

Abb. 1

*Wischende Reinigungsprozeduren gehören zu den typischen Aktivitäten der Oberflächen-Reinhaltung in den Fertigungs-Betrieben der HighTech-Industrien. Deren Bedarf an Reinraum-Tüchern liegt weltweit bei etwa 15 Milliarden Stück. Die Reinraum-Anwender lassen sich allein die Tücher fast 1 Milliarde US-Dollar kosten. Aber mit dem Tücher-Einsatz verbinden sich, je nach Lohnstruktur in den verschiedenen Ländern, nochmals Handhabungskosten in 3- bis 6-facher Höhe. Bei der Kostenanalyse der wischenden Reinigungsprozeduren in den Reinraum-Industrien führt die Betrachtung der Preise für Reinigungstücher allein zu deutlichen Bewertungsfehlern.*

## Die Kosten des wischenden Reinigens im Reinraumbetrieb

Win Labuda  
Clear & Clean - Forschungslabor

*Die Materialkosten für ein Reinigungstuch müssen stets im Zusammenhang mit dem Fertigungs-Prozess gesehen werden, in dem das Tuch seinen Einsatz findet, aber auch im Vergleich mit der Reinigungsleistung der Wettbewerbs-Produkte. Es ist dabei unerlässlich, auch solche Kosten zu berücksichtigen, die ein bestimmtes Tuch im Fertigungs-Prozess verursacht oder beeinflusst. Die nachstehend aufgeführten Handhabungskosten können den Materialkosten-Block weit übersteigen. Im Endeffekt ist also das gesamt-kosten-günstigste Reinigungstuch selten das billigste im Einkauf.*

### Acht Kostenblöcke der Handhabung

- Kosten der Reinigungszeit bis zur erforderlichen Oberflächen-Reinheit einschl. handgerechtes Falten und Befeuchten des Tuchs mit einem Lösungsmittel.
- Kosten für unbeabsichtigte Mehrfach-Entnahmen bei flach gelegten Tüchern im Vergleich zum Einsatz von Einzelblatt-Spendern oder Spender-Boxen.

- Kosten der Bereitstellung der Tücher am Einsatzort (Materialausgabe, Nachfüllen der Spender, Nachfüllen der Behälter mit Reinigungsflüssigkeit, Entsorgen der benutzten Tücher).
- Kosten des Zugriffs: Wegezeiten der Mitarbeiter zwischen Einsatzort, Bereitstellungs-ort und Entsorgungsort der Tücher, Suchzeiten bei geringer Produkt-Präsenz.
- Kosten des anteiligen Produktions-Ausschuß durch den Einsatz der Tücher (z.B. Defekte durch hohe Partikelfreisetzung).
- Kosten der Entsorgung gebrauchter Tücher bei der kommunalen Müllverbrennung.
- Materialkosten der Lösungsmittel, z. B. Isopropylalkohol.
- Bereitstellungskosten der Lösungsmittel, z. B. Behälter-Befüllung, auswechseln undichter Behälter, nicht funktionierende Pumpen etc..

Die vorstehend genannten Kosten sind unterschiedlich für verschiedene Tücherfabrikate und Ausführungen. Sie variieren außerdem erheblich mit den Entnahme-Systemen, welche in einer Fertigung Einsatz finden (z. B. Einzelblatt-Spender und Boxen oder Flatpack).



**Abb. 2** Die Kostenblöcke des wischenden Reinigens

Die Reinigungs-, Bereitstellungs-, Zugriffs-, Such- und Entsorgungskosten sind heute bei Operator-Löhnen von € 0,42 pro Minute ganz wesentliche Kostenblöcke. Sie übersteigen jedenfalls deutlich die Materialkosten der Tücher.

