

Technologie der Leistungselektronik

Heft 6

**Überwachung des Produktions-
prozesses**

Technologie der Leistungselektronik

Allgemeingültige Arbeitsunterlage für wissenschaftlich-technische Mitarbeiter im VEB MLS

H e f t 6

Überwachung des Produktionsprozesses

Autoren:

Dr. Werner Scharfschwerdt

Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Panzer

Herausgegeben von:

Kammer der Technik

Betriebssektion

VEB Mikroelektronik "Karl Liebknecht" Stahnsdorf

Redaktion: Kommission für Weiterbildung der KDT-BS

Umschlag: Uwe Reuter

Druck:

Reg.-Nr.

1986

Nachdruck, auch auszugsweise nur mit Genehmigung des Herausgebers!

Alleinvertrieb: KDT-Betriebssektion im VEB MLS



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Der Produktionsprozeß als Teil des betrieblichen erweiterten Reproduktionsprozesses	1
1.1. Der Produktionsprozeß und seine Gliederung	2
1.2. Produktionsprozeßkontrolle	3
1.3. Zielfunktion des Prozesses einschließlich der Prozeßkontrolle	5
2. Qualität und das Qualitätssicherungssystem des Betriebes	7
2.1. Qualität und Mustertreue	7
2.2. Qualitätssicherung der Produktionsvorbereitung	8
2.3. Qualitätssicherung in der Produktion	8
2.4. Abnahme- und Typprüfung	13
2.5. Applikation und Reklamation	13
3. Prozeßkontrolle und Prozeßanalysen	15
4. Mathematisch-statistische Grundlagen der statistischen Qualitätskontrolle	20
4.1. Stichprobentechnik	20
4.1.1. Attribut-Stichprobenprüfung	20
4.1.2. Variablen-Stichprobenprüfung	20
4.2. Qualitätsregelkarten	21
4.3. Auswerteverfahren	22
4.3.1. Korrelationsrechnung	22
4.3.2. Regressionsrechnung	26
4.3.3. Trendbetrachtungen	28
4.4. Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsmessung	31
4.4.1. Lebensdauer	31
4.4.2. Zuverlässigkeit	31
5. Weiterentwicklung der Produktionsorganisation, Prozeßsteuerung und Prozeßkontrolle für eine "Rechnergestützte Produktion"	33
5.1. Definition von CAM	33
5.2. Grundsätze	34
5.3. Die technologischen Unterlagen und ihre EDV-gerechte Gestaltung	35
5.4. Die Produktionsdurchführung und Abrechnung	36
6. Statistische Hilfsmittel der Stichprobentechnik	38

6.1.	Auswertung von Variablen-Stichproben	38
6.2.	Auswertung von Attribut-Stichproben	40
6.2.1.	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	40
6.2.1.1.	Die Binomialverteilung	40
6.2.1.2.	Die Poisson-Verteilung	43
6.3.	Stichprobenpläne	43
7.	Prozeßinformationen	44
Literaturverzeichnis		46

1. Der Produktionsprozeß als Teil des betrieblichen erweiterten Reproduktionsprozesses

Die Massenproduktion von elektronischen Bauelementen ist ein besonders stark arbeitsteiliger Prozeß. Jeder arbeitsteilige Prozeß bedarf der Überwachung, Kontrolle und Lenkung, um störungsfrei abzulaufen.

Der international übliche Anteil der Überwachung und Kontrolle bei der Produktion elektronischer Bauelemente beträgt zwischen 30 und 50 % und ist insbesondere durch steigende Automatisierung weiter im Steigen begriffen.

Die Ziele des betrieblichen Gesamtprozesses der "erweiterten Reproduktion" bestehen in der volkswirtschaftlichen Bedarfsdeckung bei ständig steigender Effektivität.

Der "erweiterte Reproduktionsprozeß" kann grob vereinfacht im folgenden Schema dargestellt werden (ohne finanzielle Ebene).

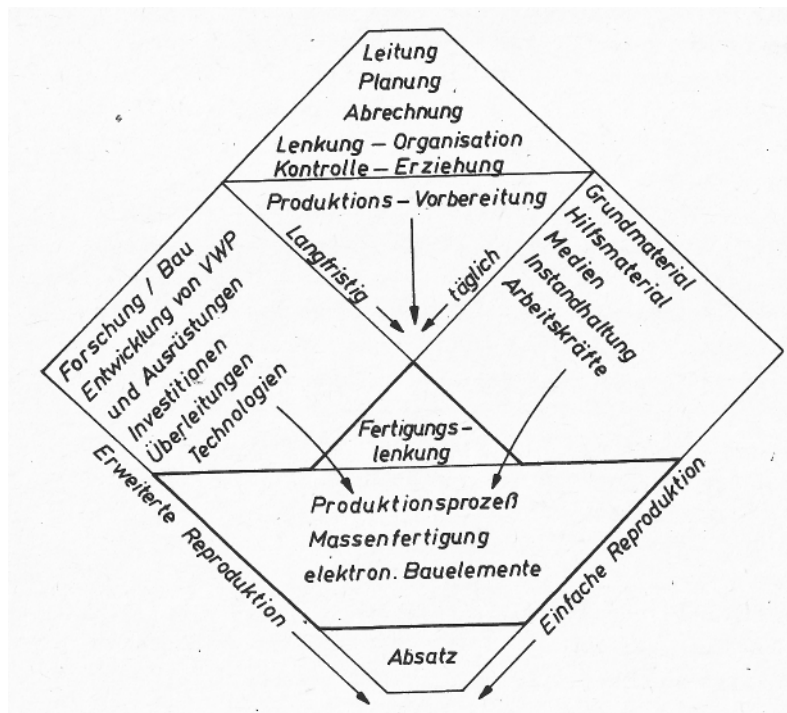


Abb. 1.1. Erweiterter Reproduktionsprozeß des Betriebes

Die Teilprozesse in der rechten Ecke werden durch die Direktorate T und M durchgeführt. Der stark umrandete Teil ist die Arbeit des Direktorates Produktion.

Während die Planung, Lenkung und Abrechnung der Produktionsarbeit einschließlich der unmittelbaren täglichen Materialbereitstellung vom Bereich Fertigungslenkung durchgeführt wird, obliegt es dem Bereich Fertigungsüberwachung, die Kontrolle insbesondere den technischen Ablaufes des Produktionsprozesses durchzuführen, wobei insbesondere alle Fragen der Qualität der Erzeugnisse Schwerpunkt sind.

Die Teilprozesse der linken Ecke des Schemas - Forschung, Entwicklung, Technologische Ausrüstungen - wirken langfristig auf das qualitative Teilsystem des betrieblichen Reproduktionsprozesses.

1.1. Der Produktionsprozeß und seine Gliederung

Bei der Betrachtung des Produktionsprozesses wird in erster Näherung davon ausgegangen, daß die Produktionsvorbereitung angemessen funktioniert, so daß nur in dem Umfang, wie Störungen der Produktionsvorbereitung sich bis in die Produktion auswirken, diese gesondert untersucht werden müssen.

Der Produktionsprozeß elektronischer Bauelemente hat einige Besonderheiten gegenüber anderen Produktionsprozessen.

1. Der technologische Ablauf ist linear angeordnet (im Gegensatz zum verzweigten Prozeß im Maschinenbau: Teile, Baugruppen, Geräte, Anlagen).
2. Nach der überwiegenden Zahl der Prozeßschritte ist es nicht möglich, die mit jedem einzelnen Schritt erzeugten Eigenschaften unmittelbar nach diesem Schritt zu prüfen oder zu messen.
3. Der Anteil der Produktionsvoraussetzungen bei Medien, Klima, Sauberkeit und der Umfang an Hilfsmaterialien in höchster Qualität ist in unserem Industriezweig besonders hoch.

Die grundsätzliche Organisationsform der Produktion ist die Pensumfertigung. Das bedeutet, daß an jedem der aufeinander folgenden Arbeitsgänge täglich ein bestimmtes Pensum (Menge) nach konstanten technologischen Vorschriften bearbeitet werden muß.

Gegensatz dazu ist eine Auftragsfertigung, bei der unterschiedliche Aufträge nacheinander auf den gleichen Maschinen abgearbeitet werden.

Wegen der hohen Produktivität vieler technologischer Spezialausrüstungen ist in den nächsten Jahren auch in unserem Betrieb mit einem Übergang zur Auftragsfertigung zu rechnen.

Der technologische Prozeß der Massenproduktion elektronischer Bauelemente stellt somit ein dynamisches System dar, in dem vielfältige Schwankungen und Störungen auftreten können, die sowohl im Prozeß selbst als auch aus den verschiedenen anderen Teilsystemen der Produktionsvorbereitung stammen können.

Die Eingangsgrößen sind Grundmaterial, Arbeitsmittel, technisch-technologische Vorschrift, Medien und Hilfsmaterial, VWP und nicht zuletzt die Arbeitskraft, die das Zusammenwirken dieser Elemente gewährleistet.

1.2. Produktionsprozeßkontrolle

Ziel der Prozeßkontrolle ist es, trotz oder richtiger gerade wegen der genannten, mit Toleranzen, Fehlern und Störungen behafteten Elemente, durch geeignete Vorkehrungen und Einwirkungen, die den Prozeß negativ verändernden Einflüsse zu minimieren und positive Einflüsse zu maximieren. "Negative" bzw. "positive" Einflüsse sind am Prozeßergebnis zu messen. Prozeßergebnis des technologischen Prozesses der Massenfertigung sind Bauelemente nach Menge und mit standardgerechter Qualität.

Prozeßkontrolle stellt sich damit als Regelungsaufgabe dar. Zielfunktion ist die Sicherung der Stabilität des dynamischen Prozesses einschließlich der Ausregelung der genannten Schwankungen und Störungen nach den Prinzipien vermaschter Regelkreise auf einem hohen Effektivitätsniveau.

Die Prozeßkontrolle schließt die Rückkoppelung, d. h. die Reaktion auf ein unerwünschtes Ergebnis ein. Das setzt jedoch voraus, daß auch die Ursache-Wirkung-Beziehung für die betreffende Erzeugniseigenschaft bekannt ist oder aufgedeckt werden muß. Bei einem neuen Erzeugnis, d. h. neuem Prozeß sind aber die Ursache-Wirkung-Beziehungen stets nur zu einem geringen Teil und weiterhin selten quantitativ bekannt. Die Gewinnung umfassender Prozeßkenntnisse über die grundlegenden hinaus und ihre quantitativen Zusammenhänge sind nur bei einem laufenden Massenproduktionsprozeß möglich. Sie müssen systematisch erarbeitet werden und werden als Prozeßanalyse bezeichnet.

Die personellen und materiellen Aufwendungen für die technologische Prozeßkontrolle stehen in einem gegenläufigen Verhältnis zu den Kosten für Ausschuß.

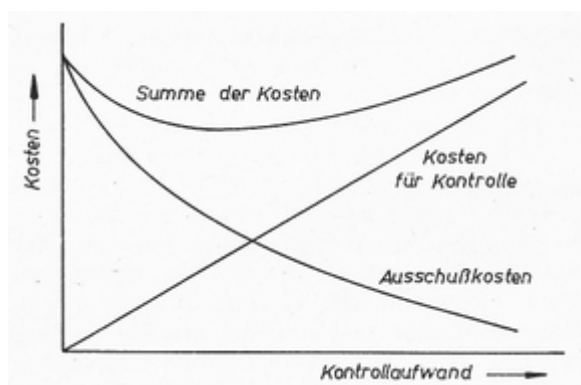


Abb. 1.2. Kosten für Ausschuß und Kontrolle im Produktionsprozeß

Die Prozeßkontrolle kann grundsätzlich durch Fremdkontrolle oder Eigenkontrolle erfolgen. Unter Eigenkontrolle versteht man die Kontrolle durch den Produktionsarbeiter selbst und am Ende eines Abschnittes durch den zuständigen Meister oder seinen Beauftragten.

Diese Form der Kontrolle setzt sehr hohe fachliche Kenntnisse und Erfahrungen, ein hohes Verantwortungsbewußtsein sowie Ehrlichkeit des Qualitätsprüfers voraus, ermöglicht aber ein sofortiges Eingreifen des Verantwortlichen in den Prozeß zur Sicherung der geforderten Qualität.

