

# Die Labuda-Colander Methode, ein neues Verfahren zur Messung des Gebrauchs-Abriebs bei Reinraum-Wischnitteln und Papier

von Win Labuda in Lübeck

## 1 - Einführung

*Ein Reinraum-Wischnittel ist so gut, wie der Reinraum dadurch reiner wird.*

Die Frage nach geeigneten Prüfmethoden für diese Güte also im Sinne unseres Themas geringe Partikelfreisetzung beim Gebrauch hat die Fachwelt seit Jahren beschäftigt. Bis heute gibt es aber immer noch nicht „die“ Methode, welche durch ein hohes Maß an Simulationstreue überzeugt.

Beim Gebrauch eines Wischnittels werden Partikel und Faserbruchstücke nicht nur durch dessen Handhabung in die Umgebung freigesetzt sondern abhängig von der Rauhtiefe der zu reinigenden Oberfläche vor allem durch die scheuernde Reibung während des Wischvorgangs. Letzterer Aspekt wurde bei allen bisher bekannten Prüfmethoden nicht berücksichtigt.

Im vorliegenden Beitrag wird die Labuda-Colander Methode zur Simulation des Gebrauchs- Abriebs beim Einsatz von porösen Flächengebilden (z.B. textile Werkstoffe und Papier) vorgestellt und erläutert. Auf die Vor- und Nachteile anderer Methoden wird eingegangen und die Ergebnisse der bisherigen Arbeit im Bereich der Wischnittelforschung werden mit Hilfe von REM-Fotos, Tabellen und Diagrammen aufgezeigt

## 2 - Markt-Umfang für Reinraum-Wischnittel

Nach dem Ergebnis einer amerikanischen Marktforschungsfirma werden

jährlich weltweit etwa 2,2 Milliarden Wischnittel in Reinräumen eingesetzt. Das entspricht einem Jahresbedarf von etwa 115 Mio. Quadratmeter an textilem Material und bedeutet ein Vielfaches der umbauten Welt-Reinraum-Fläche. Dieser Markt wächst jährlich um 10 bis 15 %. Grund genug, dem Produkt auch technologisch entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen.

Von den vielen Anbietern in diesem Marktsegment sind es weltweit nur drei US Firmen und ein deutscher Hersteller, welche einen nennenswerten technologischen Beitrag leisten allerdings auch Investitionen in Millionenhöhe in entsprechendes Labor-Equipment und F&E-Unterhaltung investiert haben. Es scheint daß etwa 85 % des Marktes von den 4 großen Herstellern bedient werden und sich die restlichen 15 % Marktanteil auf über 100 kleine Lieferanten verteilen.

## 3 - Anwendungen für Wischnittel im Reinraum

Genau genommen werden Wischnittel im Reinraum für alles Mögliche eingesetzt wie eben auch in einem Labor oder einer Werkstatt. Das Einsatz-Spektrum reicht vom Entfernen der Verkrustung am Deckel einer Chemikalienflasche bis zum Aufnehmen von Fotolack, der gerade jemand auf den Schuh geleckert ist.

In den Fertigungsbereichen des Reinraums haben sich mit der Zeit jedoch Schwerpunkte ergeben, von denen nachstehend die Wichtigsten angeführt werden:

### Spill Control

Aufnahme und Entsorgung von Flüssigkeits-Rückständen

### Flächen-Reinigung

Mikrostaub auf Wand-, Decken oder Arbeitsflächen

### Maschinen-Reinigung

Mikro- und Makrostaub sowie Fettschichten auf Anlagen und Werkzeugteilen

### Sieb-Reinigung

pastose Stoffe und Lackreste auf den Sieben der Schaltungs-Drucktechnik

### Glas-Reinigung

Fettschlieren, Staub

### Spritzwerkzeuge

Polierflächen auf den Maschinen der CD-Fertigung

Neben diesen Einsatz-Bereichen erschließen sich dem Produkt ständig neue Einsatzgebiete vor allem in der Lebensmittel-, der pharmazeutischen und chemischen Industrie, in der Bio- und Gentechnik, aber verstärkt auch in der Medizin.

Der Anwender von Reinraum-Wischnitteln stellt an das Produkt folgende Erwartungen:

- Erfüllung des Einsatz-Zwecks
- minimale Rückwirkungen auf den Prozess
- optimale Handhabungs-Geschwindigkeit
- problemlose Entsorgung

Dabei kann die Prioritäten-Verteilung je nach Anwender und vorherrschender Problematik durchaus unterschiedlich ausfallen.

#### 4 - Technische Kenndaten und Prüfverfahren

Die Sicherstellung der Erfüllung vorgenannter Ansprüche erfolgt durch technische Prüfverfahren, welche im Laufe der Zeit von den Herstellern in Zusammenarbeit mit den Anwendern erarbeitet wurden und meistens viel später von den jeweiligen nationalen Gremien der technischen Richtlinien- oder Normengestaltung aufgegriffen, überarbeitet und veröffentlicht werden. Bisher ist es insbesondere das IES - Institute for Environmental Sciences mit Sitz in den USA, welches sich mit dem Produkt Reinraum-Wischmittel auseinandergesetzt hat. Es folgte im kurzen Abstand die Bundesrepublik und dem Vernehmen nach wird auch in Japan an einer Empfehlung gearbeitet.

*Die folgenden Prüfungen betreffen:*

die Erfüllung des Einsatz-Zwecks

Material-Dicke  
Flächenmasse  
Reißkraft längs und quer - trocken  
Reißkraft längs und quer - feucht  
Längendehnung längs und quer - trocken  
Längendehnung längs und quer - feucht  
Wasseraufnahme pro Flächeneinheit  
Wasseraufnahme pro Zeiteinheit  
Kapillarität  
Chemikalienbeständigkeit  
Scheuerwirkung

die Rückwirkungen auf den Prozess

Partikelfreisetzung trocken  
Partikelfreisetzung feucht  
Ionische Kontamination  
Extrahierbare Rückstände  
Oberflächenwiderstand  
triboelektrisches Verhalten  
Keim- und Pyrogenfreiheit

die optimale Handhabungs-Geschwindigkeit

Wasseraufnahme pro Zeiteinheit  
Materialsteifigkeit  
Porosität

die problemlose Entsorgung

biologische Verrottbarkeit  
schadstoffarme Verbrennung

Für die o. a. technischen Kenndaten existieren zumeist von der Fachwelt anerkannte Prüfverfahren, welche bei den verschiedenen Institutionen der internationalen Normung entwickelt wurden. Eine Sonderstellung haben jedoch die Prüfmethode für die Partikelfreisetzung, welche bisher nicht befriedigend gelöst werden konnten.