### Reinigungszeiten - Reinigungskosten

Arbeitszeit-Studien bei Clear & Clean haben ergeben, dass das sorgfältige, einmalige Abwischen der Arbeitsfläche einer Reinen Arbeitsbank (62,5 x 120 cm) mit einem feuchten Polyester-Zellstoff-Tuch inkl. Vor- und Nachbereitungszeiten (Falten, Tränken, Entsorgen) 40,6 Sekunden dauert und 0,3323 € kostet. Wir wollen diesen Vorgang im Sinne der vorliegenden Arbeit als „Standard-Reinigungsvorgang“ betrachten, auf dem unsere nachstehenden Berechnungen basieren. Dabei sind bereits die durchschnittlichen Zugriffszeiten (Hol- und Bringzeiten) berücksichtigt, welche je nach Fertigungsumfeld ein wesentlicher Posten in der Kostenrechnung sein können. Sie betragen bei Entnahme von drei Tüchern gemittelt 0,0510 € pro Tuch und Reinigungsvorgang (siehe auch das Kapitel „Die Reduzierung der Zugriffszeiten“, Seite 5). Wird die Management-Umlage von ca. 10 % (Fertigungsleitung, Reinraum-Versorgung, Buchhaltung, Ärztlicher Dienst etc.) zu den Kosten hinzugerechnet, so steigen die Arbeitskosten für die Reinigungs-Prozedur auf 0,3655 €. Bei Addition des Materialpreises von 0,05 € für das Standard-Reinraum-Tuch aus Polyester-Zellstoff-Gemisch ergeben sich somit Gesamtkosten von 0,4155 € für jeden einfachen, wischenden Reinigungsvorgang. Die Arbeitskosten des wischenden Reinigungsvorgangs betragen bei einfachen Polyester-Zellstoff-Tüchern also mehr als das Siebenfache des Materialpreises der Tücher.

### Die Kostenverteilung

Die Kostenverteilung des Gesamtkomplex Wischendes Reinigen in einer Halbleiter-FAB mit einem Bedarf von z.B. 400.000 Reinraumtüchern pro Jahr lässt sich in einen einkäuferisch und einen fertigungs-technisch modifizierbaren Kostenblock untergliedern. Die dabei entstehende Verteilung ist Tab. 3 zu entnehmen. Bei einem Bedarf von 400.000 Tüchern pro Jahr entstehen in der FAB also Gesamt-Kosten des wischenden Reinigens von 166.200.- € Hieraus ergibt sich die folgende Verteilung der Kostenblöcke:

<b>Errechnung der mittleren Arbeitsplatzkosten (2014) für eine Halbleiter-Fertigung mit 500+ Mitarbeitern</b>	
Operator-Brutto-Löhne/Monat	€ 2.100,-
steuerfreie Schichtzulage	€ 400,-
Lohn-Nebenkosten	€ 500,-
Urlaubs-/Weihnachtsgeld-Umlage	€ 300,-
Wert für bezahlten Urlaub, Feiertage und Lohnfortzahlung (48 Tage)	€ 700,-
Lohnkosten pro Monat (37 Std. / Woche)	€ 4000,-

**Tab. 1** Errechnung der mittleren Arbeitsplatzkosten (2014) für eine Halbleiter-Fertigung mit 500+ Mitarbeitern

Während der fertigungstechnisch modifizierbare Kostenblock 146.200,- € beträgt, sind es beim einkäuferisch modifizierbaren Kostenblock lediglich 20.000,- €. Selbst eine 20%ige Reduzierung der Anbieter-Preise durch den Einkäufer brächte lediglich eine Einsparung von € 4000,- pro Jahr. Eine Senkung des technisch modifizierbaren Kostenblocks um 20 % ergäbe hingegen eine Einsparung von 29.240,- €, also mehr als das Siebenfache. Es wäre daher aus Anwendersicht sinnvoll, geeignete Hersteller von Reinraum-Tüchern dahingehend zu motivieren, Innovationsleistungen zu erbringen, um z. B. durch bessere, Fertigungs-angepasste und/oder reinigungseffizientere Tücher den technisch modifizierbaren Kostenblock zu reduzieren. Die Realität ist hingegen oftmals anders: Dass der Einkauf sich durch geschickte Einkaufstaktik vergleichsweise geringe Preisvorteile einhandelt und die Reduzierung des technisch modifizierbaren Kostenblocks unberücksichtigt bleibt, einfach weil niemand in der Unternehmensstruktur dafür zuständig ist.

