

DIN ISO 7870-2

ICS 03.120.30

Ersatz für
DIN ISO 7870-2:2021-01**Regelkarten –
Teil 2: Shewhart-Regelkarten (ISO 7870-2:2013)**Control charts –
Part 2: Shewhart control charts (ISO 7870-2:2013)Cartes de contrôle –
Partie 2: Cartes de contrôle de Shewhart (ISO 7870-2:2013)

Gesamtumfang 58 Seiten

DIN-Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	7
Vorwort	8
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe und Symbole	10
3.1 Allgemeines	10
3.2 Symbole	10
4 Beschaffenheit der Shewhart-Regelkarten	12
5 Arten von Regelkarten	15
5.1 Regelkarten ohne vorgegebene Werte	15
5.2 Regelkarten in Bezug auf vorgegebene Werte	15
5.3 Arten von Variablen- und Attribut-Regelkarten	15
6 Variablen-Regelkarte	16
6.1 Mittelwert- ($\bar{X}$) und Spannweitenkarte (R) oder Mittelwert- ($\bar{X}$) und Standardabweichungskarte (s)	17
6.2 Urwert-Regelkarte (X) und Regelkarte für gleitende Spannweiten (R_m)	21
6.3 Median-Regelkarten ($\tilde{X}$)	21
6.3.1 Mediankarten	22
6.3.2 Spannweiten-Karte	22
7 Regelverfahren und Auswertung bei Variablen-Regelkarten	22
7.1 Erhebung von Vorlaufdaten	22
7.2 Untersuchung der s - (oder R -) Karte	23
7.3 Beseitigen zuweisbarer Ursachen und Überarbeitung der Karte	23
7.4 Untersuchung der X -Karte	23
7.5 Fortlaufende Prozessüberwachung	23
8 Prüfungen auf Muster bei zuweisbaren Streuungsursachen	24
9 Prozessregelung, Prozessfähigkeit und Prozessverbesserung	25
10 Attribut-Regelkarten	26
11 Vorbereitende Überlegungen vor dem Anlegen einer Regelkarte	28
11.1 Wahl der qualitätskritischen (CTQ, en: critical to quality) Merkmale, die den zu regelnden Prozess beschreiben	28
11.2 Analyse der Prozesse	28
11.3 Wahl sinnvoller Stichproben	29
11.4 Häufigkeit und Umfang von Stichproben	29
11.5 Vorbereitende Datenerhebung	29
11.6 Maßnahmenplan für nicht stabile Situationen	30
12 Schritte zur Erstellung von Regelkarten	30
12.1 Bestimmung der Strategie zur Datenerhebung	31
12.2 Datenerhebung und Berechnung	32
12.3 Grafische Darstellung der $\bar{X}$ - und R -Karte	32
13 Sorgfalt bei Shewhart-Regelkarten	33
13.1 Allgemeine Sorgfalt	33
13.2 Korrelierte Daten	34
13.3 Verwendung einer alternativen Regel zur 3-Sigma-Regel	34
Anhang A (informativ) Beispiele zur Veranschaulichung	36
A.1 Variablen-Regelkarten	36
A.2 Attribut-Regelkarten	36
A.3 Variablen-Regelkarten	36
A.3.1 $\bar{X}$ -Karte und R -Karte — μ und σ unbekannt	36

A.3.2	$\bar{X}$ -Karte und s -Karte — μ und σ gegeben durch frühere Produktionen	41
A.3.3	Regelkarten für Urwerte und gleitende Spannweiten: μ und σ nicht bekannt	43
A.3.4	Median-Karte und R -Karte: μ und σ unbekannt	44
A.4	Attribut-Regelkarten	46
A.4.1	p -Karte: kein Wert für p_0 gegeben	46
A.4.2	np -Karte — kein Wert für p_0 gegeben	50
A.4.3	c -Karte: kein Wert für c_0 gegeben	52
A.4.4	u -Karte — kein Wert für u_0 gegeben	53
Anhang B (informativ)	Praktische Anmerkungen zu den Prüfungen auf Muster für zuweisbare Ursachen	56
	Literaturhinweise	58

Bilder

Bild 1	Darstellung einer Regelkarte	12
Bild 2	Arten von Regelkarten	16
Bild 3	Beispiele für Prüfungen auf Muster für zuweisbare Ursachen	24
Bild 4	Strategie zur Prozessverbesserung	26
Bild 5	Allgemeines Format einer Variablen-Regelkarte	31
Bild 6	Systemansatz zum Aufbau von Variablen-Regelkarten	32
Bild 7	Gewöhnliche $\bar{X}$ - und R -Karte während der Frühphase einer Massenfertigung	33
Bild 8	$\bar{X}$ - und R -Karte, bei der die Regelgrenzen für die $\bar{X}$ -Karte aus der Gesamtprozessschwankung und nicht vom Mittelwert für die Spannweiten $\bar{R}$ stammen	34
Bild A.1	Eingetragene Werte	36
Bild A.2	R -Karte — Lagerdurchmesser	38
Bild A.3	$\bar{X}$ -Karte — Lagerdurchmesser	39
Bild A.4	$\bar{X}$ - und R -Karte — Lagerdurchmesser	40
Bild A.5	$\bar{X}$ -Karte und s -Karte — Masse von Batterien	42
Bild A.6	Regelkarte für Urwerte, $\bar{X}$, und gleitende Spannweite, R_m , bei Magermilchpulver	44
Bild A.7	Median-Karte und Spannweiten-Karte für die Dicke von DVDs	46
Bild A.8	p -Karte für nichtkonforme Radiotransistoren	49
Bild A.9	Neuberechnete p -Karte für nichtkonforme Radiotransistoren	50
Bild A.10	np -Karte für Schalter	52
Bild A.11	c -Karte für Daten aus der Produktion von Videobändern	53
Bild A.12	u -Karte für die Daten der Reifenproduktion	54
Bild B.1	Tests für zuweisbare Ursachen	57

