

Dieser Aufsatz beschreibt eine Prüfmethode und ein Gerät mit deren Hilfe sich eine standardisierte Reinigungsprozedur durchführen lässt. Damit lassen sich Präzisions- und Feinreinigungstücher unterschiedlicher Hersteller und Konstruktionen sowohl auf ihre spezifische Reinigungszeit als auch auf ihre maximale Reinigungs-Leistung hin prüfen. Die Prüfergebnisse erlauben dem Fertigungsingenieur eine Optimierung der im Fertigungsbetrieb eingesetzten Reinigungstücher nach Gesichtspunkten sowohl der Reinigungszeit als auch der Reinigungsleistung.

## Zeitbedarf und Oberflächenreinheit bei wischenden Reinigungsprozeduren

die spezifische Reinigungszeit und -leistung von Fein- und Präzisions-Reinigungstüchern

Win Labuda  
Clear & Clean - Forschungslabor

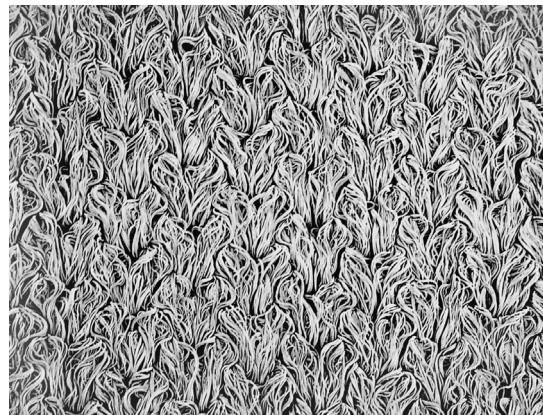
### Einführung

Ein nicht unwesentlicher Teil der industriellen Teile-, Geräte- und Oberflächenreinigung erfolgt durch wischende Reinigungsprozeduren. Dabei werden Reinigungstücher unterschiedlicher Hersteller, Konstruktionen und Qualitäten eingesetzt. In den HiTech-Branchen Optik, Mikrosystemtechnik, Halbleitertechnik, Pharmazie, Biotechnik, Implantatfertigung, Displaytechnik so wie Lackier- und Klebetechnik kommen zunehmend die Techniken des Reinen Arbeitens zum Einsatz. Das heißt, die gefertigten Produkte müssen im Fertigungs-Zustand ein hohes Maß an Oberflächenreinheit aufweisen, um im Endzustand einwandfrei zu funktionieren. Solche Produkte werden zumeist in Reinräumen, reinen Kammern oder reinen Arbeitsbereichen gefertigt. Die Reinigungstücher, welche bei den Techniken des Reinen Arbeitens eingesetzt werden, sollten so beschaffen sein, dass sich mit ihnen in möglichst kurzer Zeit ein möglichst hohes Maß an Oberflächenreinheit herbeiführen lässt.

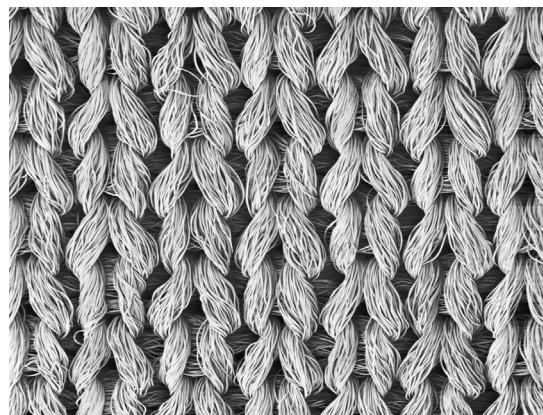
Während einer wischenden Reinigungsprozedur kommt es beim Entfernen der Verunreinigung auch zur Übertragung geringer Mengen von Inhaltsstoffen des Reinigungstuchs auf die gereinigte Oberfläche. Solche Inhaltsstoffe sind Partikel, Faserfragmente, Tensid- und Strickölrückstände als auch die Chemikalien - Rückstände der Textil - Ausrüstung. Je nach Reinheitserfordernis beeinträchtigen aber bereits geringste Mengen an Verunreinigung aus dem Reinigungstuch die erwünschte Oberflächenreinheit des Fertigungsteils in unzulässiger Weise. Wir müssen also davon ausgehen, dass auch nach einer Reinigungsprozedur keine Oberfläche absolut rein ist. Es besteht daher ein Bedarf, die Rest-Verunreinigung von Oberflächen nach der Reinigungsprozedur quantitativ zu definieren. Im Unterschied zu den Standard-Industrie- und Haushalts-Reinigungstüchern, bei denen die Rückübertragung von Inhaltsstoffen auf die gereinigte Oberfläche nicht kritisch und deren Reinigungs-Effizienz nicht spezifiziert ist, wollen wir die Tücher der Prozesse des Reinen Arbeitens Fein- bzw. Präzisions-Reinigungstücher nennen.