<b>Errechnung der Kosten pro Wischvorgang</b>	
Lohnkosten-Umlage auf den einfachen Reinigungsvorgang (Dauer 40,6 sec.)	€ 0,2813
Holen, Bringen, Entsorgen	€ 0,0510
Management-Umlage auf die Arbeitskosten	€ 0,0332
Materialkosten des Reinraumtuchs	€ 0,0500
Gesamt-Kosten pro Reinigungsvorgang	€ 0,4155

**Tab. 2** Errechnung der Kosten pro Wischvorgang (gemittelt)

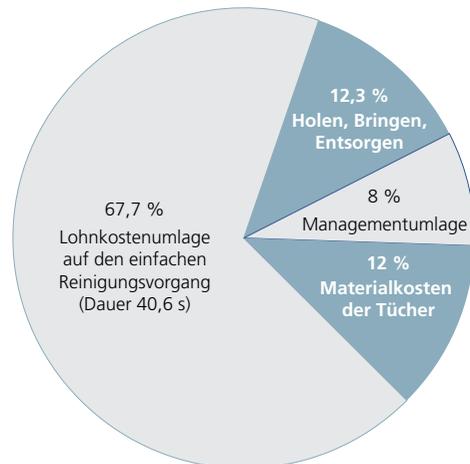
**Lohnkosten für Reinraum-Betriebspersonal**

Operator: > € 4000,-/Monat  $\hat{=}$  € 24,95/Std  $\hat{=}$  € 0,416/min (Jahr: 2014, Ort: Deutschland)

Die Einkaufsabteilungen sind oft im Rahmen ihrer betrieblich definierten Aufgabe gehalten, sog. „Einkaufserfolge“ im Sinne von Reduzierungen der Einkaufspreise nachzuweisen. Für darüber hinausgehende Aufgaben werden sie zumeist nicht motiviert und personell auch nicht ausgebildet. Hier sind die Reinraum-Betreiber gefordert umzudenken und Organisationsformen zu schaffen, welche die Möglichkeiten von Kostenreduzierungen zwischen technisch und kaufmännisch modifizierbaren Kostenblöcken transparent machen und auch in geeigneter Weise honorieren. Eine bisher selten thematisierte Realität ist in diesem Zusammenhang der Entzug von Innovationskapital nicht lediglich der Reinraum-Verbrauchs-Material-Hersteller durch extensive Einkaufs-Politik der Anwender (historisches Beispiel: Automobil-Industrie, Lopez-Effekt). Hier zeigt sich in einer ganzen Reihe von Industrien eine selbst-limitierende Systematik, die im Prinzip innovations-beschränkend ist und am Ende zum Verlust an Wettbewerbsfähigkeit für alle Beteiligten führen muss.

**Jede einfache wischende Reinigungs-Prozedur im Reinraum kostet im Durchschnitt > 0,42 €**

(Jahr: 2014, Ort: Deutschland)



**Abb. 3** Kostenverteilung des wischenden Reinigens

<b>Kostenverteilung des wischenden Reinigens in einer Halbleiter-FAB bei einem Bedarf von 400.000 Reinraum-Tüchern pro Jahr (in Euro)</b>		
<i>kaufmännisch modifizierbarer Kostenblock</i> (modifizierbar durch den Einkauf)	Materialkosten der Reinraumtücher	20.000.- €
<i>technisch modifizierbarer Kostenblock</i> (modifizierbar durch die Fertigungssteuerung)	Reinigungs-Zeitkosten	112.520.- €
	Hol-, Bring- und Entsorgungszeiten	20.400.- €
	Management-Umlage auf die Arbeitskosten	13.292.- €
Gesamtkosten des wischenden Reinigens		166.212.- €

