

FÄHIG, STABIL, BEHERRSCHT – IST DAS EIGENTLICH NOCH NORMAL?

DR. WOLFGANG SCHULTZ | Q-DAS GMBH



Bei der Diskussion über die Prozessfähigkeit werden wir mit den 3 im Titel genannten Begriffen konfrontiert. Ist das nicht eigentlich alles dasselbe oder gibt es da etwa doch Unterschiede?

In unserem Fachbeitrag "Prozessfähigkeit – Eine kurze Erläuterung" haben wir das Grundprinzip der Prozessfähigkeitsanalyse erläutert. Mit diesem Beitrag möchten wir daran anknüpfen und die Bedeutung der drei genannten Begriffe näher beleuchten. Wir hatten in dem vorherigen Fachbeitrag die Normalverteilung und die Berechnung einer auf ihr beruhenden Fähigkeitskennzahl vorgestellt. Kurz angerissen hatten wir, dass in der Realität eine Reihe von Prozessen über einen kurzen Betrachtungszeitraum recht gut durch eine Normalverteilung

angenähert werden kann. Dies ist als empirische Erkenntnis für viele typische Produktionsprozesse - Drehen, Fräsen, Bohren, Ablängen, Schleifen und einige andere - zutreffend.

Wir hatten aber auch schon den Ausblick gegeben, dass es über einen längeren Zeitraum beobachtet in den meisten Fällen zu mehr oder weniger großen Abweichungen von der Normalverteilung kommt. Nahezu alle realen Prozesse sind einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt, die die im vorherigen Beitrag diskutierten rein zufälligen Streuungen überlagern. Man denke an Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht oder Sommer und Winter, unterschiedliche Materialchargen, Werkzeugverschleiß oder auch einfach den Bedienerinfluss. Dabei können sich die Parameter der Verteilung über die Zeit betrachtet zufällig und/oder systematisch ändern. In jedem Falle wird die Gesamtstreuung aller Werte größer werden. Die Verteilung aller Einzelwerte zusammen kann unterschiedlichste Formen annehmen, z. B. abgeflacht, steil, schief, mehrgipflig, aber auch normalverteilt. In der nachfolgenden Grafik ist beispielhaft eine der zahlreichen möglichen Varianten dargestellt.

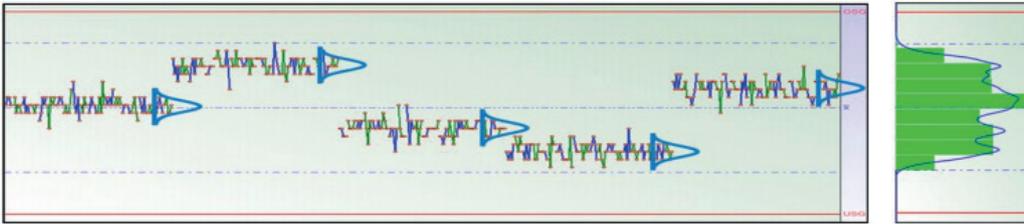


Abbildung 1 Werteverlauf und Histogramm eines Prozesses mit z. B. chargenabhängigen Mittelwertsprüngen

Der Prozess ist eindeutig nicht stabil, aber, wenn sich die Mittelwertsprünge weiterhin in dem bestehenden Rahmen halten, offensichtlich fähig. Quasi als Antwort darauf gibt es in der deutschen Norm DIN 55350-11 bereits seit den 80er Jahren eine Definition für ein "beherrschtes Prozessmerkmal".

3.11.1

beherrschtes Prozessmerkmal

Prozessmerkmal, bei dem sich die Parameter der Verteilung der Merkmalswerte praktisch nicht oder nur in bekannter Weise oder in bekannten Grenzen ändern

Der Prozess ist eindeutig nicht stabil, aber, wenn sich die Mittelwertsprünge weiterhin in dem bestehenden Rahmen halten, offensichtlich fähig. Quasi als Antwort darauf gibt es in der deutschen Norm DIN 55350-11 bereits seit den 80er Jahren eine Definition für ein "beherrschtes Prozessmerkmal".