Bei der Fremdkontrolle erfolgt die Kontrolle durch eine Instanz, die nicht dem Leiter der Produktionsabteilung untersteht und die bei Qualitätsabweichungen die Wiederherstellung des Sollzustandes auf dem Leitungswege veranlassen muß.

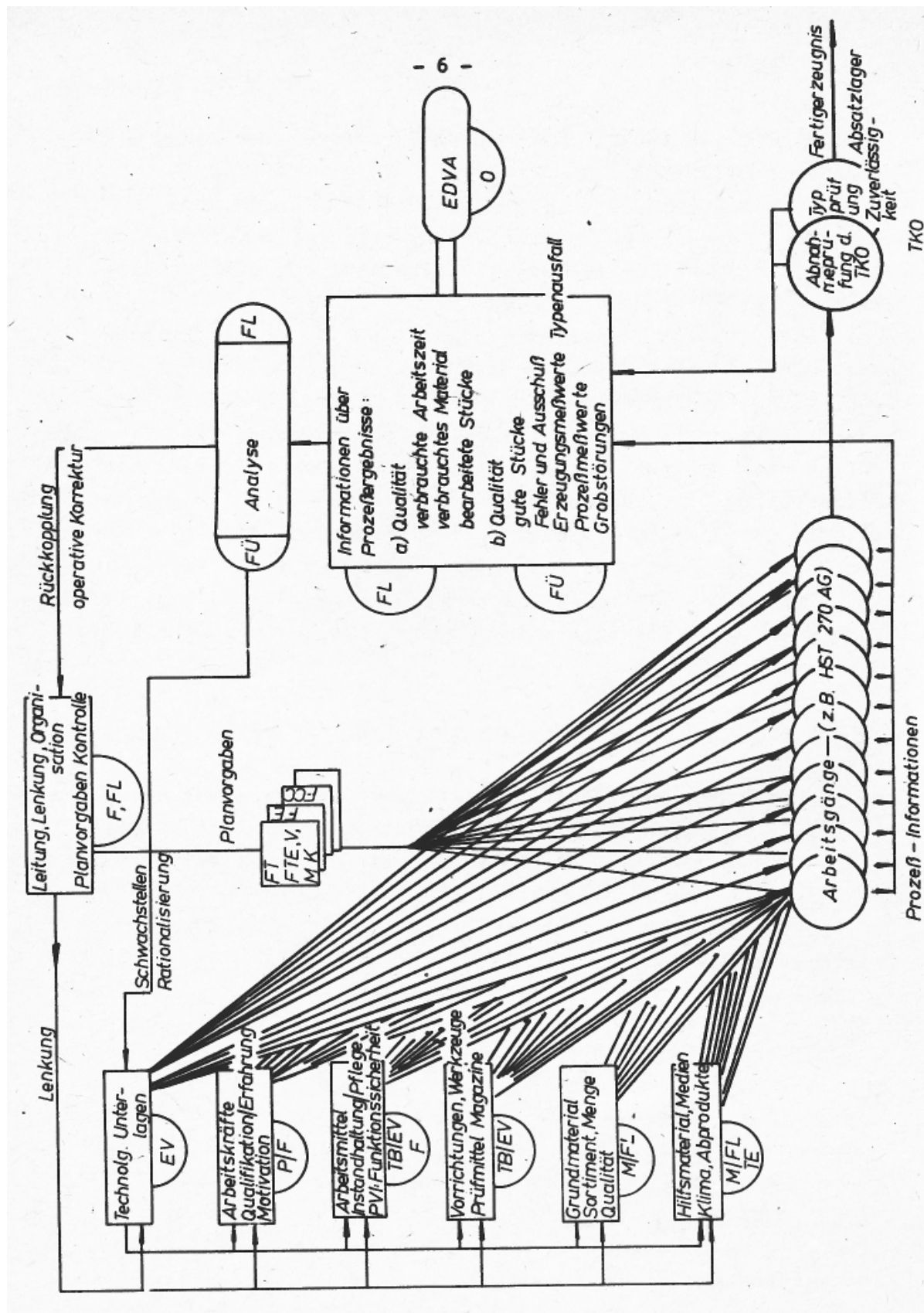
Fremdkontrolle ist in der Massenfertigung von elektronischen Bauelementen jedenfalls dort unumgänglich, wo erstmalig im Ablauf komplexe Eigenschaften des Erzeugnisses meßbar und beurteilbar sind, insbesondere an den Stellen, wo ein Erzeugnis eine Abteilung verläßt und in einer anderen weiterbearbeitet wird sowie bei der Endkontrolle. Die präzise Abgrenzung von Fremd- und Eigenkontrolle ist eine Leitungsentscheidung, die dann höchste Effektivität bewirkt, wenn an keiner Stelle eine Trennung der Verantwortlichkeit in Stückzahl einerseits und Qualität andererseits zugelassen wird und die jeweils erforderliche Qualifikation und Ideologie zielgerichtet entwickelt wird.

1.3. Zielfunktion des Prozesses einschließlich der Prozeßkontrolle

Die Zielfunktion der Produktion ist die Bedarfsdeckung der Volkswirtschaft in Menge und Qualität bei hoher Effektivität. Die Sicherung der Qualität ist die wichtigste Effektivitätssteigerung der laufenden Produktion.

Der Begriff "Qualität" bedarf gegenüber dem Sprachgebrauch der Präzisierung.

2. Qualität und das Qualitätssicherungssystem des Betriebes



2.1. Qualität und Mustertreue

Was heißt Qualität?

1. Hohe Gebrauchseigenschaften

Diese wurden nach eingehender Weltstandsanalyse durch die Erzeugnisentwicklung erarbeitet und im Brzeugniastandard fixiert.

2. Mustertreue

Nach Entwicklungsabschluß und Fixierung des Erzeugnisstandards wird die Mustertreue täglich erneut im Produktionsprozeß durch hohe technologische Disziplin und termin-, mengen- und qualitätsgerechte Produktionsvorbereitung gewährleistet.

3. Prozeßsicherheit

Sie gewährleistet das reibungslose Zusammenwirken aller am Produktionsprozeß, einschließlich seiner täglichen Vorbereitung, mitarbeitenden Kollegen und wird gemessen an der Häufigkeit der Prozeßstörungen und der Schwankungsbreite der Ergebnisse. Die Prozeßsicherheit spiegelt die Qualität der Verfahrensentwicklung und Ausrüstungen, der Leitung, der Organisation und der Summe der Zielstrebigkeit und der Qualifikation aller beteiligten Mitarbeiter wider.

4. Ständige Verbesserung der Effektivität des Produktionsprozesses

Diese wird gemessen am Arbeitszeitaufwand, Materialverbrauch und den Kosten und wird durch ständige Ausbeutesteigerung im laufenden Produktionsprozeß am umfassendsten realisiert.

An der täglichen Qualitätsarbeit sind alle Produktionsarbeiter durch ihre technologische Disziplin entscheidend beteiligt. Bei zunehmender Arbeitsteilung steigt aber auch ständig die Verantwortung und der Anteil aller Mitarbeiter der produktionsvorbereitenden Abteilungen von der Technologie über die mengen-, termin- und qualitätsgerechte Bereitstellung von Grund- und Hilfsmaterial, die Medien- und Klimaversorgung über die Bereitstellung von Ersatzteilen, Vorrichtungen, Werkzeugen und Magazinen bis zur sachgerechten Erarbeitung von Entlohnungskonzepten und Lohnformordnungen. Ohne diese Vorleistungen ist eine Gewährleistung der vorgeschriebenen Technologie und damit der Mustertreue, Prozeßsicherheit und hohen Effektivität nicht möglich.

2.2. Qualitätssicherung der Produktionsvorbereitung

Die Qualitätssicherung von Forschung, Entwicklung und Überleitung wird an den Pflichtentheftfestlegungen gemessen und kontrolliert (Näheres im Lehrbrief 8). Die Qualitätssicherung der täglichen Produktionsvorbereitung ist vielfältig und erstreckt sich auf alle Grundmaterialien, Hilfsmaterialien, Chemikalien und Vorrichtungen, Werkzeuge, Meß- und Prüfmittel. Sie erfolgt durch die TKO des Betriebes in der Wareneingangskontrolle bzw. Eichstelle auf der Grundlage von Standards oder TLA's.

Angelieferte Materialien mit Qualitätsmängeln sind zurückzuweisen, wenn sie nicht den vereinbarten Standards oder TLA's entsprechen. Ein Einsatz nicht qualitätsgerechter Materialien führt immer zu erhöhtem Ausschuß am Endprodukt oder zusätzlichem Aufwand für Nacharbeit. Insbesondere sind die Auswirkungen selten vorher bekannt. Mit Hilfe der Wareneingangskontrolle müssen Störungen durch Material im Produktionsprozeß ausgeschlossen werden.

2.3. Qualitätssicherung in der Produktion

Die Sicherung der Qualität in der Produktion basiert auf dem § 80 des Arbeitsgesetzbuches, nach dem der Werktätige verpflichtet ist, mit Umsicht und Initiative sein Arbeitspensum mit der vorgeschriebenen Qualität zu erfüllen. Es ist notwendig, die Erfüllung dieser Forderung ständig zu kontrollieren. Dabei ist es bei vernünftiger Organisation verhältnismäßig einfach, die Quantität der geleisteten Arbeit zu kontrollieren, da hier durch die Anlieferung an den Folgearbeitgang eine natürliche Eigenkontrolle möglich ist.

Dennoch stellt die Kontrolle der Stückzahlen auch die Basis für die Qualitätskontrolle dar, weil jedes Stück Ausschuß bei der Stückzahlabrechnung ausgewiesen werden muß.

An Jedem Arbeitsgang gelten die Gleichungen

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| 1. Eingangsstückzahl | = | Bearbeitete Erzeugnisse (Stück) +
Zurückgewiesene Erzeugnisse (Stück) |
| 2. Bearbeitete Stückzahl | = | Gute Erzeugnisse (Stück) +
Ausschußstückzahl |
| 3. Ausschußstückzahl | = | Fehlerstückzahl pro Fehlerart |

zu 1.

Fehlerhafte Teile, die zu Ausschuß führen, werden vor der weiteren Bearbeitung ausgesondert, weil sie dann keine weiteren Kosten verursachen, sofern die Fehlerhaftigkeit

auf einfache Weise zu erkennen ist, d. h. der Fehler offensichtlich ist.

(Auch ein bereits z. B. in der Wareneingangskontrolle geprüfter Posten wird immer einige wenige fehlerhafte Teile enthalten, die vertraglich zugelassen sind und die bei der Stichprobenkontrolle nicht selektiert werden.)

zu 3.

Eine Kontrolle kann entweder in einem Arbeitsgang direkt enthalten sein, oder es folgt einem oder auch mehreren Arbeitsgängen ein Kontrollarbeitsgang. Die Kontrolle besteht aus den Operationen Zählen, Prüfen oder Messen. Dabei sind die Prüfkriterien bzw. Meßgrenzen für jeden Arbeitsgang eindeutig festgelegt. Jedes Kriterium hat eine Fehlernummer und die Fehlerstückzahl für jede Fehlerart ist bei der Kontrolle festzustellen. Kann z. B. an einem Arbeitsgang nur eine Fehlerart entstehen, so ist durch die Zählung der fehlerhaften Stückzahl und durch die Differenzbildung mit der bearbeiteten Stückzahl die Anzahl der guten Erzeugnisse (Stück) errechenbar.

Es gibt einige Fehler, bei denen es möglich ist, durch Nacharbeit den Fehler zu beseitigen. Diese Bauelemente sind als Ausschuß abzurechnen und werden erst nach erfolgreicher Nacharbeit wieder der Gutstückzahl zugeschrieben.

In jedem Falle hat, nachdem die Arbeitskraft ihre Leistung stückzahlmäßig abgerechnet hat, eine Kontrolle zu erfolgen, ob die Abrechnung fehlerfrei ist, insbesondere auch, weil diese Abrechnung die Grundlage für die Leistungsentlohnung ist. Diese Kontrolle erfolgt durch den zuständigen Schichtleiter oder Meister bzw. seinen Beauftragten.

Die Kontrolle darüber, ob die Kriterien der Qualität eingehalten worden sind, erfolgt auf verschiedene Weise, die im einzelnen in der Arbeitsvorschrift für die statistische Qualitätskontrolle (AVSQK) festgelegt ist.

