TQU VERLAG
Die EWMA
Regelkarte
Exponentially Weighted
Moving Average

QUALITY-APPs Applikationen für das Qualitätsmanagement

Probieren und Studieren

Die EWMA Regelkarte

Exponentially Weighted Moving Average

Effizientere Prozesslenkung durch Regelkarten mit Gedächtnis

Autor: Dr. Konrad Reuter

QUALITY APP
www.tqu-verlag.de

Die EWMA Regelkarte ist eine Alternative zur klassischen Shewhart-Regelkarte. Eine elegante Alternative, wenn es darum geht, dass die Annahme eines konstanten Mittelwertes nicht aufrecht zu erhalten ist.
Davon sind in der Praxis viele Prozesse betroffen. In der Norm zur Prozessfähigkeit DIN ISO 21747 sind die Prozessklassen C1 bis C4 dafür vorgesehen.

Leider sind die Vorteile dieser Regelkarte kaum bekannt und es wurde bereits vor Jahren über die geringe Verbreitung dieser Karte geklagt.

So ist es auch nicht verwunderlich, dass in gängigen CAQ Softwarepaketen Karten dieses Typs nicht zu finden ist. An anderer Stelle wird diese Karte mit der Bemerkung ihrer Überempfindlichkeit leicht abgetan.

Natürlich ist in jeder ordentlichen Statistikprogrammen die EWMA-Regelkarte verfügbar und sie wird auch in der Six Sigma Literatur vorgestellt.

Der Autor hat bereits an anderen Stellen diesen Typ und eine Berechnung mit EXCEL vorgestellt.
Anliegen dieses APP's ist es, eine praxisnahe Anwendung vorzustellen, um die unbestrittenen Vorteile dieser Regelkarte besser zu erkennen und breiter nutzen zu können.

Dieses APP ist so gestaltet, dass Sie interaktiv die Grundlagen der EWMA-Regelkarte verstehen und anwenden können.
Dieses QUALITY APP liefert dem Qualitäts- und dem Produktionsmanagement wertvolle Unterstützung bei der statistischen Prozesslenkung.
Die Applikation ist im Excel-Format und kann sofort eingesetzt werden. Das APP enthält Makros, die zu Beginn einer Sitzung aktiviert werden müssen.

Ansprechpartner: Dr. Konrad Reuter
Telefon: 0171/6006604

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APPS Applikationen für das Qualitätsmanagement

Lizenzvereinbarung

Dieses Produkt - Die EWMA Regelkarte
Exponentially Weighted Moving Average - wurde vom Autor Dr. Konrad Reuter mit großem Aufwand und großer Sorgfalt hergestellt

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt (©). Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Weitergabe, der Übersetzung, des Kopierens, der Entnahme von Teilen oder der Speicherung bleiben vorbehalten.

QUALITY APP

Bei Fehlern, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Nutzung dieses Softwareproduktes führen, leisten wir kostenlos Ersatz. Beschreibungen und Funktionen verstehen sich als Beschreibung der Nutzungsmöglichkeiten und nicht als rechtsverbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften. Wir übernehmen keine Gewähr dafür, dass die angebotenen Lösungen für bestimmte vom Kunden beabsichtigte Zwecke geeignet sind.

www.tqu-verlag.de

Sie erklären sich damit einverstanden, dieses Produkt nur für Ihre eigene Arbeit und für die Information innerhalb Ihres Unternehmens zu verwenden. Sollten Sie es in anderer Form, insbesondere in Schulungs- und Informationsmaßnahmen bei anderen Unternehmen (Beratung, Schulungseinrichtung etc.) verwenden wollen, setzen Sie sich unbedingt vorher mit uns wegen einer entsprechenden Vereinbarung in Verbindung. Unser Produkt wird kontinuierlich weiterentwickelt. Bitte melden Sie sich, wenn Sie ein Update wünschen.

Alle Ergebnisse basieren auf den vom Autor eingesetzten Formeln und müssen vom Anwender sorgfältig geprüft werden.
Die berechneten Ergebnisse sind als Hinweise und Anregungen zu verstehen.

Wir wünschen viel Spaß und Erfolg mit dieser Applikation.

