

# Qualitätssicherung beim Reinraum-Verbrauchsmaterial

von Win Labuda, Lübeck

## Qualitäts-Sicherung als techno-ökonomische Aufgabe

Der Begriff Qualitäts-Sicherung soll in diesem Aufsatz als technische Aufgabe mit ökonomischem Leitgedanken verstanden werden, nicht jedoch als Abteilungs-Bezeichnung innerhalb eines bestimmten Organisationsplans im Unternehmen. Die Bewältigung dieser grundsätzlichen Aufgabe Qualitäts-Sicherung mag je nach Unternehmen mehreren Abteilungen wie Labor, Fertigungs-Planung, Qualitäts-Kontrolle, Reinraum-Meßgruppe etc.

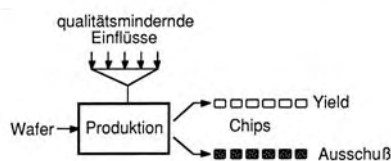


Abb. 1 qualitätsmindernde Einflüsse haben in der Chip-Fertigung fast ausschließlich direkten Einfluß auf das Yield. Der Qualitäts-Sicherung kommt daher in diesem Fertigungszweig eine erhöhte Bedeutung zu.

zugeordnet sein.

Die Qualitäts Sicherung in der Reinraum ULSI-Fertigung hat grundsätzlich drei Aufgaben:

1. Sicherzustellen, daß die mit den Zulieferern vereinbarte Qualität der im Fertigungsprozess eingesetzten Materialien und Hilfsmittel über den gesamten Lieferzeitraum eingehalten und ständig verbessert wird.
2. Sicherzustellen, daß das gefertigte Eigen-Produkt CHIP bei der

Auslieferung an den Abnehmer - und für eine bestimmte Zeitdauer danach - die zugesagten Eigenschaften besitzt.

Für den Bereich der Technik des Reinen Arbeitens ist eine neue Aufgabe hinzugekommen; der Schutz des Produktes im Fertigungs-Prozess vor den Ausscheidungen des Menschen (Fingerschweiß, Speicheltröpfchen aus Mund und Nase, natürliche Erneuerung der Epidermis etc) und vor den Einflüssen atmosphärischer Umgebung. So hat sich zu den oben angeführten betrieblichen Aufgabenstellungen für Produktions-Verfahren im Reinraum eine dritte Aufgabe ergeben:

3. Sicherzustellen, daß während des gesamten Fertigungs-Prozesses eine prozess-angepaßte Fertigungs-Umgebung vorhanden ist.

In der Folge einer abgestuften ökonomischen Bewertung der genannten Aspekte mit ihrer doch ursprünglich technischen Qualitäts-Orientierung lassen sich interessante Perspektiven im Hinblick auf die gesamte Prozess-Ökonomie finden und darüberhinaus die Strategie einer qualitätsorientierten Optimierung der Prozess-Ausbeute entwickeln. Im Rahmen dieser Zielsetzung brauchte und sollte das Thema Qualitäts Sicherung des Eigenproduktes nicht behandelt werden.

## Die ökonomische Bedeutung des YIELD in einer CHIP-Fertigung

Um den Begriff des YIELD ökonomisch zu verdeutlichen, soll hier ein realitäts-angepaßtes Rechen Modell

angeführt werden. („Yield“ bedeutet in einer Serienfertigung „Produktausbeute in % vom eingesetzten Rohmaterial“). Bei einem großen CHIP-Hersteller mit einer Produktionsrate von 3000 Stck 6-Zoll-Wafern pro Woche läßt sich folgende Übersichts-Rechnung aufstellen:

Waferfertigung / Woche	3000 Stck
Anzahl Chips / Wafer	300 Stck
Chipfertigung / Woche	900 000 Stck
Yield	55 %
Chipausbeute / Woche	495 000 Stck
Ausschuß / Woche	405 000 Stck
Fertigungskosten/Chip	12,00 DM
Verkaufspreis / Chip	20,00 DM
Ausschußwert / Woche	4,9 Mio DM
Ausschussmarktwert / Woche	8,1 Mio DM
Wert von 1 % Yield / Wo	108000 DM
Wert von 1 % Yield / Jahr	5,6 Mio DM
+ entgangener Br.-Gew	3,7 Mio DM

Gesamt-Kosten für 1 % Yield / Jahr = 7,45 Mio DM.

Jahresverluste durch Ausschuß = 253 Mio DM + entgangener Bruttogewinn = 168 Mio DM. Jahresverlust tot = 421 Mio DM.

Dabei trifft der Posten „entgangener Bruttogewinn“ natürlich zu 100 % nur für solche Zeiten zu, in denen alle produzierten Chips sofort absetzbar sind. Im Sinne einer ausgewogenen Bewertung soll also der entgangene Bruttogewinn halbiert werden, so daß der gesamte ausschußorientierte, bereinigte

**Produktionsverlust / Jahr = 337 Mio DM beträgt**

Die Kritiker eines solchen Modells wenden gerne ein, daß eine Erhöhung des Yield eine Oberproduktion nach sich zöge, welche naturgemäß das Preisniveau im Markt negativ beeinflussen könnte und somit keine Steigerung der Unternehmensgewinne zuläßt.

Dem kann jedoch entgegengehalten werden, dass

1. einer Yield-Erhöhung auch durch Abbau der Aufwandskosten bei gleichbleibender Produktionsmenge begegnet werden kann. Die Fertigungs-kosten pro Chip erhalten ja bereits die Kosten für den Ausschuß.
2. ein fallendes Preisniveau in einem Markt mit Ausweitungs-tendenz stets einen erhöhten Bedarf nach sich zieht.

Naturgemäß lassen sich solche Modelle nicht mit einer buchhalterischen Genauigkeit aufstellen. Sie eignen sich jedoch vorzüglich für das Aufzeigen eines großzügig angelegten Erkenntnis-Rahmens.

