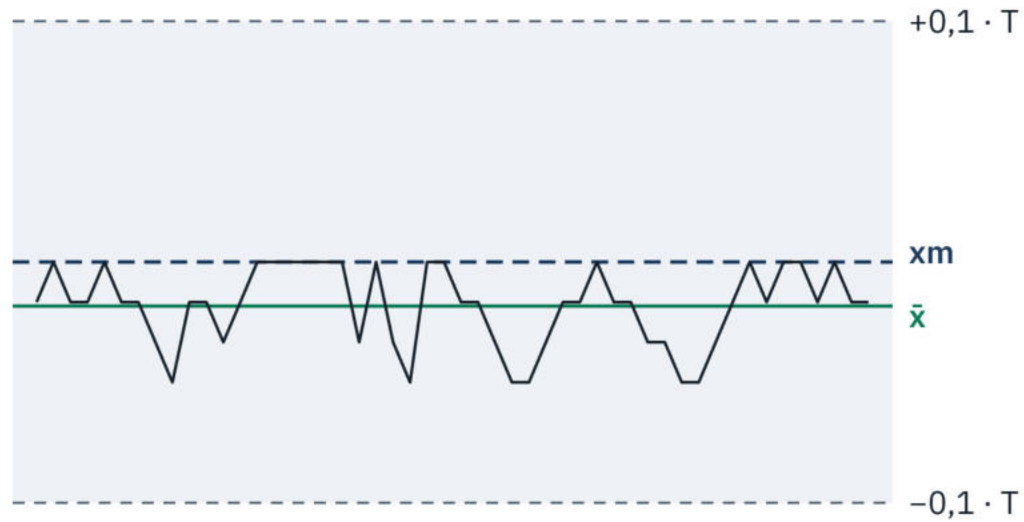
Heft 10, Kapitel 4.1 und Ablaufdiagramm zu Verfahren 1

VERFAHREN 1 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Das Beispiel: ein Normal, 50 Messwerte

Merkmal	Durchmesser 6,000 mm
Grenzwerte	5,970 bis 6,030 mm
Toleranz T	0,060 mm
Referenzwert xm	6,002 mm
Kalibrierunsicherheit	0,0002 mm
Auflösung	0,001 mm, also 1,67 % von T
Messungen	50

Die 50 Werte stehen auf der nächsten Folie. Sie lassen sich im Modul MSA Verfahren 1 auf **my8data.com** eingeben und nachrechnen.



Alle Werte liegen im Fenster von ±0,1 · T um den Referenzwert. Aber kein einziger liegt darüber, 34 von 50 liegen darunter.

Beispieldaten aus Heft 10, Kapitel 4.1, Formblatt zu Verfahren 1

VERFAHREN 1 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Die 50 Messwerte des Beispiels

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 bis 10	6,001	6,002	6,001	6,001	6,002	6,001	6,001	6,000	5,999	6,001
11 bis 20	6,001	6,000	6,001	6,002	6,002	6,002	6,002	6,002	6,002	6,000
21 bis 30	6,002	6,000	5,999	6,002	6,002	6,001	6,001	6,000	5,999	5,999
31 bis 40	6,000	6,001	6,001	6,002	6,001	6,001	6,000	6,000	5,999	5,999
41 bis 50	6,000	6,001	6,002	6,001	6,002	6,002	6,001	6,002	6,001	6,001

Nur vier verschiedene Werte

5,999 kommt 6 mal vor, 6,000 kommt 9 mal vor, 6,001 kommt 19 mal vor und 6,002 kommt 16 mal vor.

Daraus entsteht das Ergebnis

Mittelwert $\bar{x}$ = 6,0009 mm und Standardabweichung s = 0,000995 mm. Mehr braucht die Rechnung auf der nächsten Folie nicht.

Heft 10, Kapitel 4.1, Formblatt zu Verfahren 1. Werte in mm, zeilenweise in der Reihenfolge der Messung.

VERFAHREN 1 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Der Rechenweg Zahl für Zahl

$\bar{x} = 6{,}0009$ mm

$s = 0{,}000995$ mm

$\bar{x} - xm = -0{,}0011$ mm

$$Cg = 0{,}2 \cdot 0{,}060 \,/\, (6 \cdot 0{,}000995) = 2{,}01$$

$$Cgk = (0{,}1 \cdot 0{,}060 - 0{,}0011) \,/\, (3 \cdot 0{,}000995) = 1{,}64$$

Cg 2,01 · Mindestwert 1,33 erfüllt

Cgk 1,64 · Mindestwert 1,33 erfüllt

Urteil: Fähigkeitskriterium erfüllt. Mit 1,67 % der Toleranz passt auch die Auflösung.

Formeln und Beispieldaten aus Heft 10, Kapitel 4.1. Ergebnis stimmt mit dem Formblatt im Heft überein.

VERFAHREN 1 · DEUTUNG

Fähig, aber nicht ganz mittig

BEFUND

Eng und leicht versetzt

Die Einrichtung misst sehr gleichmäßig, zeigt aber im Mittel 1,1 µm zu wenig an. Das sind 18 % des Fensters von 0,1 · T.

PREIS DES VERSATZES

0,37 Punkte beim Kennwert

Ohne Versatz läge Cgk bei 2,01. Für eine Toleranz unter rund 0,051 mm würde die Einrichtung so nicht mehr reichen.

HANDELN?

Kein Muss, aber sinnvoll

Das Kriterium ist erfüllt. Wer Reserve will oder nach AIAG MSA arbeitet, beseitigt den Versatz durch Justage und wiederholt Verfahren 1.

$$C_g - C_{gk} = |\bar{x} - x_m| / (3 \cdot s) = 0{,}37$$

Der Abstand zwischen beiden Kennwerten ist die Abweichung, gemessen in Streuung.

Heft 10, Kapitel 4.1 und Anhang C.1

VERFAHREN 1 · ZUSATZ NACH AIAG MSA

Ist die Abweichung signifikant?

Ein t-Test prüft, ob der Mittelwert vom Referenzwert abweicht. Bei 95 % Vertrauensniveau gilt die Abweichung als nicht signifikant, wenn

$$|\bar{x} - xm| / s \leq 0{,}284 \text{ bei } n = 50$$

$$|\bar{x} - xm| / s \leq 0{,}413 \text{ bei } n = 25$$

Im Beispiel 0,0011 / 0,000995 = 1,11. Die Abweichung ist signifikant, obwohl der Messprozess fähig ist. my8data weist diese Prüfung als eigene Zeile im Ergebnis aus.

Die Schwäche des Tests

Er misst die Abweichung an der Streuung, nicht an der Toleranz. Sehr gute Einrichtungen fallen durch, obwohl die Abweichung technisch belanglos ist. Stark streuende bestehen trotz großer Abweichung.

Faustregel aus der Praxis

Cg – Cgk ≤ 0,33. Das entspricht einer Abweichung von höchstens einer Standardabweichung. Im Beispiel sind es 0,37, also knapp darüber.

Heft 10, Anhang C.1 und C.2

VERFAHREN 1 · AUS DER PRAXIS

Sechs Fehler, die das Ergebnis verfälschen

Normal bleibt liegen

Ohne neues Einlegen fehlt der Einfluss von Handhabung und Aufspannung. Cg wird zu gut.

Werte gestrichen

Jeder Messwert zählt. Wer Ausreißer streicht, bewertet nicht mehr die Einrichtung.

Falsches Normal

Unkalibriertes Meisterteil oder anderes Merkmal. Ohne Referenzwert gibt es kein Cgk.

Zu wenige Messungen

50 sind die Regel, 25 das Minimum. Mit weniger Werten wird die Streuung zu unsicher.

Labor statt Einsatzort

Der Nachweis gilt dort, wo gemessen wird, mit Temperatur, Schmutz und Schwingungen der Serie.

Nur auf Cg geschaut

Ein hoher Cg sagt nichts über die Lage. Erst Cgk zeigt die Abweichung vom Referenzwert.