Tabellen

Tabelle 1	Gleichungen für die Regelgrenzen bei Shewhart-Variablen-Regelkarten	18
Tabelle 2	Faktoren zur Berechnung der Grenzen bei Regelkarten	19
Tabelle 3	Gleichungen für Regelgrenzen bei Urwert-Regelkarten	21
Tabelle 4	Werte für A_4	22
Tabelle 5	Gleichungen für Regelgrenzen bei Shewhart-Attribut-Regelkarten	27
Tabelle A.1	Stichprobenergebnisse der Messungen des Lagerdurchmessers	37
Tabelle A.2	Ergebnisse für die Stichproben aus der Batterieherstellung	41
Tabelle A.3	Prozentualer Feuchtegehalt für 25 aufeinanderfolgende Stichproben von Magermilchpulver	43
Tabelle A.4	Daten zur Regelung der Dicke von DVDs	44
Tabelle A.5	Radiotransistoren: p -Karte (Vorlaufdaten)	46
Tabelle A.6	Radiotransistoren — Berechnungsergebnisse	48
Tabelle A.7	Vorlaufdaten: Schalter	50
Tabelle A.8	Vorlaufdaten: Videoband	52

Tabelle A.9 — Zahl der Nichtkonformitäten je Auswahlinheit
(untersuchte Auswahlheiten je Stichprobe, $n = 50$) 54

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 7870-2:2013, die vom Technischen Komitee ISO/TC 69 „Application of statistical methods“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von ANSI (Vereinigte Staaten von Amerika) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 147-00-02 AA „Angewandte Statistik“ im DIN-Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) zuständig.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3534-2:2006	siehe	DIN ISO 3534-2:2013-12
ISO 5479	siehe	DIN ISO 5479
ISO 9000:2015	siehe	DIN EN ISO 9000:2015-11
ISO 22514- 1	siehe	DIN ISO 22514-1
ISO 22514- 2	siehe	DIN ISO 22514-2
ISO 22514- 6	siehe	DIN ISO 22514-6
ISO 22514- 7	siehe	DIN ISO 22514-7

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Dieses Dokument enthält Nationale Fußnoten.

Zur Beschreibung der Verteilung der Ist-Werte eines betrachteten Merkmals werden im Englischen die Begriffe „Variation“ und „Variability“ benutzt. In DIN ISO 3534-2:2013 ist „Variation“ definiert als „Unterschiede zwischen Werten eines Merkmals“ und mit „Streuung“ übersetzt. Der Begriff „Variability“ ist weder in ISO 3534-2:2006 noch in ISO 9000:2015 definiert. Gebräuchlichen Wörterbüchern ist als Übersetzung meist „Variabilität“, „Veränderlichkeit“ oder „Schwankung“ zu entnehmen. In Verbindung mit der Anmerkung in DIN ISO 3534-2:2013-12, 2.2.1 „Die Streuung wird häufig ausgedrückt als Varianz oder Standardabweichung.“ ist dies so zu verstehen, dass „Variability“ als nicht näher spezifizierter Oberbegriff für Unterschiede zwischen Werten eines Prozesses verwendet wird, wohingegen „Variation“ in Bezug zu einem definierten Verteilungsmodell steht.

Nach Auffassung der Co-Lektoren der deutschen Übersetzung von ISO 7870-1 und ISO 7870-2 ist diese Unterscheidung im englischen Text aber nicht konsequent eingehalten worden. Für die deutsche Übersetzung wurde daher „Variability“ jeweils kontextabhängig entweder mit „Schwankungen“ oder mit „Streuung“ übersetzt.

Die in diesem Dokument verwendeten Begriffe Stichprobe (en: sample) und Untergruppe (en: subgroup) sind in DIN ISO 3534-2:2013-12 definiert und liegen sehr nahe beieinander. Sie können nahezu als synonym betrachtet werden. Eine eindeutige und konsequente Unterscheidung der Verwendung kann im englischen Text nicht immer erkannt werden. Daher wurde in der deutschen Übersetzung teilweise abweichend von der englischen Version kontextabhängig „Stichprobe“ oder „Untergruppe“ verwendet.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 7870-2:2021-01 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) in Abschnitt 4 und in Abschnitt 8 wurden jeweils in der Nationalen Fußnote Ergänzungen vorgenommen;
- b) Nationale Fußnoten wurden eingefügt in Tabelle 1, 7.4, 12.1, 13.2, 13.3, A.3.1 bis A.3.4, A.4.1 bis A.4.4;
- c) die Titel von 7.1, Abschnitt 8, 11.3 und 11.4 wurden geändert;
- d) umfassende Anpassung der Übersetzung und redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 7870-2: 2021-01

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9000:2015-11, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe*

DIN ISO 3534-2:2013-12, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 2: Angewandte Statistik*

DIN ISO 5479, *Statistische Auswertung von Daten — Tests auf Abweichung von der Normalverteilung*

DIN ISO 22514-1, *Statistische Methoden im Prozessmanagement — Fähigkeit und Leistung — Teil 1: Allgemeine Grundsätze und Begriff*

DIN ISO 22514-2, *Statistische Methoden im Prozessmanagement — Fähigkeit und Leistung — Teil 2: Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen von zeitabhängigen Prozessmodellen*

DIN ISO 22514-6, *Statistische Methoden im Prozessmanagement — Fähigkeit und Leistung — Teil 6: Prozessfähigkeitskennwerte für mehrdimensional normalverteilte Merkmale*

DIN ISO 22514-7, *Statistische Methoden im Prozessmanagement — Fähigkeit und Leistung — Teil 7: Fähigkeit von Messprozessen*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in der Erarbeitung Internationaler Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedsländer benötigt.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

ISO 7870-2 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 69, *Applications of statistical methods*, Unterkomitee SC 4, *Applications of statistical methods in process management*, erarbeitet.

Diese erste Ausgabe ersetzt ISO 8258:1991, die technisch überarbeitet wurde.

ISO 7870 besteht unter dem allgemeinen Titel *Regelkarten* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: *Allgemeiner Leitfaden*
- Teil 2: *Shewhart-Regelkarten*
- Teil 3: *Annahmeregeln*
- Teil 4: *CUSUM-Regelkarten*
- Teil 5: *Fachbezogene Regelkarten*

EWMA-Regelkarten werden im künftigen Teil 6 behandelt.

Einleitung

Eine traditionelle Sichtweise auf die Herstellung besteht darin, sich bei der Herstellung eines Produkts auf die Fertigung zu verlassen und auf die Qualitätsabteilung, um das Endprodukt zu untersuchen und Einheiten auszusortieren, die den Spezifikationen nicht entsprechen. Dieser Vorgang ist häufig verschwenderisch und unwirtschaftlich, da eine Überprüfung erst dann stattfindet, wenn die fehlerhafte Produktion bereits erfolgte. Stattdessen ist es wesentlich effektiver, eine Präventivstrategie zur Vermeidung von Ausschuss anzustreben, indem von vornherein keine unbrauchbaren Produkte hergestellt werden. Dies kann durch die Sammlung von Prozessinformationen und deren Analyse geschehen, so dass zeitnah Maßnahmen ergriffen werden können, die den Prozess als solchen betreffen.