Die Definition lässt erkennen, dass die Verfasser der Norm sich im Klaren waren, gewisse Instabilitäten eines Prozesses in Kauf nehmen zu müssen und zu wollen, wenn sie denn die in der Definition genannten Bedingungen erfüllen.

Nichts anderes ist übrigens der Grund, warum in der Six Sigma-Methode eine maximale "Shift" von +/- 1,5 σ berücksichtigt wird. Dies trägt eben aus empirischer Erkenntnis heraus der Tatsache Rechnung, dass reale Prozesse zusätzlichen Schwankungen unterliegen.

Aus technischen Gründen und auf Basis von empirischen Erkenntnissen sind aber bestimmten Merkmalsarten auch andere typische Verteilungen zuzuordnen - unter der Voraussetzung, dass deren Parameter konstant sind, also i. A. bei Kurzzeitbetrachtung. Eine solche Zuordnung ist beispielsweise im Daimler Leitfaden LF 1236 dokumentiert. Eine technische Begründung wird in unserem Seminar 013-STM "Prozessfähigkeitsuntersuchung" gegeben.

Merkmal		Auswerteverfahren	Merkmal		Auswerteverfahren
Formtoleranzen			Lagetoleranzen		
Symbol ¹	tolerierte Eigenschaft		Symbol ¹	tolerierte Eigenschaft	*)
—	Geradheit	B1	//	Parallellität	B1
▭	Ebenheit	B1	⊥	Rechtwinkligkeit	B1
○	Rundheit	B1	∠	Neigung	B1
⊘	Zylinderform	B1	⊕	Position	B2
⌒	Linienform	B1	◎	Koaxialität/ Konzentrität	B2
⌒	Flächenform	B1	≡	Symmetrie	B1
			↷	Rundlauf/ Gesamtrundlauf	B1/B2
			↻	Planlauf/ Gesamt Planlauf	B1
			Sonstige		
			Rz	Rauheit	B1
			⊙	Unwucht	B2
			↔	Längenmaße	N

*) N = Normalverteilung

B1 = Betragsverteilung 1. Art

B2 = Betragsverteilung 2. Art

Tabelle A-1: Merkmal mit Auswerteverfahren

Abbildung 2 Tabelle A-1 aus Daimler Leitfaden LF 1236

Die Betragsverteilungen 1. und 2. Art sehen z.B. so aus:

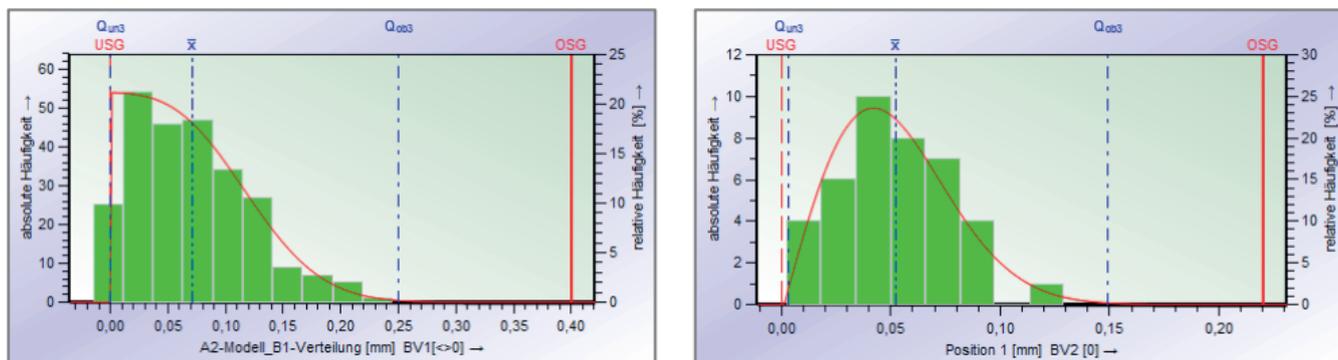


Abbildung 3 Beispiele für Betragsverteilungen 1. und 2. Art

Auch hier ist aber zu erwarten, dass aufgrund der zahlreichen Einflüsse auf den Prozess sich die Parameter dieser mathematisch abbildbaren Verteilungen über die Zeit hinweg verändern und zu mehr oder minder großen Abweichungen von der zugeordneten Verteilungsform führen.