Aus den Anforderungen in Heft 10, Kapitel 4.1 abgeleitet

VERFAHREN 1 · ÜBUNG

Jetzt selbst rechnen

Grenzwerte	24,970 bis 25,030 mm
Referenzwert xm	25,000 mm
Messungen n	50
Mittelwert $\bar{x}$	25,0027 mm
Standardabweichung s	0,001093 mm

Die 50 Einzelwerte stehen auf der nächsten Folie. Zur Kontrolle lassen sie sich im Modul MSA Verfahren 1 auf **my8data.com** eingeben.

1. Wie groß sind Cg und Cgk?
2. Ist das Fähigkeitskriterium erfüllt?
3. Ist die systematische Abweichung signifikant?
4. Was sagt die Faustregel Cg – Cgk ≤ 0,33?
5. Welche Maßnahme schlagen Sie vor?

Hilfe

$$Cg = 0{,}2 \cdot T / (6 \cdot s)$$

$$Cgk = (0{,}1 \cdot T - |\bar{x} - xm|) / (3 \cdot s)$$

Signifikanzgrenze bei n = 50 ist 0,284

Konstruierter Datensatz aus dem my8data-Video zu Cg und Cgk, gerechnet mit der my8data-Rechen-Engine. Lösung auf der übernächsten Folie.

VERFAHREN 1 · ÜBUNG

Die 50 Messwerte der Übung

Messung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 bis 10	25,004	25,003	25,001	25,004	25,002	25,003	25,003	25,001	25,004	25,003
11 bis 20	25,004	25,002	25,002	25,002	25,002	25,002	25,003	25,001	25,002	25,002
21 bis 30	25,004	25,001	25,002	25,001	25,004	25,002	25,001	25,003	25,004	25,000
31 bis 40	25,004	25,003	25,003	25,003	25,004	25,003	25,004	25,002	25,003	25,003
41 bis 50	25,003	25,004	25,002	25,002	25,002	25,003	25,004	25,005	25,003	25,003

Zum Nachrechnen

Aus diesen Werten folgen $\bar{x}$ = 25,0027 mm und s = 0,001093 mm. Beide stehen schon in der Aufgabe.

Zur Kontrolle

Die Werte lassen sich im Modul MSA Verfahren 1 auf **my8data.com** eingeben.

Konstruierter Datensatz aus dem my8data-Video zu Cg und Cgk. Werte in mm. Lösung auf der nächsten Folie.

VERFAHREN 1 · LÖSUNG

Kleine Streuung, falsche Lage

$$Cg = 0{,}2 \cdot 0{,}060 / (6 \cdot 0{,}001093) = 1{,}83$$

$$Cgk = (0{,}006 - 0{,}0027) / (3 \cdot 0{,}001093) = 1{,}01$$

Cg 1,83 · Mindestwert 1,33 erfüllt

Cgk 1,01 · Mindestwert 1,33 nicht erfüllt

0,0027 / 0,001093 = 2,47 · weit über 0,284, also signifikant

Cg – Cgk = 0,82 · weit über 0,33

Nicht fähig, obwohl die Einrichtung kaum streut. Maßnahme ist Justieren und Verfahren 1 wiederholen. Ohne Versatz läge Cgk bei 1,83.

Formeln nach Heft 10, Kapitel 4.1 und Anhang C.1. Zahlen aus der my8data-Rechen-Engine.

VERFAHREN 1 · MASSNAHMEN

Nicht fähig. Wo ansetzen?

CG GUT, CGK ZU KLEIN

Die Lage stimmt nicht

Einrichtung justieren. Geht das nicht, jeden Messwert um die bekannte Abweichung korrigieren. Vorher Normal, Referenzwert und Einstellverfahren prüfen.

CG ZU KLEIN

Die Einrichtung streut

Aufnahme und Lage des Normals, Mess- und Spannkräfte, Antastelemente, Führungen und Verschleiß prüfen. Warmlaufphase einhalten. Temperatur, Schwingungen und Schmutz fernhalten.

BEIDES HILFT NICHT

Messmittel oder Messverfahren ändern

Auflösung höchstens 5 % der Toleranz. Robustere, absolut messende oder berührungslose Einrichtung prüfen. Mittelwert aus mehreren Messungen als Messergebnis festlegen.

Nach jeder Maßnahme Verfahren 1 wiederholen. Reicht es weiterhin nicht, Toleranz mit der Entwicklung prüfen und über eine Freigabe mit Auflage entscheiden.

Stichpunkte aus Heft 10, Anhang A, Anhang C.1 und Kapitel 6. Zuordnung zu Cg und Cgk ist eigene Auslegung.

VERTIEFUNG · KAPITEL 2

Verfahren 2 im Detail

Wiederhol- und Vergleichpräzision mit Bedienereinfluss

Von den Serienteilen über die Varianzanalyse bis zum Urteil, am ANOVA-Beispiel aus dem Heft, Tabelle für Tabelle nachgerechnet.

Heft 10, Kapitel 4.2 und Anhang D

my8data.com

VERFAHREN 2 · ZIEL UND ABGRENZUNG

Was Verfahren 2 beantwortet und was nicht

DAS BEANTWORTET ES

Streuung an Serienteilen

Wie stark streuen die Messwerte, wenn mehrere Bediener echte Serienteile wiederholt messen? Getrennt nach Einrichtung und Bediener, bezogen auf die Toleranz.

DAS BEANTWORTET ES NICHT

Die Lage und den Rest

Ob die Einrichtung den richtigen Wert trifft (Verfahren 1), ob sie das im ganzen Messbereich tut (Verfahren 4) und ob sie über die Zeit stabil bleibt (Verfahren 5).

Verfahren 1 kommt zeitlich davor. Gibt es keinen Bedienereinfluss, genügt Verfahren 3 mit 25 Teilen und zwei Messreihen.

VERFAHREN 2 · VORAUSSETZUNGEN

Wann der Bediener mitmisst

Ein Bedienereinfluss ist zu erwarten, wenn

- von Hand gemessen wird, etwa mit dem Messschieber
- der Messablauf nicht automatisch abläuft
- der Bediener die Auswertung der Rohdaten beeinflusst
- kein Spannmittel die Lage des Teils eindeutig festlegt
- die Spannkraft davon abhängt, wie kräftig der Bediener zugreift

Entscheidung im Einzelfall

Eine allgemeingültige Abgrenzung gibt es nicht. Im Zweifel gilt Verfahren 2.

Die Messobjekte

Mindestens 10 Serienteile, zufällig ausgewählt und wiederholbar messbar. Die Merkmalswerte liegen möglichst innerhalb der Toleranz.

Ohne geeignete Serienteile ist Verfahren 2 nicht durchführbar. Dann braucht es ein Sonderverfahren, das dokumentiert wird.

VERFAHREN 2 · DURCHFÜHRUNG

In fünf Schritten zu 60 Messwerten

1 Kopfdaten festhalten
Einrichtung, Merkmal, Toleranz, Prüfer, Umgebung

→

2 Teile wählen
mindestens 10 Serienteile, zufällig

→

3 Messreihe 1
3 Prüfer messen alle Teile in zufälliger Reihenfolge

→

4 Messreihe 2
dieselben Teile nochmals, neu gemischt

→

5 Auswerten
Varianzanalyse mit Software

Eine Messreihe nach der anderen

Die nächste Messreihe beginnt erst, wenn die vorherige abgeschlossen ist. Gemessen wird wie in der Serie, mit allen Einflüssen des späteren Einsatzes.

Andere Umfänge

Die AIAG MSA empfiehlt drei Messungen je Teil. Fehlen Teile, gleichen mehr Messungen je Teil das aus. Der Grund gehört ins Protokoll.