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APP EWMA Regelkarte

Anwendungshinweise

Blattname
(Link folgen)

1. Statistik

1.1 Shewhart Regelkarte

Die klassische Shewhart Regelkarte stellt im statistischen Sinn einen fortlaufenden Test auf Abweichung der Kennwerte von Stichproben von einem Zielwert dar.
Die Eingriffsgrenzen für den Mittelwert repräsentieren den Zufallsstreubereich der Normalverteilung, deren Parameter durch einen sog. Vorlauf geschätzt werden müssen.
Dabei kann es sich um Einzelwerte oder Stichprobenmittel handeln. Unter Berücksichtigung des zentralen Grenzwertsatzes können ab einem Stichprobenumfang n = 5 die Stichprobenmittelwerte als ausreichend normalverteilt betrachtet werden.
Die Entscheidung zum Eingriff wird ausgehend von der aktuellen Stichprobe getroffen.
Diese Vorgehensweise bedeutet, dass Daten aus zurückliegenden Stichproben nicht berücksichtigt werden.
Diese Karten haben sogesehen kein "Gedächtnis".
Vorteilhaft sind diese Karten, wenn plötzliche Prozessstörungen zu erwarten sind.
Die Empfindlichkeit gegenüber kleineren Lageabweichungen oder trendartigen Lageabweichungen ist dagegen sehr gering.

1.2 Run Regeln

Die Gedächtnislosigkeit von Shewart Karten wurde mit den sog. Run-Regeln (nach Western Electric) etwas aufgebessert. In CAQ Software sind diese Regeln meist implementiert.

QUALITY APP

Diese Regeln suchen Muster im Wertverlauf wie z.B. einen Trend in der Folge von Werten.
Die Wahrscheinlichkeit für das zufällige Auftreten von solchen Mustern soll
< 1% betragen.
Dies führt zur Zahl Sieben für die Länge solcher Muster:
z.B. 7 aufeinanderfolgende aufsteigende Werte, oder 7 Werte oberhalb des Zielwertes.

Die ursprüngliche Operationscharakteristik (OC) wird durch die Run-Regeln deutlich verändert.

Die Run-Regeln haben sich nach der Erfahrung des Autors nicht bewährt.
Durch die aktuelle Rechentechnik sind anspruchsvollere Algorithmen problemlos umsetzbar.

1.3 Regelkarten mit Gedächtnis

Als Regelkarten mit Gedächtnis werden solche bezeichnet, die bei der Entscheidung über einen Eingriff auch zurückliegende Stichprobenwerte berücksichtigen.
Aus der Art wie dieses Gedächtnis organisiert ist, kann eine weitere Unterteilung abgeleitet werden.

Zunächst kann jede zurückliegende Stichprobe mit dem gleichen Gewicht berücksichtigt werden (MOSUM, CUSUM).
Die Länge des Gedächnisses kann bis zum letzten Eingriff reichen oder auch auf einen festen Wert begrenzt werden.
Grundsätzlich wird nach jedem Eingriff das Gedächtnis neu aufgebaut.

Alternativ können für zurückliegende Stichproben unterschiedliche Gewichte vergeben werden.

Damit wird der plausiblen Erfahrung entsprochen, dass weit zurückliegende Werte einen geringeren Einfluss auf den aktuelle Prozessverlauf haben.

Die Umsetzung dieser Idee führt auf die folgende EWMA Regelkarte (*Exponentially Weighted Moving Average*).

QUALITY APP EWMA Regelkarte

1.4 EWMA Regelkarte

Die EWMA Karte ist dadurch charakterisiert, dass die Gewichte der Stichproben exponentiell abklingen.

Ein Glättungsfaktor $0 < \lambda < 1$ bestimmt die Stärke des exponentiellen Abklingens oder anders ausgedrückt die Stärke des Gedächtnisses bzw. die Vergesslichkeit.

Kleinere Werte für λ führen zu einem längeren Gedächtnis.

Die EWMA Karte besitzt somit ein (theoretisch) unbegrenztes, ungleichmäßiges Gedächtnis.

Die klassische Shewhart Karte ist als Spezialfall für $\lambda = 1$ enthalten.

Das exponentielle Glätten wird ebenfalls in der Zeitreihenanalyse angewendet.
Dieses Glätten ist in EXCEL leicht umsetzbar.
Die Prüfvariable Y_j errechnet sich am einfachsten rekursiv über:

$$Y_j = \lambda x_j + (1-\lambda) Y_{j-1} \tag{1}$$

$$Y_j = \lambda \bar{x}_j + (1-\lambda) Y_{j-1} \tag{2}$$

Rekursiv bedeutet , dass zum Beginn und nach jedem Neustart der Karte ein Startwert x_0 vorgegeben werden muss. Dieser Startwert kann der Zielwert oder ein langfristiger Mittelwert (*grand mean*) sein.