Aufgaben und Pflichten

Die Aufgaben und Pflichten der Arbeitskräfte, Brigadiere, Einrichter, Schichtleiter, Meister, Abteilungsleiter und Qualitätskontrolleure bezüglich Gewinnung und Weiterleitung der Informationen über den Fertigungsprozeß und damit zur Qualitätssicherung, ergeben sich grundsätzlich aus dem AGB, der Arbeitsordnung und dem Funktionsplan.

Zur Qualitätssicherung gelten insbesondere folgende Aufgaben und Pflichten:

Verantwortlichkeit der Arbeitskraft

- Ausführung des Arbeitsganges nach FA (Fertigungsanweisung)
- Bedienung der Maschinen (VWP) nach FA.
- Sachlich richtiges Ausfüllen von Chargenkarten, Arbeitsplatzbuch, Lohnschein.
- Meldung über unzureichende Maschinenfunktion, fehlerhaftes Material oder andere Störungen an Brigadier oder Schichtleiter.

Verantwortlichkeit des Einrichters

- Regelmäßige Überprüfung der einwandfreien Maschinenfunktion gemäß Kontrollplan.
- Meldung von nicht selbst oder nicht kurzfristig behebbaren Störungen an den Abschnittsleiter bzw. Kontrollingenieur.
- Sachlich richtige Führung der Maschinenbücher und Ausfallmeldungen.
- Einrichten der Betriebs- und Arbeitsmittel nach FA (Medien, Temp. usw.).

Verantwortlichkeit der Brigadiere

- Kontrolle der AK auf vorschriftsmäßige Arbeit nach geltenden FA's gemäß Kontrollplan, Ausfüllen der Kontrollkarten.
- Kontrolle der Lohnscheine, Chargenlaufkarten bzw. Postenlaufkarten, Meßprotokolle und Bücher auf vollständige und sachgemäße Eintragungen.
- Meldung von nicht selbst behebbaren Störungen an den Abschnittsleiter.

Verantwortlichkeit des Abschnittsleiters , Meisters, Schichtleiters

- Kontrolle der Routinetätigkeit der Brigadiere und Einrichter mit Hilfe des Schichtbuches.
- Information der Instandhaltung und des Kontrollingenieurs und des zuständigen Technologen bei nicht vollständig lösbaren Problemen.
- Kontrolle der Einhaltung der FA's und anderer technologischer Unterlagen, der Termine und sachgemäßen Lösung der angewiesenen Aufgaben durch Arbeitskräfte, Einrichter, Brigadiere.
- Ordnungsgemäße Durchführung und Ausweisung der Nacharbeit.

Verantwortlichkeit des Qualitätskontrolleurs

- Ausführung der Kontrollen laut Kontrollplan der AVSQK (Dabei kann vom zuständigen Kontrollingenieur der Prüfumfang entsprechend der operativen Situation verschärft bzw. reduziert werden.).

- Kontrolle der sachlich richtigen und vollständigen Ausfertigung der vorgeschriebenen Datenträger.
- Sofortige Meldung bei Überschreitung der Kontroll- bzw. Vertrauensgrenzen oder Häufung von bestimmten Fehlerarten an den zuständigen Kontrollingenieur und Abschnittsleiter.
- Kontrolle der Eingangsmaterialien und der zur Auslieferung vorgesehenen Erzeugnisse durch Stichprobe oder an Hand der Begleitpapiere gemäß Kontrollplan oder zusätzlich auf Weisung des Kontrollingenieurs von FÜ.

Verantwortlichkeit des Abteilungsleiters

Er ist verantwortlich für die Einhaltung der Technologie und Gewährleistung der durch die technologischen Unterlagen vorgeschriebenen Zielparameter, die sich aus den in seinem Verantwortungsbereich durchgeführten Verfahren ergeben.

Verantwortlichkeit des Prozeßingenieurs von FÜ

- Verantwortlich für die sich aus den Einzelverfahrensschritten im Komplex ergebenden technischen (Mustertreue) und ökonomischen (Ausbeute, Typenanfall) Zielparameter des Gesamterzeugnisses.
- Bereitstellung von Qualitätsinformationen und Analysen des Erzeugnisses aus dem Rechner für EV, F-Leitungsebenen und andere Bedarfsträger.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Organisation der Qualitätssicherung in technologischen Unterlagen detailliert festgelegt ist, so daß bei der technologischen Disziplin aller Beteiligten die Qualität gesichert wäre.

Es gibt aber eine Reihe von Bedingungen, die ständig der Erreichung dieses Idealzustandes entgegenwirken. Nur einige davon sollen als Beispiel genannt werden.

- Bei jedem Erzeugnis wird die Massenproduktion zum frühestmöglichen Zeitpunkt aufgenommen, um den volkswirtschaftlichen Bedarf zu decken.

In diesem Zeitraum des Anlaufs der Massenproduktion gibt es ungeklärte Probleme der qualitätsgerechten Materialversorgung, der Provisorien bei Ausrüstungen, der unzureichenden Qualifikation und Erfahrung der Arbeitskräfte und Leiter und der unzureichenden Kenntnis über Wechselwirkungen im technologischen Prozeß selbst.

- Bei laufender Produktion treten vergleichbare Probleme durch Maschinenverschleiß, Austausch von Arbeitskräften und Leitern, Materialablösungen oder sprunghafte Kapazitätsaufstockungen auf.

Es ist die überwiegende Aufgabe der Fertigungsüberwachung mit ihren Prozeßingenieuren, die Endqualität unserer Erzeugnisse auch unter den Bedingungen dieser vielfältigen Störungen zu sichern, wobei häufig die Technologie und die Entwicklung mit einbezogen werden muß.

2.4. Abnahme und Typprüfung

Nachdem die Fertigerzeugnisse in der Endkontrolle typisiert und auf die zu garantierenden Parameter gemessen sind, wird jeder Posten der TKO zur Abnahmeprüfung vorgestellt.

In der Abnahmeprüfung erfolgt eine Stichprobenkontrolle auf alle im Standard garantierten Meßwerte. Dabei ist nur ein Bruchteil eines Prozentes als Durchschlupf fehlerhafter Teile zugelassen. Wird dieser Teil überschritten, erfolgt eine Rückweisung des Postens an die Fertigung und abermalige Endkontrolle. Abgenommene Posten werden verpackt und ausgeliefert.

Periodisch wird durch die TKO eine Typprüfung durchgeführt, die eine längere Prüfzeit oder eine zerstörende Prüfung erfordern. Solche Prüfungen sind insbesondere:

- eine 1500 Stunden - Dauerlast
- Prüfungen auf Beständigkeit gegen Schütteln und Stoßen
- Klimaprüfungen
- Lötfähigkeitsprüfungen
- Lagerfähigkeitsprüfungen
- Überlastprüfungen.

Die bestanden Typprüfungen sind Voraussetzung für die Produktionsgenehmigung bzw. Gütezeichenerteilung.

2.5. Applikation und Reklamation

Da auch jeder Kunde eine Wareneingangsprüfung an den von uns gelieferten Bauelementen durchführen kann, hat er auf der Grundlage der Standards auch die Möglichkeit, festgestellte Qualitätsmängel zu reklamieren.

Daraus ergibt sich die Reklamationarate

$$R = \frac{\text{zurückgewiesene BE} \cdot 100}{\text{gelieferte Bauelemente}} \%$$

Auch Bauelemente, die erst im Gerät im Gebrauch ausfallen, werden vom Gerätehersteller beim Bauelementehersteller reklamiert, wobei jedoch häufig ungeklärt bleibt, ob das Bauelement nicht qualitätsgerecht war und ausgefallen ist oder ein Folgeausfall wegen Überlastung oder falscher Schaltungsauslegung entstanden ist.

Für diese Probleme ist die Applikationsabteilung des Betriebes zuständig.

Ebenso wie das Typprüfergebnis ist die Reklamationsquote ein Kriterium für die Gütezeichenerteilung.

3. Prozeßkontrolle und Prozeßanalysen

Die qualitätsgerechte Ausführung der einzelnen Arbeitsgänge durch entsprechende Arbeit einschließlich deren Kontrolle sichert jedoch noch keineswegs die Gesamtqualität des Erzeugnisses. Deshalb ist neben der Kontrolle der Einzelarbeitsgänge die Kontrolle des Zusammenwirkens erforderlich, die als Prozeßkontrolle bezeichnet wird.

Die tägliche Arbeit mit der Prozeßkontrolle führt auch ständig zu besserem Wissen über die Zusammenhänge des Prozesses. Das zielgerichtete Erkunden von Prozeßzusammenhängen, d. h. die Suche nach Ursache-Wirkung-Beziehungen insbesondere zwischen entfernten Prozeßabschnitten, wird als Prozeßanalyse bezeichnet. Die Nutzung der Prozeßanalyse zur zielgerichteten Verbesserung des Prozesses ist eine wichtige Aufgabe zur Effektivitätssteigerung der Produktion.

Aus dieser langfristigen Aufgabe der Überwachung der Produktion kommt der richtigen Auswahl der einzelnen Kontrollpunkte eine besondere Bedeutung zu.

Wird z. B. ein Arbeitsgang überwiegend durch hohe Qualität der Arbeitsausführung in seinem Ergebnis bedingt, ist eine 100%ige Kontrolle erforderlich. Wird der gleiche Arbeitsgang durch eine hochproduktive Maschine durchgeführt, die einmal richtig eingestellt, eine hohe Gleichmäßigkeit der Bearbeitung bewirkt, genügt eine Stichprobe in Zeitabständen.

Ist die bewirkte Erzeugniseigenschaft ein wichtiges Glied in der Toleranzkette des Gesamterzeugnisses, so ist eine Kontrolle notwendig. Ist die Maschinentoleranz klein gegenüber der Anforderung, kann auch auf eine Kontrolle verzichtet werden.

Bei Beginn einer Massenproduktion ist jedoch auf jeden Fall zu kontrollieren, bis das Prozeßverhalten so gut bekannt ist, daß eine Entscheidung über die Reduzierung des Prüfaufwandes möglich ist.

Solche Kontrollpunkte, an denen die Treffsicherheit eines einzelnen Arbeitsganges beurteilt wird, lassen auch relativ leicht zu, die Ursache für aufgetretene Fehler zu finden.

Dagegen lassen Kontrollpunkte, die schon komplexe Eigenschaften von mehreren oder vielen Arbeitsgängen bewerten, selten direkt auf die Fehlerursachen zurück schließen und bedürfen der Analyse und gegebenenfalls auch umfangreicher zusätzlicher Untersuchungen.

Deshalb sollten die untersten Kontrollpunkte folgende Anforderungen erfüllen:

- Für jeden erzeugnisverändernden Arbeitsgang sollte eine Prüf-/Kontrollmöglichkeit bestehen.
- Diese Prüf-/Kontrollmöglichkeit sollte möglichst zerstörungsfrei sein.
- Sie sollte schnell und billig durchführbar sein.
- Diese Prüf-/Kontrollmöglichkeit sollte möglichst eine oder mehrere Maßzahlen zur Charakterisierung liefern (nicht nur Attributprüfung).
- Wenn nur eine Attributprüfung möglich ist, sollte das Merkmal objektiv sein.
- Das Merkmal muß direktes und wesentliches Kriterium zur bewirkten Eigenschaftsänderung am Erzeugnis sein.
- Die Verantwortlichkeit für den Arbeitsschritt, die Kontrolle und die Rückkopplung muß eindeutig definiert sein.

Da die Erfüllbarkeit dieser Anforderungen keineswegs immer wissenschaftlich bzw. technisch einfach und selbstverständlich ist, werden häufig Provisorien eingesetzt.

- Ist ein Prüf-/Kontrollschritt aufwendig, ist nur eine Stichprobenprüfung möglich, deren Signifikanz periodisch überprüft werden muß.
- Ist ein Prüf-/Kontrollschritt zerstörend, sind nur kleine oder keine laufenden Stichproben möglich.
- Sind nur Attributprüfungen möglich, ist der Prüfumfang hinreichend groß anzusetzen.
- Gibt es nur subjektive Kriterien (Sichtprüfung), sind unbedingt Grenzmusterreihen bereitzustellen.

- Sind die Merkmale nur indirekte Kriterien des Prozeßschrittes, ist die Gültigkeit der Regression periodisch zu überprüfen.
- Wenn die Verantwortlichkeit nicht eindeutig zugeordnet werden kann, sind zusätzliche Kontrollen erforderlich.