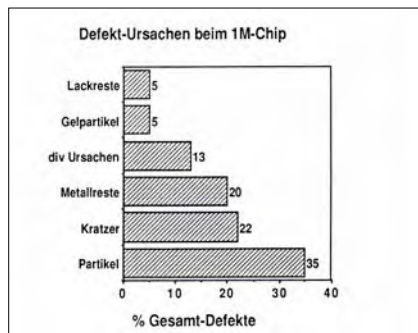


Abb. 2

Wir konnten der Abb. 2 entnehmen, daß 35% der Defekt-Ursachen partikel-orientiert sind. Daraus ergibt sich, daß die Gesamtheit der Partikeidefekte bei unserem Modell etwa 118 Mio DM/Jahr kosten. Eine monetäre Bewertung der in Abb. 3 angeführten Herkunftgruppen ergibt die in Abb. 4 aufgezeigte Graphik.

Hier wird deutlich, daß insbesondere bei den Prozessmaterialien ein erheb-



Abb. 3

licher Verringerungsbedarf hinsichtlich der Partikelbelastung besteht. Oftmals bereitet jedoch bereits die Partikelmessung große Schwierigkeiten wie z.B. bei chemisch aggressiven Medien.

Aus dem zur Verfügung stehenden Zahlenmaterial lassen sich eine ganze Reihe wertvoller Schlüsse ziehen, welche sowohl die Beschaffung, den Einsatz aber auch die Qualitäts-Optimierung der Fertigungs-Hilfsmittel betreffen.

Dazu ist jedoch ein nächster Schritt notwendig. Gemeint ist die weitere Zuordnung von partikelorientierten Defekten zu bestimmten, im Beiraum eingesetzten Produkten, z.B. im Bereich der Fertigungs-Hilfsmittel. Eine solche Zuordnung kann nur auf dem Wege intelligenter Schätzung erfolgen, weil bisher ein zuverlässiges Partikel-Tracing nach definiertem Partikel-Ursprung, nur bedingt durchführbar ist. Abb5 zeigt die weiter untergliederten geschätzten Werte zum Sammelbegriff „Handhabung“ in zugeordnete Defekt-Partikel-Anteile und Ausfallkosten.

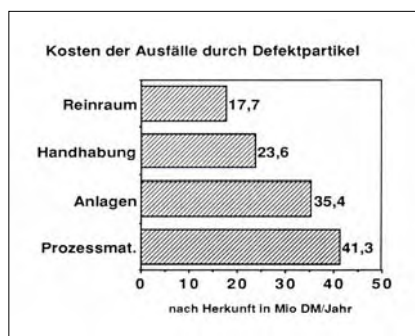


Abb. 4

Die erarbeiteten Zahlen erfordern in vielen Fällen ein generelles Umdenken - insbesondere im Bereich der Materialwirtschaft: Falls es durch gezielte Produkt / Lieferanten-Auswahl möglich ist, die Anzahl der für ein bestimmtes Fertigungs-Hilfsmittel wie z.B. Handschuhe typischen Defekt-Partikel um nur 30 % vom bisherigen Gesamtwert zu reduzieren, so bedeutet das im Jahr eine ausschußorientierte Ersparnismöglichkeit von 0,43 Mio DM.

Hier zeigt sich ganz deutlich, daß in diesem Fall der Qualitäts Sicherung eine weitaus höhere ökonomische Bedeutung zukommt, als etwa dem Einkaufsbereich, welcher für das Produkt Handschuhe mit einem Gesamt-Einkaufs-Volumen von 0,5 Mio DM auch unter den günstigsten Umständen keine 0,43 Mio DM einsparen kann. Das gilt auch für andere Produkte bei denen das Phänomen reduzierte Produkt-Kontamination ein um ein Vielfaches höheres ökonomisches Gewicht hat als die möglichen Einsparungs-Beiträge der Beschaffungs-Stellen.

Partikelquelle	%	Mio DM
Mensch	9,4	11,09
Wafer-Transport	5,0	5,90
Kleidung	2,0	2,36
Handschuhe	1,2	1,42
Wischtücher	1,2	1,42
Papier	0,6	0,71
Sonstige	0,4	0,5
Total	20	23,6
alles bezogen auf "Handhabung" in Abb 3+4		

Abb. 5

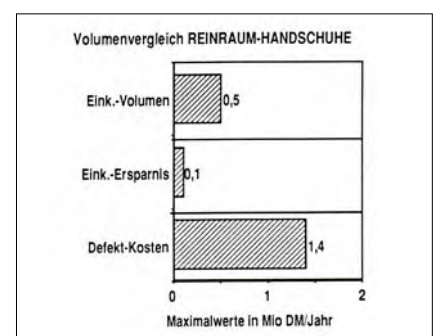


Abb. 6

## Die Einführung des produkt-spezifischen Yield Index

Um diesen möglichen Vorteil sinnvoll zu nutzen, bedarf es jedoch zunächst einmal zumindest auf betrieblicher Ebene abgestimmter Prüfmethode, welche die Qualitäts-Sicherung ohne größeren Aufwand in die Lage versetzen, Partikel- und Ionenmessungen an allen möglichen Objekten reihenweise und schnell durchzuführen, wiederauffindbar zu dokumentieren und so ähnliche Produkte aufgrund der geschaffenen Spezifikationen miteinander zu vergleichen.