Heft 10, Kapitel 4.2, Ablaufdiagramm zu Verfahren 2 und Anhang D.5

VERFAHREN 2 · AUSWERTUNG

Die Varianzanalyse zerlegt die Streuung

Gesamtstreuung TV
alle Messwerte der Untersuchung

Teile PV
echte Unterschiede zwischen den Teilen

Messprozess GRR
was die Messung selbst beiträgt

Messeinrichtung EV
Wiederholpräzision, gleicher Prüfer am gleichen Teil

Prüfer AV
Vergleichpräzision, Unterschiede zwischen den Prüfern

Wechselwirkung INT
ein Prüfer misst bestimmte Teile anders als die übrigen

$$GRR = \sqrt{(EV^2 + AV^2 + INT^2)}$$

$$TV = \sqrt{(GRR^2 + PV^2)}$$

$$\%GRR = 6 \cdot GRR / T \cdot 100\ \%$$

VERFAHREN 2 · AUSWERTUNG

So ist die ANOVA-Tabelle aufgebaut

Einflussgröße	Quadratsumme	Freiheitsgrade DF	Prüfgröße F
Teile	SSP	n – 1	MSP / MSAP
Prüfer	SSA	k – 1	MSA / MSAP
Wechselwirkung Prüfer mit Teil	SSAP	(n – 1) · (k – 1)	MSAP / MSE
Messeinrichtung	SSE	n · k · (r – 1)	
Gesamt	TSS	n · k · r – 1	

`MS = SS / DF`

Jede Quadratsumme wird durch ihre Freiheitsgrade geteilt. Ein Einfluss ist signifikant, wenn F über dem Quantil der F-Verteilung liegt, hier bei 95 % Vertrauensniveau.

n Teile, k Prüfer und r Messungen je Teil und Prüfer.

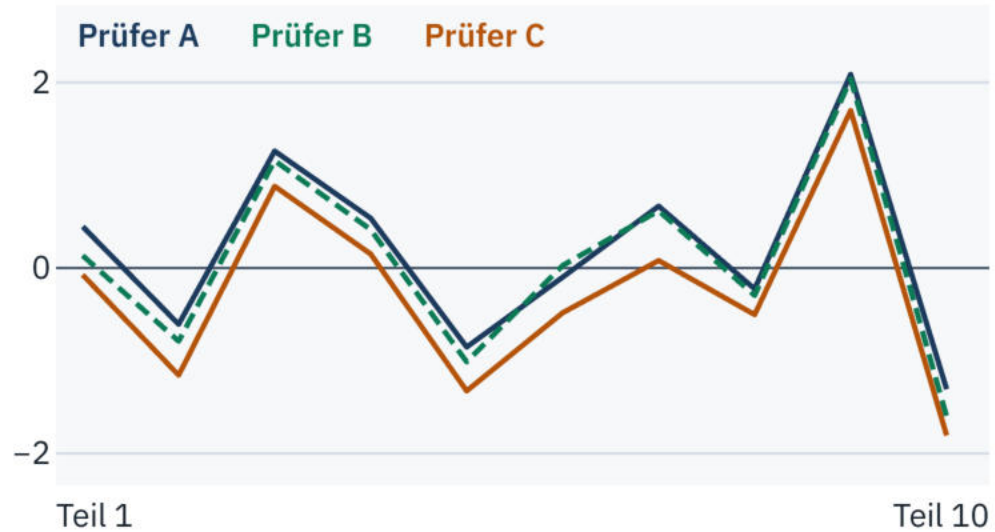
my8data.com

VERFAHREN 2 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Das Beispiel: 10 Teile, 3 Prüfer, 90 Messwerte

Teile n	10
Prüfer k	3, hier A, B und C
Messungen je Teil und Prüfer r	3
Messwerte	90
Toleranz T	8
Herkunft	Daten der AIAG MSA

Die 90 Werte stehen auf der nächsten Folie. Sie lassen sich im Modul MSA Verfahren 2 auf **my8data.com** eingeben und nachrechnen.



Mittelwert je Teil und Prüfer. Die Linien laufen fast parallel, Prüfer C liegt bei jedem Teil am tiefsten.

VERFAHREN 2 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Die 90 Messwerte des Beispiels

Teil	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
1	0,29	0,41	0,64	0,08	0,25	0,07	0,04	−0,11	−0,15
2	−0,56	−0,68	−0,58	−0,47	−1,22	−0,68	−1,38	−1,13	−0,96
3	1,34	1,17	1,27	1,19	0,94	1,34	0,88	1,09	0,67
4	0,47	0,50	0,64	0,01	1,03	0,20	0,14	0,20	0,11
5	−0,80	−0,92	−0,84	−0,56	−1,20	−1,28	−1,46	−1,07	−1,45
6	0,02	−0,11	−0,21	−0,20	0,22	0,06	−0,29	−0,67	−0,49
7	0,59	0,75	0,66	0,47	0,55	0,83	0,02	0,01	0,21
8	−0,31	−0,20	−0,17	−0,63	0,08	−0,34	−0,46	−0,56	−0,49
9	2,26	1,99	2,01	1,80	2,12	2,19	1,77	1,45	1,87
10	−1,36	−1,25	−1,31	−1,68	−1,62	−1,50	−1,49	−1,77	−2,16

Heft 10, Anhang D.2, Daten nach AIAG MSA. A1 ist Prüfer A, Messung 1. Ohne Einheit, Toleranz T = 8.

VERFAHREN 2 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Die ANOVA-Tabelle des Beispiels

Einflussgröße	SS	DF	MS	F	F krit	Urteil
Teile	88,3619	9	9,81799	492,291	2,456	signifikant
Prüfer	3,1673	2	1,58363	79,406	3,555	signifikant
Wechselwirkung	0,3590	18	0,01994	0,434	1,778	nicht signifikant
Messeinrichtung	2,7589	60	0,04598			
Gesamt	94,6471	89				

Teile und Prüfer

Beide F-Werte liegen weit über dem kritischen Wert. Die Teile unterscheiden sich, die Prüfer auch.

Wechselwirkung

0,434 liegt unter 1,778. Das Modell wird deshalb ohne Wechselwirkung neu gerechnet.

Heft 10, Anhang D.2. Vertrauensniveau 95 %. Werte stimmen mit der Tabelle im Heft überein.

VERFAHREN 2 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Ohne Wechselwirkung neu rechnen

`SSE* = 2,7589 + 0,3590 = 3,1179`

`DFE* = 60 + 18 = 78`

`MSE* = 3,1179 / 78 = 0,03997`

Quadratsumme und Freiheitsgrade der Wechselwirkung werden der Messeinrichtung zugeschlagen. Teile und Prüfer werden jetzt gegen MSE* geprüft.

Einflussgröße	SS	DF	MS	F	F krit	Urteil
Teile	88,3619	9	9,81799	245,614	2,002	signifikant
Prüfer	3,1673	2	1,58363	39,617	3,114	signifikant
Messeinrichtung	3,1179	78	0,03997			
Gesamt	94,6471	89				

Im Formblatt steht für diesen Schritt in der Zeile Wechselwirkung das Wort »pooling«.

VERFAHREN 2 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Von den mittleren Quadraten zu den Streuungen

$$EV = \sqrt{MSE*} = \sqrt{0{,}03997} = 0{,}19993$$

$$AV = \sqrt{((MSA - MSE*) / (n \cdot r))} = \sqrt{((1{,}58363 - 0{,}03997) / 30)} = 0{,}22684$$

$$PV = \sqrt{((MSP - MSE*) / (k \cdot r))} = \sqrt{((9{,}81799 - 0{,}03997) / 9)} = 1{,}04233$$

$$GRR = \sqrt{(EV^2 + AV^2)} = \sqrt{(0{,}03997 + 0{,}05146)} = 0{,}30237$$

Jeder Prüfermittelwert beruht auf n · r = 30 Messwerten, jeder Teilemittelwert auf k · r = 9. Deshalb die Nenner 30 und 9.

Heft 10, Anhang D.2. Ergebnisse stimmen mit dem Heft überein.