Die Prozeßergebnisse, die durch die Ergebnisse an einem Kontrollpunkt gekennzeichnet sind, lassen sich auch nach dem Umfang der erfaßten Erzeugniseigenschaften charakterisieren.

In der einfachsten Form wird ein Arbeitsschritt durch einen Meßwert gekennzeichnet, z. B. das Dickenmaß einer Si-Scheibe nach dem Läppen. Aus mehreren einfachen Meßwerten können Komplexionen gebildet werden, wie aus mehreren definierten Dickenwerten einer Scheibe die Planparallelität, Balligkeit, Keiligkeit. Auch diese Komplexionen geben keinen einfachen Zusammenhang mit den Gebrauchseigenschaften, wie z. B. den elektrischen Kenndaten, sondern sind nur Glieder einer Toleranzkette.

Andererseits sind alle Punkte, an denen Ausschuß oder Fehler erkannt und ausgesondert werden, natürliche Kontrollpunkte, an denen der Fehleranteil das Kriterium für die Prozeßqualität darstellt, ohne jedoch der Forderung zu genügen, daß der Prozeßschritt, an dem der Fehler verursacht wurde, damit eindeutig definiert ist. Vielmehr gibt es Fehlerarten, denen viele verschiedene Ursachen an verschiedenen Arbeitsgängen zugrunde liegen können, die ohne konkrete Untersuchung nicht und oft gar nicht im Einzelfall zugeordnet werden können.

Typisches Beispiel ist, daß die Endmessung den U_F -Ausschuß nicht verursacht und auch die Fehlerursache durch das Merkmal " U_F "-Ausschuß nicht definiert (mögliche Ursachen liegen an so verschiedenen Stellen wie zu große Basisbreite, zu kleines t , schlechte Metallisierung oder schlechte Kontaktierung, die am Endmesser nicht unterscheidbar sind).

Die Kontrollpunkte, an denen Fehler selektiert werden, sind somit nur teilweise Kontrollpunkte 1. Ordnung, überwiegend aber 2. Ordnung.

Die Qualitätskontrolle der Produktion im engeren Sinne erfolgt an jedem Verfahrensschritt und soll die Treffsicherheit des betreffenden Arbeitsganges gewährleisten.

Diese Kontrollpunkte auf der untersten Ebene werden als Kontrollpunkte 1. Ordnung bezeichnet.

Außer diesen Kontrollpunkten sind an verschiedenen Stellen Zwischenkontrollen notwendig, die die bis dahin durch Zusammenwirken mehrerer Arbeitsschritte entstandenen Erzeugniseigenschaften kontrollieren. Wir bezeichnen sie als Kontrollpunkte 2. Ordnung.

Eine wichtige Frage beim Anfahren eines Produktionsprozesses ist der Umfang der festzulegenden Kontrollpunkte (vergleiche dazu S. 3).

In den Entwicklungen sollte keine Möglichkeit zur Prozeßdatengewinnung ausgelassen werden, ebenso in der Überleitungsphase.

Sobald ein Prozeßschritt "in Kontrolle" läuft, kann der Prüfumfang Schritt um Schritt reduziert werden von 100 % über Stichprobenprüfung bis zur periodischen Prüfung und schließlich zum Wegfall der Kontrolle.

Kriterium für die Reduzierung ist das Ergebnis einer statistischen Analyse (s. w. u.), die die sichere Abwesenheit von systematischen Fehlern, eine enge Streubreite, Nichtauftreten von "Ausreißern" und richtige Einpassung in die Toleranzkette nachweisen muß ($G \ll$ zulässige technologische Toleranz). Der Optimierungsvorgang des Prüfumfanges sollte nach Vorliegen der Vorlaufdaten, spätestens während der Einlaufphase der Massenproduktion abgeschlossen werden. Das Kontrollsystem muß erneut überarbeitet werden, wenn an einer oder mehreren Stellen des Prozesses wesentliche Änderungen z. B. zur Rationalisierung von Verfahren, Ausrüstungen, Materialqualitäten u. a. vorgenommen werden.

Die Aufgaben und Methoden der Prozeßanalyse können hier nur thesenartig wiedergegeben werden.

Die Prozeßanalyse wird in der Entwicklung bezogen auf einzelne kritische Verfahrensschritte betrieben. Weiterhin ist Prozeßanalyse bezüglich des Gesamtkomplexes der Produktion eines Erzeugnisses erforderlich. Diese Aufgabe hat insbesondere folgende Ziele:

- Die Kenntnisse über die physikalisch-chemische Wechselwirkung zwischen Konstruktion, Material, Verfahren und den Erzeugniseigenschaften sind zu gewinnen bzw. zu erweitern.
- Das erweiterte Wissen über das technische Zusammenwirken der Faktoren, insbesondere der Gültigkeitsbereich dieses Wissens (Toleranzketten), ist zur Prozeßoptimierung, zur Verfahrensoptimierung und zur Organisationsoptimierung zu nutzen.
- Das ökonomische Ergebnis des Prozesses ist zu verbessern durch Ausschußsenkung, Senkung des Aufwandes, insbesondere der Nacharbeit, Erhöhung des Zieltypenanfalls. Weiterhin ist der operative Leitungsaufwand, z. B. auch die Häufigkeit von Versuchen zu vermindern.

Die Methoden der Prozeßanalyse sind außerordentlich vielfältig, so daß auch hier nur einige Anmerkungen möglich sind. Voraussetzungen sind einfache Modellierungen der Prozesse auf der Basis des Fertigungsablaufplanes und der in der Arbeitsgangdatei festgeschriebenen Informationen technologischer Art (siehe Kapitel 6). Die EDV gestattet, die auf der Datenbank gespeicherten Informationen auf viele verschiedene Fragestellungen aufbereitet und sortiert bereitzustellen.

Mit den Mitteln der mathematischen Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, die im nächsten Abschnitt dargelegt werden, lassen sich Arbeitshypothesen bestätigen oder ablehnen. Dabei ist zu beachten, daß die EDV und die mathematischen Methoden nur "Handwerkzeug" darstellen, nicht aber die schöpferische Arbeit des Ingenieurs ersetzen, der das jeweils geeignete Werkzeug für das Problem auszuwählen hat.

Der erste Schritt der Analysetätigkeit besteht meistens in der Eingrenzung der Fehlerursache für einen schädlichen Effekt, dazu dienen insbesondere statistische Tests und Korrelationsuntersuchungen sowie Analysen von Häufigkeitsverteilungen. Dabei geht es um die Unterscheidung von zufälligen und systematischen Fehlern, Unterverteilungen und "Ausreißern". Der direkte Nachweis der Fehlerursache ist häufig nur experimentell möglich, nachdem die Eingrenzung hinreichend genau vorgenommen ist.

Im Endeffekt wird angestrebt, für jeden kritischen Zielparameter die bestimmenden, verursachenden und begrenzenden Hauptparameter qualitativ und quantitativ zu kennen.

Die Ergebnisse der Prozeßanalyse sind Ausgangspunkte für Maßnahmen, Aufgabenstellungen und Weiterentwicklungen mit in letzter Konsequenz ökonomischen Zielstellungen.

4. Mathematisch-statistische Grundlagen der statistischen Qualitätskontrolle

4.1. Stich-Probentechnik

Wichtiges Hilfsmittel bei der Beurteilung der Qualitätslage einer Fertigung bzw. der Wareneingangs- und Abnahmeprüfung ist die Stichprobentechnik, da die vollständige Prüfung, z. B. eines Lieferpostens unwirtschaftlich ist bzw. sich bei zerstörenden Prüfungen von selbst verbietet. Geprüft werden lediglich die nach dem Zufallsprinzip der Lieferung bzw. dem Fertigungslos entnommenen Teile, wobei das Risiko einer Fehlentscheidung bewußt in Kauf genommen wird, da es wesentlich kleiner ist als bei Annahme eines ungeprüften Loses. Gebräuchlich sind Stichprobenpläne für Attribut- und Variablenprüfung, die in Standards /1/, /2/ genormt sind.

4.1.1. Attribut-Stichprobenprüfung

Prüfungen dieser Art werden in Stichprobenplänen geregelt, in denen Stichprobenvorschriften mit unterschiedlichem Umfang in Abhängigkeit von der Losgröße festgelegt sind und beziehen sich auf gut/schlecht-Aussagen, also Zählwerte guter bzw. schlechter Einheiten.

Tabellarische Zuordnungen sind im Standard TGL 14450/01 /1/ enthalten.

Die annehmbare Qualitätsgrenzlage (AQL) charakterisiert dabei den maximalen Prozentsatz fehlerhafter Einheiten, bei der z. B. der Abnehmer noch bereit ist, einen Lieferposten anzunehmen.

4.1.2. Variablen-Stichprobenprüfung

Diese Prüfungen beziehen sich auf Stichprobenpläne für meßbare Merkmale mit der Einschränkung, daß diese annähernd normal verteilt sein müssen.

Bei Einhaltung dieser Bedingung sind Variablen-Stichprobenpläne ökonomischer, da der Stichprobenumfang wesentlich kleiner ist. Variablen-Stichprobenpläne sind im DDR-Standard TGL 14452 /2/ enthalten.

4.2. Qualitätsregelkarten

Als Rationalisierungsinstrument für die Fertigungsüberwachung finden neben der Stichprobentechnik für die Abnahmeprüfung von Losen Qualitätsregelkarten breite Anwendung. Sie können normal zur Steuerung als auch zur Überwachung der Qualität verwendet werden. Die Prüfung erfolgt dabei während des Fertigungsprozesses, die Prüfergebnisse werden in der zeitlichen Reihenfolge aufgezeichnet (Abb. 4.1).

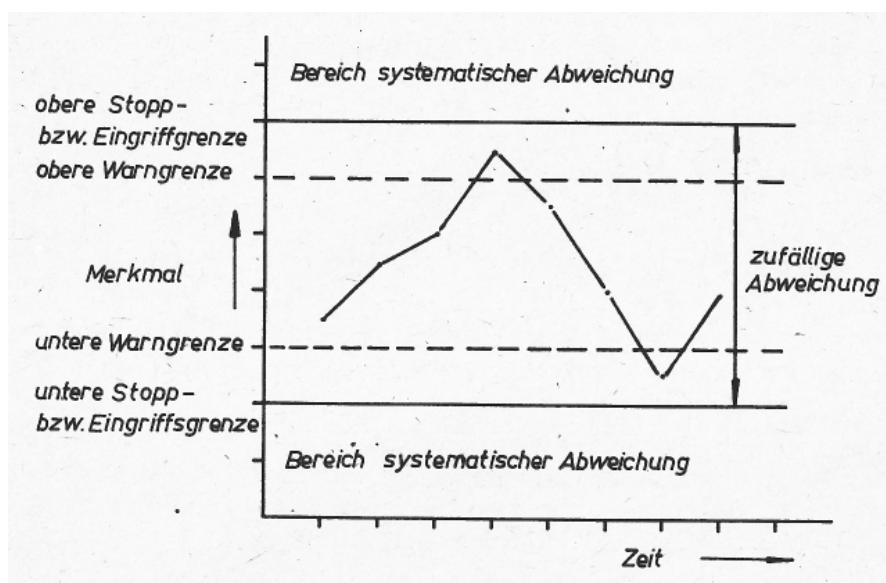


Abb. 4.1 Qualitätsregelkarte

Qualitätsregelkarten lassen Abweichungen von der mittleren Lage des Fertigungsprozesses relativ schnell erkennen. Die rechtzeitige Information über Abweichungen erlaubt es, schnell Maßnahmen zur Ursachenermittlung und daraus folgende Maßnahmen zur Beseitigung der Fehlerursache einzuleiten. Die Abweichungen vom Zielwert werden in zufällige und systematische Ursachen getrennt, wobei mit Qualitätsregelkarten vorwiegend systematische Ursachen nachgewiesen werden sollen.

4.3. Auswerteverfahren

Zur Anwendung kommen Methoden höherer mathematischer Statistik, die oftmals nur mit Hilfe von EDV-Anlagen durchgeführt werden können. Jedoch kann in einfachen Fällen schon eine grafische Darstellung Zusammenhänge sichtbar machen.

4.3.1. Korrelationsrechnung

Mit der Korrelationsrechnung kann die Bestimmtheit eines Zusammenhanges zwischen Merkmalswerten, ohne eindeutig zwischen Einfluß- und Zielgröße zu unterscheiden, festgestellt werden. Die Maßzahl dieses Zusammenhanges ist der Korrelationskoeffizient r_{xy} und liegt immer zwischen -1 und +1.

$$-1 = r_{xy} = +1$$

Liegt kein Zusammenhang zwischen den untersuchten Merkmalswerten, nimmt er den Wert 0 an.