Wenn dieser Zustand einmal erreicht ist, wäre für jedes Produkt die Zuordnung eines produktspezifischen YIELD-INDEX möglich, welcher sowohl den mit der Produkt-Auswahl als auch den mit der Produkt-Beschaffung befaßten Stellen sagt, um welchen Faktor der ökonomische Nutzen einer Reduzierung der Partikelbelastung den einer Reduzierung des Einkaufspreises über- oder unterschreitet. Wie man sieht, läßt sich dafür folgende einfache Beziehung aufstellen:

$$Y_i = \frac{Pda/t}{Pev/t}$$

Yi = Yield Index  
Pda = produktspezifischer Defektkostenanteil  
Pev = produktspezifisches Einkaufsvolumen  
t = Zeiteinheit

In der Anwendung auf das Beispiel Handschuhe ergibt sich dann ein produktspezifischer Yield-Index von 1,42 : 0,50 = 2,84. Für die Praxis heißt das: Eine Reduzierung der produktspezifischen Partikelbelastung um 1 % erbringt bei diesem Produkt den 2,84fachen ökonomischen Nutzen verglichen mit einer Preis Reduzierung um 1 %. Außerdem läßt sich aus der Formel ableiten, welcher äquivalenten Preisreduzierung eine Reduzierung der produktspezifischen Partikel-Belastung entspricht. Nur so

ergibt sich eine Möglichkeit den technischen Aufwand der Zuliefer-Industrie für die Bereitstellung erhöhter Produkt-Reinheit sachdienlich zu bewerten. Die Kritiker werden einwenden daß die Funktion Partikel-Reduzierung: Defektkosten-Reduzierung wahrscheinlich nicht linear verläuft. Das kann durchaus stimmen. Dennoch ist der Nutzen der Adaption dieses Modells erheblich größer als die möglichen Ungenauigkeiten, welche durch Linearitäts-Abweichungen entstehen können.

die laufende Überwachung der Anlieferqualität

Nachdem ein geeignetes Produkt aufgrund einer punktuellen Messung ausgewählt und freigegeben ist, muß für eine Reihe von Produkten gewährleistet werden, daß sie bei späterer Lieferung stets in der gleichen Qualität angeliefert werden, die dem Zustand zum Zeitpunkt der Produkt-Freigabe entspricht.

Dazu wurde bisher in der Industrie entweder ein großer Teil der Kapazität

der Qualitäts-Sicherung gebraucht oder das Risiko unterschiedlicher Anliefer-Qualität wurde in Kauf genommen. Hier vollzieht sich, ausgehend von der amerikanischen und später der europäischen Automobil Industrie, eine Wandlung, welche bald weite Teile der gesamten Industrie berühren wird. Es scheint in der Tat unsinnig, wenn jeder Verarbeitungsbetrieb einer Veredelungskette vom Rohmaterial bis zum technologischen Fertigprodukt eine Qualitätssicherung sowohl der Waren-Eingänge als auch der Waren-Ausgänge durchführt. Weit sinnvoller ist es, das Phänomen Qualität für jedes Einzelprodukt der Bedarfskette durch Begriffe und Daten namhaft zu machen und die Qualitäts-Daten der Produkt-Endkontrolle dem Kunden Los-orientiert zu übermitteln und somit den gesamten Aufwand für die Eingangs-Kontrolle zu sparen. Die Abbildungen 7 und 8 veranschaulichen die sich vollziehende Änderung im Qualitätswesen allgemein.

Recht aufschlußreich in diesem Zusammenhang ist das Interview wel-

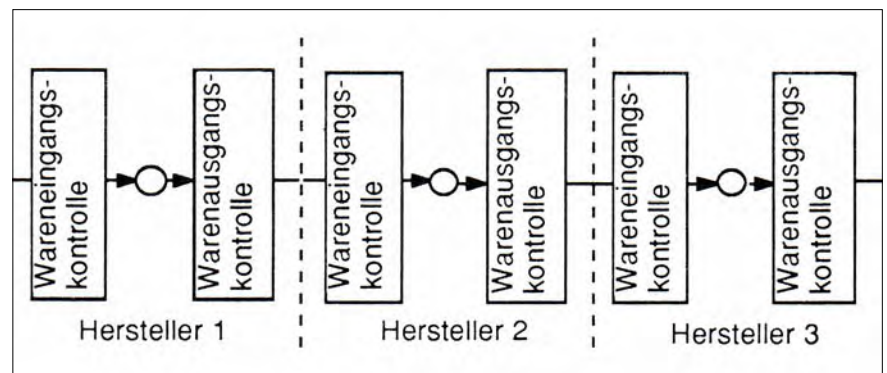


Abb. 7

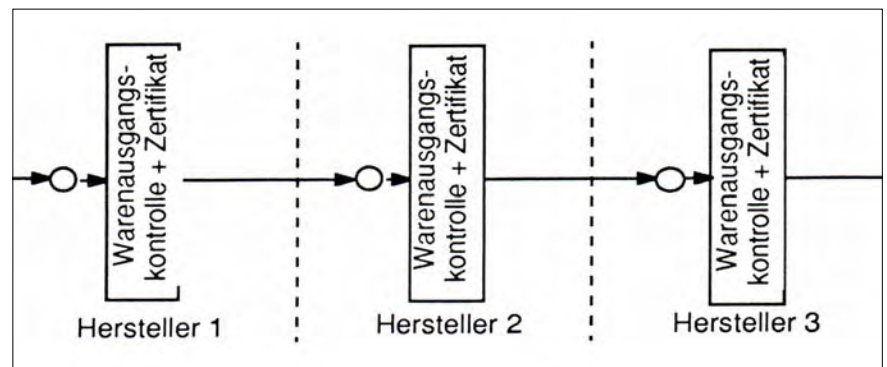


Abb. 8

ches Mr. Quintin Philips von Hewlett-Packard USA der amerikanischen Zeitschrift „Microcontamination“ u.a. zu diesem Thema gegeben hat. Das Interview wird wie folgt auszugsweise wiedergegeben:

**Interviewer:** Akzeptieren Sie Hersteller-Zertifikate über Kontaminationswerte oder führen Sie bei kritischen Verbrauchsmaterialien Messungen im eigenen Hause durch?

**Quintin Philips:** Wir führen die anfänglichen Qualifikations-Untersuchungen im eigenen Hause durch. Doch sobald wir einige Produkte freigegeben haben, überlassen wir es den Lieferanten, die Qualität ihrer Produkte mittels Zertifikat zu bestätigen. Ich glaube es ist außerordentlich wichtig, gute Lieferanten-Beziehungen zu pflegen. Wir möchten keinesfalls, daß sich zum Beispiel durch Mißtrauen unsererseits eine gegnerische Beziehung entwickelt. Wir unterhalten vertrauliche Offenlegungs-Vereinbarungen mit unseren Lieferanten und das erlaubt es uns, z.B. offen über unseren Bedarf für eine neue Produktfamilie zu sprechen.