Für die Eingriffsgrenzen der Regelkarte sind von der Zeit t abhängig. Bereits nach wenigen Stichproben werden die Eingriffsgrenzen von t praktisch unabhängig (asymptotisch).

QUALITY APP

$$OEG\ /UEG = a \pm z_q \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad q = 1 - \frac{\alpha}{2} \tag{3}$$

Die Eingriffsgrenzen werden nach (3) mit a als Zielwert oder langfristigem Mittelwert (grand mean) sowie z_q als Quantil der Standardnormalverteilung und n als Stichprobenumfang berechnet. Für Einzelwerte gilt $n = 1$.
Die Standardabweichung σ ist aus einem Vorlauf zu ermitteln.
Vorzugsweise in [2] und [4] gegenüber $z_{q\,in}$ [1] wird auch ein Faktor k für ein gewähltes Vielfaches der Standardabweichung verwendet.

$$OEG\ /UEG = a \pm k \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{4}$$

Die Berechnung von OC bzw. ARL Kurven (*Average Run Length* - mittlere Lauflänge) gestaltet sich schwierig, da die Y_j stochastisch abhängig sind.
Als eleganteste Methode zur Ermittlung von ARL-Kurven wird in [2] auf das Monte-Carlo-Verfahren (Simulation) verwiesen. Dabei wird eine konstante Verschiebung (*shift*) des Mittelwertes angenommen.
Auch ein ARL bei einem angenommenen konstanten Trend wäre mit der Monte-Carlo-Methode untersuchbar.

Die EWMA-Regelkarte hat den weiteren Vorteil, dass für die Korrektur der Lage des Prozesses ein Wert ablesbar ist.

Eine darauf aufbauende Vorgehensweise zur Prozesslenkung im eigentlichen Sinne ist in [4] vorgestellt (*Process Engineering*).

Die exponentielle Glättung erlaubt in der Zeitreihenanalyse auch Prognosen.

Für eine Ein-Schritt-Prognose bei trend- und saisonbereinigten Prozessen wird in [1] eine solche Berechnung vorgestellt.
Die Berechnung erfordert ein nicht zu kleines λ und ausreichend Daten.

QUALITY APP EWMA Regelkarte

2. Anwendung

2.1 Dimensionierung

Für die Eingriffsgrenzen sind beim Design der FWMA-Karte die Konstanten λ, und k sowie auch n zu bestimmen.

In [2] wird zum Entwurf einer EWMA Karte eine auf Crowder zurückgehende Tabelle verwendet, die von einer gewünschten Lauflänge ARL und einer maximal zulässigen Verschiebung d ausgeht. **Namen**

Ein aufwändigeres Verfahren zur Dimensionierung findet sich bei [4].

Zur Festlegung des Stichprobenumfanges n gilt folgende Überlegung:

Bei der mechanischen Bearbeitung, des Spritzgießens und ähnlichen Prozessen ist bei aufeinanderfolgenden Teilen in Stichproben eine sehr geringe (innere) Streuung σ_i zu beobachten.

QUALITY APP

Andererseits drückt sich aufeinanderfolgende Werte eine hohe Autokorrelation auf.

Die Schwierigkeit dieser Prozesse besteht meist in der Einhaltung des Zielwertes, d.h. es ist eine deutliche (äußere) Streuung σ_a des Mittelwertes zu beobachten. Die Prozesse folgen eher den Modellen C1 bis C4 gemäß DIN ISO 21747. **Namen**

In diesen Fällen ist ein Stichprobenumfang n > 1 nicht sinnvoll, weil für einen Mittelwert weitere Messungen keine neue Information bringen.

Durch den Effekt des Gedächtnisses ist der Informationsgehalt der Prüfvariablen höher als nur aus einer Messung.

D.h. mit einem Stichprobenumfang von n = 1 kann gegenüber einer klassischen Shewhart-Karte mit n > 1 mehr Information zur Prozesslageentwicklung gewonnen werden.

Im Falle von Prozessen nach C1 bis C4 erhebt sich die Frage nach der zu verwendenden Standardabweichung σ in Formel (4).

Zunächst sind aus den Vorlaufdaten der Gesamtmittelwert x_quer zu schätzen und der F_Test bezüglich innerer und äußerer Streuung anzuwenden.