Unter Umgehung der Ableitungen lautet die Formel für die Berechnung des linearen Korrelationskoeffizienten:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - \bar{x} \sum y_i}{(\sum x_i^2 - \bar{x} \sum x_i) (\sum y_i^2 - \bar{y} \sum y_i)} \quad (1)$$

An einem der besseren Verständigung dienenden Beispiel soll die Nützlichkeit einer derartigen Analyse sichtbar gemacht werden:

Anhand vorliegender Daten soll für einen Sportclub die für das nächste Jahr benötigte Menge Schuhe in den entsprechenden Größengruppen bestellt werden. Dabei soll auf die aus ärztlichen Untersuchungen bekannte Körpergröße der Sportler zurückgegriffen werden. Eine Stichprobe bei 30 Sportlern, bei denen zusätzlich zur Körpergröße, die Schuhgröße ermittelt wurde, soll auf den korrelativen Zusammenhang hin untersucht werden.

x_i	y_i	x_i	y_i	x_i	y_i
Körpergr.	Schuhgr.	Körpergr.	Schuhgr.	Körpergr.	Schuhgr.
in cm	in cm	in cm	in cm	in cm	in cm
178	28	168	26	170	27
168	24	189	30	169	27
180	28	186	30	172	27
175	28	164	25	189	30
182	29	184	30	177	29
172	27	162	24	188	29
175	28	188	31	161	24
189	29	178	28	172	27
176	29	165	25	168	28
190	32	177	28	192	30

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 176,8 & \sum x_i &= 5304 & \sum x_i^2 &= 940214 \\ \bar{y} &= 27,9 & \sum y_i &= 837 & \sum y_i^2 &= 23477 & \sum x_i y_i &= 148486 \end{aligned}$$

Tabelle 4.1

Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten erfolgt nach der Formel (1) mit

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{und} \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad (3)$$

mit n = Anzahl der Wertepaare

$$r_{xy} = 0,909.$$

Der Korrelationskoeffizient $r_{xy} = 0,91$ zeigt eine recht gute Abhängigkeit der beiden Größen voneinander. Aufbauend auf dem Korrelationskoeffizienten läßt sich das Bestimmtheitsmaß

$$B_{xy} = r_{xy}^2 \quad (4)$$

angeben. Es gibt an, mit welchem Wert die Größe y durch die Größe x festgelegt wird und kann auch leicht in % angegeben werden.

$$B_{xy} = r_{xy}^2 * 100 \% \quad (5)$$

$$B_{xy} = 82,7 \%$$

in unserem o.g. Beispiel also $\sim 83 \%$.

Mit der Berechnung des Korrelationskoeffizienten, der nahe bei +1 liegt, ist also der Zusammenhang zwischen Körpergröße und Schuhgröße nachgewiesen.

Darüber hinaus muß aber bei jeder Korrelation über den Charakter unterschieden werden:

- a) Der Charakter der Korrelation kann positiv oder negativ sein, je nachdem, ob zu wachsenden (fallenden) Werten der einen Variablen auch wachsende (fallende) Werte der anderen Variablen gehören oder ob einem fallenden (wachsenden) Wert, ein wachsender (fallender) Wert der anderen Variablen zugeordnet ist.
- b) Weiterhin kann eine Korrelation linear oder nichtlinear sein. Bei nichtlinearen Zusammenhängen lassen sich Korrelationskoeffizienten weitaus schwieriger berechnen.
- c) Unterschieden werden müssen ebenfalls einfache und mehrfache Korrelationen, bei denen zwischen zwei bzw. mehreren Veränderlichen korrelative Zusammenhänge bestehen.

Bei partiellen Korrelationen wird der Zusammenhang zwischen zwei Veränderlichen unter Ausklammerung ebenfalls wirkender Faktoren untersucht.

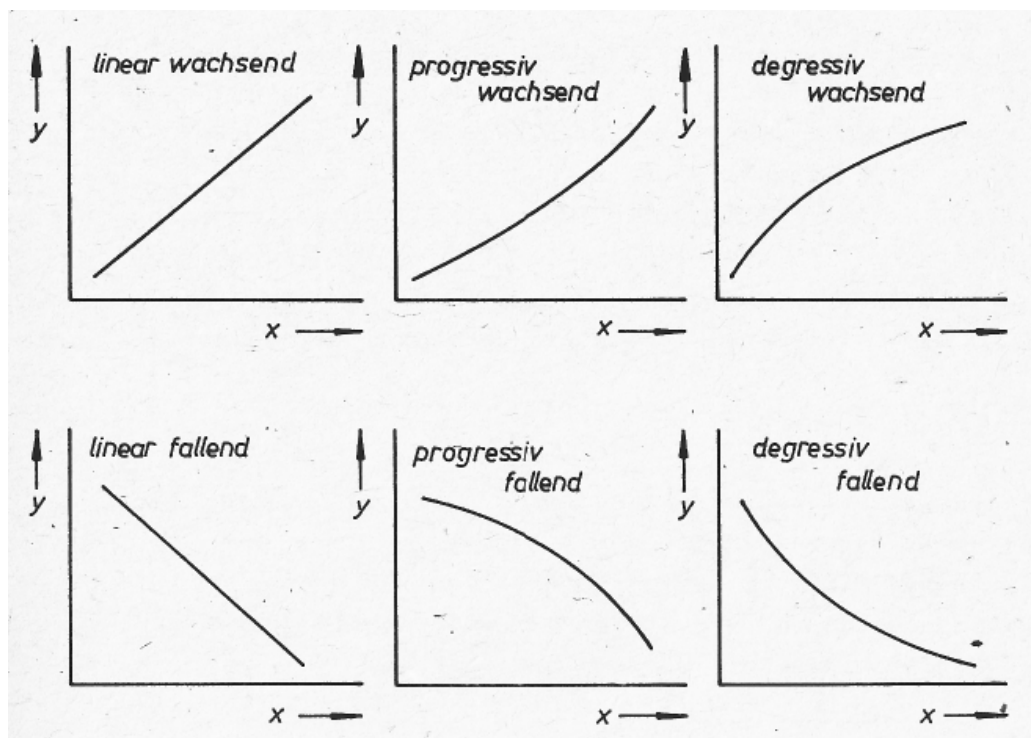


Abb. 4.2 Mögliche korrelative Zusammenhänge

- d) Vermieden werden sollte allerdings die rein willkürliche Überprüfung von Zahlenreihen auf eventuell zwischen ihnen bestehende Korrelationen, da hiermit durch Scheinkorrelationen rasch falsche Schlüsse gezogen werden könnten. Unerlässlich ist deshalb die Diskussion der ermittelten Ergebnisse, da auch die

Mathematik keinen Absolutheitsanspruch erheben und daher mit der Praxis schnell in Konflikt geraten kann.

Mit der Korrelationsrechnung kann - wie am Beispiel gezeigt - überprüft werden, ob und in welchem Maße zwei Größen voneinander abhängen.

Will man darüber hinaus die mathematische Abhängigkeit einer Zielgröße - in unserem Beispiel die Schuhgröße - von einer Einflußgröße - der Körpergröße - bestimmen, ist die Regressionsrechnung erforderlich.

4.3.2. Regressionsrechnung

Ziel der Regressionsrechnung ist die Feststellung der mathematischen Abhängigkeit einer Zielgröße von einer Reihe von Einflußgrößen. Mit der Bestimmung der Wirkung einzelner Einflußgrößen wird die gezielte Beeinflussung der Zielgröße möglich.

Die Regressionsanalyse stellt eine einseitige stochastische Abhängigkeit durch Gleichung und Bild dar. Im Falle eines positiven linearen Zusammenhanges zwischen Ziel- und Einflußgröße kann die Darstellung durch eine lineare Funktion erfolgen, deren Ansatz lautet:

$$y = a_0 + a_1x \quad (6)$$

a_1 bestimmt den Anstieg der Regressionsgeraden, a_0 bestimmt den Schnittpunkt mit der y-Achse.

Aus dem Gaußschen Minimumprinzip (Methode der kleinsten Quadratsumme), dessen Ableitung hier übergangen werden soll, ergeben sich die beiden Formeln für die Größen a_0 und a_1 :

$$a_1 = \frac{\sum x_1 y_1 - \bar{y} \sum x_1}{\sum x_1^2 - \bar{x} \sum x_1} \quad (7)$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad (8).$$

Mit dem Koeffizienten a_1 läßt sich das statistisch durchschnittliche Wachstum ausdrücken. Weiterhin lassen sich Werte außerhalb des Beobachtungsbereiches mit großer Sicherheit vorhersagen.

An dieser Stelle soll an das im Abschnitt 4.3.1. begonnene Beispiel angeknüpft werden. Es soll nun - nach nachgewiesener Abhängigkeit der beiden Größen - die mathematische Abhängigkeit der Schuhgröße von der Körpergröße ermittelt werden:

Dazu werden die Zahlenpaare aus Tabelle 4.1 in ein Diagramm Abb. 4.3 eingetragen.

Mit der Errechnung der Koeffizienten aus dem Ansatz entsprechend Formel (6) kann in dem Diagramm die Funktion eingezeichnet werden.

$$a_1 = \frac{148486 - 147981,6}{940214 - 937747,2} = \frac{504,4}{2466,8} = 0,204$$

$$a_0 = -8,17$$

Damit läßt sich die Funktion

$$y = a_0 + a_1 x \quad (6)$$

mit den eingesetzten Größen a_1 und a_0 zu

$$y = -8,17 + 0,204 \cdot x$$

angeben und in das Diagramm Abb. 4.3 einzeichnen, wobei sie sich - wie ersichtlich - recht gut an die bereits eingezeichneten Punkte annähert.

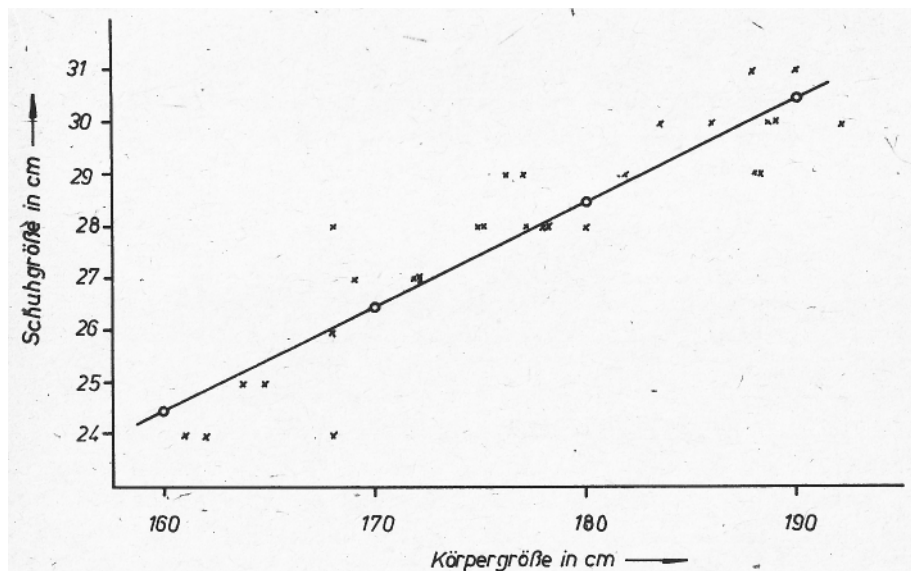


Abb. 4.3 Streudiagramm zum Beispiel aus Kapitel 4.3.1.

Damit lassen sich mit großer Sicherheit die für die jeweiligen Körpergrößen erforderlichen Schuhgrößen ermitteln und - zumindest mit statistischer Sicherheit - Voraussagen auf das zu erwartende Größenspektrum machen.

Wird dagegen die Entwicklung einer Größe über die Zeit gefordert, eröffnet die Regressionsanalyse die Möglichkeit, als unabhängige Variable die Zeit zu verwenden und damit Trendbetrachtungen durchzuführen.