VERFAHREN 2 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Das Ergebnis im Verhältnis zur Toleranz

Anteil	Streuung	Anteil an T
Messeinrichtung EV	0,19993	14,99 %
Prüfer AV	0,22684	17,01 %
Messprozess GRR	0,30237	22,68 %
Teile PV	1,04233	78,17 %
Gesamt TV	1,08530	81,40 %

`%GRR = 6 · 0,30237 / 8 = 22,68 %`

%GRR 22,68 % · über 10 bis 30 % · bedingt fähig

Der Anteil an T ist 6 · Streuung / T. Die Prozentwerte von EV und AV ergeben zusammen nicht 22,68 %. Standardabweichungen addieren sich über ihre Quadrate.

Urteil: bedingt fähig. Der Messprozess darf nur mit Auflage eingesetzt werden und ist zu verbessern.

Heft 10, Kapitel 4.2 und Anhang D.2. Grenzen nach Stand 11.2019. Ergebnis stimmt mit dem Heft überein.

VERFAHREN 2 · DEUTUNG

Der Prüfer wiegt schwerer als das Gerät

BEFUND

AV größer als EV

Die Unterschiede zwischen den Prüfern (17,01 %) übersteigen die Streuung der Einrichtung (14,99 %). Prüfer C misst im Mittel 0,44 kleiner als Prüfer A.

WO ANSETZEN

Zuerst bei der Handhabung

Ein großer Prüferanteil spricht für Einweisung, festgelegte Messstelle und eindeutige Aufnahme. Ein großer Geräteanteil spräche für das Messmittel selbst.

NACH AIAG MSA

Bezug auf die Gesamtstreuung

GRR / TV ergibt 27,86 %. Die Zahl der unterscheidbaren Klassen ist 1,41 · PV / GRR = 4,87, gerundet 5. Beides liegt an der Grenze.

`Tmin = 6 · GRR / 10 % = 18,1`

So groß müsste die Toleranz sein, damit dieser Messprozess ohne Auflage fähig wäre.

Heft 10, Kapitel 4.2 und Anhang D.1. Mittelwerte der Prüfer und Tmin aus den Daten gerechnet.

VERFAHREN 2 · AUS DER PRAXIS

Sechs Fehler, die das Ergebnis verfälschen

Feste Reihenfolge

Wer die Teile immer in derselben Folge misst, erinnert sich an seine Werte. Die Wiederholpräzision wird zu gut.

Messreihen vermischt

Die zweite Messreihe beginnt erst, wenn die erste abgeschlossen ist. Sonst ist es keine unabhängige Wiederholung.

Ausgesuchte Teile

Die Teile kommen zufällig aus der Serie. Handverlesene Gutteile zeigen nicht, was im Alltag gemessen wird.

Falsche Prüfer

Es messen die Bediener, die später auch messen. Der Messtechniker allein liefert ein zu gutes Bild.

Messstelle offen

Bei unrunden oder ungleichmäßigen Teilen misst jeder woanders. Die Formabweichung landet dann in GRR.

Spannweitenmethode

Sie erkennt keine Wechselwirkung zwischen Prüfer und Teil. Das Heft empfiehlt sie nicht mehr.

Aus den Anforderungen in Heft 10, Kapitel 4.2 und Anhang D.3 abgeleitet

VERFAHREN 2 · ÜBUNG

Jetzt selbst rechnen

Einflussgröße	SS in µm²	DF
Teile	20586,483	9
Prüfer	39,433	2
Wechselwirkung	60,567	18
Messeinrichtung	52,500	30

Durchmesser 6,000 mm, Toleranz 60 µm. 10 Teile, 3 Prüfer, 2 Messreihen.

Die 60 Einzelwerte stehen auf der nächsten Folie. Zur Kontrolle lassen sie sich im Modul MSA Verfahren 2 auf **my8data.com** eingeben.

1. Ist die Wechselwirkung signifikant?
2. Wie groß ist MSE* nach dem Zusammenlegen?
3. Wie groß sind EV, AV und GRR?
4. Wie lauten %GRR und das Urteil?
5. Ab welcher Toleranz wäre der Messprozess fähig?

Hilfe

`F krit für 18 und 30 DF = 1,960`

`AV = √((MSA − MSE*) / (n · r))`

Daten aus Heft 10, Kapitel 4.2, Formblatt zu Verfahren 2. Quadratsummen daraus gerechnet. Lösung auf der übernächsten Folie.

VERFAHREN 2 · ÜBUNG

Die 60 Messwerte der Übung

Teil	A1	A2	B1	B2	C1	C2
1	6,029	6,030	6,033	6,032	6,031	6,030
2	6,019	6,020	6,020	6,019	6,020	6,020
3	6,004	6,003	6,007	6,007	6,010	6,006
4	5,982	5,982	5,985	5,986	5,984	5,984
5	6,009	6,009	6,014	6,014	6,015	6,014
6	5,971	5,972	5,973	5,972	5,975	5,974
7	5,995	5,997	5,997	5,996	5,995	5,994
8	6,014	6,018	6,019	6,015	6,016	6,015
9	5,985	5,987	5,987	5,986	5,987	5,986
10	6,024	6,028	6,029	6,025	6,026	6,025

Heft 10, Kapitel 4.2, Formblatt zu Verfahren 2. Werte in mm. A1 ist Prüfer A, Messung 1. Lösung auf der nächsten Folie.

VERFAHREN 2 · LÖSUNG

Knapp ohne Wechselwirkung, bedingt fähig

F = (60,567 / 18) / (52,500 / 30) = 3,365 / 1,750 = 1,92 · unter 1,960

MSE* = (52,500 + 60,567) / (30 + 18) = 2,3556 µm²

EV = √2,3556 = 1,535 µm · AV = √((19,717 − 2,3556) / 20) = 0,932 µm

GRR = √(2,3556 + 0,8681) = 1,795 µm · %GRR = 6 · 1,795 / 60 = 17,95 %

%GRR 17,95 % · bedingt fähig

Fähig erst ab T = 60 · GRR = 108 µm

Das Formblatt im Heft weist dieselben Werte aus. Der größere Anteil kommt hier von der Einrichtung (15,35 %), nicht von den Prüfern (9,32 %).

Formeln nach Heft 10, Anhang D.2. Ergebnis stimmt mit dem Formblatt in Kapitel 4.2 überein.

VERFAHREN 2 · MASSNAHMEN

Nicht fähig. Wo ansetzen?

EV GROSS

Die Messeinrichtung streut

Aufnahme, Spann- und Messkraft, Führungen und Verschleiß prüfen. Umgebung beruhigen. Robustere Einrichtung wählen oder den Mittelwert aus mehreren Messungen als Messergebnis festlegen.

AV GROSS

Die Prüfer unterscheiden sich

Einweisung und Schulung, eindeutige Verfahrensanweisung, gleiche Handhabung. Auf Handwärme und Sauberkeit achten. Am wirksamsten ist eine Einrichtung, die ohne Bedienereinfluss misst.

WECHSELWIRKUNG ODER TEIL

Das Teil spielt mit

Messstelle und Bezug festlegen. Formfehler, Grate und Waschrückstände beachten. Dann messen alle Prüfer an derselben Stelle dasselbe.

Im Beispiel aus dem Heft ist AV der größere Anteil, dort also bei den Prüfern ansetzen. Nach jeder Maßnahme Verfahren 2 wiederholen. Reicht es weiterhin nicht, Toleranz prüfen und über eine Freigabe mit Auflage entscheiden.

Stichpunkte aus Heft 10, Anhang A (Checklisten) und Kapitel 6. Zuordnung zu EV und AV ist eigene Auslegung.

VERTIEFUNG · KAPITEL 3

Verfahren 3 im Detail

Wiederhol- und Vergleichpräzision ohne Bedienereinfluss

Wenn die Einrichtung allein misst. 25 Serienteile, zwei Messreihen und eine Varianzanalyse, die auf zwei Zeilen schrumpft, am Formblatt aus dem Heft nachgerechnet.