**Interviewer:** Welche Art von Protokollierung benutzen Sie für die Wareneingangs-Prüfung von Fertigungs-Hilfsmitteln?

**Quintin Philips:** Der typische Ablauf sieht so aus: Wir bestimmen die spezifischen Qualitäts-Anforderungen an das Produkt am Einsatzort, sichten die vorhandenen Prospekte, Unterlagen etc., bitten um Bemusterung von geeigneten Herstellern, lassen Untersuchungen im eigenen Hause durchführen und treffen dann die Entscheidung in Abhängigkeit von Preisen und anderen Erwägungen. Mit der Einführung unserer Lieferanten-Qualifikations-Protokolle haben wir versucht, überhaupt alle Wareneingangs-Prüfungen fallenzulassen.

Nichts verdeutlicht besser als dieses Interview, wohin der Trend in der Qualitätskontrolle heute geht. Es wird heute schon von Großbetrieben der Elektroindustrie versucht, für prüfintensive Produkte eine lieferantenseitige 100%-Teile-Prüfung mit Zertifikats-Erstellung durchzusetzen. Man wird allerdings damit rechnen müssen, daß dieser Aufwand schließlich in den Produktpreis eingehen muß. Dagegen stehen jedoch oftmals größere Ersparnisse bedingt durch den Fortfall der eigenen Prüfkosten.

### **Certified Quality - eine Versicherung gegen Störfälle**

Für den oben besprochenen Vorgang hat sich in den USA der Begriff „certified.quality“ eingeführt. Zu gut Deutsch heißt das VERBRIEFTE QUALITÄTS-ZUSICHERUNG. Je komplexer das technologische Gefüge eines Produktes ist, desto geringer wird die Chance, alle Qualitätsorientierten Aspekte der Ausgangsprodukte dafür im Rahmen der eigenen Qualitätssicherung zu beherrschen. Eine gute Organisation der Qualitäts-Daten-Übermittlung zwischen dem mit dem Produkt ohnehin vertrauten Hersteller und dem Anwender ist geeignet, dieses Problem einwandfrei zu lösen. Diesem Vorgang entgegenstehende Hindernisse liegen oftmals mehr im Bereich des natürlichen Mißtrauens als in der Technik angesiedelt. Außerdem kostet die Zusicherung einer bestimmten Qualität natürlich Geld. Daraus ergibt sich der Zwang zum Abwägen.

Ökonomisch gesehen handelt es sich bei der certified quality um ein versicherungs-technisches Phänomen. Nur daß die Erfüllung der Leistung hierbei vor dem Eintritt des Ereignisses stattfindet, während sie im Versicherungs- und Schadensfall nach dem Ereignis geleistet wird.

Die Kernfrage muß also lauten: Wieviel Prämie in Form von Mehrpreis muß bezahlt werden, damit ein

bestimmtes Ereignis mit einem hohen Prozentsatz an Sicherheit ausgeschlossen wird.

Für eine ganze Reihe von Reinraum-Produkten wird dies noch eine Zeitlang im Ermessensbereich der verantwortlichen Personen bleiben bis wir mehr über die Zusammenhänge von z. B. Partikelbelastung der Zulieferprodukte und Yield der Eigenprodukte wissen. Es scheint jedoch allgemein folgender Trend klar vorgezeichnet: Je höher die Integrationsdichte der Schaltung und je kontaminationsverdächtiger das Zulieferprodukt erfahrungsgemäß ist, desto mehr ergibt sich die Notwendigkeit für eine verbriefteste Qualitäts-Zusicherung. Das bedeutet z.B. für die Praxis: Chemikalien werden in Zukunft ab 1 Megabyte Integrationsdichte fast ausschließlich mit Zertifikat geliefert. Auch für einen Teil des Reinraum-Verbrauchsmaterials werden die Anforderungen nach Einführung der SMIF-Konzepte erheblich steigen. So wird man im Rahmen der Anlagen-Reinigung nach SMIF-Konzept bei den Produkten Wischtücher und Handschuhe auf extrem geringe Partikel- und Zonenfreisetzungen angewiesen sein weil sich bei diesem Vorgang freigesetzte Partikel in extremer Produkt-nähe befinden und sehr schwer aus dem Mechanismus entfernbar sind. Hier haben Investoren, welche frühzeitig erkennen, daß es einen Markt für die Zusicherung von Reinheit geben wird, eine erhebliche Chance. Auf der folgenden Seite ist ein Qualitäts-Zertifikat abgebildet, wie es gelegentlich von der Reinraum-Industrie bereits gefordert wird.

### **Die Praxis der Qualitäts-Sicherung**

Wurde mit den Lieferanten von kritischen Fertigungs-Hilfsmitteln eine certified quality vereinbart und sind die Losgrößen, Parameter und Anzahl der Prüfungen genauer vereinbart, so besteht für die Qualitäts-Sicherung weiterhin die Aufgabe der gelegentlichen Überwachung der Einhaltung vereinbarter Grenzwerte. Ohne diese



## Qualitäts-Zertifikat

für Reinraum-Handschuhe der CLEAR & CLEAR GmbH

ausgestellt an: ITT-Intermetall Freiburg

Ihre Bestell-Nr: 1234567 - 4. Abruf über 250 000 Stck Größe "groß"

Bestellung vom: 1.1.1988 - 4. Abruf vom 1.6.1988

unsere Lieferung: in 50 Kartons mit je 5000 Stck

Karton-Nummern: 135-185

Wir bestätigen hierdurch, an der o.a. Sendung die folgenden Stichproben-Prüfungen vorgenommen zu haben, welche in Übereinstimmung mit den Spezifikations-Daten waren, so daß wir die Sendung freigeben.