**Tab. 3** Kostenverteilung des wischenden Reinigens in einer Halbleiter-FAB

**Senkung der technisch modifizierbaren Kosten**

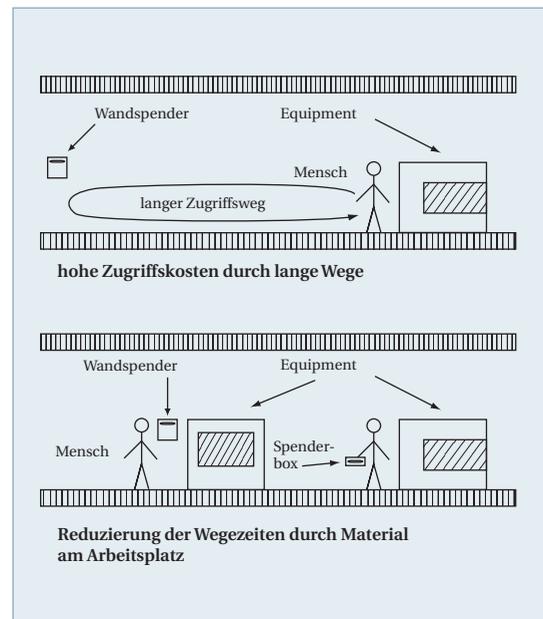
Die Einkaufspreise für Reinraum-Vliesstoff-Tücher lassen sich nur noch geringfügig modifizieren. Entsprechen doch die Preise von Standard-Reinraumtüchern umgerechnet heute nur noch 0,90 € pro m<sup>2</sup> Vliesstoff. Gute Möglichkeiten für Einsparungen ergeben sich hingegen durch die Reduzierung der Zugriffszeiten auf die Tücher in der Fertigung und anderen fertigungs-technischen Modifikationen, die nachstehend detailliert behandelt werden:

- A Reduzierung der Zugriffszeiten durch Erhöhung des Präsenzgrads der Tücher in der Fertigung.
- B Verhinderung von Mehrfach-Entnahmen durch die Bereitstellung der Tücher in Einzelblatt-Spendern.
- C Einsatz von Prozess-angepassten Spezialtüchern.
- D Einsatz von Tüchern mit geringem Flüssigkeits-Rückstand.
- E Einsatz von lösungsmittel-getränkten Tüchern.

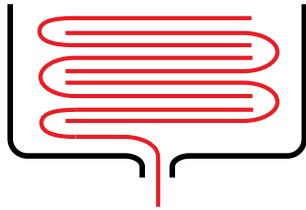
**A Reduzierung der Zugriffszeiten**

Befindet sich im Fertigungs-Umfeld das nächst erreichbare Reinraumtuch z. B. in 10 Meter Entfernung vom Einsatzort, so beträgt die Zugriffszeit (Hol- und Bringzeit) bei mittlerer, reinraumgerechter Fortbewegungsgeschwindigkeit gemittelt 22 Sekunden. Dies entspricht Zugriffs-Kosten für jeden Wischvorgang von € 0,15 für z. B. 3 Tücher = 0,05 € pro Tuch. Die-

ser Kostenblock lässt sich je nach Anwender-Industrie mehr oder weniger leicht senken, indem der Präsenzgrad der Tücher erhöht wird. Im Falle einer Halbleiter-Fertigung ist es jedoch gelegentlich schwierig, freien Platz an den Maschinen und Wänden zum Anbringen der Tücher-Spender zu finden. Zudem gibt es zusätzlichen Platzbedarf für die Fein- und Präzisions-Reinigungstücher aus Polyester-Gestriicken. Idealerweise wären die beiden Tücher-Arten am gleichen Entnahmeort installiert. Dies lässt sich jedoch wegen der unterschiedlichen Entnahmearten der Tücher aus den Spendern oftmals nicht realisieren.



**Abb. 4** Reduzierung der Zugriffszeiten für Reinigungstücher im Reinraum durch erhöhte Materialpräsenz (Wandspender und mobile Spenderboxen) direkt am Arbeitsplatz senkt die Kosten