#### 5 - Prüfmethode für die Partikelfreisetzung beim Gebrauch

Das Ziel der meisten Reinraum Betreiber in Verbindung mit Reinraum Wischmitteln ist die Kenntnis der Anzahl von Partikeln und Fasern, welche unter praxisnahen Bedingungen der Belastung in die Umgebung freigesetzt werden.

Die meisten Anwender solcher Produkte wollen die Partikel-Freisetzung unter ähnlichen Belastungs-Bedingungen prüfen, wie sie in ihrem speziellen Arbeitsprozess vorkommen. Ein hohes Maß an Simulationsgüte ist prinzipiell begrüßenswert. Das hat jedoch in der Vergangenheit zu einer unbefriedigenden Vielfalt von „haus-eigenen“ Methoden geführt. Solche Methoden beinhalten erfahrungsgemäß Manipulationen wie Schütteln mit der Hand, Reiben und Reißen über der Sonde eines Partikelzählers - alles Methoden, welche als *praxisnah* empfunden werden, aber wegen ihres Mangels an Reproduzierbarkeit nur von zweifelhaftem Charakter sind. Der Bedarf an einer aussagefähigen wissenschaftlich-technisch fundierten Prüfmethode wächst mit dem steigenden Bedarf an HI-TECH-Wischmitteln in der gesamten Industrie. Bisher haben wir mit folgenden Methoden

Erfahrungen gesammelt:

Tauchmethode  
Fallkugelprüfmethode  
Colander Methode A

Neben den hier angeführten Methoden sind dem Verfasser noch die folgenden simulierenden Prüfmethode bekannt geworden:

Gelbo-Stress-Methode, Gelbo-Flex-Methode nach E.Paley, Helmke Drum Test für Bekleidung, Biaxial Shake Test, Absaugmethode, Durchsaugmethode nach Ehrler und Schmeer, Naßfraktion nach Mattina und Paley.

Nachstehend sollen zunächst die *Tauchmethode* und die *Fallkugel-Prüfmethode* nach Labuda näher beschrieben werden:

#### *die Tauchmethode*

Ziel dieser Prüfung ist die Feststellung der Menge von Partikeln, welche von Flächengebilden wie Wischtüchern, Handschuhen oder technischen Papieren durch Tauchen derselben in DI -Wasser freigesetzt werden.

Die Partikelhaftung an Oberflächen wird durch ihren Kontakt-Punkt zur Fläche und zu benachbarten Partikeln im Wesentlichen durch die folgenden Kräfte bestimmt:

Kapillar-Kraft, Coulomb-Kraft, London van der Waals-Kraft, Dispersions-Kraft und verschiedene Kräfte chemischer Natur.

Diese Kräfte, welche in der normalen atmosphärischen Umgebung wirksam sind, verlieren ihre Wirksamkeit im flüssigen Medium. Daraus ergibt sich, daß beim Eintauchen eines Flächengebildes in DI-Wasser eine große Anzahl von Partikeln in das DI-Wasser übergeht. Ohne große Mühe lassen sich auf diese Weise umgerechnet auf einen Quadratmeter textilen Materials nach dreimaligem Tauchen mit unforcierter Bewegung und je nach Mor-

phologie und Reinheitszustand des Prüflings, zwischen 0,5 und 100 Millionen Partikel > 0,5 µ freisetzen.

In der amerikanischen Literatur (Paley & Mattina, 1990) wurde noch bis Mitte 1990 vom Prinzip her diese Methode als einzige Prüfmethode empfohlen, wobei offengelassen war, ob nach der Freisetzung der Partikel im DI-Wasser die anschließende Partikel-Zählung:

- mit Hilfe eines Partikel-Zählgerätes für flüssige Medien  
oder:
- mit Hilfe der Membranfilter-Methode nach ASTM F-312

durchgeführt wird.

Diese Einstellung findet ihren Ausdruck außerdem in der US-Empfehlung IES RP CC 004 87 T Absatz 5.1.4 vom Oktober 1987.

Wir glauben, daß diese Methode mit ihren vergleichsweise hohen Zähl-Resultaten sehr beeindruckend sein kann, andererseits hat sie folgende Nachteile:

- In der Anwendungs-Praxis von Wischmitteln, Handschuhen oder Papier kommt es fast nie vor, daß diese im flüssigen Medium bewegt werden und die kritische Komponente das nunmehr kontaminierte DI-Wasser ist.
- Wird das DI-Wasser nach dreimaligem Tauchen des Prüflings nicht sorgfältig entgast, so entstehen grobe Meßfehler durch das Vorhandensein einer großen Anzahl von Luftbläschen im DI-Wasser, welche im Partikel-Zähler als Partikel gezählt werden. Diese Gefahr erhöht sich enorm bei allen Flüssigkeits-Prüfmethoden, welche eine forcierte Bewegung des Prüflings im DI-Wasser beinhalten. (Biaxial Shake Test nach US-Empfehlung IES RP CC 004 87 T Absatz 5.2 vom Oktober 1987.)

- Es handelt sich um eine Prüfmethode, welche nur mit sehr kleinen Material-Abschnitten durchführbar ist. Dadurch wird eine Prüfung z.B. von Reinraum-Bekleidung ausgeschlossen.
- Die Methode zeigt bei 3-maligem Tauchen des Prüflings mit unforcierter Bewegung das Kontaminations-Potential eines textilen Gebildes auf allerdings unterhalb des Anfangspunktes seines Belastungs-Diagramms, weil ein Minimum an Abrieb zur üblichen Anwendungs-Belastung eines Wischmittels gehört.

Die Prüfmethode ist jedoch geeignet, bei unforcierter Bewegung des Prüflings im DI-Wasser *irgendeinen* Anfangs-Zustand der möglichen Partikel-Belastung eines textilen Flächengebildes, eines Papiers oder auch einer Folie anzuzeigen und liefert daher *im Rahmen von weiteren Prüfungen* einen Beitrag zur Gesamt-Aussage.

Dabei darf niemals außer acht gelassen werden, daß die Methode wohl eine Aussage darüber erlaubt, wie viele Partikel in und auf einem solchen Gebilde vorhanden sind. Allein, sie sagt absolut nichts darüber aus, wieviele der vorhandenen Partikel in der praktischen Anwendung tatsächlich freigesetzt werden. So gesehen hat sie die geringste Simulationsgüte von allen hier beschriebenen Methoden.

Die Methode wird gern von den Vertretern der sog. „worst case“-Theorie eingesetzt, welche der Meinung sind, jeder in einem Prozess eingesetzte Werkstoff und jedes Produkt müsse der für diesen Prozess vorstellbar größten Belastung standhalten, wie es z. B. für Anlagen mit Bezug zur Sicherheit von Leben und Gesundheit unvermeidlich ist.