4.3.3. Trendbetrachtungen

Grundlage der Trendberechnung sind auf einen festen Zeitraum bezogene Meßwerte, deren weitere Entwicklung berechnet werden soll, wobei als wesentliche Aussage festgestellt wird, ob die Entwicklung beispielsweise progressiv steigend, degressiv fallend oder linear steigend verläuft. Es ist allerdings auch möglich, daß trotz steigendem Trend die Werte in Teilperioden konstant bleiben oder sogar fallen.

Am Beispiel eines linearen Ansatzes zur Berechnung der Trendfunktion der Entwicklung einer Meßgröße über die Zeit soll die Trendanalyse kurz erläutert werden. Mit der Forderung an die Gaußsche Methode der kleinsten Quadratsumme (möglichst nahe Anpassung der Gerade an die Meßpunkte bei Ausgleichung kurzfristiger Schwankungen) kann der Ansatz der Trendfunktion formuliert werden:

$$\tilde{y} = a_1 x + a_0 \quad (9).$$

Die Abweichungen zwischen den Werten der Trendfunktion an der Stelle x (Zeitwert) sollen dabei quadriert und summiert wieder minimal werden:

$$S = \sum (s_i - \tilde{y}_i)^2 \longrightarrow \min \quad (10).$$

Die Normalgleichungen ergeben sich auf dem Weg über die höhere Mathematik, dem im Lehrbrief nicht gefolgt werden soll, zu:

$$a_0 n + a_1 \sum x_i = \sum s_i \quad (11)$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 = \sum s_i x_i \quad (12).$$

Dabei sind a_1 und a_0 die gesuchten Parameter der Trendfunktion, die o. g. Forderungen erfüllen (Anpassung an die Meßwerte und Ausgleich der Schwankungen). n ist dabei die Anzahl der Meßwerte.

Die Summen aus den Meßwerten $\sum x_i$, $\sum x_i^2$, $\sum s_i$ und $\sum s_i x_i$

werden in der Tabelle berechnet. Als Zeitwert x_i wird z. B. der Zeitraum eines Monats verwendet.

Datum	Zeitwert	statistischer Wert	$s_i x_i$	x_i^2
	x_i	S_i		
	x_1	S_1	$S_1 x_1$	x_1^2
	x_2	S_2	$S_2 x_2$	x_2^2
	x_3	S_3	$S_3 x_3$	x_3^2
				
	x_n	S_n	$S_n x_n$	x_n^2

$$n = \quad \sum x_i = \quad \sum s_i = \quad \sum s_i x_i = \sum x_i^2$$

Tabelle 4.2 Hilfsrechnungen zur Bestimmung der Summen aus den Meßwerten

Der Einsatz in die Normalgleichungen ergibt ein lineares Gleichungssystem aus zwei Gleichungen mit zwei unbekannten a_0 und a_1 , deren Lösungen und Einsatz der Werte die Formulierung der Trendfunktion

$$\hat{y} = a_1 x + a_0 \quad (9)$$

ergibt.

Neben der Vereinfachung der Rechnung mit Zeitwerten statt mit Daten lassen sich weitere Möglichkeiten zur Vereinfachung der Rechnung angeben.

Es besteht die Möglichkeit, die Zeitwerte so zu wählen, daß die Summe $\sum x_i = 0$ wird, indem bei ungerader Anzahl n der mittlere Wert den Zeitwert 0 und die nach oben bzw. unten fortschreitenden Meßwerte die Zeitwerte -1, -2, -3 bzw. 1, 2, 3 ... erhalten. Bei gerader Anzahl von Meßwerten gibt es zwei mittlere Werte, die die Zeitwerte -1 und +1 erhalten. Damit ergibt sich als Abstand zwischen zwei Zeitwerten 2, womit die weiteren Meßwerte entsprechend die Zeitwerte -3, -5, -7 ... und 3, 5, 7 ... erhalten. Die Summe der Zeitwerte ist hierbei auch wieder Null. Damit wird zum einen die Berechnung der Tabelle vereinfacht, zum anderen wird bei der Erfüllung $\sum x_i = 0$ aus den Normalgleichungen ein einfaches System, aus dem sich a_0 und a_1 sofort berechnen lassen:

$$a_0 n + a_1 \cdot 0 = \sum s_1 \rightarrow a_0 = \frac{\sum s_1}{n} \quad (13)$$

$$a_0 \cdot 0 + a_1 \sum x_1^2 = \sum s_1 x_1 \rightarrow a_1 = \frac{\sum s_1 x_1}{\sum x_1^2} \quad (14).$$

Damit läßt sich wieder die Trendfunktion der ermittelten Meßwerte angeben. Darüber hinaus kann nach der Formel

$$S = \sqrt{\frac{\sum (s_1 - y_1)^2}{n - 2}} \quad (15)$$

die absolute durchschnittliche Streuung um die Trendfunktion berechnet werden, die ein Maß für die Anpassung der Trendfunktion an die empirischen Werte des Streudiagramms ist.

Weiterhin kann nach der Formel

$$v = \frac{S}{\frac{\sum s_1}{n}} \quad (16)$$

die relative Anpassung bestimmt werden, die die absolute Streuung auf den durchschnittlichen Meßwert bezieht. Damit begibt man sich aber zunehmend auf das Gebiet der so genannten "höheren Mathematik", die den Umfang des Lehrbriefes sprengen würde.

4.4. Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsmessung

Bei der Herstellung von elektronischen Bauelementen kommt es neben der Kenntnis der Qualitätsmerkmale im Auslieferungszustand auf das Verhalten des Bauelementes unter Einsatzbedingungen an. Die dabei angewendeten Prüfprogramme der TKO basieren dabei auf repräsentativen Stichproben aus den laufenden Fertigungs- bzw. Entwicklungsreihen.

4.4.1. Lebensdauer

Zur Ermittlung der Lebensdauer eines einzelnen Bauelementes wird die Zeitspanne vom Beanspruchungsbeginn bis zum Ausfall beobachtet. Beeinflußt wird die Lebensdauer durch elektrische (dynamische bzw. statische), mechanische und klimatische Belastung, wobei auch gekoppelte Belastungsarten, z. B. elektrische, bei gleichzeitiger klimatischer Belastung zur Auswertung kommen.

4.4.2. Zuverlässigkeit .

Prüfverfahren zur Ermittlung der Zuverlässigkeit elektronischer Bauelemente stützen sich auf festgelegte Ausfallkriterien und sind in betrieblichen Prüfanweisungen geregelt. Die Ausfallrate ist wie folgt definiert:

$$\lambda = \frac{z}{n \cdot t} \quad /h^{-1}/ \quad (17)$$

z = Anzahl von Ausfällen

n = Anzahl vorhandener Bauelemente zum Zeitpunkt t .

Das Produkt $n \cdot z$ wird als Bauelementestunden bezeichnet und besagt, daß die Ermittlung der Zuverlässigkeit sowohl mit einem großen Prüflös kurzzeitig als auch mit einem kleinen Los über einen größeren Zeitraum durchgeführt werden kann. Bedingung ist, daß die Prüfung innerhalb der Zeitspanne der Zufallsausfälle, also der eigentlichen Nutzungszeit des Bauelementes liegt (siehe Abb. 4.4).

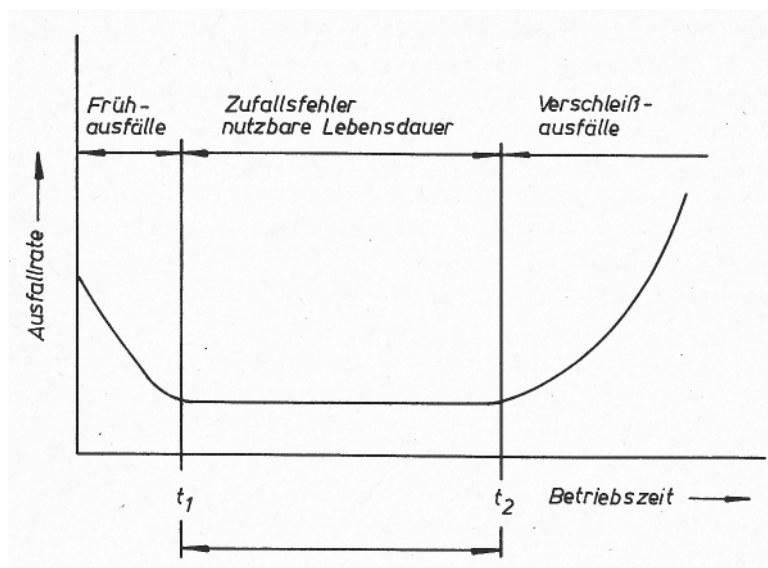


Abb. 4.4 Zeitabhängigkeit der Ausfallrate

Darüber hinaus ist für den Anwender von elektronischen Bauelementen in Geräten und Anlagen die mittlere fehlerfreie Betriebszeit als Kehrwert der Ausfallrate von Bedeutung.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad /h/ \quad (18)$$

(MTBF -> mean time between failures)

5. Weiterentwicklung der Produktionsorganisation, Prozeßstenerung und Prozeßkontrolle für eine "Rechnergestützte Produktion"

Da der Grad der Kompliziertheit und Arbeitsteilung der Produktion immer weiter zunimmt, steigt der gesellschaftliche Aufwand für die zur Produktionsdurchführung erforderlichen Informationen und deren pünktliche Übermittlung schnell an. Überlegungen zur ökonomisch-effektiven Gestaltung des erforderlichen Informationssystems, bestehend aus EDV-Anlagen (Hardware) wie Rechnern, Ein- und Ausgabegeräten, Speichern und Kabelverbindungen, sowie den Programmen (Software) mit ihren Verknüpfungen führen zu dem Ergebnis, daß für einen Produktionsbetrieb ein komplexes, umfassendes System die beste Lösung darstellt. Solch ein System wird mit dem Kürzel CAM (Computer aided Manufacturing = Rechner-gestützte Produktion) bezeichnet.

5.1. Definition von CAM

CAM ist ein Informationssystem zum Erreichen von optimalen Produktionsergebnissen mit Hilfe rechnergestützter Planung, Lenkung, Disposition, Steuerung, Durchführung, Kontrolle, Abrechnung und Regelung der organisatorischen und technischen Abläufe des Produktionsprozesses. Dazu sind alle Primärinformationen und Abläufe EDV-gerecht zu gestalten und zu modellieren. Primärinformationen sind insbesondere

- die gültige Technologie mit allen Detailinformationen,
- die vorhandenen materiellen Fonds (Maschinen mit ihrer Kapazität), (Arbeitskräfte, Material und UE),
- die sofortigen on-line-Leistungsmeldungen, die den schrittweisen Fortgang der Produktion (Bearbeitungsschritt) meldet.

Ein solches CAM-System in der Produktion wird von der Seite des technischen Vorlaufes und der Produktionsvorbereitung durch ein entsprechendes System mit der Bezeichnung CAD (Computer aided Design = Rechnergestützter Entwurf) ergänzt. Beide Teilsysteme, CAD und CAM, entstehen normalerweise schrittweise, wobei jeder Einzelschritt auf seine spätere Einfügbarkeit in das Gesamtsystem genau analysiert werden muß.

Im folgenden wird ein Ausblick über die für unseren Betrieb zu beschreitenden Wege bezüglich CAM gegeben.

5.2. Grundsätze

- a) Die Rolle, Aufgabe und Verantwortung von Leitern und Mitarbeitern wird durch CAM und EDV nicht vermindert oder überflüssig, sondern die im Prozeß arbeitenden Menschen erhalten dadurch ein zusätzliches kompliziertes und anspruchsvolles Werkzeug, mit dessen Hilfe die Effektivität der Arbeit außerordentlich gesteigert werden wird.

Die Anforderungen bezüglich Disziplin, Ehrlichkeit aber auch an Kenntnissen über Systeme und Zusammenhänge an jeden Werk tätigen steigen deshalb an.

- b) Der Aufbau der Leitungshierarchie (Struktur) und der Zielfunktionen, Informationsebenen, der Regelkreise und der Rechnerprogramme sollte weitgehend deckungsgleich sein.
- c) Alle Urdaten sollten nur einmal, dort aber umfassend, erfaßt werden.
- d) Alle Stufen des Umschreibens, Zusammenfassens, Verdichtens, Gruppierens, Umordnens usw. sollten ausschließlich innerhalb der EDV-Anlagen erfolgen.
- e) Datenein- und -ausgaben sollen on-line erfolgen.
- f) Bevor eingegebene Daten gespeichert oder weiterverarbeitet werden, sind sie einer Logikkontrolle zu unterziehen, um fehlerhafte Daten vor Weiterverarbeitung zu berichtigen.
- g) Bedarfsträger von Informationen werden entweder im bestimmten zeitlichen Takt nach konstantem Programm mit Daten beliefert (Standardprogramm) oder erteilen Spezialaufträge für Sonderaufgaben, die einmalig vom Rechner abgearbeitet werden. Diese Spezialaufträge sollten an zum Dialog geeigneten Datenstationen erteilt und beantwortet werden.