**Abb. 5** Querschnitt durch einen Einzelblatt-Spender, der mit Interfold-Tüchern gefüllt ist.

### **B Die Verhinderung von Mehrfach-Entnahmen**

Bei glatt übereinander gelegten Tüchern (Flatpacks) werden bei der Einzeltuch-Entnahme oftmals mehrere Tücher gegriffen, obwohl nur eines benötigt wird. Dies zeigt sich insbesondere dann, wenn die Tücher mit Schutzhandschuhen gegriffen werden. Das Zurücklegen der überzähligen Tücher in die Verpackung ist umständlich und teuer als das Wegwerfen derselben. Deshalb werden sie erfahrungsgemäß beim Wischvorgang unnötig mit eingesetzt. Aus Kostengründen sollten Reinraum-Tücher daher in griffgünstigen Einzelblatt-Spendern (siehe Abb. 5 und 6) bereitgestellt werden. Übereinander gelegte, ungefaltete Standard-Tücher gehören heute sicher nicht mehr in eine moderne Reinraum-Fertigung. Gegen den Einsatz von Einzelblatt-Spendern für Interfalz-Tücher wird gelegentlich der Einwand erhoben, dass womöglich bei der Entnahme eines Reinraumtuchs aus dem Interfalz-Spender eine höhere Partikelfreisetzung entstehe als bei der Tuch-Entnahme von einer Stapel-Verpackung. Mehrfache Messungen im Clear & Clean-Forschungslabor haben jedoch ergeben, dass die freigesetzte Partikelmenge in etwa gleich ist. Beim Dauer-Einsatz von Einzelblatt-Spendern in mehreren deutschen Groß-Reinräumen hat sich über den Zeitraum von Jahrzehnten kein nachteiliger Effekt gezeigt.

### **C Der Einsatz von Spezialtüchern**

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich auf Reinraum-Standard-Tücher aus Polyester-Zellstoff-Vlies. Solche Tücher sind für kritische Reinigungs-Aufgaben wie z. B. der Reinigung von Plasma-Ätzmaschinen jedoch wegen ihrer relativ großen Partikelabgabe der Zellstoff-Anteile dieser Tücher ungeeignet. Für die Aufgaben der Equipment-Reinigung als auch



**Abb. 6** Einzelblatt-Spender WASPE™

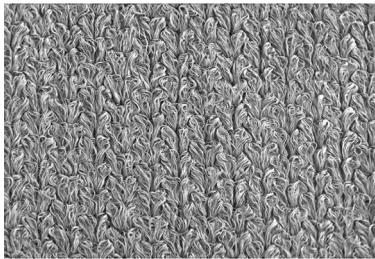
im optischen Bereich ersparen höherpreisige Tücher wie Polyester-Gestricke oftmals das meiste Geld. Es ist letzten Endes unerheblich, ob ein Tuch € 2,50 kostet wenn sich durch dessen Einsatz die Stillstandszeit einer Plasma-Ätzanlage erheblich reduzieren lässt.

Spezial-Tücher sind heute in der HiTech-Fertigung sinnvolle Hilfsmittel einer kostenbewussten Fertigungskultur. Die Kosten für deren Einsatz müssen stets im Verhältnis zu den mit ihrer Hilfe erzielbaren Einsparungen gesehen werden. Bereits beim Betrachten der Abb. 7, 8 und 9 lässt sich erkennen, wie unterschiedlich die Oberflächen der verschiedenen Tücher beschaffen sein können und wie unterschiedlich daher auch deren zu erwartende Reinigungs-Effizienz ist.

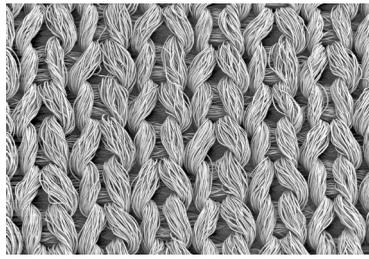
Spezialtücher werden angeboten für die Siebreinigung in der Hybrid-Schaltungs-Fertigung, die Vor-Reinigung von Plasma-Ätzmaschinen, für die Reinigung optischer Gläser und Laser-Spiegel sowie für die Reinigung der CCD-Sensoren von Kameras. Im Pharma-Bereich sind es Desinfektionsmittel-getränkte, Gamma-Strahlen oder Anti-Endotoxin behandelte Tücher und solche, die von DNA-Fragmenten frei sind.