Dieses altväterliche Sicherheitsdenken war zu Beginn der Reinraumtechnik als viele Fragen ungeklärt waren,

teilweise gerechtfertigt. Jahrelang war es aber in einigen Bereichen die Ursache für weit übertriebene Material-Anforderungen. Das Konzept weicht jedoch heute aus ökonomischen und ökologischen Gründen einem gesunden Optimierungs-Geschehen auf statistischer Grundlage.

### Die Fallkugel-Prüfmethode nach Labuda

Ziel dieser 1986 vorgestellten Freisetzungsmethode ist die Feststellung der Menge von Partikeln, welche durch Freien Fall eines Kugelhammers auf ein als Membran aufgespanntes textiles Flächengebilde freigesetzt werden.

Ist es die Aufgabe der Tauch-Prüfmethode, Aussagen über die Anzahl der in oder auf einem Flächengebilde befindlichen Partikel zu ermöglichen, so soll die Fallkugel-Prüfmethode die Anzahl der im Rahmen der trockenen Handhabung tatsächlich freigesetzten Partikel simulieren. Hierzu wurden die Einsatzbedingungen des trockenen Umgangs mit einem Flächengebilde herangezogen. In der Gebrauchs-Praxis erfolgt die Partikel-Freisetzung z. B. von Wischmitteln bekanntlich durch die folgenden Handhabungen:

- Entnahme des Wischmittels aus der Verpackung
- Transport zum Einsatzort
- Falten unmittelbar vor dem Einsatz
- Bewegung beim Einsatz
- Transport zum Ort der Entsorgung.

Bei jeder dieser fünf genannten Handhabungen werden Partikel in die Umgebung freigesetzt. Die an ein Wischmittel gebundenen Partikel lassen sich nach dem Charakter der Bindung an ihren Ruheort wie folgt beschreiben:

#### Flugpartikel

Partikel, die auf der äußeren oder inneren Oberfläche des textilen Flächengebildes ohne größere Bindungskräfte lagern, sich bei geringer Luftbe-

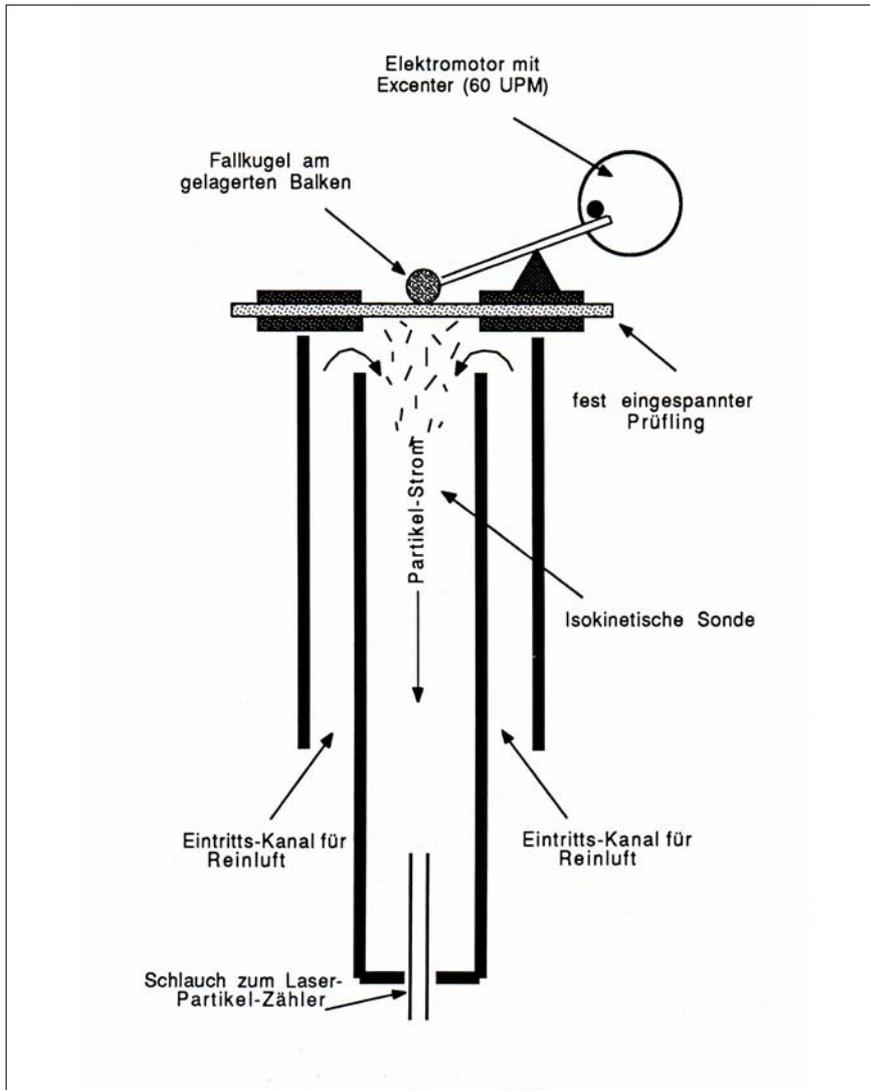


Abb. 1 Fallkugel-Prüfgerät nach Labuda

wegung von ihrem Ruheort entfernen, in den Schwebezustand übergehen und dann sedimentieren. Flugpartikel lassen sich unterscheiden in solche mit äußerem und solche mit inwendigem Ruheort.

#### Haftpartikel

Partikel, die auf der äußeren oder inneren Oberfläche des Wischmittels lagern und gleichzeitig durch eine oder mehrere der auf Seite 2 angeführten Haftkräfte mit dem textilen Flächengebilde schwer lösbar verbunden sind.

#### Neupartikel

Partikel, welche durch die mechanische Verformung und den damit ver-

bundenen inneren Abrieb des Wischmittels ständig neu entstehen. Nach der Entstehung werden sie entweder zu Haftpartikeln oder zu Flugpartikeln je nach den Bedingungen ihrer Mikro-Umgebung. Die so beschriebene Natur eines Partikels mit seinem Ruheort auf oder innerhalb eines textilen Gebildes ist jedoch nicht von dauerhaftem Charakter. Da die Partikel-Haftkräfte in deutlicher Abhängigkeit z. B. von elektrostatischen Phänomena und somit vom das Gebilde umgebenden Mikroklima stehen, kann es bei jedem einzelnen Partikel zum Wechsel seines Charakters kommen. Aus diesem Grunde ist es besonders wichtig, für die Prüfung immer die gleichen förderlichen

Umgebungs-Bedingungen zu schaffen. Das bedeutet im Einzelnen:

- relative Feuchte = min 55 %
- Umgebungs-Temperatur gleichbleibend +18 +22°C
- keine starken elektrischen Felder in der Umgebung des Prüfmittel-Aufbaus
- Konditionierung der Prüflinge bei den o.a. Feuchtebedingungen über einen Zeitraum von min 24h

#### 6 - Die Labuda-Colander Methode Teil A für Wischmittel im trockenen Gebrauchszustand

Ein großer Teil der bei Wischvorgängen freigesetzten Partikel, Fasern und Faser Bruchstücke entsteht durch die scheuernde Reibung zwischen Wischmittel und zu reinigender Oberfläche. In diesem Bereich liegt auch die Grundlage für die Erarbeitung einer Prüfmethode, welche auf den hier wesentlich einwirkenden und reproduzierbaren physikalischen Kräften beruht.