### Ökonomie des wischenden Reinigens

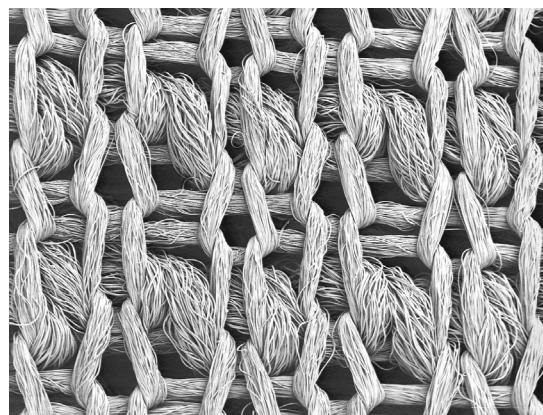
Ein wesentlicher Parameter jeder Reinigungsprozedur ist der durchschnittliche Zeitbedarf, welcher insbesondere für industrielle Großanwender von Reinigungstüchern eine hohe ökonomische Bedeutung hat. Ein Großunternehmen der Halbleiterindustrie beispielsweise verbraucht jährlich etwa 10 Millionen Reinigungstücher. Einschließlich Bereitstellungs-, Entnahme-, Befeuchtungs- und Entsorgungszeiten kann die geschätzte Gebrauchsdauer eines Reinigungstuchs mit etwa 60 Sekunden veranschlagt werden. Das ergibt eine Gesamtarbeitszeit mit Reinigungstüchern von 167 000 Arbeitsstunden pro Jahr. Bei Arbeitsplatzkosten von 16,60 Euro pro Arbeitsstunde geht es hier also um jährliche Reinigungskosten von etwa 2,8 Mio. Euro. Die Materialkosten für die eingesetzten Reinigungstücher hingegen liegen durchschnittlich bei nur etwa 0,12 Euro/Stck. Das ergibt noch einmal 1,2 Mio. Euro an Materialkosten. So ergeben sich für solch einen Betrieb Gesamtkosten des wischenden Reinigens von 4 Mio. Euro. Angesichts dieser Zahlen ist es für die Anwender sinnvoll, die Mechanismen des wischenden Reinigens verstehen zu lernen und die Entwicklung hocheffizienter Reinigungstücher zu fördern, um die



**Abb. 1** Präzisions-Reinigungstuch Microweb UD-G



**Abb. 2** Fein-Reinigungstuch Sonit MD-M



**Abb. 3** Spezial-Reinigungstuch Sibis GD-U

erforderlichen Reinigungszeiten zu reduzieren. Dies kann durch eine optimierte Anpassung der Gebrauchsgüte der Reinigungstücher an die Reinigungsaufgabe geschehen. Die Bilder 1, 2 und 3 zeigen die unterschiedliche Oberflächenstruktur verschiedener Reinigungstücher in elektronen-mikroskopischer Sicht. Bereits aus der Unterschiedlichkeit dieser Strukturen lässt sich auf die unterschiedliche Reinigungsleistung der Tücher schließen. Leider ist sich nur ein kleiner Teil der großen Anwenderbetriebe dieser Problematik bewußt. Der Grund liegt in der mangelnden Bereitschaft derselben, die Prozeduren des wischenden Reinigens systematisch, nach Refa-Kriterien zu untersuchen und aufgrund des so gewonnenen Wissens die Reinigungszeiten systematisch zu verkürzen.