Anzahl der entnommenen Prüflinge :400 Stck

Entnahme-Verteilung : 8 Stck aus jedem Karton

Einsatz- Bestimmung : 200 Stck für ionische Kontamination  
200 Stck für Partikel-Messung

Ergebnisse der Stichproben-Prüfungen nach dem Clear & Clean  
Stichprobenprüfplan für AQL 6,5 und doppelte Stichprobenschemata  
gemittelte Werte:

ionische Kontamin. Toleranzwert 500 ug/l Meßwert 235 ug/l

Partikelbelastung Toleranzwert 250 Part Meßwert 168 Part

Lübeck, den 1.8.1988

Clear & Clean - Qualitätssicherung

2. Bei Proben für Partikelprüfungen dürfen die Prüflinge nur im Reinraum entnommen werden, weil sie sonst schon durch die Normal-Atmosphäre kontaminiert werden. Die Normal-Atmosphäre enthält ca. 250.000 - 500.000 Partikel  $< 0,2 \mu$ .

3. Die Prüflinge dürfen nur mit Reinraum-Handschuhen angefaßt werden weil sie sonst durch den Hautabrieb kontaminiert werden.

4. Bei Prüflingen für die ionische Kontamination gilt das Gleiche. Diese sollen nicht für längere Zeit aus der Verpackung entfernt in der Normalatmosphäre liegen, weil die Normalatmosphäre erfahrungsgemäß eine gewisse Menge von Natrium-Chlorid enthält und außerdem, weil sich manche Partikel ionisieren und das Meßergebnis verfälschen. Solche Prüflinge sollen nicht beschriftet sein, weil Tinten- und Markierstift-Tuschen ionisches Kontaminat sein können. Unter keinen Umständen sollen diese Prüflinge ohne Reinraum-Handschuhe angefaßt werden.

5. Die Prüflinge sollen nicht aus einem Stapel herausgezogen werden, weil beim Herausziehen wieder Partikel entstehen, sondern vorsichtig und ohne Reibung entfernt werden.

6. Die so erhaltenen Partikelwerte können lediglich Vergleichscharakter mit Prüfungen im gleichen Betrieb und unter gleichen Meßbedingungen haben. Solange keine einheitlichen Spezifikationen und Prüfgeräte existieren, prüft jeder nach seinen eigenen Methoden und Prospektblatt-Angaben oder Partikelwerte anderer Meßaufbauten sind wertlos für den praktischen Gebrauch.

Abb. 9

Nachprüfung kommt es über die Zeit erfahrungsgemäß zu einer Verringerung des Qualitäts-Niveaus. Es hat sich als wertvoll erwiesen, die Grenzen nach Einführung einer certified quality-Vereinbarung bei den der Vereinbarung folgenden ersten beiden Lieferungen genau zu überprüfen und für die Zeit danach einem Prüfplan zu erstellen, aus dem hervorgeht, wann wieder eine Überprüfung vorzunehmen ist.

Die Probennahme bereitet insbesondere an Produkten, welche für Prüfungen der Partikel-Belastung, aber auch

der ionischen Kontamination vorgesehen sind, oftmals Probleme (z. B. Handschuhe, Wischtücher, Papier etc.) Zunächst muß beachtet werden, daß:

1. die Prüflinge in gleichmäßiger Verteilung aus der Sendung ausgewählt werden. Also, wenn die Sendung z. B. 100 Kartons umfaßt und 200 Prüflinge genommen werden sollen, so müssen alle Kartons geöffnet werden und je Karton zwei Prüflinge entnommen werden.



### Bedarf für neuartige Messwert-Aufnehmer

Um Meßwerte für die Qualitäts-Sicherung zu erhalten, bedarf es zunächst einmal sicher funktionierender Messwert-Aufnehmer. Während diese in vielen Bereichen der Technik vorhanden sind und als technisch gesichert gelten, handelt es sich in der Reinraum-Fertigung in vielen Fällen um meßtechnisches Neuland. Bis heute gibt es international z.B. keine gesicherte Meßmethode für die Partikel-Belastung von Geweben und porösen Flächenmaterialien. Das Gleiche gilt für das elektrostatische Verhalten von Flächengebilden oder zum Beispiel für schnelle Meßmethoden der ionischen Kontamination.

Um diesem Dilemma zu entgehen, ist es für die Qualitäts-Sicherung bei Herstellern und Anwendern unumgänglich, eigene Prüfmethoden und Geräte zu entwickeln. Erfahrungs-gemäß dauert es Jahre, bis eine Prüf-methode durch die nationalen Gremien VDI oder DIN allgemeinverbindlich festgeschrieben wird. Bis zu diesem Zeitpunkt haben Hersteller und Anwender nur die Möglichkeit, sich entweder an einer bereits eingeführten ausländischen Spezifikation zu orientieren, oder eine eigene Spezifikation zu entwickeln und Konsens über deren Anwendbarkeit zu erreichen.

Als Beispiel für die Möglichkeit der Entwicklung spezieller Prüfgeräte der Qualitäts-Sicherung wird das vom Verfasser in Zusammenarbeit mit den Kollegen vom VDI-Richtlinien-Ausschuß 2083 - 4 entwickelte Fallkugel-Prüfgerät beschrieben.

Mit Hilfe des Gerätes ist es möglich, Partikelmessungen an Flächengebilden, wie textilen Geweben, Vliesstoffen, Handschuhen, Folien und Papieren durchzuführen. Damit werden höhere Partikelwerte erzielt, als es mit anderen Trocken-Meßmethoden z. B., der in USA bekannten "Flex"-Methode möglich ist.

Es wurde bei der Konstruktion des Gerätes von mehreren grundsätzlichen Überlegungen ausgegangen:

Bei den bisher bekannten Methoden wurde stets die vorhandene Agitation-energie zur Partikelfreisetzung auf die gesamte Fläche des Prüflings (z. B. Wischtuch) von ca. 200 x 200 mm appliziert, während nur ein Bruchteil des aus dem Prüfling gelösten Partikelstroms in die Sondenöffnung gelangen konnte (Flex-Methode).