Sowohl bei den Flüssigkeits-Prüfmethode DIN 50452, ASTM F312 und allen anderen beschriebenen Flüssigkeits-Prüfmethode, welche die Partikelfreisetzung durch Tauchen des Wischmittels im flüssigen Medium mit nachfolgender Partikelzählung im Flüssigkeits-Partikel-Zähler beschreiben, aber auch bei der Fallkugel-Prüfmethode nach Labuda bleibt dieser Effekt unberücksichtigt. Das ist jedoch insofern besonders problematisch, als daß die scheuernde Reibung sehr viele Partikel größerer Abmessungen und auch Faserbruchstücke freisetzt.

Es war also eine Prüfmethode zu entwickeln, mit deren Hilfe die Auswirkungen der scheuernden Reibung darstellbar und numerisch erfassbar wurden. Die 1990 während der ICCCS-Tagung in Zürich vorgestellte Labuda-Colander Methode verspricht

diese Forderungen zu erfüllen. Für ein abschließendes Urteil bedarf es noch weiterer Erfahrungen.

Es ist jedoch erfreulich, festzustellen, daß sich S.J. Paley & C.F. Mattina beide USA mit ihrer letzten Veröffentlichung vom Oktober 1991 im Journal of the IES nun dem Verfasserin der Beurteilung der herausragenden Rolle der scheuernden Reibung als wesentliches Element der Partikelfreisetzung beim Wischvorgang angeschlossen haben und eine neue Methode vorgestellt haben, welche im Wesentlichen auf dem Phänomen der Partikelfreisetzung durch Reibung beruht.

### Beschreibung der Prüfanordnung

Ein kreisförmiger Ausschnitt eines Wischmittels wird an der Unterseite eines zylindrischen Metallkörpers von vorbestimmtem Gewicht befestigt. Diese Kombination wird auf ein nach seinen technischen Merkmalen ausgewähltes, gespanntes und vorher gereinigtes Metall-Sieb gelegt und dort eine Minute lang mit 50 Umdr / min rotieren lassen.

Unterhalb des Siebes ist die Isokinetische Sonde eines Partikelzählers für luftgetragene Partikel befestigt.

Es werden folgende Partikel gezählt:

1. Die durch scheuernde Reibung aus dem Flächengebilde herausgelösten Partikel, welche durch die Öffnungen des Siebes gefallen sind und auf diese Weise dem Zählvorgang zugeführt wurden.
2. Die Partikel, welche im Größenerfassungsbereich des Partikelzählers liegen. Bei einem Laser-Partikel-Zähler z. B., welche Partikel der Größen von  $> 0,19$  bis ca.  $10 \mu$  zu zählen imstande ist, werden alle Partikel die kleiner als  $0,19 \mu$  sind, nicht mehr gezählt und alle Partikel von einer gewissen Größe oberhalb von  $10 \mu$ , werden auch nicht mehr selektiv erfaßt. Das ist eines der größten Probleme der Prüfung von texti-

len Werkstoffen. Kommt es doch zur Freisetzung von Partikeln bis in den Submikron-Bereich und gleichzeitig zu Fasern im Millimeter Bereich.

### 1.1 zur Prüfung notwendiges Instrumentarium

1.1.1 Colander-Prüfgerät Typ A nach Labuda zur Messung des trockenen Mikro-Abriebs von Flächengebilden

1.1.2 Partikel-Zähler für luftgetragene Partikel von  $> 0,2$  oder  $0,5 \mu$ , mit einem Durchsatz von 1 Kubikfuß / min ( $0,093 \text{ m}^3/\text{min}$ )

1.1.3 Cleanbench Klasse 100 oder vergleichbare Reinraum-Umgebung

### Durchführung der Prüfung

1.2.1 Prüfling in die Aufnahme-Klemm-Vorrichtung des Colander-Gerätes einlegen und sicherstellen, daß sich das Material des Prüflings ohne Faltenbildung vollkommen plan über dem Reibzylinder befindet (Grauwertmessung durchführen)