Eine festgestellte äußere Streuung lässt sich schätzen durch die Spannweite der Mittelwerte R_{x_quer} oder die Standardabweichung der Mittelwerte s_{x_quer}. **Vorlauf**

Wie Formel (4) zeigt wird für die Dimensionierung der Ergriffsgrenzen ein Faktor k gebraucht.

Für die Festlegung von k wird in [2] eine Tabelle nach Crowder angegeben. **Vorlauf**

Ausgangspunkte für die Tabelle sind eine gewünschte Lauflänge ARL und die auf die Standardabweichung bezogene zulässige Mittelwertabweichung d.

Aus dieser Tabelle ist gleichfalls eine Vorgabe für den Glättungsfaktor λ ablesbar.

Aus dieser Vorgehensweise ist ersichtlich, welche Streuung (innere oder äußere) für die Beobachtung des Prozesses wesentlich ist.

Die Ordinaten der Diagramme in Vorlauf und Regelkarte sind manuell sinnvollerweise anzupassen. **EWMA_Regelkarte**

Empfehlenswert sind die Toleranzgrenzen.

QUALITY APP EWMA Regelkarte

2.2 Führen der EWMA Karte

Eingabefelder

Die Beispieldaten in den Blättern "Merkmal", EWMA_Regelkarte, "Daten" und "Vorlauf" löschen oder überschreiben.

Im Blatt Merkmal sind zugehörige Angaben zum Produkt einzutragen. **Merkmale**

Für die Dimensionierung der Karte sind Vorlaufdaten erforderlich. **Vorlauf**

Die Daten des Vorlaufes sind sorgfältig zu erheben und auf Konsistenz zu prüfen!

Der Datenverlauf des Vorlaufes wird im Diagramm "Vorlauf_Diagramm" dargestellt.

Im Falle n = 1 wird für die innere Streuung über den Mittelwert von MR2/1,28 berechnet. **Vorlauf**

Mittelwertstreuung und Gesamtstreuung sind dann gleich, ein F-Test nicht möglich.

Für die Dateneingabe zur EWMA Karte ist ein einfaches Makro zuständig. **EWMA_Regelkarte**

Die Eingabe von Daten in die Datenbank sollte sich direkt anschließen.

Das Blatt kann auch abgeschaltet werden.

Mit dem Zyklus wird 0 oder 1 begonnen.

Datum und Uhrzeit (volle Stunden) manuell eintragen. Bei einer Datenübernahme bzw. Eintragung unmittelbar nach der Probenziehung können für Datum =HEUTE() und Zeit =JETZT() eingetragen werden. Das Makro übernimmt die Systemzeit als festen Wert.

Die Plausibilität der Dateneingabe wird durch eine Funktion "Gültigkeitsüberwachung" überprüft. Bei Toleranzüberschreitung wird eine Warnung ausgegeben.

Der Wert kann dann dann trotzdem eingegeben werden.

Der aktuelle EWMA-Wert wird synchron zur Dateneingabe berechnet und angezeigt.

Falls eine Eingriffsgrenze verletzt ist, wird dies angezeigt und das Maßnahmefeld aktualisiert.

Das Speichermakro aktualisiert die Pivottabelle.

Wird die Datei geöffnet, aktualisiert sich ebenfalls die Pivottabelle.

Sollten Sie während einer Excel-Sitzung Daten ändern, ohne das Makro zu verwenden, müssen Sie die Pivottabelle manuell aktualisieren (Pivotmenüleiste).

Wird ein Eingriff angezeigt, so ist der Zykluszähler nach dem Speichern um 1 zu erhöhen. **EWMA_Regelkarte**

Damit wird das Gedächtnis neu aufgebaut.

Die Regelkarte ist für die Anzeige der letzten 30 Werte ausgelegt.

Die Anzeige kann pro Zyklus ausgewählt werden oder auf (Alle) gesetzt werden.

QUALITY APP
www.tqu-verlag.de

2.3 Streuungskarte

Für die Überwachung der Streuung bei einer EWMA Karte gibt es mehrere Möglichkeiten.

Bei $n > 1$ steht die s- oder R-Karte zur Verfügung.

Für $n = 1$ bietet sich eine gleitende R-Karte vom Umfang 2 MR2 (*moving R*) an.

In der vorliegenden Auswertung wird die s-Karte oder MR2 Karte in Abhängigkeit von n automatisch zugewiesen.

Wird die Regelkarte mit $n = 1$ geführt, dann zeigt die MR2 Karte sprungartige Prozessänderungen an, auf die dann ebenfalls reagiert werden kann.