Ungeachtet dieser Realitäten legen die angloamerikanischen Regelwerke (SPC-Manuals von AIAG, IATF 16949) jeweils einen stabilen (stable, in a state of statistical control) Prozess zugrunde. Die Definition von stabil lautete dort nahezu identisch wie sie aktuell in der DIN ISO 22514-1 gegeben ist:

3.1.21

stabiler Prozess

<konstanter Mittelwert>

(en: stable process, process in a state of statistical control <constant mean>)

Prozess (3.1.2), der nur zufälligen Streuungsursachen (3.1.19) unterliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine stabile Fertigung ist eine Fertigung mit stabilen Prozessen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein stabiler Prozess verhält sich im Allgemeinen so, als wenn die aus dem Prozess gezogenen Stichproben zu jeder Zeit einfache Zufallsstichproben aus derselben Grundgesamtheit sind.

Für Prozesse, die nach dieser Definition nicht stabil sind, dürfen laut den entsprechenden Regelwerken (Normen und Firmen-/Verbandsrichtlinien) keine Fähigkeitskennwerte C_p und C_{pk} angegeben werden, sondern nur die Leistungskennwerte P_p , P_{pk} . Das große P steht für Performance (Leistung).

Dass diese Beschränkung auf die hypothetische Stabilität für die Praxis untauglich ist, wurde im Jahre 1997 in der unter Qualitätsfachleuten als "Nowack-Studie" bekannten Untersuchung der Firma Daimler bestätigt. In dieser Studie waren nur ungefähr 2 % von 1000 untersuchten Prozessen stabil gemäß der genannten Definition. Eine Veröffentlichung über die Studie in der QZ Jahrg. 44 (1999) 6 titelte dann auch "Nur scheinbar instabil" und mündete in dem Vorschlag, die Definition des Begriffes "stabil" im Prinzip auf die Definition von "beherrscht" zu erweitern.

Auf dieser Grundlage wurde ein deutsches Normungsprojekt aufgelegt, aus dem heraus im März 2002 die DIN 55319 veröffentlicht wurde. In dieser Norm wurden zwei weitere Begriffe definiert, die dieser Erkenntnis Rechnung tragen.

3.16.1

Prozesseigenstreuung (en: inherent process variability)

Streuung (3.16) der Werte eines beherrschten Prozessmerkmals (3.14)

ANMERKUNG Es können unterschiedliche Streuungsmaße benutzt werden, z. B. die Standardabweichung oder die Spannweite.

3.16.2

Prozessgesamtstreuung (en: total process variability)

Streuung (3.16) der Werte eines Prozessmerkmals (3.12.2), zusammengesetzt aus der Prozesseigenstreuung (3.16.1) und aus Streuungen aufgrund zugelassener anderer Einflüsse

Ausgehend von den beiden grundlegenden Modellen - Normalverteilung und unimodale Nicht-Normalverteilung - werden in der Norm die möglichen Kombinationen von Veränderungen der Parameter Lage und Streuung betrachtet. Die Klassifikation

ist in der folgenden Matrix dargestellt. Diese ist der aktuell gültigen Version der Norm DIN ISO 22514-2 entnommen.

Prozess- standard- abweichung $s(t)$	Prozessmittelwert $\mu(t)$							
	konstant			nicht konstant				
		A			C			
A1		A2	C1		C2	C3	C4	
konstant	Kurzzeitverteilung	normal- verteilt	nicht normal- verteilt – unimodal	Lage	zufällig	zufällig	systematisch (z. B. Trend)	systematisch und zufällig (z. B. losweise)
				Kurzzeit- verteilung	normal- verteilt	normal- verteilt	normal- verteilt	normal- verteilt
				resul- tierende Verteilung	normal- verteilt	nicht normal- verteilt – unimodal	beliebige Form	beliebige Form (z. B. multimodal)
nicht konstant	resultierende Verteilung	B		resul- tierende Verteilung	D			
		beliebige Form – unimodal			beliebige Form			

Abbildung 4 Tabelle 1 aus DIN ISO 22514-2 Klassifizierung der zeitanhängigen Verteilungsmodelle

Für die resultierenden Verteilungszeitmodelle werden in der Norm verschiedene Berechnungsmöglichkeiten für die QualitätsFÄHIGKEITSindizes “beherrschter Prozesse” dargestellt.