5.3. Die technologischen Unterlagen und ihre EDV-gerechte Gestaltung

In den technologischen Unterlagen ist die Gesamtheit der Ergebnisse der Erzeugnisentwicklung, der Verfahrensentwicklung, der technologischen Entwicklung und der Jahres- und Normativplanung als Information für die Produktion vorhanden. Diese Informationen betreffen

- a) das Erzeugnisprogramm (früher ca. 10, in Zukunft mehr als 50),
- b) für jedes Erzeugnis die Chargengröße (20 bis 400 Si-Scheiben) und die Arbeitsgangfolge (Fertigungsablaufplan) (jeweils 50 bis 250 Arbeitsgänge),

c) für jeden Arbeitsgang

- die Arbeits-/Prüf-/Kontrollvorschrift
- die Abteilung, in der der Arbeitsgang durchzuführen ist
- die Lager- und Transportvorschrift
- die Umweltbedingungen (Temperatur, Feuchte, Staubklasse)
- die erforderlichen Werkzeuge, Vorrichtungen, Prüfmittel, Magazine, Transportgefäße
- die zu verwendenden Maschinen (1 bis mehrere)
- die zu verwendenden Grund- und Hilfsmaterialien (0 bis 20 Arten) und deren Menge
- der erforderliche Arbeitszeitaufwand (pro Charge) in Lohngruppen und Arbeitszeit (wenige Minuten bis viele Stunden)
- die auftretenden Fehlerarten und die Kontrollgrenzen
- die am Erzeugnis zu prüfenden Meßwerte,

d) für jede Maschine

- die Arbeitsmittelunterlagen
- die Kapazität (Maschinenbelegungszeit pro Charge)
- der Energieverbrauch (elektrisch, Kühlwasser)
- Instandhaltungs- und Reparaturvorschriften.

Diese ungeheure Vielfalt an Informationen muß ständig aus dem Rechner abrufbereit sein und für die verschiedensten Fragen, Analysen und Dispositionen zur Verfügung stehen.

Diese technologischen Unterlagen sind überwiegend für Monate bis zu Jahren konstant und unterliegen nur gelegentlichen geringen Änderungen. Sie bilden die Grundlage für die tägliche Produktionsdurchführung. Sie müssen im zentralen Rechner eines Betriebes gespeichert sein und von einem ständigen Änderungsdienst in allen genannten Details bei Konstruktions-, Verfahrens- oder sonstigen Optimierungen richtig gehalten werden (Folgeänderungen). Der Änderungsdienst muß im CAM-System in direktem Dialog mit dem Rechner erfolgen.

5.4. Die Produktionsdurchführung und Abrechnung

Sie erfolgt in mehreren Ebenen (vgl. 5.2. b)).

a) Der Produktionsdirektor hat den Plan der IWP, der ihm vom Staatsplan für Jahr und Monat vorgegeben wird, zu erfüllen, so daß der volkswirtschaftliche Bedarf gedeckt wird (IWP = AWP).

Dazu dient der (monatliche) Operativplan nach Erzeugnissen (Sortiment) und Stück.

- b) Auf der Ebene Bereichsleiter wird auf der Grundlage des Operativplanes der tägliche (schichtweise) Arbeitsauftrag für jeden Arbeitsgang bezüglich der verschiedenen Erzeugnisse erteilt, wobei die Dringlichkeitsreihenfolge festgelegt wird.
- c) Auf der Ebene der Abteilungsleiter wird, ausgehend vom Schichtauftrag, die Disposition der Aufträge an die Arbeitskräfte und Maschinen durchgeführt, so daß maximale Auslastung der Arbeitszeit und der Maschinen erreicht wird. Die durchgeführten Aufträge sind abzurechnen, ebenso aufgetretene Störungen.
- d) Der komplizierteste Schritt ist die rechnergestützte Durchführung der Arbeit am Arbeitsplatz, bzw. der Maschine, wobei in der ersten Phase insbesondere die Kontrolle und Überwachung der Maschinenfunktion (Temperaturkontrolle, Mengen-, Druck-, Drehzahlkontrolle usw.) durch elektronische Meß-, Steuer- und Regelungstechnik mit Speicherung der Ergebnisse erfolgt und in der nächsten Phase auch die Tätigkeit von Automaten, Robotern in die Steuerung einbezogen wird.

Die Summe rechnergestützter Arbeitsplätze unter rechnergestützter Organisation der Produktion insgesamt wird als CAM bezeichnet.

6. Statistische Hilfsmittel der Stichprobentechnik

6.1. Auswertung von Variablen-Stichproben

Aus der geprüften Menge N Stück werden Größtwert $x_{\max}$ und Kleinstwert $x_{\min}$ ermittelt.

Die Anzahl der Meßwertklassen wird festgelegt:

$$k \sim \sqrt{N} \quad (19)$$

und die Klassenweite w berechnet

$$w = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} \quad (20).$$

Damit können in einer Strichliste die Klassengrenzen festgelegt werden und die Meßwerte den entsprechenden Klassen zugeordnet werden.

Meßgröße (Merkmal) [Dimension]				
Klassen- grenzen	Häufigkeit [Stück]		$\sum n_i$	$\frac{\sum n_i}{N} \cdot 100\%$ H
	Strichliste	Anzahl n_i		
5 - 8	I	1	1	1
8 - 11	I	6	7	7
11 - 14	I	11	18	18
14 - 17		15	32	32
17 - 20	I	21	53	53
20 - 23		17	70	70
23 - 26		10	80	80
26 - 29		10	90	90
29 - 32		8	98	98
32 - 35		2	100	100

Tabelle.6.1. Strichliste mit Häufigkeitsauswertung von Meßwerten eines Merkmales

Die Häufigkeitsverteilung kann in einem Säulendiagramm dargestellt werden, in dem aus der Strichliste die Besetzungszahl n_i festgestellt und in das Diagramm eingezeichnet wird.

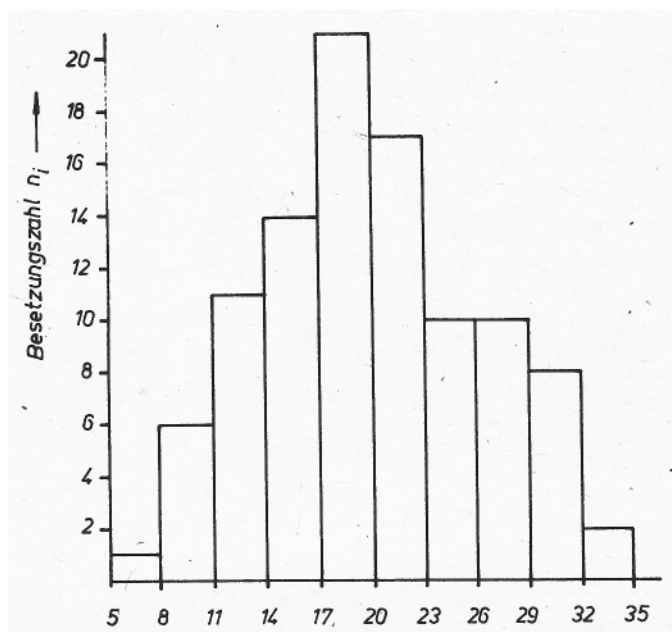


Abb. 6.1. Häufigkeitsverteilung von Meßwerten eines Merkmales

Das Säulendiagramm Abb. 5.1 gibt einen annähernden Überblick über die Gestalt der Meßwertverteilung. Die Summenhäufigkeitsverteilung führt über die Eintragung in das Wahrscheinlichkeitsnetz (Schäfers Feinpapier, Bestell-Nr. 500) zur grafischen Bestimmung der statistischen Maßzahlen.

Dazu werden in der Strichliste Tabelle 5.1 in der Spalte $\sum n_i$ die Besetzungszahlen aufaddiert und in der letzten Spalte die Summenhäufigkeit H_i berechnet.

Die errechneten Prozentzahlen werden im Wahrscheinlichkeitsnetz Abb. 6.2 jeweils über der rechten Klassengrenze eingetragen, und durch die Punkte wird eine ausgleichende Gerade gelegt. Dabei ist die stärkere Bewertung der Punkte zwischen 10 % und 90 % zu beachten.

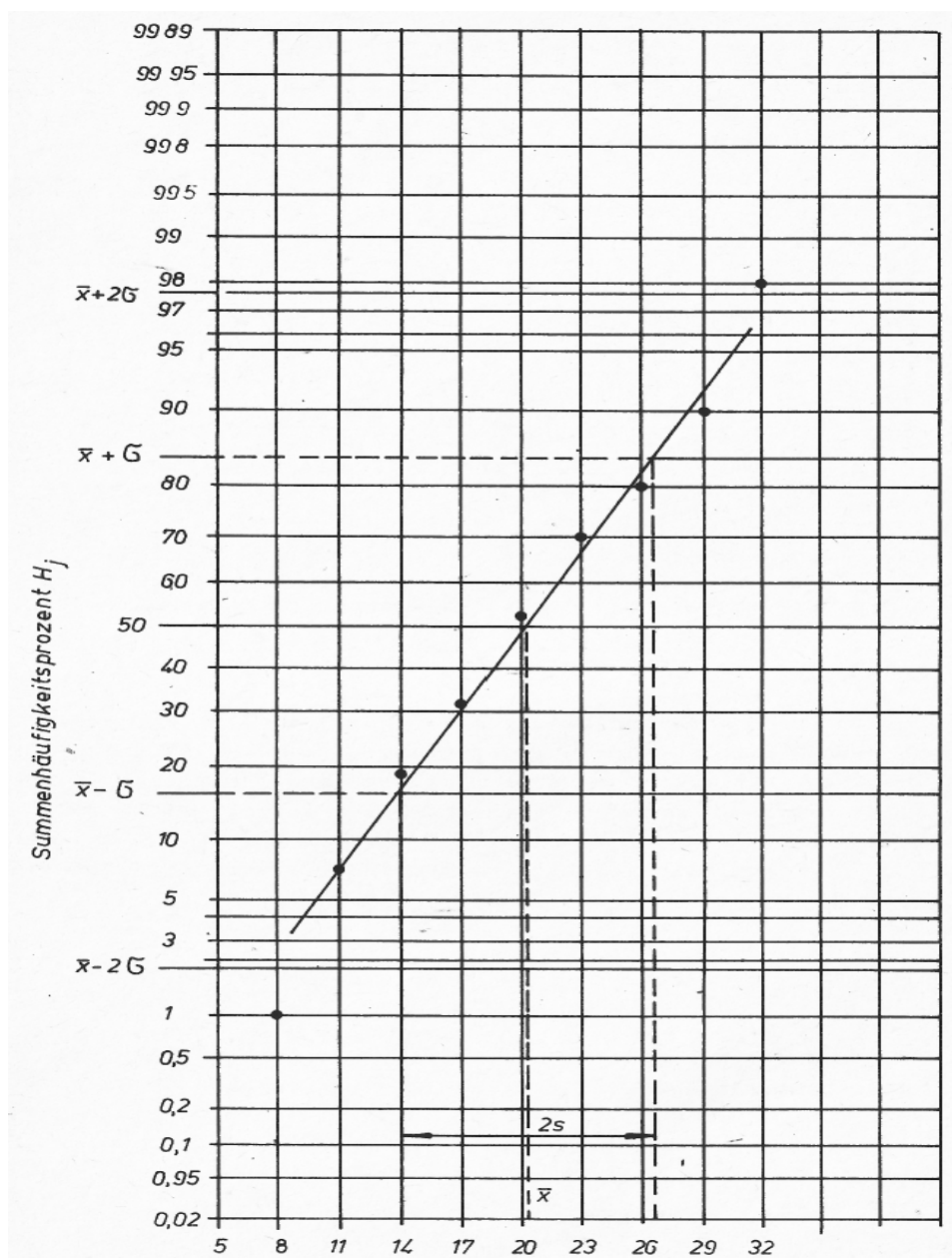


Abb.6.2 Wahrscheinlichkeitsnetz

Die Auswertung des Wahrscheinlichkeitsnetzes führt zum arithmetischen Mittelwert $\bar{x}$ durch Ablesung des Zahlenwertes auf der Merkmalsachse bei $H_i = 50 \%$ und zur Standardabweichung S bei Ablesung der Zahlenwerte bei $H_i \sim 16 \%$ und $H_i \sim 84 \%$. Die Differenz ergibt $2s$.