Im Jahr 1924 schlug Dr. Walter Shewhart die Regelkarte als grafisches Mittel zur Anwendung statistischer Signifikanzprinzipien auf die Regelung eines Prozesses vor. Die Regelkarten-Theorie kennt zwei Arten von Schwankungen. Die erste ist eine willkürliche Schwankung aufgrund „zufälliger Ursachen“ (auch bekannt als „allgemeine/natürliche/zufällige/inhärente/nicht regelbare Ursachen“). Sie tritt aufgrund einer Vielzahl von Ursachen auf, die dauerhaft vorhanden und schwer zu identifizieren sind, wobei jede dieser Ursachen nur einen sehr kleinen Anteil an der Gesamtstreuung hat und nicht wesentlich zu dieser beiträgt. Trotzdem ist die Summe der Beiträge all dieser nicht identifizierbaren zufälligen Ursachen messbar und wird als dem Prozess inhärent angenommen. Die Beseitigung oder Korrektur zufälliger Ursachen dürfte wohl eine Entscheidung bezüglich der Zuweisung von Ressourcen erfordern, um Prozess und System grundlegend zu ändern.

Die zweite Art von Schwankungen stellt eine tatsächliche Prozessänderung dar. Solch eine Änderung kann einigen identifizierbaren Ursachen zugeordnet werden, die nicht inhärenter Bestandteil des Prozesses sind, und, zumindest theoretisch, beseitigt werden können. Diese identifizierbaren Ursachen werden als „zuweisbare Ursachen“ (auch bekannt als „spezielle/nicht natürliche/systematische/regelbare Ursachen“) bezeichnet. Sie können Ursachen wie z. B. der mangelhaften Einheitlichkeit des Werkstoffs, einem defekten Werkzeug, der Arbeitsausführung oder den Verfahrensweisen, einer unregelmäßigen Leistung der Ausrüstung oder umgebungsbedingten Änderungen zugeschrieben werden.

Ein Prozess wird als statistisch beherrscht oder einfach als „beherrscht“ angesehen, wenn die Schwankung des Prozesses nur aufgrund zufälliger Ursachen auftritt. Wenn dieses Streuungsniveau festgestellt wurde, wird angenommen, dass jede Abweichung von diesem Niveau das Ergebnis zuweisbarer Ursachen ist, die festgestellt und beseitigt werden sollten.

Die statistische Prozesslenkung ist eine Methode zur Einführung und Aufrechterhaltung eines Prozesses auf einem hinreichenden und stabilen Niveau, das die Konformität der Produkte und Dienstleistungen bezüglich festgelegter Anforderungen sicherstellt. Das hauptsächliche statistische Werkzeug, um das zu erreichen, ist die Regelkarte, die eine grafische Methode zur Darstellung und für den Vergleich von Informationen auf Grundlage einer Abfolge von Beobachtungen ist und den aktuellen Stand des Prozesses gegenüber Grenzen darstellt, die unter Berücksichtigung der inhärenten Schwankung des Prozesses – sogenannte „Prozessfähigkeit“ – eingeführt wurden. Die Regelkarten-Methode unterstützt hauptsächlich bei der Beurteilung, ob ein Prozess den Zustand eines beherrschten Prozesses erreicht hat oder beibehält. Wenn ein Prozess in diesem Zustand als stabil und vorhersagbar gilt, kann eine weitergehende Analyse bezüglich der Fähigkeit des Prozesses, die Anforderungen des Kunden zufriedenzustellen, durchgeführt werden. Die Regelkarte kann zugleich genutzt werden, um die fortlaufende Aufzeichnung eines Qualitätsmerkmals eines Prozessergebnisses während des laufenden Prozesses bereitzustellen. Regelkarten helfen bei der Entdeckung von unnatürlichen Streuungsmustern in Daten, die aus sich wiederholenden Prozessen stammen, und stellen Kriterien zur Entdeckung mangelnder Prozessbeherrschung bereit. Die Nutzung einer Regelkarte und deren sorgfältige Analyse führen zu einem besseren Prozessverständnis und resultieren häufig in der Identifikation von Wegen zu wertvollen Verbesserungen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm stellt eine Anleitung dar für die Anwendung und das Verständnis des Shewhart-Regelkarten-Ansatzes im Rahmen der Methoden zur statistischen Prozesslenkung.

Diese Internationale Norm ist begrenzt auf die Anwendung von Methoden zur statistischen Prozessregelung, die das System der Shewhart-Regelkarten nutzen. Einige zusätzliche Materialien, die mit dem Shewhart-Ansatz vereinbar sind, wie z. B. die Verwendung von Warngrenzen, die Analyse von Trendmustern und die Prozessfähigkeit, werden kurz eingeführt. Dennoch gibt es verschiedene andere Arten von Durchführungsmodi für Regelkarten, für die ISO 7870-1 eine allgemeine Beschreibung enthält.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3534-2, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics*

ISO 16269-4, *Statistical interpretation of data — Part 4: Detection and treatment of outliers*

ISO 5479, *Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution*

ISO 22514 (all parts), *Statistical methods in process management — Capability and performance*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3534-2:2006.

3.2 Symbole

ANMERKUNG Die ISO/IEC-Richtlinien machen es notwendig, von der üblichen SPC-Anwendung in Bezug auf die Unterscheidung zwischen Abkürzungen und Formelzeichen abzuweichen. In ISO-Normen können sich ein abgekürzter Begriff und dessen Formelzeichen auf zweierlei Arten voneinander unterscheiden: durch Schriftart und Anordnung. Um zwischen Abkürzungen und Symbolen zu unterscheiden, werden Abkürzungen in aufrechtstehenden Buchstaben der Schriftart Cambria und Formelzeichen in Cambria oder Griechisch, wie jeweils zutreffend, in kursiv dargestellt. Formelzeichen bestehen nur aus einem einzigen Buchstaben, wohingegen Abkürzungen mehrere Buchstaben enthalten können. So gilt z. B. für den Begriff „obere Regelgrenze“ die herkömmliche Abkürzung UCL, woraus als Formelzeichen in einer Gleichung jedoch U_{CL} wird. Der Grund dafür liegt darin, eine Fehlinterpretation von zusammengesetzten Buchstaben als Multiplikation zu vermeiden.