### **D Der Flüssigkeits-Rückstand nach dem Wischvorgang - ein bedeutender Kostenfaktor**

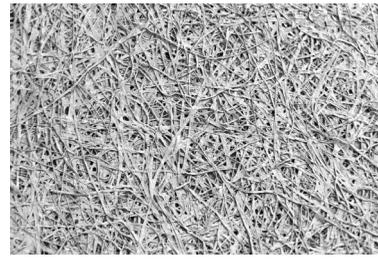
Nachstehend soll einer der wesentlichen Aspekte des wischenden Reinigens thematisiert werden: Der verbleibende Flüssigkeitsrückstand auf der Objekt-Oberfläche nach einem feuchten Reinigungsvorgang. Der verbleiben-



**Abb. 7** Oberfläche Tuch DC-MU Präzisions-Reinigungstuch



**Abb. 8** Oberfläche Tuch DC-SM Fein-Reinigungstuch



**Abb. 9** Oberfläche Tuch DC-D Standard-Reinigungstuch

de Rückstand hat erhebliche Auswirkungen sowohl auf die Reinigungszeit als auch auf die resultierende Oberflächenreinheit nach einem wischenden Reinigungsvorgang. Die verbleibenden Flüssigkeitsreste sind zwar in ihrem Gesamt-Volumen relativ gering, dennoch können sie große Mengen an Partikeln beherbergen, welche nach Verdampfen der Flüssigkeit auf der Oberfläche verbleiben oder z. T. auch in den luftgetragenen Zustand übergehen können. Die bekanntesten Verunreiniger sind:

- Partikel
- Faserfragmente
- organische Rückstände
- Elektrolyte
- Tenside

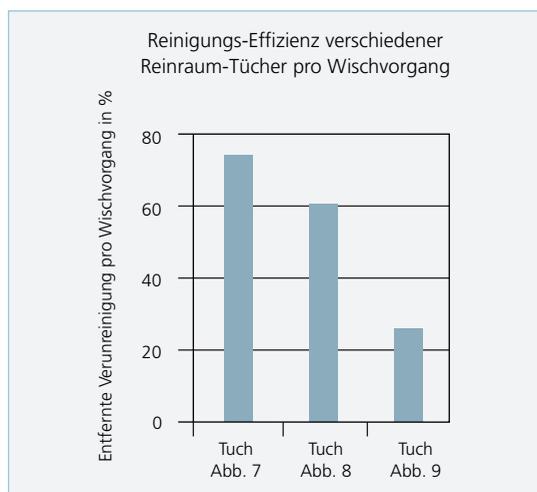
Außerdem enthält der Flüssigkeits-Rückstand auf der Objekt-Oberfläche stets auch gelöste Teile der Verunreinigung, welche entfernt werden sollen. Mit dem Volumen des

Flüssigkeits-Rückstands korreliert auch die potentielle Verunreinigung der Oberfläche mit den genannten Verunreinigern. Abhängig von der gewählten Tuch-Konstruktion ist der Flüssigkeits-Rückstand nach der Reinigung unterschiedlich hoch. Spitzen-Reinraum-Tücher sind so konstruiert, dass auf der gereinigten Oberfläche nur mehr ein geringes Maß an Flüssigkeit zurückbleibt. Solche Tücher haben als Polyester-Gestrick hohe Maschenzahlen und sind entsprechend teuer. Handelt es sich um Polyester-Zellstoff-Tücher so besteht zwar stets die Gefahr der Partikelfreisetzung aus den Zellstoff-Anteilen desselben, aber der Flüssigkeits-Rückstand ist dafür relativ gering. Grobmaschige Gestrick-Tücher hinterlassen generell größere Rückstandsmengen an Flüssigkeit auf der Oberfläche als feinmaschige.