Parallel mit diesem nationalen Normungsprojekt wurde ein internationales Normungsprojekt mit den gleichen Inhalten angestoßen. Auf internationaler Ebene setzten sich darin die Verfechter der “stabilen” Prozesse durch und es wurde die Unterscheidung “Prozessfähigkeit (capability)” für stabile und “Prozessleistung (performance)” für nicht stabile Prozesse eingeführt. Als Ergebnis erschien die ISO 21747. Die Benennung “beherrscht” wurde synonym mit “stabil” verwendet, die Definition von “beherrscht” entfiel. ISO 21747 wurde dann rückübersetzt ins Deutsche, im Jahr 2007 als DIN ISO 21747 veröffentlicht und die DIN 55319 zurückgezogen. Das bedeutete, nur wenn der Prozess stabil gemäß der o. g. Definition 3.1.21 ist, dürfen Fähigkeitsindizes (C_p, C_{pk}) angegeben werden. Das betrifft also nur die beiden Prozessmodelle A1 und A2 in Bild 4. In allen anderen Fällen dürfen nur Leistungsindizes (P_p, P_{pk}) angegeben werden, d. h. auch in den Fällen, in denen ein Prozess zwar nicht stabil gemäß 3.1.21, aber beherrscht gemäß 3.1.20 ist. C_p und C_{pk} müssten damit zu Sammlerobjekten mit Seltenheitswert mutieren.

Damit war nun ein Dilemma entstanden. Zumindest in Deutschland war es schon lange üblich, die zusätzlichen Streuungen der realen Prozesse zu berücksichtigen und “beherrschte” Prozesse durch die Anwendung von Qualitätsregelkarten mit erweiterten Eingriffsgrenzen oder Annahmeregeln zu überwachen (deren Zielsetzungen und Prinzip werden wir in einem weiteren Artikel erläutern). Solange die darauf basierenden Eingriffsgrenzen nicht verletzt werden, gelten die Prozesse als fähig. Das allerdings widerspricht der Stabilitätsforderung der DIN ISO 21747. Als eine Art zivilen Ungehorsam haben einige deutsche Hersteller die genannte Vorgehensweise beibehalten, z. B. Daimler, VW, Bosch. Zwar wird in den Firmenrichtlinien normkonform zwischen C und P unterschieden, aber in den Auswertestrategien in qs-STAT werden auch für Regelkarten mit erweiterten Eingriffsgrenzen C-Werte ausgewiesen. Die gute Nachricht: Auf die Ermittlung der Zahlenwerte für C und P hat das keinerlei Einfluss.

Bei der Überarbeitung der ISO 21747 und Herausgabe als ISO 22514-1 haben die deutschen Vertreter im zuständigen ISO Gremium TC 69 darauf bestanden, den Begriff “beherrscht” wieder von stabil zu unterscheiden und die alte Definition wieder

aufzunehmen. Diese wird allerdings in der Norm nur abgedruckt, im Weiteren aber überhaupt nicht verwendet. Wir haben wenigstens in einer nationalen Fußnote auf diese Entwicklung hingewiesen.

3.1.20

beherrschtes Produktmerkmal^{N1)}

(en: product characteristic in control)

Produktmerkmals-(3.1.7)parameter der Verteilung der Merkmalswerte, die sich praktisch nicht oder nur in bekannter Art und Weise oder innerhalb bekannter Grenzen ändern

^{N1)} Nationale Fußnote: ISO 21747:2006, 3.1.1.6, verwendete die englischen Benennungen „stable process“ und „process in a state of statistical control“ synonym, die DIN ISO 21747 mit „stabiler Prozess“ und „beherrschter Prozess“ übersetzte. Davon abweichend bezeichnet ISO 22514-1:2014, 3.1.21, nur das Verhalten nach ISO 21747:2006, 3.1.1.6, Anmerkung 1 bis 3 als „stable process“ und „process in a state of statistical control“, das DIN 22514-2 mit stabiler Prozess übersetzt. Das Verhalten nach ISO 21747:2006, 3.1.1.6, Anmerkung 4, bezeichnet ISO 22514-1:2014, 3.1.20, hingegen als „product characteristic in control“, das mit „beherrschtes Produktmerkmal“ übersetzt wird. Dieser Bedeutungswandel ist in DIN ISO 3534-2:2013-12, 2.2.7, noch nicht berücksichtigt.