1.2.2 Rotationsblock auf das Sieb legen und mit dem Elektroantrieb koppeln

1.2.3 Partikel-Zähler in den Betriebszustand bringen

1.2.4 Rotations-Antrieb des Gerätes einschalten, eine Rotationszeit von 60 sek. einhalten

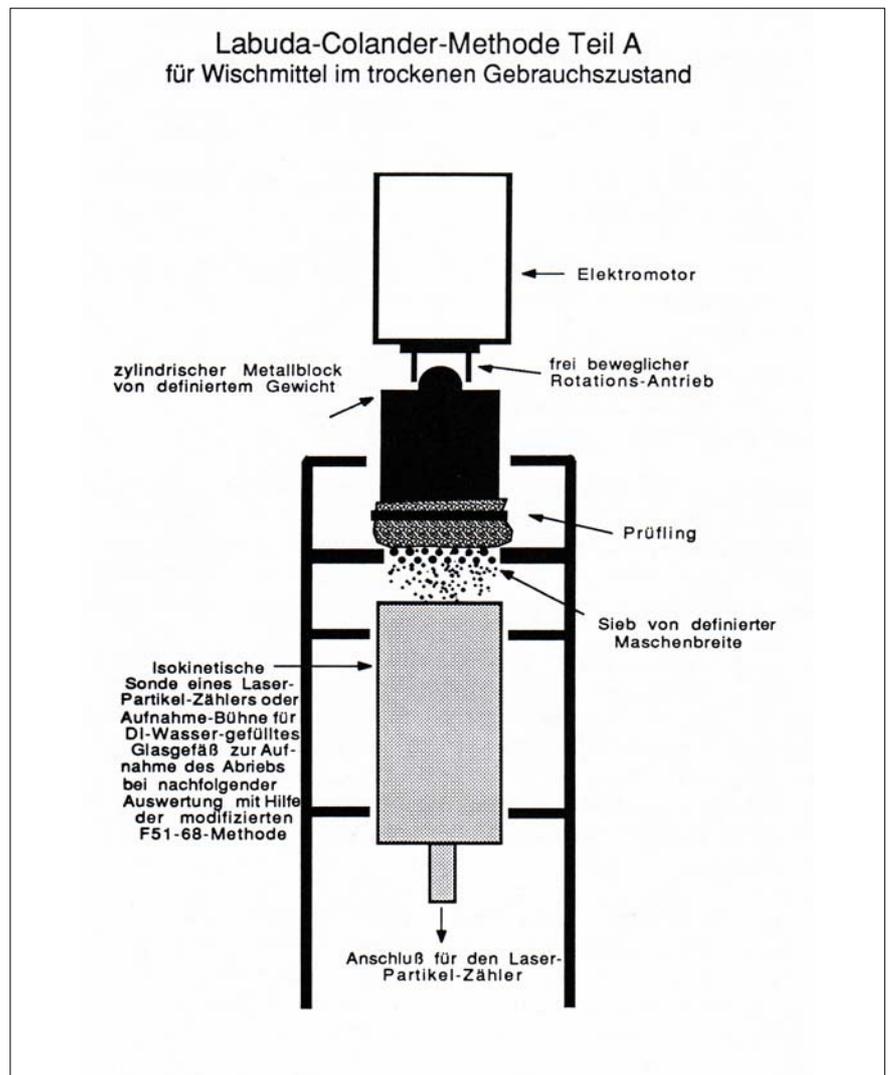


Abb. 2

1.2.5 Rotation beenden und Reibezy-  
linder entfernen

1.2.6 Sieb sorgfältig reinigen

1.2.7 bei 20 Prüflingen verfahren wie  
beschrieben

1.2.8 aus 20 Messungen folgende stati-  
stische Werte bilden:

1.2.8.1 Mittelwert  $\bar{x}$

1.2.8.2 Minimalwert

1.2.8.3 Maximalwert

1.2.8.4 Variationskoeffizient ( $\text{StAb} / \bar{x}$ )

Die gleiche Prüfung ist auch für  
Papiere, Kartons und andere Flächen-  
gebilde geeignet, deren Oberfläche  
anwendungsgemäß durch Abrieb-  
Vorgänge beansprucht wird, weil  
solche Materialien möglicherweise  
von textilen Flächengebilden abwei-  
chende Steifigkeiten haben, muß der  
Mechanismus für die Aufnahme der  
Prüflinge evtl. verändert werden. So  
können z. B. Papiere oder Kartons mit  
beidseitig haftenden Folien auf dem  
Reibezyylinder befestigt werden.

### **7 - kombinierte Anwendung mehrerer Prüfmethoden zur Verbesserung der Simulationsgüte**

Es hat sich im Rahmen unserer  
Wischmittelforschung gezeigt, daß  
von den Prüfmethoden, die sich im  
internationalen Rahmen durchgesetzt  
haben, bisher eine Einzige nicht aus-  
reicht, um die Vielfalt der Belastungen  
zu simulieren, welche beim Prakti-  
schen Gebrauch auf ein Reinraum-  
Wischmittel einwirken können. Die  
Belastungen können so vielfältig sein,  
wie in den nachstehend ausgeführten  
vier Einsatz-Beispielen A bis D  
beschrieben

*Einsatz-Beispiel A - Entfernung der  
Partikel und Mikro-Fettschichten von  
optischen Gläsern beim Bau von  
Kamera-Objektiven.*

Bei dieser Anwendung muß das  
Wischmittel z.B. aus Mikrofasern  
bestehen, um mit Hilfe der sich  
daraus ergebenden Topografie die  
dünn-schichtigen Fettablagerungen

auf den Gläsern zu entfernen. Es muß  
außerdem in DI-Wasser vorgewa-  
schen sein, damit sich erstens nur  
mehr geringe Mengen von lösba-  
ren organischen Rückständen im  
Wischmittel befinden, welche die  
extrem dünnen Fettschichten auf der  
Oberfläche evtl. noch verstärken  
würden und zweitens damit sich  
keine Partikel oder Fasern aus dem  
Körper des Wischmittels auf den opti-  
schen Gläsern absetzen. Dabei  
müssen die Kanten eines solchen  
Wischmittels versiegelt sein, so daß  
Partikel auch aus diesem kritischen  
Gebiet nicht freigesetzt werden  
können.

*Einsatz -Beispiel B - Aufnahme und  
Entfernung von Säure-Spritzern in der  
Umgebung von Naß-Ätz-Anlagen.*

Dabei ist es wichtig, daß das  
Wischmittel säurefest ist, eine beson-  
ders gute Absorptionsrate hat und  
sich leicht entsorgen läßt. Die Parti-  
kelfreisetzung ist hierbei möglicher-  
weise von untergeordneter Bedeu-  
tung.

*Einsatz -Beispiel C - Entfernung von  
Partikeln und Pasten-Rückständen  
auf den Sieben beim Druck von  
Hybrid-Schaltungen.*

Bei diesem Einsatz sind Partikel- und  
Faser-Freisetzung bei höchster Bela-  
stung durch scheuernde Reibung und  
gleichzeitiger Aufnahme pastoser Ver-  
unreinigungen die kritischen Größen.

*Einsatz-Beispiel D - Reinigung der  
inneren Oberflächen von Plasma-Ätz-  
anlagen bei der Herstellung von inte-  
grierten Schaltungen.*

Dabei wiederum muß das Wischmit-  
tel abriebfest, arm an Verunreinigun-  
gen durch Schwermetall-Ionen sein  
und arm auch an Mikropartikeln sein.

Würde bei den geschilderten vier Ein-  
satz-Beispielen die Partikelfreisetzung  
allein nach den bekannten Methoden  
ASTM F51 68 (1989) (Durchsaugme-  
thode) oder nach US-Empfehlung IES  
RP CC 004 87 T Absatz 5.1.4 vom  
Oktober 1987 also nach Tauchen mit  
Hilfe eines Flüssigkeits-Partikel Zähl-

lers gemessen, so blieben alle Partikel,  
welche bei jedem Wischvorgang  
unvermeidlich durch Abrieb entste-  
hen, unberücksichtigt. Das können  
bei einigen Anwendungen jedoch die  
überwiegende Menge der insgesamt  
freigesetzten Partikel sein.