In Fällen mit schon langfristig eingeführten Vorgehensweisen, in denen ein Formelzeichen und/oder eine Abkürzung bei verschiedenen Anwendungen verschiedene Bedeutungen annehmen kann, ist es erforderlich, einen Feldbegrenzer zu verwenden, d. h. $\langle \rangle$, um zwischen diesen zu unterscheiden. Das verhindert die Entfremdung praktischer Anwender durch unbekannte Abkürzungen und Formelzeichen auf deren Spezialgebiet, die sich von sämtlichen Bezugstexten, Betriebshandbüchern und zugehörigen Software-Programmen unterscheiden. Ein Beispiel ist die Abkürzung „R“ und das Formelzeichen „R“, die beide verschiedene Dinge in der Metrologie und bei der Annahmestichprobenprüfung sowie der statistischen Prozessregelung bezeichnen. Die Abkürzung „R“ wird daher wie folgt unterschieden:

R (Messtechnik)	Wiederholgrenze
R (SPC und Annahmestichprobenprüfung)	Spannweite

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Formelzeichen.

n	Stichprobenumfang; Zahl der Beobachtungen je Stichprobe
k	Anzahl der Stichproben
L	Mindestwert
L_{CL}	untere Regelgrenze
U	Höchstwert
U_{CL}	obere Regelgrenze
X	gemessenes Qualitätsmerkmal (Einzelwerte werden als $(X_1, X_2, X_3, \dots)$ angegeben). Gelegentlich wird für X auch das Formelzeichen Y verwendet
$\bar{X}$	(X quer) Mittelwert der Stichprobe
$\overline{\bar{X}}$	(X doppelquer) Mittelwert der Stichproben
μ	wahrer Prozessmittelwert
σ	wahrer Wert der Standardabweichung in einem Prozess
σ_0	gegebener Wert für σ
$\tilde{X}$	Median einer Stichprobe
$\overline{\tilde{X}}$	Mittelwert der Stichproben-Mediane
R	Spannweite: Differenz zwischen der größten und der kleinsten Beobachtung einer Stichprobe
$\bar{R}$	Mittelwert der R-Werte für sämtliche Stichproben
R_m	gleitende Spannweite: Absolutwert der Differenz zweier aufeinanderfolgender Werte $ X_1 - X_2 , X_2 - X_3 $ usw.
$\bar{R}_m$	Mittelwert der $(n - 1)$ R_m -Werte in einer Reihe von mit n beobachteten Werten
s	aus den Werten einer Stichprobe ermittelte Standardabweichung: $s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$
$\bar{s}$	Mittelwert aus den Standardabweichungen der Stichproben
$\hat{\sigma}$	geschätzter Wert für die Standardabweichung eines Prozesses
p	Anteil der Einheiten mit gegebener Klassifizierung in einer Stichprobe
$\bar{p}$	Mittelwert des Anteils
np	Anzahl der Einheiten mit gegebener Klassifizierung in einer Stichprobe
p_0	gegebener Wert für p
np_0	gegebener Wert für np (bei gegebenem p_0)
c	Anzahl der Ereignisse in einer Stichprobe
c_0	gegebener Wert für c
$\bar{c}$	Mittelwert der Werte c sämtlicher Stichproben

u	Anzahl der Ereignisse je Einheit einer Stichprobe
$\bar{u}$	Mittelwert der Werte für u
u_0	gebener Wert für u

4 Beschaffenheit der Shewhart-Regelkarten

Eine Shewhart-Regelkarte ist ein Diagramm, das zur Darstellung einer aus Variablen oder attributiven Daten gewonnenen statistischen Kenngröße verwendet wird. Die Regelkarte erfordert Daten von sinnvollen Stichproben, die in annäherungsweise regelmäßigen Abständen aus einem Prozess gezogen werden. Die Abstände dürfen zeitlich (z. B. stündlich) oder mengenbezogen (jedes Los) festgelegt werden. Normalerweise werden die Daten in Form von Stichproben oder Untergruppen gewonnen, die aus demselben Prozessmerkmal, Produkt oder derselben Dienstleistung mit denselben messbaren Einheiten und demselben Stichprobenumfang bestehen. Aus jeder Stichprobe werden ein oder mehrere Stichprobenmerkmale, wie z. B. der Stichprobenmittelwert $\bar{X}$ und die Stichproben-Spannweite R , die Standardabweichung s oder ein zählbares Merkmal wie der Anteil der Einheiten mit einer gegebenen Klassifizierung, abgeleitet.

Eine Shewhart-Regelkarte besteht aus der Darstellung der Werte eines gegebenen Stichprobenmerkmals je Stichprobennummer. Sie hat eine Mittellinie (CL, en: center line), die einem Referenzwert für das dargestellte Merkmal darstellt. Bei der Untersuchung, ob der Prozess beherrscht ist oder nicht, ist der Referenzwert normalerweise der Mittelwert der betrachteten statistischen Kenngröße. Bei der Prozessregelung kann der Referenzwert der langfristige anzustrebende Zielwert des Merkmals sein, wie in den Produktspezifikationen angegeben; ein Wert für das abzubildende Merkmal, der auf zuvor gemachten Erfahrungen mit dem Prozess als einem stabilen Prozess oder auf vorausgesetzten Sollwerten für das Produkt oder die Dienstleistung beruht.

Die Regelkarte hat zwei statistisch ermittelte Grenzklinien, je eine auf jeder Seite der Mittellinie, die als „obere Regelgrenze“ (U_{CL}) und „untere Regelgrenze“ (L_{CL}) bezeichnet werden (siehe Bild 1).^{N1}

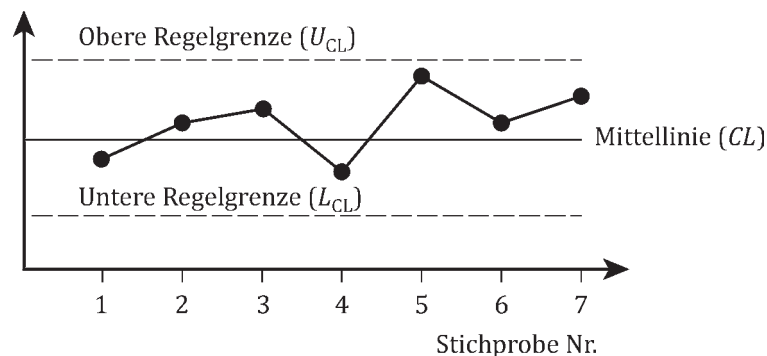


Bild 1 — Darstellung einer Regelkarte

Die Regelgrenzen einer Shewhart-Regelkarte sind in einem Abstand von 3 Sigma beiderseits der Mittellinie angeordnet, wobei Sigma die bekannte oder geschätzte Standardabweichung des Prozesses ist. Shewhart wählte die 3-Sigma-Grenzen, da es ihm in Bezug auf die Abwägung zwischen der Suche nach prozessbezogenen Problemen, wenn solche Probleme nicht vorhanden sind, und der Vernachlässigung dieser Problemsuche, wenn der Prozess nicht die geforderte Leistung erbringt, wirtschaftlich sinnvoll erschien. Eine zu enge

N1 Nationale Fußnote: In der englischen Referenzfassung heißt es „Mittellinie (CL)“. Die Abkürzung CL für en: Centre Line – Mittellinie darf jedoch nicht mit dem Index CL – en: Control Limit verwechselt werden. Daher müsste es „Mittellinie (CL)“ heißen.