QUALITY APP EWMA Regelkarte

3. EXCEL

Die EXCEL-Lösung stützt sich auf folgende Prinzipien:

- Funktionelle Aufteilung auf verschiedene Blätter.
- Optische Hervorhebung von Zellen in Abhängigkeit von ihrer Funktion.
- zusätzliche Informationen zu Zellen durch die Kommentarfunktion

Eingabe Daten
errechnete Werte
Bezeichnungen

- Vergaben von Namen für Variable
  Die Liste muss nach Änderungen mit F3 manuell aktualisiert werden.

Namen

- Bezug auf Zellen mit Funktionen:
- Reagieren auf Bedingungen /Verzweigungen

VERGLEICH(;;0) INDEX(;;)
ISTLEER() ISTZAHL()
WENN(;;)
FEST(;)
="text1"&BEZUG

- Ausblenden von Zellinhalten, die nicht zutreffend sind
- Erzwingung einer geeigneten Zahlenformatierung im Protokoll mit vorgegebener Stellenzahl.
- Verknüpfung von Zellinhalten über "&"
- Vermeidung von "Zellen verbinden"
  Als Lösung dient die Formatierung schmaler Spalten und die Formatierung
  benachbarter Zellen mit "Über Auswahl zentrieren".
  Die Nachteile verbundener Zellen sind damit vermieden..
- Ausblenden von Blättern, die nicht ständig gebraucht werden.
- Blattschutz gegen versehentliches Überschreiben, bitte nutzerintern anpassen.

Bereitstellung von Testdaten zu Überprüfung der Funktion der Datei,
Protokoll bitte in geeigneteten Abständen aktualisieren.

Testdaten

4. Quellen

[1] Storm, R. Wahrscheinlichkeitsrechnung mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle, Fachbuchverlag Leipzig - Köln 1995

[2] Mittag, H.-J., Qualitätsregelkarten, Hanser Verlag München 1993

[3] STATRAPHICS XVI StatPoint, Inc. 2005

[4] Forrest, W., Breyfogle, W. Implementing Six Sigma, John Wiley&Sons, Inc. 1999

[5] Workbook "SPC erfolgreich umsetzen", TQU Verlag, 2009

[6] DIN ISO 21747 Qualitätsfähigkeitskenngrößen

Bezeichnung		Test	
Teile-Nr.		0815	
Merkmal		Durchmesser	
Maßeinheit		mm	
Nennmaß		11,500	*mm*
oberes Abmaß		0,050	*mm*
unteres Abmaß		-0,050	*mm*
oberer Grenzwert	*OGW*	11,550	*mm*
unterer Grenzwert	*UGW*	11,450	*mm*
Toleranz	*T*	0,100	*mm*
Zielwert	*Z*	11,500	*mm*
Zulässiger Shift	$(\mu-\mu_0)$	0,015	*mm*
Messmittel	Messschraube		
Auflösung	*3*	0,001	*mm*
relative Auflösung	*RE*	1,0%	