Der Grund dafür liegt in der minderen Kapillarität der textilen Werkstoffe und deren chemischer Ausrüstung. Bei den grundsätzlichen Untersuchungen der Hydromechanik der Feucht-Applikation solcher Tücher hat sich gezeigt, dass bei der Flüssigkeits-Aufnahme durch Reinigungs-Tücher drei dynamische Prozesse wirksam sind:

- die flächige Flüssigkeitsabsorption beim Kontakt der Tuch-Oberfläche mit dem Flüssigkeitsfilm auf der Objekt-Oberfläche.
- die nachfolgende Längsverteilung der aufgenommenen Flüssigkeit im Tuch.
- die Lagenverteilung der Flüssigkeit bei mehrlagig gefalteten Tüchern

Der Flüssigkeitsrückstand nach wischenden Reinigungsvorgängen kann die Kosten pro Reinigungsvorgang erheblich beeinflussen. Die Gründe dafür sind folgende:



**Abb. 10** Diagramm der Reinigungs-Effizienz verschiedener Reinraum-Tücher

- Mit Reinigungsvorgängen befasste Mitarbeiter haben allgemein gesehen den unbewussten Wunsch, Wischvorgänge so lange auszudehnen bis die Oberfläche „trockengewischt“ ist.
- Je nach Menge des aus dem Reinraumbuch auf die Oberfläche übertragenen Lösungsmittels kann es beim Wischvorgang zu einer Verteilung der vorhandenen Oberflächen-Verunreinigung anstelle zu einer Verminderung derselben kommen. Es ist für den Anwender von Tüchern also sinnvoll im Bereich Reinigungstücher mit einem Hersteller zusammenzuarbeiten, der in der Lage ist, sowohl die Reinigungs-Effizienz als auch den Flüssigkeits-Rückstand seiner Tücher messtechnisch zu erfassen und auch numerisch auszuweisen. Dies wird schwierig, wenn der Anwender sich auf Billigtücher aus Fernost festgelegt hat oder seinen Tücherbedarf bei Import-Händlern deckt.

Bei den Standard-Tüchern des Polyester-Zellstoff-Typs müssen noch zu oft die durch den Wischvorgang freigesetzten Partikel und Faserfragmente durch Nachreinigen von der Oberfläche entfernt werden. Dadurch nehmen die Reinigungsvorgänge viel Zeit in Anspruch. Ein Teil der eingesetzten Reinraumbuch wird vor ihrem Einsatz mit Hilfe einer Spritzflasche mit Lösungsmittel getränkt. So kommt es oft in der Mitte des zumeist 2-fach gefalteten Tuches zu einer Übertränkung der Mittenzone. Beim nachfolgenden Wischvorgang besteht dann die Gefahr, dass die Reinigungseffizienz so weit herabgesetzt ist, dass die Oberfläche nach dem Wischvorgang nicht viel reiner ist als zuvor. Dies spricht wiederum für den Einsatz homogener vorgefeuchteter Tücher (Abb. 10).

### E Der Einsatz von Feuchttüchern

Ein nicht geringer Teil der Reinigungsarbeiten im Reinraum wird heute mit Hilfe lösungsmittel-getränkter Tücher durchgeführt. Das erspart das ortsnahe Befeuchten der Tücher z. B. mit einem Isopropyl-Alkohol-DI-Wasser-Gemisch. Ausserdem lassen sich die relativ kleinen Verpackungen solcher Tücher im Reinraum leicht ablegen. Andererseits: Die Preise für solche Tücher sind deutlich höher als für trocken gelagerte Spendertücher.

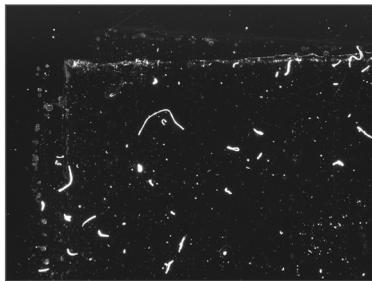
Zudem hinterlassen sie oftmals Spuren nicht flüchtiger Rückstände auf den gereinigten Objekt-Oberflächen (siehe Abb. 13 bis 15). Diese stehen eventuell im Zusammenhang mit der Langzeit-Exposition der Polymere in alkoholischen Lösungsmitteln. Handelt es sich um Vliesstoff-Tücher, dann löst der Alkohol im Laufe der Lagerungs-Zeit Teile der Polymer-Matrix an und es kommt beim Reinigungsvorgang zum Oberflächen-Schmier. Bei den Gestricke-Tüchern hingegen sind es die Spinn- und Stricköl-Rückstände aus der Filamentgarn-Herstellung, die durch den Alkohol gelöst werden und beim Wischvorgang auf die Objekt-Oberfläche gelangen können (siehe Abb. 13 - 15). So gesehen sind vorgefeuchtete Tücher für die Grob-Reinigung recht gut, aber für die Fein- und Präzisionsreinigung nur dann geeignet, wenn die Oberflächen anschließend einer Nachreinigung unterzogen werden.