Anordnung der Grenzen an der Mittellinie führt zu vielen Recherchen bezüglich nicht vorhandener Probleme und ein zu großer Abstand erhöht das Risiko des Nichterkennens eines vorhandenen Problems. Unter der Annahme, dass die abgebildete Kenngröße ungefähr normalverteilt ist, geben die 3-Sigma-Regelgrenzen unter der Voraussetzung, dass es sich um einen stabilen Prozess handelt, an, dass sich ungefähr 99,7 % der Werte für die Kenngröße innerhalb dieses Bereichs befinden. Anders betrachtet besteht ein Risiko von 0,3 % oder es liegt im Mittel bei drei zu tausend, dass sich bei einem beherrschten Prozess ein abgebildeter Punkt außerhalb der unteren oder oberen Regelgrenze befindet. Die Formulierung „ungefähr“ wird verwendet, da Abweichungen von den zugrundeliegenden Voraussetzungen, wie z. B. der Verteilungsform der Daten, die Wahrscheinlichkeitswerte beeinflussen. In der Tat hängt die Wahl von k -Sigma-Regelgrenzen anstelle der 3-Sigma-Regelgrenzen von den Kosten für die Nachprüfung ab und für den Fall, dass keinerlei Maßnahmen ergriffen werden, vom Verhältnis des Ergreifens angemessener Maßnahmen im Vergleich zu den Auswirkungen.

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass einige Anwender anstelle der 3 einen Faktor von 3,09 verwenden, um für die Wahrscheinlichkeit einen Nennwert von 0,2 % bereitzustellen oder einen Mittelwert von einer ungünstigen Beobachtung je Tausend; Shewhart wählte jedoch die 3, um nicht der Annahme genauer Wahrscheinlichkeiten zu erliegen. In gleicher Weise verwenden einige Anwender tatsächliche Wahrscheinlichkeitswerte für die Karten, basierend auf Nicht-Normalverteilungen, wie z. B. für Spannweiten und den Anteil nicht-konformer Einheiten. Auch hier verwendete die Shewhart-Regelkarte die ± 3 -Sigma-Grenzen, um die empirische Auswertung hervorzuheben.

Die Möglichkeit, dass eine Verletzung der Grenzen tatsächlich eher ein Zufallsereignis als ein richtiges Signal darstellt, wird als so gering eingeschätzt, dass für den Fall, dass ein Punkt außerhalb der Grenzen erscheint, Maßnahmen ergriffen werden sollten. Da Maßnahmen an diesem Punkt erforderlich sind, werden die 3-Sigma-Grenzen gelegentlich auch als die „Eingriffsgrenzen“ bezeichnet.

Häufig ist es von Vorteil, auch 2-Sigma-Grenzen in der Karte zu kennzeichnen. Dadurch kann jeder Stichprobenwert, der außerhalb der 2-Sigma-Grenzen liegt, als Warnhinweis für eine bevorstehende, nicht mehr beherrschte Situation dienen. Daher werden die 2-Sigma-Grenzen gelegentlich auch als „Warn Grenzen“ bezeichnet. Während in der Folge solch eines Warnhinweises auf der Regelkarte keinerlei Maßnahmen erforderlich sind, kann es sein, dass einige Anwender unverzüglich eine weitere Stichprobe derselben Größe auswählen, um zu ermitteln, ob eine Korrekturmaßnahme erforderlich ist.

Wenn der Zustand eines Prozesses unter Verwendung von Regelkarten bewertet wird, sind zwei Arten von Fehlern möglich. Der Fehler erster Art tritt auf, wenn der betrachtete Prozess eigentlich stabil ist, sich jedoch ein einzelner eingetragener Punkt zufällig außerhalb der Regelgrenzen befindet. Als Ergebnis gibt die Karte ein Signal aus, das zu der falschen Schlussfolgerung führt, dass der Prozess nicht mehr stabil sei. Nachfolgend fallen Kosten bei dem Versuch an, die Ursache für ein nicht vorhandenes Problem zu finden.

Der Fehler zweiter Art tritt auf, wenn der betrachtete Prozess nicht stabil ist, der abgebildete Punkt jedoch zufällig innerhalb der Grenzen liegt. In diesem Fall stellt die Karte kein Signal bereit und es wird fälschlicherweise angenommen, dass der Prozess stabil ist. Im Zusammenhang mit dem Nichtentdecken einer Änderung der Prozesslage oder der Streuung des Prozesses, als deren Ergebnisse die Herstellung nichtkonformer Produkte stehen könnte, können gleichfalls erhebliche Kosten entstehen. Das Risiko des Auftretens eines solchen Fehlers ist eine Funktion dreier Dinge: des Abstands der Regelgrenzen, des Stichprobenumfangs und des Grades, zu dem der Prozess nicht mehr stabil ist. Im Allgemeinen kann dadurch, dass nichts zum Ausmaß der Prozessänderung bekannt ist, nur wenig zur tatsächlichen Größe des Risikos für diesen Fehler festgestellt werden.

Da es im Allgemeinen unmöglich ist, in jeder Situation eine sinnvolle Schätzung bezüglich des Risikos und der Kosten für den Fehler zweiter Art zu geben, wurde das System der Shewhart-Regelkarten entworfen, um den Fehler erster Art zu kontrollieren. Unter der Voraussetzung einer Normalverteilung und der Verwendung von 3-Sigma-Regelgrenzen beträgt die Wahrscheinlichkeit für diesen Fehler erster Art 0,3 %. Anders ausgedrückt: Dieser Fehler wird bei 1 000 Stichproben nur etwa 3-mal auftreten, wenn es sich um einen stabilen Prozess handelt.