QUALITY APP
www.tqu-verlag.de

QUALITY APP EWMA Regelkarte

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Unternehmen

EWMA Regelkarte

QUALITY APP EWMA Regelkarte

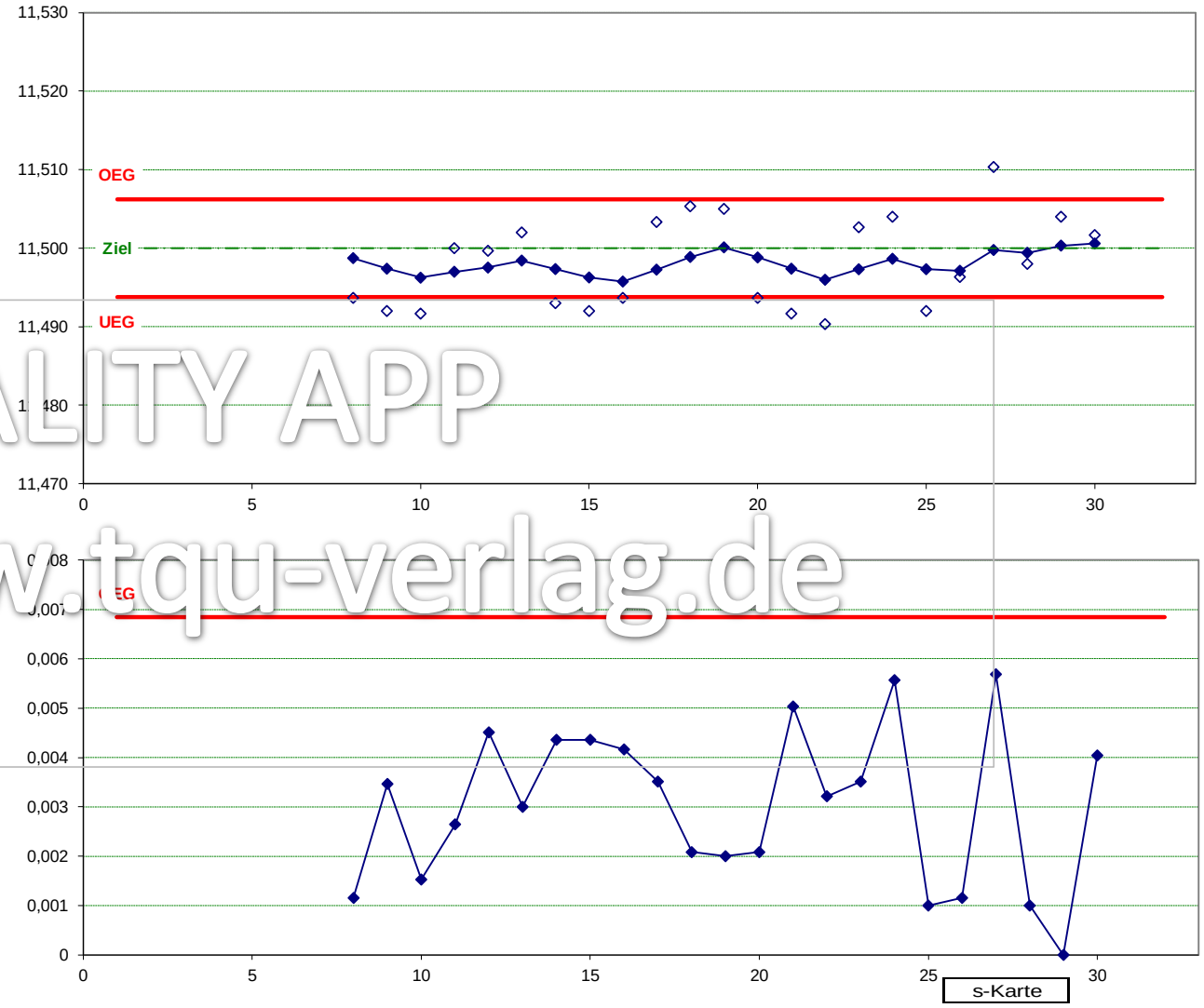
Dateneingabe	
Datum	18.07.2013
Zeitpunkt Messung hh	22 Uhr
Zyklus	
M_1	
M_2	
M_3	
M_4	
M_5	
Prüfer	Reuter
Maßnahme	

OE	1,[illegible]938m[illegible]n
UE	1,[illegible]062m[illegible]n
EWMA aktue	11,[illegible]06
Entscheidung	**i.O.**
Korrekturwert	

Produkt	[illegible]0815
Merkmal	Durchmesser
Zielwert	11,5 mm

Datum von	14.07.2013
Datum bis	18.07.2013
Anzahl Datensätze	28
Mittelwert	11,4981mm
Innere Streuung	0,0034mm
Mittelwertstreuung	0,0058mm
Gesamtstreuung	0,0064mm
aktueller Zyklus	**3**