Heft 10, Kapitel 4.3 und Anhang D

my8data.com

VERFAHREN 3 · ZIEL UND ABGRENZUNG

Was Verfahren 3 beantwortet und was nicht

DAS BEANTWORTET ES

Streuung an Serienteilen, ohne Bediener

Wie stark streuen die Messwerte, wenn eine Einrichtung echte Serienteile wiederholt misst und kein Bediener das Ergebnis beeinflussen kann? Bezogen auf die Toleranz.

DAS BEANTWORTET ES NICHT

Die Lage und den Bediener

Ob die Einrichtung den richtigen Wert trifft (Verfahren 1), wie sich mehrere Bediener unterscheiden (Verfahren 2) und ob sie im ganzen Messbereich und über die Zeit stimmt (Verfahren 4 und 5).

Verfahren 3 ist ein Sonderfall von Verfahren 2 mit einem einzigen Prüfer, der Einrichtung selbst. Verfahren 1 kommt zeitlich davor.

VERFAHREN 3 · VORAUSSETZUNGEN

Wann der Bediener nicht mitmisst

Kein Bedienereinfluss liegt üblicherweise vor, wenn

- Spannmittel die Lage des Teils eindeutig vorgeben
- der Bediener die Spannkräfte nicht beeinflussen kann
- Messablauf und Auswertung vollautomatisch ablaufen, ohne Eingriff

Entscheidung im Einzelfall

Eine allgemeingültige Abgrenzung gibt es nicht. Die Prüfung gehört vor die Untersuchung. Im Zweifel gilt Verfahren 2.

Die Messobjekte

Mindestens 25 Serienteile, zufällig ausgewählt und wiederholbar messbar. Die Merkmalswerte liegen möglichst innerhalb der Toleranz.

Ohne geeignete Serienteile ist auch Verfahren 3 nicht durchführbar. Dann braucht es ein Sonderverfahren, das dokumentiert wird.

VERFAHREN 3 · DURCHFÜHRUNG

In fünf Schritten zu 50 Messwerten

1 Kopfdaten festhalten
Einrichtung, Merkmal, Toleranz, Umgebung

→

2 Teile wählen
mindestens 25 Serienteile, zufällig

→

3 Messreihe 1
alle Teile in zufälliger Reihenfolge messen

→

4 Messreihe 2
dieselben Teile nochmals, neu gemischt

→

5 Auswerten
Varianzanalyse mit Software

Wie in der Serie

Jedes Teil wird für jede Messung neu zugeführt und gespannt. Die zweite Messreihe beginnt erst, wenn die erste abgeschlossen ist.

Andere Umfänge

Die AIAG MSA empfiehlt drei Messungen je Teil. Fehlen Teile, gleichen mehr Messreihen das aus. Es bleiben mindestens 50 Messwerte und nie weniger als 5 Teile.

VERFAHREN 3 · AUSWERTUNG

Was von der Varianzanalyse übrig bleibt

Freiheitsgrade	Verfahren 2	Verfahren 3
Teile	9	24
Prüfer	2	entfällt
Wechselwirkung	18	entfällt
Messeinrichtung	30	25
Gesamt	59	49

Standardumfang mit zwei Messreihen. Verfahren 2 mit 10 · 3 · 2, Verfahren 3 mit 25 · 1 · 2 Messwerten.

```
EV = √MSE
```

```
GRR = EV
```

```
PV = √((MSP − MSE) / r)
```

```
%GRR = 6 · GRR / T
```

Mit k = 1 fallen Prüfer und Wechselwirkung weg. Die ganze Messprozessstreuung ist Wiederholpräzision.

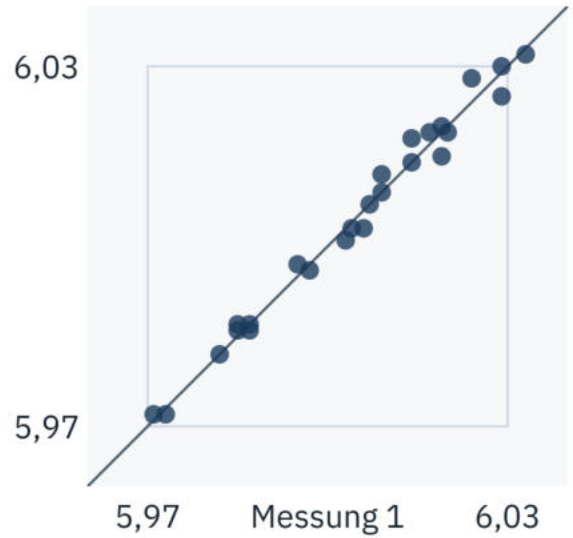
Heft 10, Anhang D.2, Auswertung von Verfahren 3, und Anhang D.5

VERFAHREN 3 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Das Beispiel: 25 Teile, 2 Messreihen, 50 Messwerte

Merkmal	Durchmesser 6,000 mm
Toleranz T	0,060 mm (± 0,030 mm)
Auflösung	0,001 mm
Teile n	25
Messungen je Teil r	2
Herkunft	Formblatt im Heft, Seite 17

Die 50 Werte stehen auf der nächsten Folie. Sie lassen sich im Modul MSA Verfahren 3 auf **my8data.com** eingeben und nachrechnen.



Jeder Punkt ist ein Teil

Nach rechts Messung 1, nach oben Messung 2, in mm

Diagonale: beide Messungen gleich

Rahmen: Toleranz 5,970 bis 6,030 mm

Entlang der Diagonale streuen die Teile, quer dazu streut die Einrichtung.

Heft 10, Kapitel 4.3, Formblatt zu Verfahren 3. Streubild nach Anhang D.1 aus den Daten gezeichnet.

VERFAHREN 3 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Die 50 Messwerte des Beispiels

Teil	Messung 1	Messung 2	Teil	Messung 1	Messung 2	Teil	Messung 1	Messung 2
1	6,029	6,030	10	6,024	6,028	18	6,019	6,015
2	6,019	6,020	11	6,033	6,032	19	5,987	5,986
3	6,004	6,003	12	6,020	6,019	20	6,029	6,025
4	5,982	5,982	13	6,007	6,007	21	6,017	6,019
5	6,009	6,009	14	5,985	5,986	22	6,003	6,001
6	5,971	5,972	15	6,014	6,014	23	6,009	6,012
7	5,995	5,997	16	5,973	5,972	24	5,987	5,987
8	6,014	6,018	17	5,997	5,996	25	6,006	6,003
9	5,985	5,987						

Teil 19 steht im Heft mit zweimal 5,987, das Zeilenmittel daneben lautet 5,9865. Die Ergebnisse des Formblatts passen nur zu einer Differenz von 0,001 mm, deshalb hier 5,986.

Heft 10, Kapitel 4.3, Formblatt zu Verfahren 3. Werte in mm. Teil 19 nach den Ergebnissen des Formblatts berichtigt.

VERFAHREN 3 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Die ANOVA-Tabelle des Beispiels

Einflussgröße	SS in µm²	DF	MS in µm²	F	F krit	Urteil
Teile	15091,120	24	628,797	291,1	1,964	signifikant
Messeinrichtung	54,000	25	2,160			
Gesamt	15145,120	49				

Teile

Der F-Wert liegt weit über dem kritischen Wert. Die Einrichtung unterscheidet die Teile deutlich.

Messeinrichtung

Die Differenzen zwischen Messung 1 und 2 ergeben quadriert und summiert 108 µm². Die Hälfte davon ist die Quadratsumme, geteilt durch 25 das mittlere Quadrat.

Zwei Zeilen statt vier. Keine Prüfer, keine Wechselwirkung, kein Zusammenlegen.

Aus den 50 Messwerten gerechnet, das Formblatt zeigt keine Quadratsummen. MS der Messeinrichtung stimmt mit dem Heft überein. Vertrauensniveau 95 %.