Tatsächlich hängt die Wahl von k -Sigma-Grenzen anstelle von 3-Sigma-Grenzen von den Kosten für die Untersuchung und das Ergreifen entsprechender Maßnahmen ab, im Verhältnis zu den Auswirkungen für den Fall, dass keinerlei Maßnahmen ergriffen werden.

Wenn ein Prozess stabil ist, bietet die Regelkarte eine Methode, die in vielerlei Hinsicht analog zum dauerhaften Prüfen einer statistischen Nullhypothese ist, die besagt, dass der Prozess sich nicht geändert hat und stabil bleibt. Da es in Phase 1 häufig zu Unsicherheiten bezüglich solcher Eigenschaften wie der Wahrscheinlichkeitsverteilung des interessierenden Merkmals kommt und Zufälligkeit und die spezifischen Abweichungen des Prozessmerkmals vom Sollwert, der von Bedeutung ist, normalerweise nicht im Vorfeld festgelegt werden, sollte die Shewhart-Regelkarte nicht als eine Prüfung der Hypothese im eigentlichen Wortsinn betrachtet werden. Walter Shewhart betonte den empirischen Nutzen der Regelkarte beim Erkennen der Abweichung von einem „stabilen“ Prozess und maß dem Treffen von Wahrscheinlichkeitsaussagen wenig Bedeutung bei.

Wenn ein abgebildeter Wert außerhalb einer Regelgrenze liegt oder eine Folge von Werten ein ungewöhnliches Muster, wie das in Abschnitt 8 erörterte, aufweist, kann der Prozess nicht länger als stabil gelten. Wenn dies auftritt, wird eine Untersuchung zur Bestimmung einer zuweisbaren Streuungsursache eingeleitet und der Prozess darf angehalten oder justiert werden. Wenn die zuweisbare Streuungsursache ermittelt und beseitigt wurde, wird der Prozess fortgesetzt. Wie vorstehend erörtert, kann in seltenen Fällen keine zuweisbare Streuungsursache ermittelt werden und es muss geschlussfolgert werden, dass der außerhalb der Grenzen liegende Punkt für das Eintreten eines sehr seltenen Ereignisses – einer zufälligen Streuungsursache – steht, die einen Wert außerhalb der Regelgrenzen erzeugt hat, obwohl der Prozess stabil ist.

Wenn ein Prozess zum ersten Mal mit der Zielsetzung untersucht wird, ihn in einen stabilen Zustand zu überführen, ist es häufig notwendig, historische Daten zu verwenden, die zuvor aus dem Prozess gewonnen wurden oder die Erhebung neuer Daten aus einer Reihe von Stichproben zu veranlassen, bevor der Versuch der Erstellung einer Regelkarte unternommen wird. Diese retrospektive Stufe, während der die Parameter für die Regelkarte eingeführt werden, wird häufig als „Phase 1“ bezeichnet. Es müssen ausreichend viele Daten erhoben werden, um verlässliche Schätzungen für die Mittellinie und die Regelgrenzen der Regelkarte zu erhalten. Die in Phase 1 erstellten Regelgrenzen sind Versuchsgrenzen, da sie auf Daten beruhen, die gesammelt wurden, als der Prozess möglicherweise nicht stabil war. Die Feststellung der genauen Ursachen für die von der Regelkarte auf dieser Stufe ausgegebenen Signale kann sich aufgrund fehlender Informationen zu historischen Betriebsmerkmalen des Prozesses als schwierig erweisen. Dennoch sollten, wenn systematische Ursachen ermittelt und Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden können, die retrospektiven Prozessdaten, soweit sie durch die systematischen Ursachen beeinflusst wurden, nicht weiter berücksichtigt werden, und die Parameter der Regelkarte sollten neu festgelegt werden. Diese iterative Vorgehensweise ist solange fortzuführen, bis die Versuchsregelkarte keine Signale mehr ausgibt, und der Prozess darf dann als beherrscht angesehen werden und ist damit stabil und vorhersagbar. Da einige Daten während Phase 1 vielleicht nicht weiter berücksichtigt werden, muss der Nutzer möglicherweise zusätzliche Daten erheben, um die Verlässlichkeit der Parameterschätzungen aufrechtzuerhalten.

Nachdem die statistische Prozessregelung eingerichtet wurde, werden sowohl die in Phase 1 bestimmte Mittellinie der Regelkarte als auch die Regelgrenzen als Regelkartenparameter zur fortlaufenden Überwachung des Prozesses eingesetzt. Die Zielsetzung bei dem, was nun als Phase 2 bezeichnet wird, liegt in der Aufrechterhaltung des stabilen Prozesses sowie in der schnellstmöglichen Ermittlung derjenigen systematischen Ursachen, die gelegentlich einen Einfluss auf den Prozess haben können. Es sollte berücksichtigt werden, dass sich der Übergang von Phase 1 zu Phase 2 sowohl als zeitaufwendig als auch als schwierig erweisen kann. Er ist dennoch entscheidend, da ein Fehlschlag bei der Beseitigung systematischer Ursachen dazu führen wird, die Prozessstreuung zu überschätzen. In diesem Fall wird die Regelkarte über Regelgrenzen verfügen, die zu weit voneinander entfernt festgelegt wurden, und eine Regelkarte erzeugen, die nicht ausreichend empfindlich ist, um das Vorhandensein systematischer Ursachen anzuzeigen.

Einzelheiten zur Vorgehensweise bei der Erstellung von Regelkarten für einen Prozess werden nachstehend erörtert.

5 Arten von Regelkarten

Es gibt im Wesentlichen zwei Arten von Shewhart-Regelkarten: Variablen-Regelkarten und Attribut-Regelkarten. Für jede der Regelkarten gibt es zwei eindeutige Szenarien:

- a) wenn keine zuvor festgelegten Werte für Prozessparameter vorliegen;
- b) wenn zuvor festgelegte Werte für Prozessparameter vorliegen.

Die zuvor festgelegten Prozesswerte können festgelegte Anforderungen oder Sollwerte oder Schätzwerte für Parameter sein, die über einen langen Zeitraum, innerhalb dessen der Prozess beherrscht wurde, aus Daten gewonnen wurden.