Anzeigezyklus auswählen	**3**



QUALITY APP
www.tqu-verlag.de

Datum	Zeit	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	Zeitachse	x-quer	Varianz	MR2
14.06.13	11	11,509	11,501	11,505			14.6.13 11:00	11,505	1,6E-05	0,005333
14.06.13	8	11,504	11,515	11,512			14.6.13 8:00	11,51033	3,23E-05	0,003667
14.06.13	4	11,511	11,517	11,514			14.6.13 4:00	11,514	9E-06	0,001667
13.06.13	22	11,513	11,517	11,517			13.6.13 22:00	11,51567	5,33E-06	0,002667
13.06.13	19	11,51	11,511	11,518			13.6.13 19:00	11,513	1,9E-05	0,001
13.06.13	16	11,51	11,514	11,512			13.6.13 16:00	11,512	4E-06	0,006333
13.06.13	12	11,508	11,503	11,506			13.6.13 12:00	11,50567	6,33E-06	0,001333
13.06.13	9	11,505	11,506	11,502			13.6.13 9:00	11,50433	4,33E-06	0,012667
12.06.13	23	11,4	11,4	11,491			12.6.13 23:00	11,49167	4,33E-06	0,013
12.06.13	20	11,5	11,5	11,504			12.6.13 20:00	11,50467	1,33E-06	0,013333
12.06.13	16	11,4	11,5	11,488			12.6.13 16:00	11,49133	1,23E-05	0,013333
12.06.13	11	11,5	11,507	11,507			12.6.13 11:00	11,50467	1,63E-05	0,014333
12.06.13	8	11,519	11,52	11,518			12.6.13 8:00	11,519	1E-06	0,004
12.06.13	5	11,522	11,526	11,521			12.6.13 5:00	11,523	7E-06	0,030667
11.06.13	22	11,494	11,489	11,494			11.6.13 22:00	11,492	8,33E-06	0,001667
11.06.13	19	11,49	11,49	11,488			11.6.13 19:00	11,49067	1,33E-06	0,003333
11.06.13	16	11,48	11,48	11,48			11.6.13 16:00	11,48033	3,33E-06	0,013333
11.06.13	11	11,521	11,523	11,521			11.6.13 11:00	11,52167	1,33E-06	0,000333
11.06.13	8	11,521	11,522	11,523			11.6.13 8:00	11,522	1E-06	0,001667
11.06.13	5	11,527	11,523	11,521			11.6.13 5:00	11,52367	9,33E-06	0,023
10.06.13	21	11,498	11,503	11,501			10.6.13 21:00	11,50067	6,33E-06	0,007667
10.06.13	18	11,51	11,51	11,505			10.6.13 18:00	11,50833	8,33E-06	0,008
10.06.13	15	11,501	11,498	11,502			10.6.13 15:00	11,50033	4,33E-06	0,005667
10.06.13	13	11,506	11,505	11,507			10.6.13 13:00	11,506	1E-06	0,000333
10.06.13	9	11,506	11,506	11,507			10.6.13 9:00	11,50633	3,33E-07	0,014
10.06.13	6	11,492	11,494	11,491			10.6.13 6:00	11,49233	2,33E-06	0,019667
09.06.13	23	11,514	11,513	11,509			9.6.13 23:00	11,512	7E-06	0,009333
09.06.13	20	11,501	11,504	11,503			9.6.13 20:00	11,50267	2,33E-06	0,016667
09.06.13	17	11,481	11,489	11,488			9.6.13 17:00	11,486	1,9E-05	0,023
09.06.13	14	11,51	11,509	11,508			9.6.13 14:00	11,509	1E-06	0,005333
09.06.13	11	11,502	11,505	11,504			9.6.13 11:00	11,50367	2,33E-06	