Die effektive kreisförmige Fläche, innerhalb derer ein Partikelstrom mit-

tels einer isokinetischen Sonde von 30 mm Durchmesser meßbar ist, hat einen Durchmesser von etwa 40...45mm. Will man zu optimalen Meßwerten gelangen, so muß die mechanische Agitation des Prüflings also auf einen Kreis von etwa 45mm Durchmesser beschränkt werden.

Zur Vermeidung von Meßfehlern durch eine laterale Faser-Abscherung muß der Prüfling in einer eigens dafür geschaffenen Haltevorrichtung gegen seitliches Verlagern vor und während der Messung gesichert werden und zudem ohne große Mühe eingelegt und entfernt werden können. Wäh-

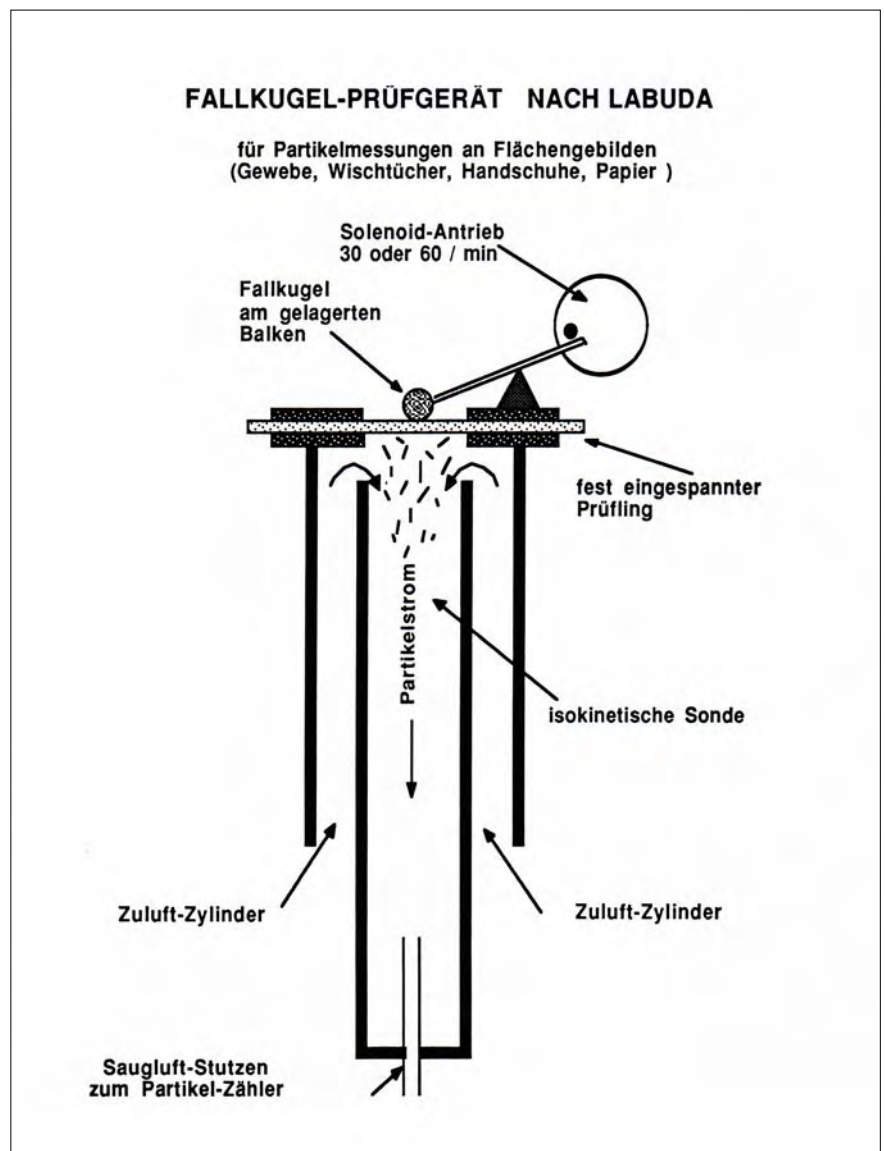


Abb. 9

rend der Messung sollte keine Durchströmung des Wischtuches mit gereinigter Luft stattfinden, um die bei dieser Meßmethode bekannterweise auftretenden Fehler auszuschalten und die Messung auch bei solchen Flächengebilden sinnvoll einzusetzen, bei denen keine Durchströmung möglich ist (Folien-Handschuhe, Papier, Kunststoff-Folien).

Die Prüfung sollte ohne Hinzuziehung besonders dafür ausgebildeten Personals durchführbar sein.

Das Prüfgerät besteht im Wesentlichen aus zwei horizontal angeordneten Bühnen von denen die eine vertikal beweglich ist. Zwischen diese Bühnen läßt sich der Prüfling fest einspannen. In der Mitte der Bühnen befinden sich kreisförmige Ausnehmungen, so daß der Prüfling wie eine Membrane frei aufgehängt ist. Um eine annähernd gleichbleibende Material-Spannung zu gewährleisten, ist eine der Bühnen mit einem konisch ausgearbeiteten Ring versehen, welcher beim Spann-Vorgang den Prüfling gegen einen elastischen Ring in der gegenüberliegenden Bühne drückt und somit eine periphere Flächenzugkraft ausübt.

Oberhalb der Bühnen ist ein Hammerwerk angeordnet, welches einen Fallhammer mit Kugelkopf 30 oder 60 x in der Minute im gelagerten freien Fall auf den Prüfling niederfallen läßt.

Zur Vermeidung des mehrfachen Aufprallens auf den Prüfling wird das Hammerwerk sofort nach dem ersten Aufprall mechanisch abgefangen.

In geringem Abstand unterhalb der Bühnen ist zentriert eine isokinetische Sonde angeordnet, welche durch einen Schlauch mit einem Zähler für luftgetragene Partikel bis zu  $0,19 \mu$  Größe und einer Ausgangsmenge von 1 ft / min (z. B. Clime 6300) verbunden ist.

Durch den Aufprall des Kugelkopfes auf den Prüfling werden aus demsel-

ben Partikel freigesetzt, welche in den Saugluftstrom der Sonde gelangen und somit dem Partikel-Zähl-Vorgang zugeführt werden.