Um Kenntnis darüber zu erlangen,  
wie viele Partikel aus dem Wischmittel  
während seines Gebrauchs in die  
Umgebung freigesetzt werden, bedarf  
es einer praxisnahen Simulation der  
Partikel-Freisetzung und in Verbin-  
dung damit einer angepaßten Zähl-  
methode. Dabei gilt es zu beachten:

- Würde lediglich die Partikel-Frei-  
setzung in Flüssigkeiten gemes-  
sen, so ergäben sich unverhält-  
nismäßig hohe Partikelwerte,  
welche die Partikelfreisetzung  
unter den Bedingungen des Trok-  
ken- oder des Feucht-Einsatzes  
von Wischmitteln nicht annä-  
hernd simulieren.
- Würde lediglich die Fallkugel-  
Prüfmethode nach Labuda ein-  
gesetzt, so wäre die Freisetzung  
durch Abrieb der Wischmittel  
nicht ausreichend repräsentiert:
- Die Labuda-Colander Methode -  
Teil A - würde für sich gesehen  
nur solche Einsatzfälle simulie-  
ren, bei denen die durch Abrieb  
freigesetzten Partikel einen  
erheblichen Teil der Gesamt-  
Freisetzung ergeben.
- Die Labuda-Colander Methode -  
Teil B - würde zwar nahezu pra-  
xisidentisch simulieren aber sie  
bedarf noch der Überprüfung  
und der Diskussion in den Fach-  
kreisen

Aus dem Gesagten folgt zwangsläufig,  
daß z. Zt. nur ein aus verschiedenarti-  
gen Prüfungen kombinierter Ver-  
gleichswert einigermaßen Aufschluß  
über die Einsatzfähigkeit eines  
Wischmittels geben kann, solange  
keine einzige Methode mit hoher  
Simulationsgüte über das breite

Anwendungsspektrum existiert. Wir haben uns in diesem Zusammenhang dazu entschlossen, die Einzelergebnisse von drei Prüfungen (Tauch, Fallkugel und Colander) multiplikativ zu einem Freisetzungs-Index zu verknüpfen.

Wir glauben, daß ein solches multifaktorielles Gesamtergebnis auf die Basis einer größeren Praxishöhe stellt und so dem Ergebnis auch einen höheren Wahrheitsgehalt verleiht.

### 7 - Das Belastungs-Diagramm für den textilen Werkstoff Reinraum-Wischnittel

Für viele Werkstoffe lassen sich Belastungs-Diagramme (stress-strain-curves) aufstellen. Dies gilt prinzipiell auch für textile Werkstoffe und deren Partikelfreisetzung.

Alle bisher bekannt gewordenen Prüfmethoden für die Partikel-Freisetzung von Reinraum-Wischnitteln simulieren diese durch Einwirkung einer bestimmten Kraft (Belastung) für eine bestimmte Zeit. So erfahren wir immer nur etwas über einen willkürlich gewählten Punkt innerhalb des Belastungs-Diagramms von diesem Gebilde.

Im Sinne eines besseren Verständnis für das Verhalten dieses Produktes hatten Paley und Mattina in ihrem wertvollen Beitrag zum ICCCS Weltkongreß 1990 in Zürich sicher Recht, wenn sie die Darstellung der Partikel-Freisetzung über einen weiten Bereich von Belastungskräften im Sinne eines Belastungs-Diagramms versuchten.

Der Ansatz jedoch, mit dem sie operierten, bedurfte der Vertiefung und der ganzheitlichen Sicht:

Die Betrachtung der Partikelfreisetzung bei Minimalstress (dreifaches Tauchen des Wischnittels ohne forcierte Bewegung) ergibt einen Freisetzungswert, welcher die beim Wischprozess unvermeidbar auftre-

tende Belastung durch scheuernde Reibung unberücksichtigt läßt.

Betrachtet man die Freisetzung nach dreifachem Tauchen jedoch gewissermaßen als Grundwert des Partikelinhalts eines Wischnittels bei quasi Null-Stress, dann erschien die Konsequenz von Paley - Mattina, nämlich die Belastung des Wischnittels mit Hilfe immer weiter gesteigerter hydrodynamischer Kräfte zu simulieren außerhalb des Bereichs praktischer Gebrauchsbelastung. Das ergibt sich schon aus der Tatsache, daß sich mit zunehmender Rauhtiefe der zu reinigenden Oberfläche bei vielen Fasergebilden die Partikelmorphologie in Richtung Makropartikel verändert. Außerdem nehmen die Faserbrüche

zu. Dieses Phänomen wurde von Paley - Mattinas erstem Ansatz unberücksichtigt gelassen. Deren zweiter Ansatz vom Oktober 1991 wird nun näher zu untersuchen sein.

Der Verfasser vertritt die Hypothese, daß der wesentliche Aspekt der Partikel- und/oder Faserfreisetzung, sofern sie den Gesetzmäßigkeiten eines Belastungsdiagramms unterliegt, durch folgende Parameter bestimmt wird:

Auflagedruck beim Wischvorgang  
Rauhtiefe der gewischten Oberfläche  
Geschwindigkeit des Wischvorgangs  
Tränkungsgrad des Wischnittels