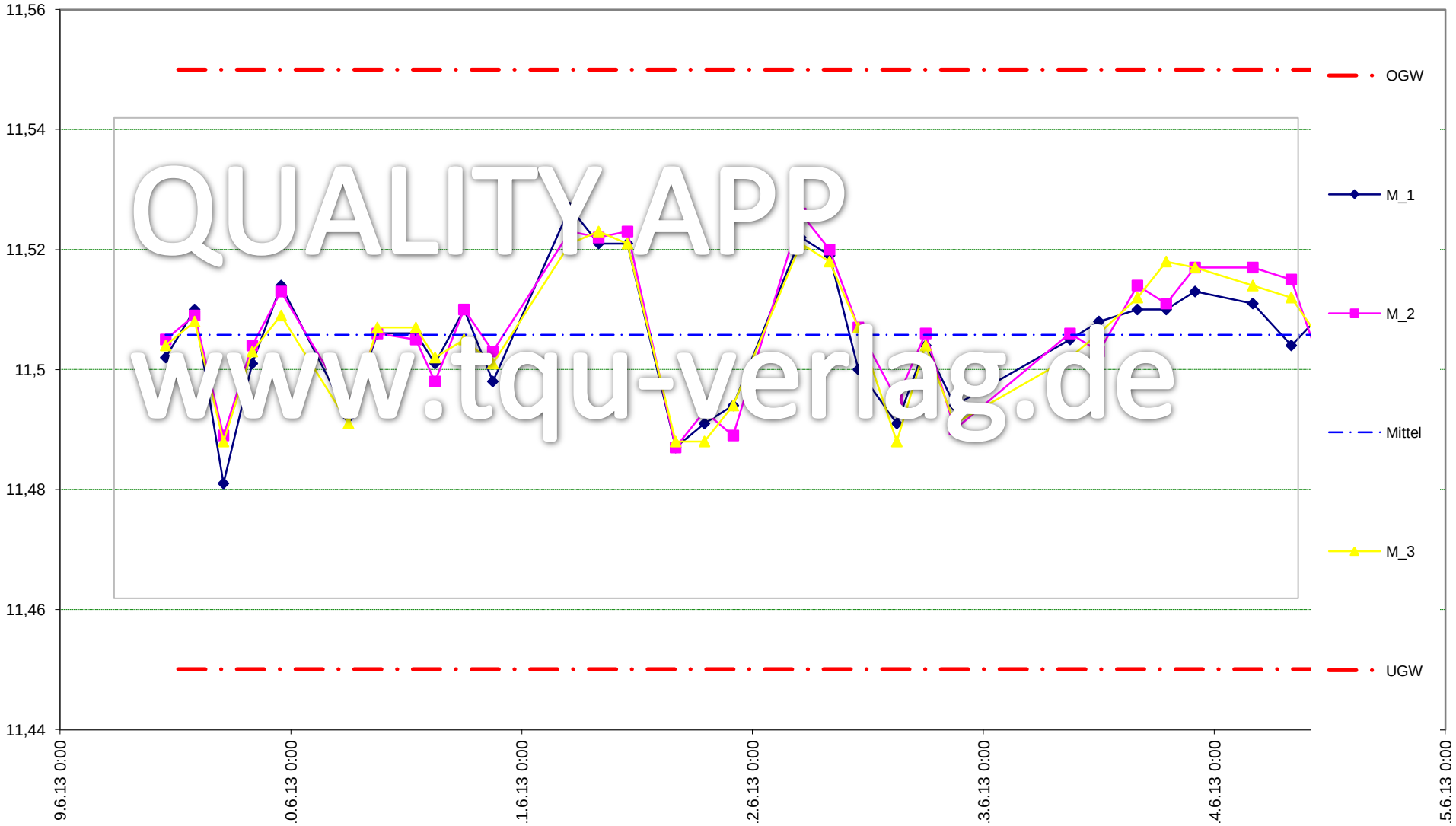
QUALITY APP
www.tqu-verlag.de

Auswertung des Vorlaufes		
μ_{dach}	11,5058	Gesamtmittelwert
$x_{quer\ max}$	11,524	größter Mittelwert
$x_{quer\ min}$	11,486	kleinster Mittelwert
Δx_{quer}	0,038	maximale Mittelwertdifferenz
x_{max}	11,527	größter Einzelwert
x_{min}	11,481	kleinster Einzelwert
σ^2_{dach}	7,09E-06	Varianz
σ_{dach}	0,0027	Innere Streuung
$s_{x\text{-}quer}$	0,0107	Mittelwertstreuung
σ_{gesamt}	0,0108	Gesamtstreuung
n	3	Stichpobenumfang
m	31	Anzahl Stichproben

Varianzanalyse F-Test			
Testgröße	48,604	Verhältnis der Varianzen	
f_1	30	Freiheitsgrad	
f_2	62	Freiheitsgrad	
α	0,0%	zur Berechnung der Signifikanz	
F	0,0000%	F-Verteilung	nicht signifikant

Vorgaben für Berechnung der Eingriffsgrenzen			
x_0	11,5	Zielgröße in mm	
$(\mu\text{-}\mu_0)$	0,015	noch zulässige Zielabweichung (shift) mm	
n	3	Stichprobenumfang	
σ	0,01082	Gesamtstreuung	3 Auswählen
$d\sqrt{n}$	0,80	Hilfsgröße für Tabelle	
	1	Auswählen für Tabelle	
ARL	250	Auswählen für Tabelle	
λ *	0,15	Vorschläge nach Tabelle	
k*	2,65	Vorschläge nach Tabelle	
λ	0,2	übernehmen oder anpassen	
k	3,00	übernehmen oder anpassen	

Dimensionierung nach Crowder [2]					
$d\sqrt{n}$		ARL			
		50	100	250	500
0,5	λ	0,08	0,07	0,06	0,05
	k	1,75	2,00	2,35	2,65
1	λ	0,21	0,18	0,15	0,13
	k	2,05	2,35	2,65	2,85
1,5	λ	0,38	0,32	0,27	0,24
	k	2,25	2,45	2,75	3,00
2	λ	0,57	0,49	0,42	0,37
	k	2,30	2,55	2,85	3,05
		Zeile	3	Spalte	3

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Vorlaufdiagramm QUALITY APP EWMA Regelkarte