Um die isokinetische Sonde herum ist ein Belüftungs-Zylinder angeordnet, so daß die Prüflinge nicht von der Luft durchströmt werden, weil dies, wie man weiß, zu erheblichen Messwert-Verfälschungen führen kann. Der nach unten hin geöffnete Belüftungs-Zylinder hat außerdem die Funktion der Abschirmung gegen von oben einfallende Flugpartikel, welche das Meßresultat beeinträchtigen könnten.

In ihrem Aufsatz „Optimale Prüfmethoden gesucht“, Reinraumtechnik 1/1988, weisen Ehrler und Schmeer zu Recht auf die hochinteressante Tatsache hin, daß die Meßergebnisse von Partikelmessungen an textilen Flächengebilden, wenn eine aerodynamische Probenahme stattfindet, durch elektrostatische Phänomene beeinflusst sind. Diesen Ausführungen zufolge ergeben sich durch die Entladung im Partikel-Größenbereich von  $0,3 \dots 0,5 \mu$  bis zum Bereich  $1,0 \dots 2,0 \mu$  höhere Partikelfreisetzen bei entladenen Proben. Über alle Größenbereiche gemittelt, ergibt sich eine min. 27 % höhere Partikelfreisetzung durch die vorgenommene Entladung bei 3 gemessenen Proben. Diese Erhöhung der Partikelfreisetzung findet zwar fast ausschließlich in den Größenbereichen  $0,3 \dots 0,5/0,5 \dots 1$  und  $1;0 \dots 2,0 \mu$  statt. Bei einzelnen Materialien und Größenbereichen kann die Erhöhung bis zu 180 % betragen. Bei den Versuchen, welche vom Verfasser gemacht wurden, ist aufgefallen, daß die Ergebnisse der Partikelmessungen an Geweben dann kaum noch von elektrostatischen Effekten beeinflusst werden, wenn die relative Feuchte der umgebenden Raumluft auf min 50 % gehalten wird und die Gewebe unter solchen Bedingungen 24 Stunden vorgelagert wurden. Wenn das nicht möglich ist, können die Prüflinge kurz vor der Messung leicht mit Hilfe eines elektrischen Film-Entstaubungs-Gerätes entladen werden.

## Die statistische Qualitäts Kontrolle

Weder der Hersteller noch der Anwender von Reinraum-Fertigungs-Hilfsmitteln wäre in der Lage eine 100%ige Teile-Prüfung durchzuführen, um die Qualität eines Lieferloses festzustellen. Das würde bei einigen Produkten Jahre dauern und bei Anderen ist es wegen der Notwendigkeit einer zerstörenden Prüfung gar nicht möglich. Aus diesem Grunde prüft man nur eine bestimmte Menge von Prüflingen und schließt von dem so erhaltenen Prüf-Ergebnis auf die Qualität des gesamten Lieferloses.

Zur Sicherstellung sinnvoller Ergebnisse müssen bei dieser Art der Qualitätskontrolle einige Voraussetzungen unbedingt beachtet werden, weil sich durch deren Nichtbeachtung erhebliche Abweichungen von der tatsächlichen Qualität eines geprüften Lieferloses ergeben können.

Besonders in diesem kritischen Bereich werden immer wieder viele Fehler gemacht und so hat die statistische Qualitätskontrolle erst viel später ihren berechtigten Eingang in die Industrie gefunden als dies an sich möglich gewesen wäre. Die Voraussetzungen sind folgende:

1. das Fertigungslos muß bei seiner Herstellung den gleichen Fertigungs-Einflüssen ausgesetzt worden sein.
2. Bei den Fertigungs-Prozessen muß die resultierende Produkt-Qualität in einem hohen Maße zufallsabhängig sein.
3. die geprüfte Menge muß für die Gesamtmenge repräsentativ sein.

Für die statistische Qualitätskontrolle und die nachfolgende Dokumentation der Daten haben sich einige prinzipielle Verfahren als wertvoll erwiesen, welche kurz beschrieben werden sollen:

*attributive Verfahren* sind solche Verfahren bei denen zur Fehlerstatistik

**Variablen-Prüf-Verfahren.** Bei der Variablen-Prüfung handelt es sich um die Auswertung von Meßwerten - also nicht ja-nein-Aussage sondern Über- oder Unterschreiten eines Grenzwertes, den man vorher als maximal oder

## Die Dokumentation der Prüfdaten - Einsatz von Datentechnik

Die Lübecker Firma JESSEN, LENZ hat sich die Mühe gemacht, eine umfangreiche Datenbank für den Bereich der Qualitäts-Sicherung zu entwickeln. Diese Software eignet sich sowohl für die Dokumentation von attributiven Prüfungen als auch von

Mit Hilfe eines solchen Programms lassen sich neben Waren-Eingangs-Prüfungen nach vorgegebenen, meßbaren Merkmalen auch Maschinenfähigkeits-Untersuchungen, Untersuchungen der Prozeßfähigkeit und eine Fehler-Ursachen-Analyse bei instabilen Prozessen durchführen.

Außerdem stellt das Programm mehrere Auswertungen im Wahrscheinlichkeits-Netz, Berechnung der Vertrauensbereiche für Stichprobenkenngrößen, eine Regelkarten-Analyse und einen Anpassungstest im Zufalls-Streubereich der Wahrscheinlichkeitsgeraden zur Verfügung.

Die Daten können manuell oder online mit allen gängigen Messwert-Aufnehmern eingegeben werden.

Das System wurde vom Verfasser erfolgreich in die betriebliche Qualitäts-Sicherung bei Clear & Clean eingeführt und hat sich dort bestens bewährt.