### Entsorgung und ökologische Gesichtspunkte

Zunehmend stellt sich die Frage nach umweltgerechter Entsorgung von benutzten Einweg-Tüchern. Viele Länder haben bereits Gesetze dazu erlassen oder sind im Begriff es zu tun. So ist es nur eine Frage der Zeit, bis es auch bei uns soweit ist. Bei der Auswahl von Reinraum-Tüchern soll man heute bereits in Betracht ziehen, dass für die Materialien Polyester und Polyamid in Zukunft einmal Entsorgungsgebühren auf die Anwender zukommen, welche die Kostenrechnung dann mit einem neuen Posten belasten. Polypropylen und Viskose bzw. Zellstoff hingegen lassen sich wesentlich besser verbrennen bzw. verrotten. Die Kosten von Reinraum-Tüchern variieren auch nach den eingesetzten Rohmaterialien und dieser Trend wird sich in Zukunft



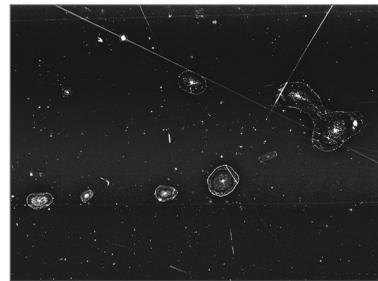
**Abb. 12** mobile Spenderbox MEISTERBOX™ (Clear & Clean)



**Abb. 13** Reinraumtuch Hersteller 1, getränkt, nach Auftrocknen auf der Indikator-Platte, (Zellstoff-Polyester-Vlies), Zeiss AxioZoom V16, 24fach (C & C-Forsch.-Labor)



**Abb. 14** Reinraumtuch Hersteller 2, nach Wischen, Zeiss AxioZoom V16, 24fach (C & C-Forsch.-Labor)



**Abb. 15** Reinraumtuch Hersteller 3, nach Wischen, Zeiss AxioZoom V16, 24fach (C & C-Forsch.-Labor)

noch verstärken. Es existieren heute bereits verrottbare Tücher mit dennoch interessanten Partikel-Freisetzungswerten.

#### Fazit

- Die Handhabungs- und Bereitstellungskosten von Reinraum-Tüchern betragen ein Vielfaches der Tücher-Preise.
- Innovative Entnahme-Systeme wie Einzelblatt-Spender lassen größere Einsparungen erwarten als etwa Reduzierungen der Tücher-Preise.
- Der Einsatz von Spezialtüchern ist in vielen Fällen kostensenkend.
- Der Flüssigkeits-Rückstand nach wischender Feucht-Reinigung beeinflusst in hohem Maße die Kosten der wischenden Reinigungsprozedur.

#### Literatur

- [1] Labuda, W., Hermans, L., Kiggen H.J. „Reinraum-Verbrauchsmaterial - Kontaminationsquelle im reinen Fertigungs-Prozess?“, ReinraumTechnik 9-2015
- [2] Siegeman, Howard „Wiping Surfaces Clean“ Vicon Publishing, Inc., Amherst, NH USA - 2004 ISBN: 0-9748753-5-X
- [3] Duvernell, F. „Ein kostspieliges Ereignis? Qualifizierte Reinraumreinigung“, ReinraumTechnik 2/2011
- [4] Kreck, G. „Reinheits-Validierung von technischen Oberflächen“, SRRT-Tagung 19.04.2012, Winterthur
- [5] Lamprecht, M. „Wann ist ein Reinraumhandschuh ein ‚Reinraumhandschuh‘?“, reinraum online 04/2012, S. 10/22
- [6] Textor, T., Bahners, T., Schollmeyer, E. „Evaluating wiping materials used in cleanrooms and other controlled environments.“ 41th Intl. Detergency Conference - Düsseldorf, 2003 - Proceedings