### **Bestimmung der Verunreinigungsmasse durch Laserfluoreszenz**

Angesichts der geschilderten Situation schien es sinnvoll, ein Instrumentarium zu entwickeln, womit sich die Reinigungsleistung unterschiedlicher Tücher ohne größeren Aufwand messen ließ. Dazu bedurfte es einer Methode, mit deren Hilfe sich die Masse einer Verunreinigung auf Oberflächen in kurzen Meßintervallen quasi-kontinuierlich messen lässt. Diese Möglichkeit bietet die Laser-Fluoreszenz- Messung. Die Laser-Fluoreszenz ist ein physikalisches Phänomen, mit dessen Hilfe sich die Masse von Kohlenwasserstoffen beispielsweise in Form von Öl oder Schmier-Schichten bis hin zur Masse weniger Moleküllagen bestimmen lässt. Bei dem Verfahren wird die auf der Oberfläche befindliche Verunreinigung durch einen UV-Microchip-Laser im Spektral- Bereich bei Wellenlängen von 266 oder 355 nm zur Fluoreszenz angeregt. Die Fluoreszenz erfolgt dann in einem Spektralbereich von 405 nm. Die Intensität der Fluoreszenz wird mit Hilfe eines Sekundärelektronen - Vervielfachers gemessen und korreliert mit der Masse des aliphatischen Kohlenwasserstoff - Anteils einer geeigneten öl- oder schmierartigen Stoffmasse. Aliphatische Kohlenwasserstoffe sind - komplementär zu den aromatischen - nicht-polare Kohlenwasserstoffe von lipophilem Charakter. Ist also der fluoreszierende Anteil eines Stoffgemisches einmal bekannt, so lässt sich prinzipiell auf die Gesamtmasse des Gemisches schließen. Eine Gruppe von Wissenschaftlern, ehemals der Universität Kiel, hat das Verfah-



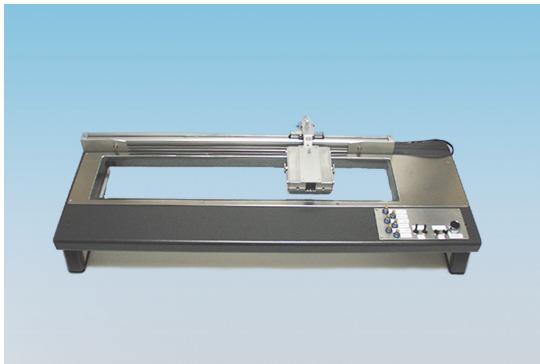
**Abb. 4** Kontavisor™-Laser-Fluoreszenz-Meßgerät (Systekum GmbH)

ren in ein praxistaugliches Gerät umgesetzt, welches unter der industriellen Bezeichnung Kontavisor™ (siehe Abb. 4) von der Systekum GmbH in Flensburg vertrieben wird. Dieses Gerät erscheint besonders geeignet für die Zwecke der Massebestimmung Kohlenwasserstoff - haltiger Verunreinigungen - Schichten auf Oberflächen. Die Messzeit des Kontavisor-Gerätes beträgt durchschnittlich 1 Sekunde pro Messung. Durch diesen im Vergleich zu den bisher eingesetzten Messmethoden wie Ellipsometrie oder Mikro-Gravimetrie geringen Zeitaufwand ist es nun prinzipiell möglich geworden, verschiedene Aspekte des wischenden Reinigungsvorgangs unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wischmittel-Konstruktionen, unterschiedlich strukturierter Oberflächen und Lösungsmittel-Tränkungen der Tücher ohne den bisher nötigen Zeitaufwand zu untersuchen. Dies wird möglich, durch die Kombination des Verfahrens mit dem vom Autor entwickelten Labuda Timeport - Reinigungszeit- Prüfgerät, das hier erstmalig vorgestellt wird.