Im Sinne dieser Annahmen wurde die Labuda-Colander Methode Teil A

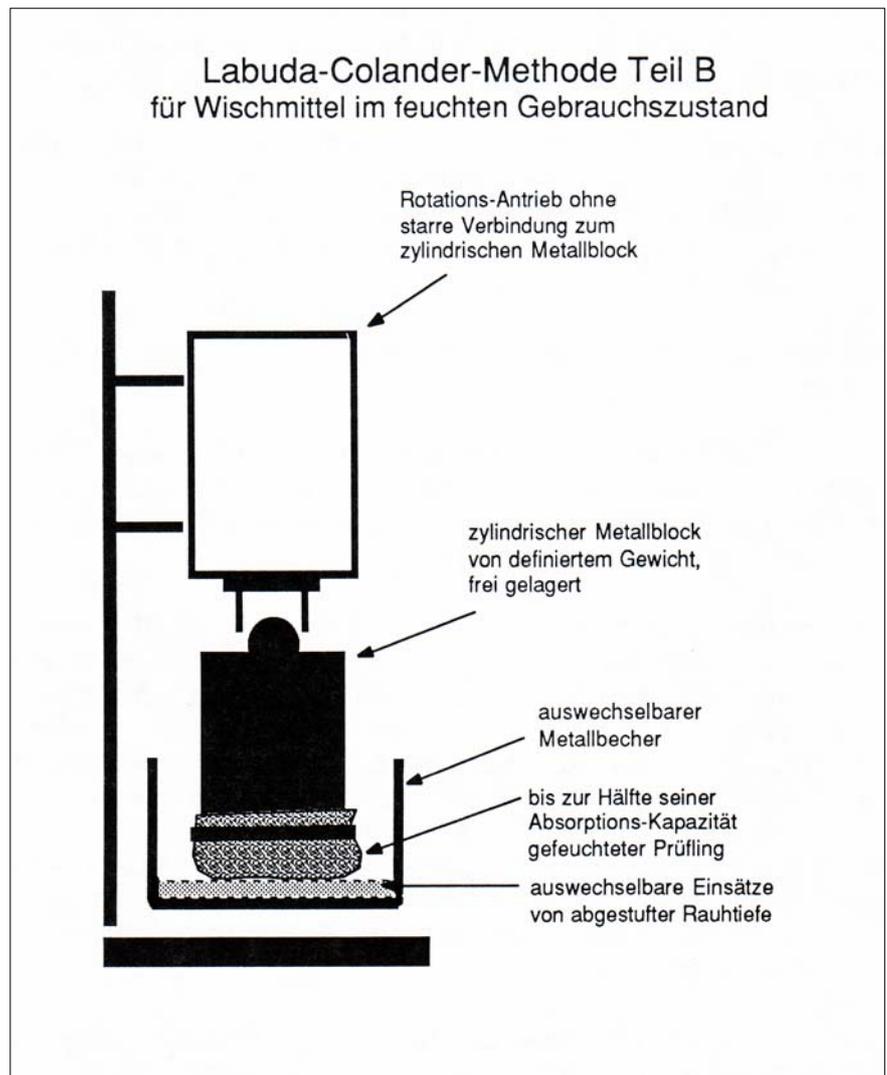


Abb. 3

erweitert. Abbildung 3 zeigt ein Instrumentarium für diese erweiterte Prüfmethode, welche eine sehr gute Simulationsgüte aufweisen sollte. Die Labuda-Colander Methode Teil B ist zunächst für die Erstellung von Belastungsdiagrammen für Wischmittel im feuchten Gebrauchszustand gedacht. Sie kann später evtl. für Wischmittel im trockenen Gebrauchszustand erweitert werden. Dem Verfasser erscheint es nicht sinnvoll, Reinraum Wischmittel lediglich im feuchten Zustand zu beurteilen, weil ein erheblicher Teil der Handhabung im trockenen Gebrauchszustand geschieht. Es bestehen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Beitrags

keine praktischen Erfahrungen mit der erweiterten Methode Typ B. Die Colander-Methode Typ A jedoch, hat erhebliche Unterschiede in der Partikelfreisetzung zwischen den verschiedenen Wischmitteln gezeigt dies jedoch immer wieder nur auf einen einzigen Punkt der Kennlinie bezogen. In den nächsten Monaten wird die B- Methode untersucht werden und die Ergebnisse werden in einem separaten Beitrag veröffentlicht

B - Partikelfreisetzung durch Fallkugel-Prüfmethode nach Labuda vom Polyester-Cellulose-Vlies

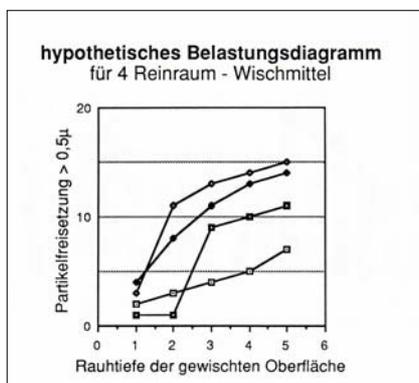
C - Partikelfreisetzung vom Polyester-Cellulose-Vlies durch Labuda-Colander Methode Typ A

D - Partikelfreisetzung vom Polyester-Cellulose-Vlies durch Tauch-Methode

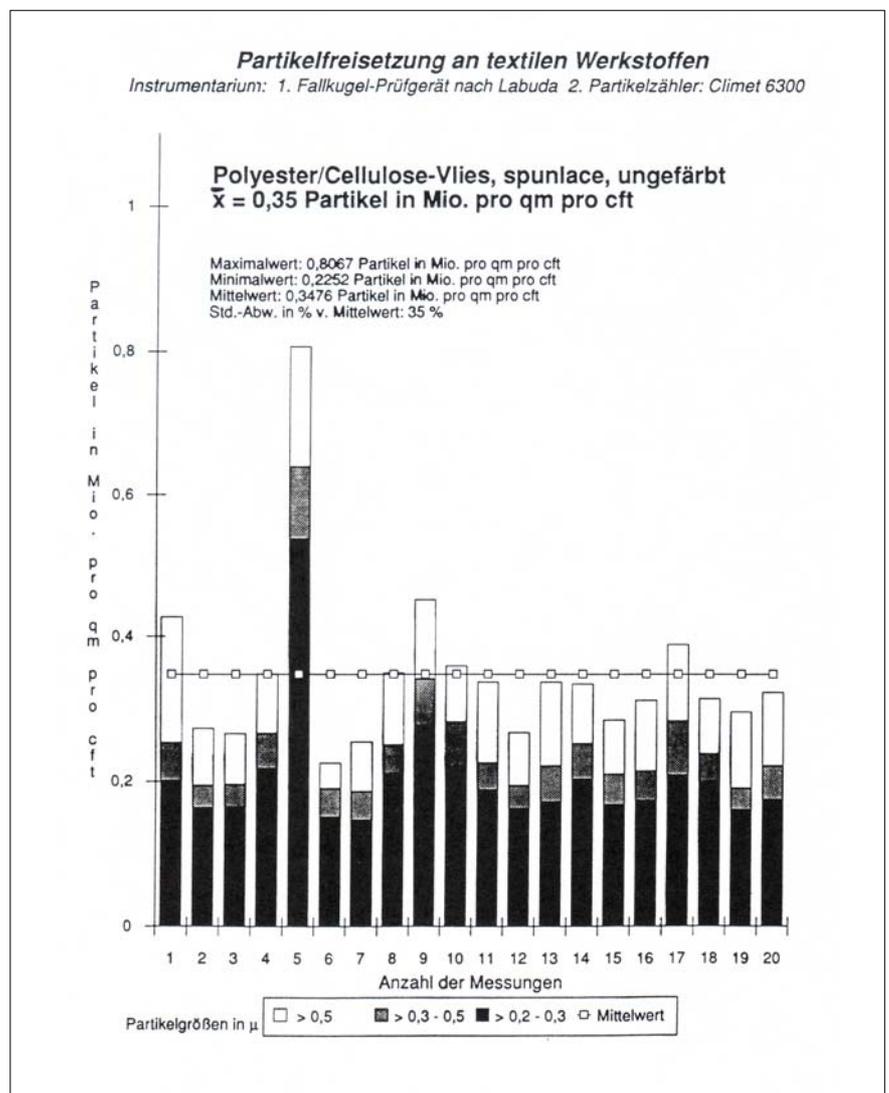
E - Beispiele technischer Kenndaten von HI-TECH-Wischmitteln nach verwendeten Rohmaterialien