5.1 Regelkarten ohne vorgegebene Werte

Deren Zweck liegt darin aufzudecken, ob die beobachteten Werte der abgebildeten Merkmale, wie z. B. $\bar{X}$, R oder irgendeine andere Kenngröße, untereinander um einen Betrag variieren, der größer ist als ein solcher, der allein dem Zufall geschuldet ist. Die Regelkarten sind so aufgebaut, dass sie nur die Daten verwenden, die durch Stichproben des Prozesses gesammelt werden. Die Regelkarten werden zur Entdeckung derjenigen Schwankungen verwendet, die keine zufälligen Ursachen haben, mit dem Zweck der Überführung des Prozesses in einen stabilen Zustand.

5.2 Regelkarten in Bezug auf vorgegebene Werte

Deren Zweck liegt darin zu bestimmen, ob sich die beobachteten Werte für $\bar{X}$, s usw. bei den verschiedenen Stichproben von jeweils n Beobachtungen von den entsprechend vorgegebenen Werten für μ_0 , σ_0 usw. durch Beträge unterscheiden, die größer sind als die, die ausschließlich durch zufällige Ursachen zu erwarten wären. Der Unterschied zwischen Regelkarten mit und ohne zuvor festgelegte Werte ist die zusätzliche Anforderung bezüglich der Festlegung der Lage der Mittellinie und der Prozessstreuung. Die festgelegten Werte können basierend auf Erfahrungen mit Regelkarten ohne zuvor bereitgestellte Informationen oder festgelegte Werte erlangt werden. Sie können gleichfalls auf ökonomischen Werten beruhen, die unter Berücksichtigung des Dienstleistungsbedarfs und der Produktionskosten eingeführt wurden oder durch Produktspezifikationen ausgewiesene Nennwerte sein.

Die festgelegten Werte sollten vorzugsweise durch die Gewinnung von Vorlaufdaten ermittelt werden, die für alle zukünftigen Daten repräsentativ sind. Die festgelegten Werte sollten mit der inhärenten Schwankung des Prozesses vereinbar sein, damit die Regelkarten effektiv funktionieren. Regelkarten auf der Grundlage solcher zuvor festgelegten Werte werden insbesondere während des laufenden Prozesses zur Prozessregelung eingesetzt und dafür, die Einheitlichkeit des Produkts oder der Dienstleistung auf der gewünschten Stufe aufrechtzuhalten.

5.3 Arten von Variablen- und Attribut-Regelkarten

Folgende Regelkarten werden berücksichtigt:

- a) Variablen-Regelkarten für Messungen auf einer kontinuierlichen Skala:
 - 1) Mittelwertkarte ($\bar{X}$) und Spannweiten- (R) oder Standardabweichungskarte (s);
 - 2) Urwerte (X) und gleitende Spannweiten (R_m);
 - 3) Median- ($\tilde{X}$) und Spannweitenkarten (R).
- b) Attribut-Regelkarten für zählbare Merkmale und kategorisierte Daten:
 - 1) p -Karte für die Anzahl von Einheiten mit gegebener Klassifizierung je Gesamtzahl der Einheiten in der Stichprobe, angegeben als Anteil oder prozentualer Anteil;

- 2) np -Karte für die Anzahl von Einheiten mit gegebener Klassifizierung bei konstantem Stichprobenumfang;
- 3) c -Karte für die Anzahl von Ereignissen, wenn die Bezugseinheit eine konstante Größe aufweist;
- 4) u -Karte für die Anzahl von Ereignissen je Einheit, wenn deren Größe variiert;

Bild 2 stellt den Prozess der Wahl einer geeigneten Regelkarte für eine gegebene Situation dar.

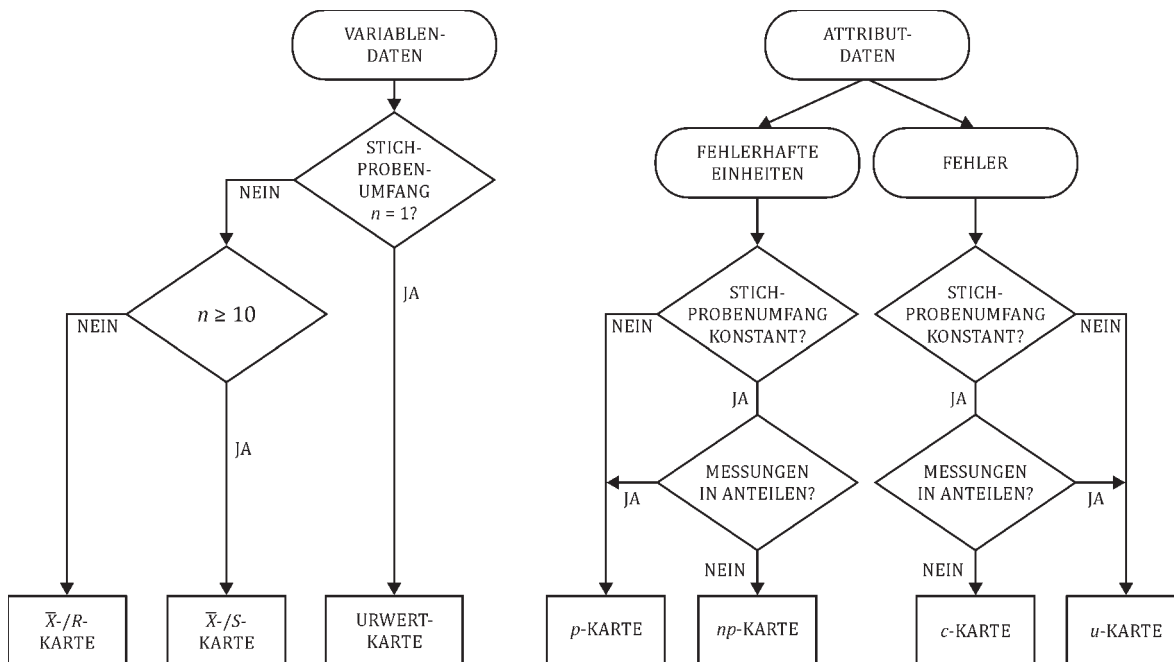


Bild 2 — Arten von Regelkarten

6 Variablen-Regelkarte

Variablen-Regelkarten oder Regelkarten für Variablendaten und insbesondere deren gebräuchlichste Art, die $\bar{X}$ - und R -Karten stehen für die klassische Anwendung der Regelkarten in der Prozessregelung.