Und hiermit kommen wir nochmal zurück zur Titelfrage: „Ist das eigentlich noch normal?“ oder doch Haarspalterei? Unser Fazit: Kurzfristig sind viele Prozesse näherungsweise normalverteilt. Die zusätzlichen Schwankungen insbesondere der Mittelwertlagen führen zu mehr oder weniger starken Abweichungen von der Normalverteilung. Die Beschränkung der Fähigkeitsbeurteilung in DIN ISO 22514-2 auf stabile Prozesse ist theoretischer Natur und für die Praxis untauglich. Reale Prozesse bilden sich am häufigsten im Prozessmodell C (C1 bis C4) der Norm ab. Auf viele davon trifft die Definition des „beherrschten Prozesses“ nach DIN ISO 22514-1, 3.1.20 zu. Die Akzeptanz dieser zusätzlichen Streuungen ist aus wirtschaftlichen Gründen so gut wie immer sinnvoll. Für die „Beherrschung“ des Prozesses sind Qualitätsregelkarten mit erweiterten Eingriffsgrenzen oder Annahmeregeln zweckmäßige Werkzeuge. Die Diskussion um den Namen Prozessfähigkeit oder Prozessleistung ist eher nebensächlich, da sie wie vorher bereits gesagt, keinen Einfluss auf die Aussagekraft des Zahlenwertes hat.

Einige repräsentative Konstellationen zu stabil, beherrscht und fähig zeigen wir in der nachfolgenden Grafik. Sofern in Ihrem Unternehmen individueller Klärungsbedarf zu diesem Thema besteht, sprechen Sie uns gern an.

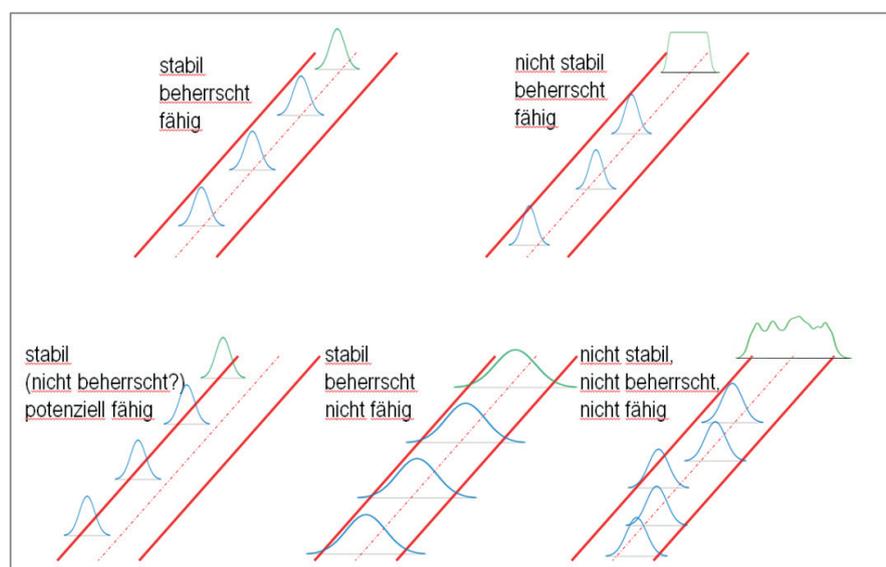


Abbildung 5 Repräsentative Beispiele zum Thema beherrscht – stabil – fähig ($C_{pk} > 1,33$)

Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Q-DAS GmbH
Eisleber Str. 2
69469 Weinheim
HexagonMI.com | q-das.de | teq.de
teq@q-das.de