### 8 - Anhang - Tabellen

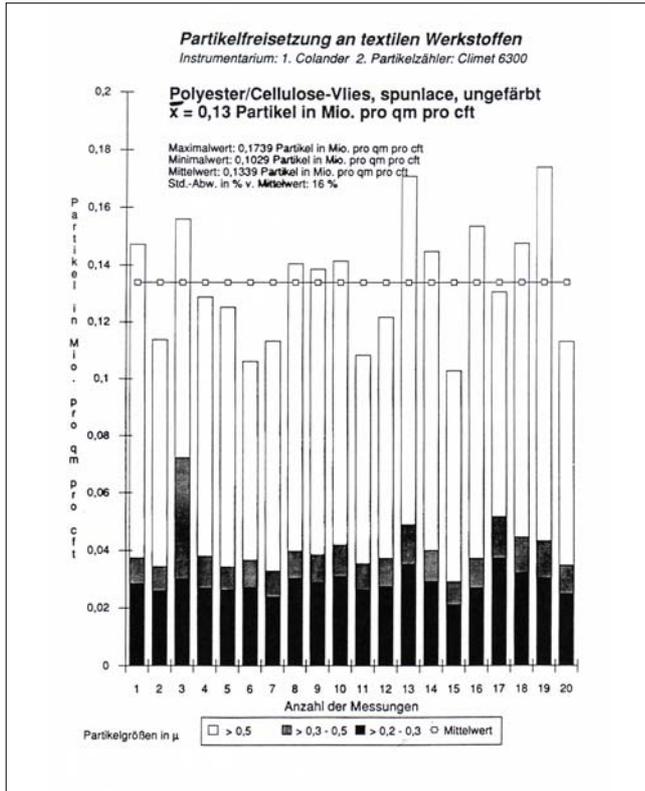
A - Hypothetisches Belastungsdiagramm für 4 Reinraum-Wischmittel nach Rohmaterial



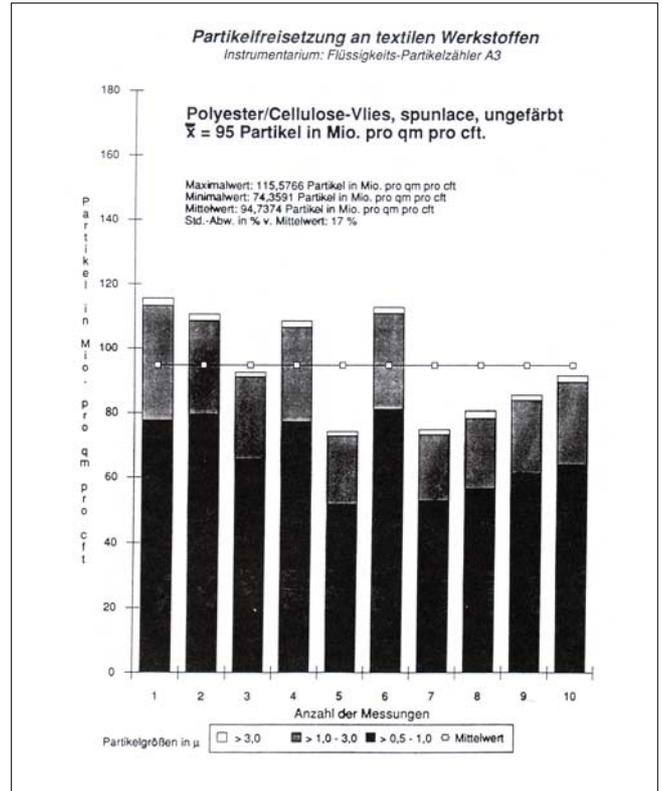
A - Hypothetisches Belastungsdiagramm für 4 Reinraum-Wischmittel nach Rohmaterial



B - Partikelfreisetzung durch Fallkugel-Prüfmethode nach Labuda vom Polyester-Cellulose-Vlies



C - Partikelfreisetzung vom Polyester-Cellulose-Vlies durch Labuda-Colander Methode Typ A



D - Partikelfreisetzung vom Polyester-Cellulose-Vlies durch Tauch-Methode

**Beispiele technischer Kenndaten von HI-Tech - Wischmitteln**  
geordnet nach verwendetem Rohmaterial

ROHMATERIAL BEZEICHNUNG	Konstruktion	Dicke mm	Flächenmasse g/m <sup>2</sup>	Reißkraft längs N	Reißkraft quer N	Längendehnung längs %	Längendehnung quer %	Wasseraufnahme pro Flächeneinheit g/m <sup>2</sup>	Halbtauch Prüfung 1 s Tauschen bis zur Hälfte = x % von Wasseraufnahme	Kapillarität Steighöhe: 1 Min. LQ mm	Partikel-Freisetzung				Ionische Kontamination (Na-Äquivalent) mg/l /m <sup>2</sup>	Oberflächen-Widerstand M Ω
											Falkugel-Methode nach Labuda Mio / Part	Labuda-Colander- Methode Mio / Part	Tauch-Methode Mio / Part	Freisetzungs-Index IND.		
Polyester - Holzschliff	Vlies	0,40	87,00	61,20	19,50	22,00	76,00	312,00	69,00	60/48	0,35	6,42	95,00	213,00	11,00	5x10 <sup>12</sup>
Polyester - Holzschl., gefärbt	Vlies	0,41	70,00	59,10	17,80	25,00	81,00	320,00	75,00	56/43	0,40	7,00	110,00	308,00	19,00	4,3x10 <sup>11</sup>
Polyester	Vlies	0,29	48,00	39,30	10,70	32,80	114,00	270,00	75,00	3/2	0,17	0,30	7,00	0,36	5,20	> 10 <sup>15</sup>
Baumwolle	Gewebe	0,42	210,00	79,40	61,60	32,10	41,20	222,00	74,00	12/6	3,01	0,62	300,00	560,00	24,00	5,2x10 <sup>9</sup>
Polyamid	Vlies	0,71	120,00	45,90	37,00	39,50	62,70	428,00	60,00	80/52	0,13	0,28	79,00	2,87	8,80	2,5x10 <sup>11</sup>
Polyester - Polyamid Mikro	Gestricke	0,32	180,00	118,00	80,10	88,30	217,00	298,00	13,00	28/19	0,05	0,13	55,00	0,36	10,70	> 10 <sup>15</sup>
Polyester, paraffiniert	Vlies	0,28	120,00	33,20	15,10	49,70	145,70	72,00	25,00	0/0	-	-	-	-	-	> 10 <sup>15</sup>
Manila - Hanf	Vlies	0,10	20,00	28,60	16,00	2,10	7,10	116,00	94,00	46/46	0,31	4,99	16,00	24,80	10,60	1,4x10 <sup>10</sup>
mikroporöses Elastomer	Vlies	0,40	100,00	64,10	21,70	92,40	70,50	125,00	62,00	30/27	0,10	0,19	35,00	0,32	8,50	5,5x10 <sup>11</sup>
Polyamid	Vlies	0,29	40,00	24,00	20,30	68,30	79,40	200,00	67,00	12/12	0,14	0,25	19,00	0,66	12,30	2,5x10 <sup>12</sup>
Polyether	Schaum	2,00	65,00	9,30	6,60	238,00	243,00	314,00	71,00	3/4	-	0,60	20,00	1,21	-	2,3x10 <sup>12</sup>
Polyester	Gestricke	0,70	140,00	79,20	52,70	119,00	238,00	540,00	76,00	60/53	0,12	0,27	30,00	0,10	19,00	9,1x10 <sup>9</sup>

E - Beispiele technischer Kenndaten von HI-TECH-Wischmitteln nach verwendeten Rohmaterialien