VERFAHREN 3 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Das Ergebnis im Verhältnis zur Toleranz

Anteil	Streuung in mm	Anteil an T
Messeinrichtung EV	0,00147	14,70 %
Messprozess GRR	0,00147	14,70 %
Teile PV	0,01770	177,01 %
Gesamt TV	0,01776	177,62 %

EV ist die Wurzel aus 2,160 µm², also 1,470 µm. Einen Prüferanteil gibt es nicht, GRR ist gleich EV.

`%GRR = 6 · 0,00147 / 0,060 = 14,70 %`

%GRR 14,70 % · über 10 bis 30 % · bedingt fähig

Die Auflösung beträgt 1,67 % der Toleranz und liegt damit unter der Grenze von 5 %.

Urteil: bedingt fähig. Das Formblatt im Heft weist dieselben Werte aus.

Heft 10, Kapitel 4.3, Formblatt zu Verfahren 3. Grenzen nach Stand 11.2019. Ergebnis stimmt mit dem Formblatt überein.

VERFAHREN 3 · DEUTUNG

Gut getrennte Teile, trotzdem nur bedingt fähig

BEFUND

Allein die Einrichtung

GRR besteht nur aus EV. Das 95-%-Vertrauensintervall für %GRR reicht von 11,5 bis 20,3 %. Auch die günstigste Lesart bleibt über 10 %.

WO ANSETZEN

Einrichtung oder Teil

Ohne Prüfer bleiben zwei Quellen. Die Einrichtung mit Aufnahme und Umgebung, und das Teil selbst, etwa ein ungleichmäßiges Merkmal. Die Differenzen je Teil zeigen, welche es ist.

NACH AIAG MSA

Bezug auf die Gesamtstreuung

GRR / TV ergibt 8,27 %. Die Zahl der unterscheidbaren Klassen ist 1,41 · PV / GRR = 17. Nach diesem Maßstab wäre der Messprozess fähig.

$$T_{min} = 6 \cdot GRR / 10\,\% = 0{,}088\ mm$$

So groß müsste die Toleranz sein, damit dieser Messprozess ohne Auflage fähig wäre. Vorhanden sind 0,060 mm.

Heft 10, Kapitel 4.3 und Anhang D.1. Vertrauensgrenzen, ndc und Tmin stehen im Formblatt. GRR / TV aus den Daten gerechnet.

VERFAHREN 3 · AUS DER PRAXIS

Sechs Fehler, die das Ergebnis verfälschen

Bediener übersehen

Verfahren 3 gewählt, obwohl Einlegen oder Spannen von Hand das Ergebnis beeinflusst. Im Zweifel gilt Verfahren 2.

Teil bleibt gespannt

Wer zweimal misst, ohne das Teil neu zuzuführen, blendet Aufnahme und Spannen aus. Die Streuung wird zu klein.

Messreihen vermischt

Die zweite Messreihe beginnt erst nach Abschluss der ersten, in neu gemischter Reihenfolge.

Zu wenige Teile

Weniger als 25 Teile ohne zusätzliche Messreihen. Das Ergebnis steht auf zu wenigen Messwerten und wird unsicher.

Teil verändert sich

Verformung, Abrieb oder Erwärmung durch die Messung. Dann ist das Teil nicht wiederholbar messbar.

Falsche K-Faktoren

Bei der Spannweitenmethode hängen K1 und K3 von Teilezahl und Messungen ab. Das Heft empfiehlt die Methode nicht mehr.

Aus den Anforderungen in Heft 10, Kapitel 4.3, Anhang D.4 und D.5 abgeleitet

VERFAHREN 3 · ÜBUNG

Jetzt selbst rechnen

Merkmal	Bauteilhöhe 12,500 mm
Toleranz T	0,100 mm (± 0,050 mm)
Einrichtung	automatische Messstation
Umfang	25 Teile, 2 Messreihen
Summe der d²	1409 µm²

d ist die Differenz zwischen Messung 1 und Messung 2 eines Teils.

Die 50 Einzelwerte stehen auf der nächsten Folie. Zur Kontrolle lassen sie sich im Modul MSA Verfahren 3 auf **my8data.com** eingeben.

1. Wie groß ist EV?
2. Wie lauten %GRR und das Urteil?
3. Ab welcher Toleranz wäre der Messprozess fähig?
4. Welche Teile fallen in den Rohdaten auf?
5. Was ist als Nächstes zu tun?

Hilfe

$$EV = \sqrt{(\text{Summe der } d^2 \;/\; (2 \cdot n))}$$

$$\%GRR = 6 \cdot EV \;/\; T$$

Eigener Übungsdatensatz, nicht aus dem Heft. Formeln nach Heft 10, Anhang D.2. Lösung auf der übernächsten Folie.

VERFAHREN 3 · ÜBUNG

Die 50 Messwerte der Übung

Teil	Messung 1	Messung 2	Teil	Messung 1	Messung 2	Teil	Messung 1	Messung 2
1	12,526	12,521	10	12,498	12,504	18	12,525	12,545
2	12,484	12,488	11	12,504	12,502	19	12,479	12,481
3	12,479	12,484	12	12,517	12,518	20	12,504	12,499
4	12,504	12,499	13	12,507	12,509	21	12,513	12,508
5	12,500	12,495	14	12,499	12,492	22	12,474	12,480
6	12,510	12,517	15	12,513	12,509	23	12,472	12,469
7	12,531	12,507	16	12,478	12,474	24	12,497	12,498
8	12,506	12,502	17	12,507	12,510	25	12,525	12,529
9	12,507	12,506						

Eigener Übungsdatensatz, nicht aus dem Heft. Werte in mm. Lösung auf der nächsten Folie.

VERFAHREN 3 · LÖSUNG

Nicht fähig, und zwei Teile tragen den Befund

EV = √(1409 / 50) = √28,18 = 5,308 µm

%GRR = 6 · 5,308 / 100 = 31,85 %

Fähig erst ab T = 60 · EV = 318,5 µm

Teil 7: d = 24 µm · Teil 18: d = −20 µm · zusammen 976 von 1409 µm²

%GRR 31,85 % · über 30 % · nicht fähig

Teile 7 und 18 tragen 69 % der Summe

Die übrigen 23 Teile allein ergäben 18,41 %. Gestrichen wird trotzdem nichts. Erst die Ursache an den Teilen 7 und 18 klären, dann die Untersuchung wiederholen.

Formeln nach Heft 10, Anhang D.2. Eigener Übungsdatensatz, Ergebnis per Varianzanalyse nachgerechnet.

VERFAHREN 3 · MASSNAHMEN

Nicht fähig. Wo ansetzen?

ALLE TEILE STREUEN ÄHNLICH

Die Einrichtung streut

Aufnahme, Spann- und Messkraft, Antastelemente, Führungen und Verschleiß prüfen. Schwingungen, Temperatur und Schmutz fernhalten. Sonst robustere Einrichtung wählen.

EINZELNE TEILE FALLEN AUF

Das Teil spielt mit

Ungleichmäßiges Merkmal, Formfehler, Grat oder Waschrückstände. Messstelle und Bezug eindeutig festlegen, Teile reinigen, Lage in der Aufnahme sichern.

MESSREIHE 2 LIEGT VERSETZT

Etwas ändert sich mit der Zeit

Erwärmung, Drift oder ein Teil, das sich durch die Messung verändert. Warmlaufphase einhalten, Temperatur angleichen, Stabilität mit Verfahren 5 überwachen.

Nach jeder Maßnahme Verfahren 3 wiederholen. Zeigt sich doch ein Bedienereinfluss, gilt Verfahren 2. Reicht es weiterhin nicht, Toleranz prüfen und über eine Freigabe mit Auflage entscheiden.

Stichpunkte aus Heft 10, Kapitel 4.3, Anhang A und Kapitel 6. Zuordnung zu den Mustern in den Daten ist eigene Auslegung.

VERTIEFUNG · VERFAHREN 7

Verfahren 7 im Detail

Prüfentscheide bei diskreten Merkmalen

Wenn es keine Messwerte gibt, nur Entscheidungen. Referenzlos, Grenzmuster und die Kenngröße Kappa, am Beispiel aus dem Heft Schritt für Schritt nachgerechnet.

Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G

VERFAHREN 7 · ZIEL UND ABGRENZUNG

Was Verfahren 7 beantwortet und was nicht

DAS BEANTWORTET ES

Eindeutige Prüfentscheide

Kommen die Prüfer bei wiederholter Prüfung derselben Teile zum selben Entscheid, jeder für sich, untereinander und im Vergleich zur Referenz? Für Sichtprüfung, Lehren und Prüfautomaten.

DAS BEANTWORTET ES NICHT

Wie breit die Grauzone ist

In welchem Bereich um die Grenze die Entscheide unsicher werden, zeigt Verfahren 6. Es braucht dafür Referenzteile mit Messwerten und bezieht das Ergebnis auf die Toleranz.

Verfahren 7 funktioniert mit und ohne Messwerte der Referenzteile. Bewertet wird die Übereinstimmung der Entscheide, bereinigt um den Zufall.

VERFAHREN 7 · VORAUSSETZUNGEN

Das Referenzlos entscheidet über die Aussage

Vergleichsstandard

Ein Grenzmusterkatalog zeigt alle Eigenschaften, die der Prüfprozess erkennen soll. Als Teile, Fotos oder Klangmuster.

Größe

100 bis 200 Referenzteile sind empfohlen. Die AIAG MSA verlangt mindestens 50.

Zusammensetzung

Alle relevanten Eigenschaften sind vertreten, so häufig wie in der Produktion der letzten drei Monate.

Verdeckte Kennzeichnung

Jedes Teil ist eindeutig identifizierbar, aber nicht für die Prüfer. Etwa durch Codes oder UV-Beschriftung.

Die Referenzkategorie jedes Teils steht vor der Prüfung fest und ist dokumentiert. Gibt es Messwerte, kommt sie aus der Messung.

VERFAHREN 7 · DURCHFÜHRUNG

In fünf Schritten zu 450 Prüfentscheiden

1 Referenzlos
Teile einordnen, Kategorie dokumentieren

→

2 Prüfer einweisen
geschult, mit Prüfmittel und Verfahren der Serie

→

3 Durchlauf 1
alle Teile in zufälliger, unbekannter Reihenfolge

→

4 Durchlauf 2 und 3
jedes Mal neu gemischt

→

5 Auswerten
Kappa für vier Vergleiche

Mit Prüfereinfluss

Sichtprüfung oder Lehre von Hand. Mindestens 3 Prüfer mit je mindestens 3 Durchläufen. Bei 50 Teilen sind das 450 Entscheide.

Ohne Prüfereinfluss

Prüfautomat. Handhabung und Urteil des Personals spielen keine Rolle. Empfohlen sind mindestens 6 Durchläufe.

VERFAHREN 7 · AUSWERTUNG

Kappa: Übereinstimmung ohne den Zufall

$$\kappa = (P_{Obs} - P_{Exp}) / (1 - P_{Exp})$$

PObs, beobachtet

Anteil der übereinstimmenden Bewertungspaare an allen möglichen Paaren, je Teil gezählt.

PExp, zufällig erwartet

Anteil, der bei reinem Raten zu erwarten wäre. Er folgt aus der Häufigkeit der Kategorien.

Ein Teil, neun Entscheide

7 mal in Ordnung, 2 mal nicht in Ordnung. Übereinstimmende Paare: 7 · 6 + 2 · 1 = 44. Mögliche Paare: 9 · 8 = 72.

κ = 1 · alle Entscheide stimmen überein

κ = 0 · nicht besser als geraten

Auch wer mit verbundenen Augen prüft, stimmt oft überein. Diesen Anteil zieht Kappa ab.

Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G.1. Auswertung nach Fleiss.

VERFAHREN 7 · AUSWERTUNG

Vier Vergleiche, ein Urteil

Vergleich	Was eingeht	je Teil	Die Frage dahinter
Innerhalb der Prüfer	die Durchläufe eines Prüfers	3	Bleibt er bei seinem Entscheid?
Zwischen den Prüfern	alle Durchläufe aller Prüfer	9	Entscheiden alle gleich?
Jeder Prüfer gegen Referenz	ein Durchlauf und die Referenz	2	Trifft der Prüfer die Referenz?
Alle Prüfer gegen Referenz	Mittelwert über die Prüfer		Trifft die Gruppe die Referenz?

Das Urteil

Für die Gesamtbewertung zählt der kleinste aller Kappa-Werte. Ab 0,9 fähig, ab 0,7 bedingt fähig, darunter nicht fähig.

Fleiss oder Cohen

Das Heft rechnet nach Fleiss, die AIAG MSA nach Cohen. Verlangt der Kunde Cohen, wird nach AIAG MSA ausgewertet.

Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G.2. Spalte »je Teil«: Entscheide je Teil bei 3 Prüfern mit je 3 Durchläufen. Grenzen nach Stand 11.2019.

VERFAHREN 7 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Das Beispiel: 50 Teile, 3 Prüfer, 450 Entscheide

Merkmal	Oberflächengüte, Sichtprüfung
Vergleichsstandard	Grenzmusterkatalog
Referenzteile	50, davon 34 in Ordnung
Prüfer	3, hier A, B und C
Durchläufe je Prüfer	3
Kategorien	2, in Ordnung oder nicht

Alle Entscheide stehen auf der nächsten Folie. Sie lassen sich im Modul MSA Verfahren 7 auf **my8data.com** eingeben und nachrechnen.



Teile mit einheitlichem Entscheid in allen Durchläufen. Bei 11 der 50 Teile sind sich die neun Entscheide nicht einig.

Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G.2, Beispiel mit Daten nach AIAG MSA. Balken aus den Daten gezählt.

VERFAHREN 7 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Die Prüfdaten des Beispiels

Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B
1	1	111	111	111	11	1	111	111	111	21	1	110	101	010	31	1	111	111	111	41	1	111	111
2	1	111	111	111	12	0	000	000	010	22	0	001	010	110	32	1	111	111	111	42	0	000	000
3	0	000	000	000	13	1	111	111	111	23	1	111	111	111	33	1	111	111	111	43	1	101	111
4	0	000	000	000	14	1	110	111	100	24	1	111	111	111	34	0	001	001	011	44	1	111	111
5	0	000	000	000	15	1	111	111	111	25	0	000	000	000	35	1	111	111	111	45	0	000	000
6	1	110	110	100	16	1	111	111	111	26	0	010	000	001	36	1	110	111	101	46	1	111	111
7	1	111	111	101	17	1	111	111	111	27	1	111	111	111	37	0	000	000	000	47	1	111	111
8	1	111	111	111	18	1	111	111	111	28	1	111	111	111	38	1	111	111	111	48	0	000	000
9	0	000	000	000	19	1	111	111	111	29	1	111	111	111	39	0	000	000	000	49	1	111	111
10	1	111	111	111	20	1	111	111	111	30	0	000	001	000	40	1	111	111	111	50	0	000	000

1 heißt in Ordnung, 0 nicht in Ordnung. Ref ist die Referenz. Unter A, B und C stehen die drei Durchläufe des Prüfers nacheinander, 110 also in Ordnung, in Ordnung, nicht in Ordnung.

Heft 10, Anhang G.2, Prüfdaten nach AIAG MSA. 50 Referenzwerte und 450 Entscheide.

VERFAHREN 7 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Zwischen den Prüfern, Schritt für Schritt

```
Entscheide: 148 mal 0 · 302 mal 1 · zusammen 450
```

```
PExp = (148 / 450)² + (302 / 450)² = 0,1082 + 0,4504 = 0,5586
```

```
PObs = 3272 / (50 · 9 · 8) = 3272 / 3600 = 0,9089
```

```
κ = (0,9089 − 0,5586) / (1 − 0,5586) = 0,7936
```

3272 ist die Zahl der übereinstimmenden Bewertungspaare. Ein Teil mit neun gleichen Entscheiden trägt 9 · 8 = 72 bei, ein Teil mit 7 zu 2 nur 44.