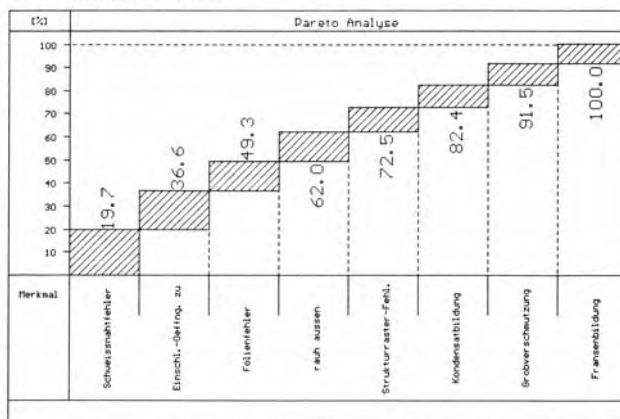
Auf den Folgeseiten werden Prozess-Daten-Auswertungen gezeigt, welche mit Hilfe dieses Programms erstellt worden sind.

QUALITÄTSKONTROLLE  
Tel 0451-32007 Fax 0451-38171  
Seite : 2

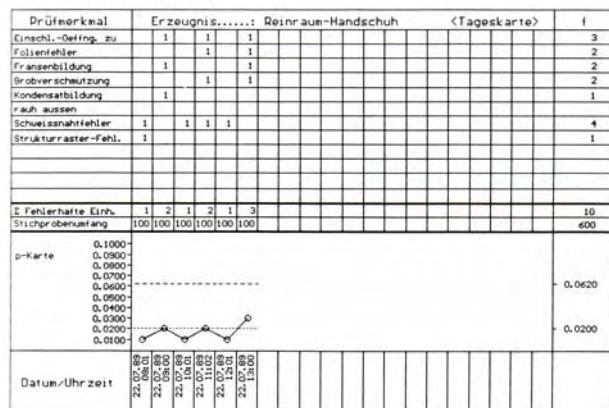
[illegible]



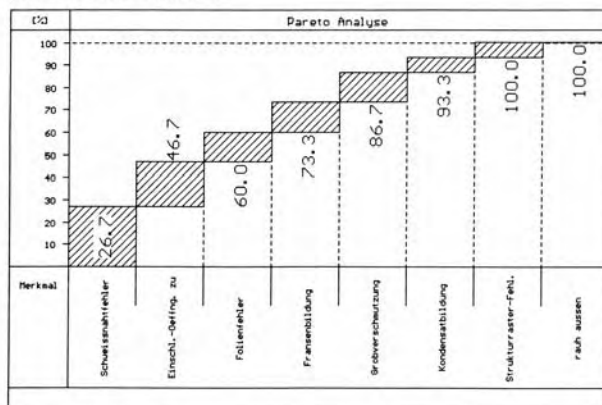
## PDAP Fehlersammelkarte



## PDAP Fehlersammelkarte



## PDAP Fehlersammelkarte



CLEAR & CLEAN  
2400 Lübeck  
Datum :28.07.1989

QUALITÄTSKONTROLLE  
Tel 0451-32007 Fax 0451-38171  
Seite : 8

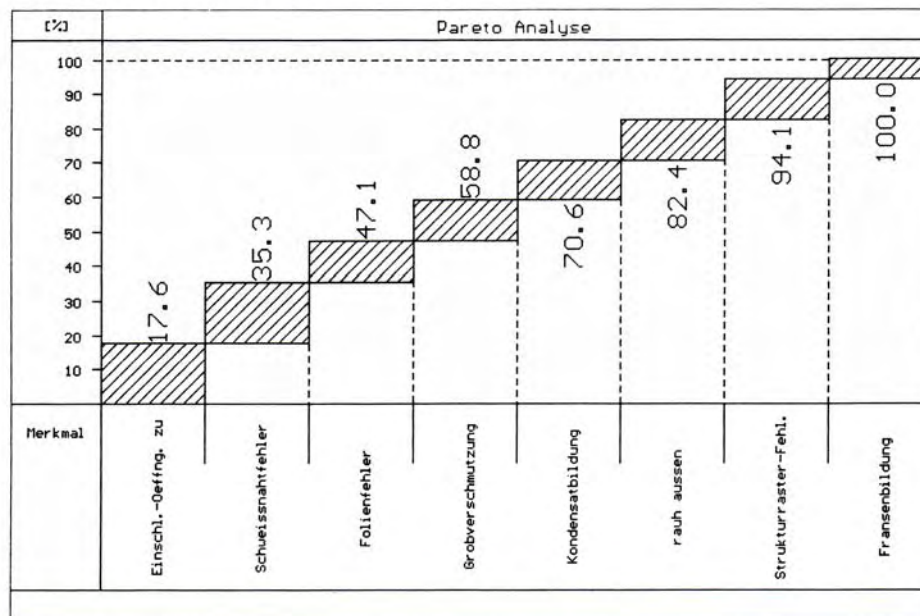
PDAP Fehlersammelkarte

Prüfmerkmal	Erzeugnis.....: Reinraum-Handschuh										<Tageskarte>	f
Einschl.-Öffng. zu	1		1	1								3
Folienfehler		1		1								2
Fransenbildung	1											1
Grobverschmutzung			1		1							2
Kondensatbildung		1	1									2
rauh aussen	1		1									2
Schweissnahtfehler		1	1	1								3
Strukturraster-Fehl.		1	1									2
Σ Fehlerhafte Einh.	3	2	4	1	1							11
Stichprobenumfang	100	100	100	100	100	100						600
p-Karte												0.0586 0.0183
Datum/Uhrzeit	23.07.89 08:00	23.07.89 09:01	23.07.89 10:00	23.07.89 11:00	23.07.89 12:05	23.07.89 13:10						

CLEAR & CLEAN  
2400 Lübeck  
Datum :28.07.1989

QUALITÄTSKONTROLLE  
Tel 0451-32007 Fax 0451-38171  
Seite : 9

PDAP Fehlersammelkarte



QUALITÄTSKONTROLLE  
Tel 0451-32007 Fax 0451-38171  
Seite : 1

CLEAR & CLEAN GMBH  
2400 Lübeck  
Datum :05.05.1989

QUALITÄTSKONTROLLE  
Tel 0451-32007 Fax 0451-38171  
Seite : 2

Erzeugnis: Reinraum-Handschuh - Merkmal: ionische Kontamina