Damit kann, ausgehend von den an der Stichprobe ermittelten statistischen Maßzahlen, die Gesamtheit durch den Mittelwert und die Standardabweichung beschrieben werden.

6.2. Auswertung von Attribut-Stichproben

6.2.1. Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Wahrscheinlichkeitsverteilungen können durch eine Funktion beschrieben werden, die den Zusammenhang zwischen der Anzahl auftretender Fehler und der Häufigkeit ihres Auftretens in Stichproben beschreibt.

6.2.1.1. Die Binomialverteilung

Die Binomialverteilung findet Anwendung bei Posten großen Umfangs und verhältnismäßig kleinen Stichproben. Die Wahrscheinlichkeit $P(z)$ für das Auftreten von z Fehlern in einer Stichprobe vom Umfang n aus einem Posten mit einem Fehleranteil p lautet:

$$P(z) = \binom{n}{z} p^z (1-p)^{n-z} \quad z = 0 \dots n \quad (21).$$

Die Binominalkoeffizienten sind in der TGL 14451 /3/ tabelliert.

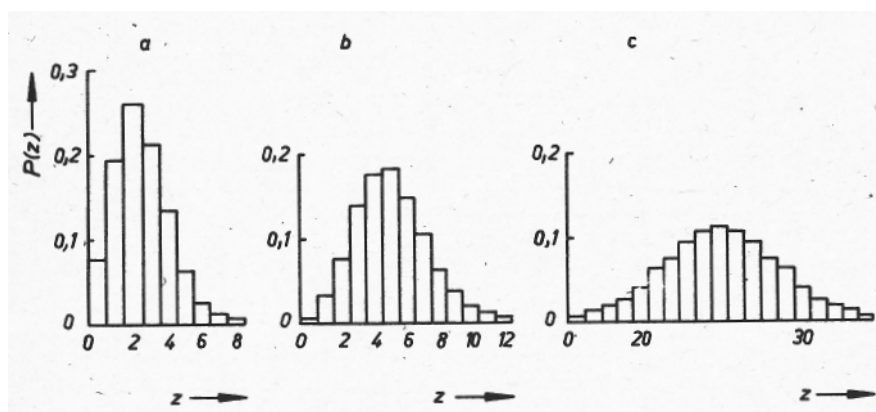


Abb. 6.3•Binomialverteilungen für $p = 5 \%$ nach Schindowski-Schürz

a: $n = 50$; $np = 2,5$; b: $n = 100$; $np = 5$
c: $n = 500$; $np = 25$

Beispiel:

Aus einem Fertigungslos von 200 Bauelementen wird eine Stichprobe von 3 Bauelementen entnommen und einer Prüfung unterzogen, wobei ein fehlerhaftes Bauelement zugelassen ist. Auf Grund langfristiger Beobachtungen an Fertigungslosen ist mit einem durchschnittlichen Ausfallanteil von $p = 10\%$ zu rechnen.

Nach der o. g. Binominalformel beträgt die Annahmewahrscheinlichkeit mit $p = 0,1$

$$P_A = \sum_{z=0}^1 P(z) = P(0) + P(1) = 0,73 + 0,24 \hat{=} 97\%$$

Daraus folgt, daß bei 100 Losen - bei gleichbleibender Qualitätslage - wahrscheinlich nur 3 Lose beanstandet werden.

6.2.1.2. Die Poisson-Verteilung

Die Poisson-Verteilung wird angewendet bei Posten sehr großen Umfangs, die einen sehr kleinen Fehleranteil enthalten.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von z Fehlern in einer Stichprobe n aus einem Posten mit dem Fehleranteil p lautet:

$$P(z, np) = \frac{(np)^z e^{-np}}{z!} \quad z \geq 0 \quad \text{bzw.} \quad (22)$$
$$P(z) = \frac{\mu^z \cdot e^{-\mu}}{z!} \quad .$$

Die kummulierte Poisson-Verteilung ist ebenfalls in der TGL 14451 /3/ zu finden.

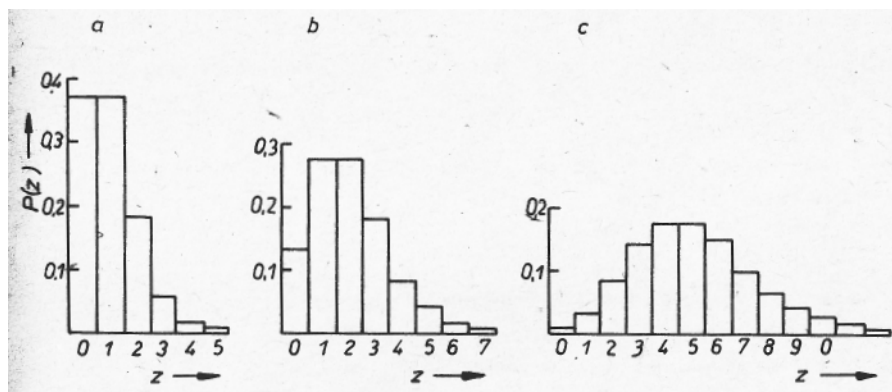


Abb. 6.4. Poisson-Verteilungen nach Schindowski-Schürz

a: $\mu = 1$; b: $\mu = 2$; c: $\mu = 5$

6.3. Stichprobenpläne

Im Standard TGL14450/01 und 14452 sind die in der Praxis am häufigsten verwendeten Stichprobenpläne übersichtlich dargestellt, und ihre Handhabung ist ausreichend erläutert.

Sollten aus ökonomischen oder technischen Überlegungen kleine Stichproben geprüft werden, wird die Anwendung von Sequential-Stichprobenplänen, die in der TGL 14450/02 /5/ tabelliert sind, empfohlen.

7. Prozeßinformationen

Bei der täglichen Durchführung der Prozeßkontrolle fallen sehr zahlreiche Daten an, deren gezielte Nutzung nur dann rationell möglich ist, wenn sie für laufende Fragestellungen regelmäßig in geeigneter Form zur Verfügung stehen und für neue Fragestellungen schnell aufgefunden, geordnet und gegebenenfalls verdichtet werden können.

Die Gewinnung, Ordnung, Verdichtung, Weiterleitung und Speicherung der Informationen kann nur mit dem Hilfsmittel EDV rationell durchgeführt werden. Der Informationsablauf ist in der Arbeitsvorschrift für die statistische Qualitätskontrolle für alle Erzeugnisse verbindlich festgelegt.

Grundforderungen für die Information sind:

1. Alle Urdaten sollen nur einmal, dort aber umfassend erfaßt werden.
2. Alle Stufen des Umschreibens, Übertragens, Zusammenfassens von Urdaten sollen im Endeffekt entfallen und durch EDV-Arbeit ersetzt werden.
Endziel ist "on-line-Eingabe" im Arbeitsraum über einen Datenendplatz.
3. Alle Daten werden durch die EDV einer Logikkontrolle unterzogen und bei Fehlerhaftigkeit zur Korrektur zurückgegeben, bevor sie endgültig eingespeichert werden.
4. Die Verarbeitung der Daten für die unterschiedlichen Nutzer erfolgt nach einer Reihe von festen Programmen, die periodisch abgearbeitet werden und außerdem nach Sonderprogrammen, die für den jeweiligen Zweck erstellt werden.
5. Die einmal gewonnenen Urdaten müssen grundsätzlich für andere Programme und Programmgruppen zugriffsfähig und anwendbar sein, um eine schrittweise Integration zu ermöglichen.

6. Die Primärorganisation ist so zu praktizieren, daß sie den hohen formalen Anforderungen der EDV genügt, ohne daß die Effektivität der Produktion verschlechtert werden muß.

Gliederung der Urdaten

Die kleinste Einheit der Information über durchgeführte Produktionsarbeit wird als Urdatenzeile bezeichnet und besteht aus 4 (später 5) Blöcken:

Block I:	Ordnungsdaten:	Arbeitsgang:	KTRAG (9stellig)
		Datum/(Schicht)	entsprechend
		Chargennummer	Arbeitsgangdatei
		(Arbeitskraft- Stammnummer)	
Block II:	Stückinformation:	Bearbeitete Stückzahl	
		Gute Erzeugnisse (Stück)	
		Fehlerarten und jeweilige Stückzahl	
		Nacharbeitsfähige Fehlerarten und jeweilige Stückzahl	
		Grobstörungen	
Block III:	Meßbare Parameter:	Schlüsselnummern der gemessenen Merkmale Meßwerte	
Block IV:	Technologische Parameter:	- Schlüsselnummern der zu messenden Parameter - Meßwerte	

Es ist vorgesehen, die Lohndaten ebenfalls in diesem System zu erfassen, sobald die betriebliche Ausrüstung mit geeigneten EDV-Anlagen das zuläßt.

Literaturverzeichnis

- | | |
|------------------------|--|
| /1/ DDR Standard | Statistische Qualitätskontrolle
Stichprobenpläne.für die Attributprüfung,
Einfach-, Doppel- und Mehrfachstichprobenpläne
TGL 14450/01 |
| /2/ DDR Standard | Statistische Qualitätskontrolle
Stichprobenpläne für die Variablenprüfung
von normal verteilten Merkmalen
TGL 14452. |
| /3/ DDR Standard | Statistische Qualitätskontrolle
Wahrscheinlichkeitsverteilungen
TGL 14451 |
| /4/ Schindoweki-Schürz | Statistische Qualitätskontrolle
Berlin: VEB Verlag Technik, 1972 |
| /5/ DDR Standard | Statistische Qualitätskontrolle
Stichprobenpläne für die Attributprüfung,
Sequentialstichprobenpläne
TGL 14450/02 |
| /6/ Sauer/Dreyer | Prozeßanalyse
VEB Verlag Technik Berlin, 1982 |
| /7/ DDR Standard | Statistische Regulierung technologischer
Prozesse mittels Kontrollkarten
TGL 14455 |

Bisher sind in der Schriftenreihe folgende Hefte erschienen:

Heft 1 - Technologie der Leistungselektronik Zyklus I

spezielle Merkmale der Si-Leistungsbaulemente-Technologie, verschiedene Grundtechnologien, Hauptverfahrensabschnitte, Probleme der Einheitstechnologie, Kontrollmessung Zyklus I

Heft 2 - Technologische Spezialausrüstungen für Zyklus I

TSA zur naßchemischen Bearbeitung, TSA zur Herstellung von pn-Übergängen, TSA zur Metallisierung, TSA zur Fotolithografie, TSA zur mechanischen Oberflächenbearbeitung, Reine Räume

Heft 3 - Technologie der Leistungselektronik Zyklus II

Aufgaben des Zyklus II, Darstellung der angewendeten Grundtechnologien, Gehäuse für leistungselektronische Bauelemente, technologische Hauptschritte (Vereinzeln, Passivieren, Kontaktieren, Zweitabdeckung, Verschluß), Weiterentwicklung

Heft 4 - Technologische Spezialausrüstungen für Zyklus II und III

TSA zum Vereinzeln, TSA zur Oberflächenpassivierung (ohne Glaspassivierung), Ausrüstungen zur Chipkontaktierung, Ausrüstungen für Bauelementeverschuß, Ausrüstungen für die Endfertigung (ohne Meßtechnik), einschließlich Verpackung

Heft 5 - Meßtechnik für leistungselektronische Bauelemente

(Transistoren und Gleichrichterioden) Aufgaben der Meßtechnik, Standardisierung, Kennwerte und Meßverfahren, Prüftechnologie und Qualitätssicherung, meßtechnische Geräte und Ausrüstungen

Heft 6 - Überwachung des Produktionsprozesses

Produktionsprozeß als Teil des betrieblichen erweiterten Reproduktionsprozesses, Qualität und Qualitätssicherungssystem, Prozeßkontrolle und -analyse, mathematisch-statistische Grundlagen, statistische Hilfsmittel, Prozeßinformationen, Weiterentwicklung zur rechnergestützten Produktion