Heft 10, Anhang G.2, Teilauswertung »Zwischen den Prüfern«. Ergebnisse stimmen mit dem Heft überein.

VERFAHREN 7 · BEISPIEL AUS DEM HEFT

Acht Kappa-Werte, der kleinste zählt

Vergleich	Prüfer A	Prüfer B	Prüfer C	Alle Prüfer
Ohne Referenz: innerhalb und zwischen	0,7600	0,8451	0,7029	0,7936
Gegen die Referenz	0,8802	0,9226	0,7747	0,8592

Minimum 0,7029 · Prüfer C innerhalb · von 0,7 bis unter 0,9 · bedingt fähig

Ein Wert über 0,9

Nur Prüfer B erreicht gegen die Referenz die Grenze für fähig. Alle anderen Werte liegen im Bereich bedingt fähig.

Knapp an der unteren Grenze

0,7029 liegt nur 0,003 über der Grenze zu nicht fähig. Ein einziger weiterer abweichender Entscheid von Prüfer C würde das Urteil kippen.

Urteil: bedingt fähig. Das Formblatt im Heft weist dieselben acht Werte aus.

Heft 10, Kapitel 5.2, Formblatt zu Verfahren 7. Grenzen nach Stand 11.2019. Alle Werte nachgerechnet, sie stimmen mit dem Heft überein.

VERFAHREN 7 · DEUTUNG

Wo die Uneinigkeit herkommt

BEFUND

Prüfer C schwankt am meisten

Er bewertet 10 der 50 Teile nicht in allen Durchläufen gleich (κ 0,70) und trifft die Referenz am schlechtesten (κ 0,77).

WO ANSETZEN

Bei den strittigen Teilen

11 Teile werden nicht einheitlich bewertet. Die Teile 21, 22 und 34 bewertet jeder der drei Prüfer mal so und mal so. Dort ist das Grenzmuster nicht eindeutig.

ANTEIL RICHTIG

Was die Prozentzahl verschweigt

Prüfer C bewertet 40 von 50 Teilen durchgehend richtig, also 80 %. Kappa zieht den Zufall ab und kommt auf 0,77.

80 % · 95 % sicher: 66 bis 90 %

Bei 50 Teilen ist der Vertrauensbereich breit. Auch deshalb empfiehlt das Heft 100 bis 200 Referenzteile.

Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G.3 (Anzahl richtig und Vertrauensbereich aus der Software-Auswertung). Strittige Teile aus den Daten gezählt.

VERFAHREN 7 · AUS DER PRAXIS

Sechs Fehler, die das Ergebnis verfälschen

Bekannte Teile

Erkennen die Prüfer ein Teil an Nummer oder Auffälligkeit, erinnern sie sich an ihren Entscheid. Kappa wird zu gut.

Feste Reihenfolge

Die Reihenfolge wird für jeden Durchlauf neu ausgelost und bleibt den Prüfern unbekannt.

Zu kleines Los

Unter 50 Teilen hängt das Urteil an einzelnen Entscheiden. Empfohlen sind 100 bis 200.

Fehlerbilder fehlen

Im Los müssen alle Eigenschaften vorkommen, die erkannt werden sollen. Fast nur Gutteile sagen wenig.

Nur Prozent richtig

Die Trefferquote enthält die zufälligen Übereinstimmungen. Bewertet wird nach Kappa.

Zu viele Kategorien

Drei oder mehr Kategorien in einem Schritt machen unsicher. Mehrstufig bewerten ist meist zuverlässiger.

Aus den Anforderungen in Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G abgeleitet

VERFAHREN 7 · ÜBUNG

Jetzt selbst rechnen

Kappa	A	B	C	Alle
Ohne Referenz	0,9314	1,0000	gesucht	0,7857
Gegen Referenz	0,9659	0,7980	0,8611	0,8750

Sichtprüfung einer Dichtfläche auf Kratzer. 20 Referenzteile, davon 12 in Ordnung. 3 Prüfer mit je 3 Durchläufen.

Alle Entscheide stehen auf der nächsten Folie. Zur Kontrolle lassen sie sich im Modul MSA Verfahren 7 auf **my8data.com** eingeben.

1. Wie groß ist Kappa innerhalb von Prüfer C?
2. Wie lautet das Gesamturteil?
3. Worin unterscheiden sich Prüfer B und Prüfer C?
4. Wo ist bei beiden anzusetzen?

Hilfe zu Prüfer C

```
60 Entscheide: 24 mal 0, 36 mal 1

16 Teile einheitlich, 4 Teile 2 zu 1

mögliche Paare je Teil: 3 · 2 = 6
```

Eigener Übungsdatensatz, nicht aus dem Heft. Zum Rechnen von Hand auf 20 Teile verkleinert. Lösung auf der übernächsten Folie.

VERFAHREN 7 · ÜBUNG

Die Prüfdaten der Übung

Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B	C	Teil	Ref	A	B	C
1	1	111	111	111	6	0	000	000	000	11	0	000	000	010	16	0	000	000	001
2	1	111	111	110	7	1	101	111	111	12	1	111	111	111	17	1	111	111	111
3	0	000	000	000	8	0	000	000	000	13	0	000	000	000	18	0	000	000	000
4	1	111	000	111	9	1	111	111	101	14	1	111	000	111	19	1	111	111	111
5	1	111	111	111	10	1	111	111	111	15	1	111	111	111	20	0	000	000	000

1 heißt in Ordnung, 0 nicht in Ordnung. Ref ist die Referenz. Unter A, B und C stehen die drei Durchläufe des Prüfers nacheinander.

Eigener Übungsdatensatz, nicht aus dem Heft. 20 Referenzwerte und 180 Entscheide. Lösung auf der nächsten Folie.

VERFAHREN 7 · LÖSUNG

Bedingt fähig, aus zwei verschiedenen Gründen

$$P_{Exp} = (24 / 60)^2 + (36 / 60)^2 = 0{,}16 + 0{,}36 = 0{,}52$$

$$P_{Obs} = (16 \cdot 6 + 4 \cdot 2) / (20 \cdot 6) = 104 / 120 = 0{,}8667$$

$$\kappa = (0{,}8667 - 0{,}52) / (1 - 0{,}52) = 0{,}7222$$

Minimum 0,7222 · Prüfer C innerhalb · bedingt fähig

Prüfer B gegen Referenz 0,7980

Prüfer C schwankt bei vier Teilen, ihm fehlt Sicherheit bei Grenzfällen. Prüfer B ist sich immer einig, bewertet aber die Teile 4 und 14 jedes Mal anders als die Referenz. Bei ihm ist das Grenzmuster zu klären.

Formeln nach Heft 10, Anhang G.1. Eigener Übungsdatensatz, alle acht Werte nachgerechnet.

VERFAHREN 7 · MASSNAHMEN

Nicht fähig. Wo ansetzen?

INNERHALB NIEDRIG

Der Prüfer schwankt

Grenzfälle sind für ihn nicht entscheidbar. Grenzmuster schärfen, Licht, Abstand und Prüfzeit festlegen, Ermüdung und Zeitdruck prüfen.

ZWISCHEN NIEDRIG

Die Prüfer legen verschieden aus

Jeder ist sich einig, nur nicht mit den anderen. Gemeinsame Einweisung am Katalog, strittige Teile gemeinsam bewerten, Anweisung eindeutig fassen.

GEGEN REFERENZ NIEDRIG

Einig, aber anders als die Referenz

Referenzkategorie der strittigen Teile prüfen, Katalog ergänzen. Bei mehr als zwei Kategorien mehrstufig bewerten.

Nach jeder Maßnahme Verfahren 7 wiederholen. Reicht es weiterhin nicht, ein anderes Prüfmittel wählen, etwa eine automatische oder messende Prüfung, oder die Konstruktion ändern.

Maßnahmen nach Heft 10, Kapitel 5.2 und Anhang G.4. Zuordnung zu den Vergleichen ist eigene Auslegung.