Variablen-Regelkarten sind aus verschiedenen Gründen sehr nützlich:

- a) Die meisten Prozesse und deren Ergebnisse haben Merkmale, die messbar sind und daher Variablendaten erzeugen, wodurch das Anwendungsspektrum breit gefächert ist.
- b) Variablen-Regelkarten sind informativer als Attribut-Regelkarten, da spezifische Informationen zum Prozessmittelwert und zur Streuung direkt ausgegeben werden. Variablen-Regelkarten zeigen häufig ein Prozessproblem an, bevor der Prozess nichtkonforme Einheiten erzeugt.
- c) Obwohl das Erlangen einer Einheit gemessener Daten im Regelfall kostenintensiver ist als das Erlangen von Gut/Schlecht-Daten, sind die Umfänge der benötigten Stichproben bei gleicher Überwachungsleistung für Variablen fast immer sehr viel geringer als diejenigen für Attribute. Das unterstützt in einigen Fällen die Verringerung der Gesamtprüfkosten sowie die Verkleinerung des zeitlichen Abstandes zwischen dem Auftreten eines Problems und der Korrekturmaßnahme.
- d) Ungeachtet der Spezifikationen stellen diese Karten ein visuelles Mittel für die direkte Bewertung der Prozessleistung bereit. Eine intensive Betrachtung der Variablen-Regelkarten gemeinsam mit einer Prüfung

von Histogrammen in geeigneten zeitlichen Abständen führt häufig zu Ideen oder Vorschlägen bezüglich einer Verbesserung des Prozesses.

Bei sämtlichen in dieser Internationalen Norm behandelten Anwendungen von Variablen-Regelkarten wird unterstellt, dass die Qualitätsmerkmale normalverteilt sind (Gaußsche Verteilung) und dass Abweichungen von dieser Annahme die Leistung der Regelkarten beeinträchtigen. Die Faktoren zur Berechnung der Regelgrenzen wurden unter Verwendung der Normalverteilungsannahme abgeleitet. Da die meisten Regelgrenzen beim Treffen von Entscheidungen als empirische Richtlinien verwendet werden, sollten geringe Abweichungen von der Normalverteilung keinerlei Schwierigkeiten bereiten. Mittelwerte tendieren wegen des zentralen Grenzwertsatzes in jedem Fall dazu, normalverteilt zu sein, selbst wenn die Einzelbeobachtungen es nicht sind; daher ist es für die Beurteilung der Regelung sinnvoll, bei den $\bar{X}$ -Regelkarten eine Normalverteilung anzunehmen, selbst wenn der Stichprobenumfang nur 4 oder 5 beträgt. Beim Umgang mit Einzelbeobachtungen für Fähigkeitsuntersuchungen ist die wahre Form der Verteilung wichtig. Eine regelmäßige Überprüfung der fortwährenden Validität solcher Annahmen ist ratsam, insbesondere um sicherzustellen, dass ausschließlich Daten aus einer einzigen Grundgesamtheit verwendet werden. Es sollte erwähnt werden, dass die Verteilungen von Spannweiten und Standardabweichungen nicht normalverteilt sind. Obwohl bei der Bestimmung der Konstanten zur Berechnung der Regelgrenzen für die Spannweiten- oder Standardabweichungsregelkarten notwendigerweise eine Normalverteilung angenommen wird, sollten geringe Abweichungen von der Normalverteilung der Prozessdaten bei der Verwendung dieser Regelkarten als Verfahren zur empirischen Entscheidungsfällung keine große Bedeutung haben.

Variablen-Regelkarten können Prozessdaten hinsichtlich der Streuung (Prozessschwankung) und der Lage (Prozessmittelwert) beschreiben. Deshalb werden Variablen-Regelkarten immer paarweise vorbereitet und analysiert – eine Regelkarte für die Lage und eine weitere für die Streuung. Die Streuungskarte wird normalerweise zuerst analysiert, da sie die Verifizierung und Begründung für die Schätzung der Prozessstandardabweichung bereitstellt. Der resultierende Schätzwert für die Prozessstandardabweichung kann anschließend für die Einrichtung der Regelgrenzen für die Lagekarte verwendet werden.

Jede Karte kann entweder unter Verwendung geschätzter Regelgrenzen dargestellt werden, wobei die Grenzen in diesem Fall auf den in der Karte abgebildeten Stichprobendaten beruhen, oder unter Nutzung vorgegebener Regelgrenzen, die auf übernommenen spezifizierten Werten beruhen, die auf die in der Karte abgebildeten statistischen Messgrößen angewendet werden. Der Index „0“ wird in Tabelle 1 und Tabelle 3 verwendet, um die spezifizierten Werte zu kennzeichnen, wie z. B. μ_0 für den festgelegten Mittelwert oder σ_0 für die festgelegte Standardabweichung des Prozesses.

Nachstehend sind die meistverwendeten Variablen-Regelkarten aufgeführt.

6.1 Mittelwert- ($\bar{X}$) und Spannweitenkarte (R) oder Mittelwert- ($\bar{X}$) und Standardabweichungskarte (s)

$\bar{X}$ - und R -Karten können verwendet werden, wenn der Stichprobenumfang gering oder relativ gering (normalerweise weniger als 10) ist. $\bar{X}$ - und s -Karten sind im Falle großer Stichprobenumfänge ($n \geq 10$) zu bevorzugen, da die Leistungsfähigkeit der Spannweite bei der Schätzung der Prozessstandardabweichung mit zunehmendem Stichprobenumfang geringer wird. Falls elektronische Geräte zur Berechnung der Regelgrenzen vorhanden sind, ist die Standardabweichung zu bevorzugen.

Tabelle 1 und Tabelle 2 stellen die Gleichungen für die Regelgrenzen sowie die Faktoren für jede dieser Variablen-Regelkarten bereit.

Tabelle 1 — Gleichungen für die Regelgrenzen bei Shewhart-Variablen-Regelkarten

Kenngröße	Geschätzte Regelgrenzen		Vorgegebene Regelgrenzen	
	Mittellinie (CL)	U_{CL} und L_{CL}	Mittellinie (CL)	U_{CL} und L_{CL}
$\bar{X}$	$\bar{X}$ N2	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ oder $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	μ_0	$\mu_0 \pm A\sigma_0$
R	$\bar{R}$	$D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	$d_2 \sigma_0$	$D_2 \sigma_0, D_1 \sigma_0$
s	$\bar{s}$	$B_4 \bar{s}, B_3 \bar{s}$	$c_4 \sigma_0$	$B_6 \sigma_0, B_5 \sigma_0$
ANMERKUNG μ_0 und σ_0 sind vorgegebene Werte.				

N2 Nationale Fußnote: Die englische Referenzfassung ist hier fehlerhaft. Anstatt „X“ müsste hier „X (doppelquer)“ stehen.