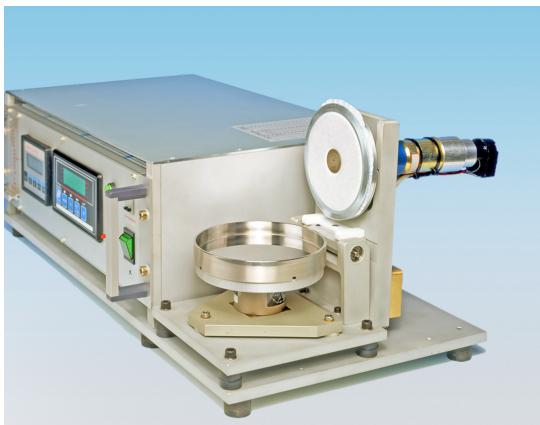
### **Eine geeignete Standard-Verunreinigung**

Das oben beschriebene Verfahren lässt sich zur Bestimmung der Effizienz von Reinigungsprozeduren und somit auch zur Bestimmung der Reinigungsleistung (Qualität) von Präzisions- und Fein-Reinigungstüchern einsetzen. Die Reinigungsleistung ergibt sich aus der Differenz zwischen der auf eine Prüf-Oberfläche aufgebrachten und der nach einer spezifizierten Reinigungsprozedur dort verbleibenden Verunreinigungsmasse. Kritiker der Methode werden zunächst einwenden, dass die be-

schriebene Standard-Verunreinigung nur eine von vielen möglichen Verunreinigungen sein kann. Es wäre jedoch ein Fehler, anzunehmen, dass eine Verunreinigung technischer Oberflächen z.B. ausschließlich aus Partikeln bestünde. Dies würde voraussetzen, dass es eine Oberfläche idealer Reinheit gäbe, welche ausschließlich durch einen Partikelbelag verunreinigt wäre. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass die Mehrzahl von Verunreinigungen im Fertigungsumfeld der HiTech-Industrien im Wesentlichen aus einem Gemisch dünner, zumeist organischer Schichten und Partikeln besteht. Als wirksame, Verunreinigungs-Masse muss daher ein dünnsschichtiger, niederviskoser Schmier aus Prozess-Rückständen, atmosphärischen Ablagerungen, Lösungsmittel-Rückständen zuvor erfolgter Reinigungs-Prozeduren und darauf abgelagerter Partikel



**Abb. 5** Prüfgerät Labuda-Linear-Wischsimulator Mark II



**Abb. 6** Prüfgerät Labuda-Rotations-Wischsimulator Mark II

angenommen werden. Als messtechnisch brauchbares und praxisnahes Substitut für solche dünnsschichtigen Ablagerungen lässt sich somit ein mittelviskoses mineralisches Öl, das z.B. mit einem Reinigungsbrenzin verdünnt ist einsetzen. Bei der Anmischung dieser Zubereitung war darauf zu achten, dass das Gemisch homogen ist und bei einer Anregung im Wellenlängenbereich von 266 oder 355 nm ausreichend fluoresziert.

Zur Bestimmung der Reinigungsleistung von Präzisions- und Fein-Reinigungstüchern auf verschiedenen Oberflächen muss zunächst die Möglichkeit gefunden werden, eine stets gleich bleibende Masse z.B. eines Fluoreszenz-Öls, in der o.a. Zubereitung von uns als „Fluorol“ benannt, flächig auf die Prüf-Oberfläche aufzubringen. Es muss dabei vor Allem sicher gestellt sein, dass die Auftragsmenge des Öls innerhalb der eingestellten Messgrenzen des Kontavisor - Gerätes liegt und innerhalb statistischer Grenzen stets gleich bleibt. Mit Hilfe des bekannten Labuda Rotations-Wischsimulators Mark II oder auch des Labuda Linear-Wischsimulators Mark II lässt sich eine, auf die Prüfoberfläche aufgebrachte Fluorol-Schicht unter kontrollierten Bedingungen durch Wischen entfernen und so die Reinigungsleistung des Prüflings in % Abtrag von der aufgetragenen Verunreinigungs-Masse bestimmen. Die o.a. Wischsimulatoren erlauben es, jedes beliebige Wischmittel zu prüfen und zudem die Einstellungen der Parameter Wischweg, Wischgeschwindigkeit und Andruckkraft zu variieren. Auch lassen sich Teile der Metallplatten, auf denen die Wischvorgänge stattfinden, austauschen. So lassen sich beispielsweise Prüf-Oberflächen unterschiedlicher Materialbeschaffenheit einsetzen. Aus den derart ermittelten Daten der Reinigungsleistung lassen sich die folgenden Erkenntnisse gewinnen:

- Die Dauer der Reinigungsprozedur bei Einsatz eines bestimmten Tuchs bis zu einem vorbestimmten Reinigungsgrad in % der ursprünglichen Verunreinigungsmasse.
- Die Reinigungsleistung in % (Effizienz) eines bestimmten Reinigungs-Tuchs bei vorgegebener Reinigungszeit oder die maximale Reinigungsleistung eines bestimmten Tuchs.

- Die Reinigungsleistung von Tüchern bei Tränkung durch verschiedene Lösungsmittel.

Die gewonnene Information ist abhängig von den nachstehend aufgeführten Variablen, welche deutlich das Messergebnis mitbestimmen und daher innerhalb einer Messreihe nicht verändert werden dürfen.

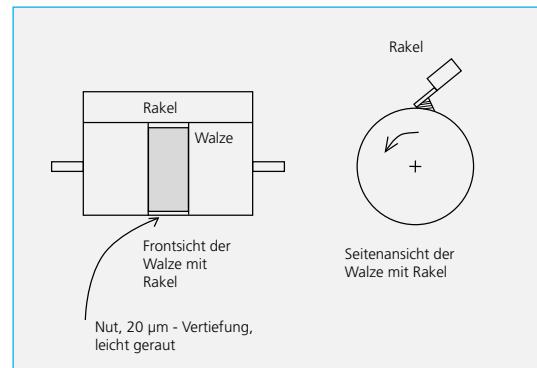
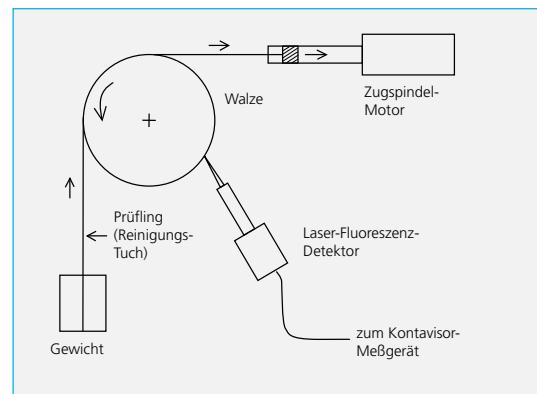
- Rauheit Rz der Prüfoberfläche nach DIN
- Materialfeuchte bzw. Tränkungsgrad des Wischmittels mit Lösungsmitteln (in %)
- Art des Lösungsmittels, der Tränkung, (z.B. Aceton, Benzin, DI-Wasser etc.)
- Viskosität des Fluoreszenz-Öls
- Lagenzahl des Wischmittels bei der Reinigungsprozedur
- Anzahl der Wischbewegungen des Wischmittels (Reinigungsweg)
- Geschwindigkeit der durchgeführten Wischbewegungen
- Vertikaldruck auf das Wischmittel während der Prüfung
- Anzahl der Wischbewegungen des Wischmittels

Diese Liste der Variablen ist möglicherweise noch nicht vollständig und muss im Laufe der Zeit erweitert werden. Der wesentliche Vorteil der Laser-Fluoreszenz-Messung beim Einsatz der Labuda-Rotations- und Linear-Wischsimulatoren für die Bestimmung der Oberflächenreinheit ist die relativ geringe Messzeit des Verfahrens. Erst dadurch ist es möglich geworden, die Wertigkeit der unterschiedlichen Einflüsse auf die endliche Oberflächenreinheit zu bestimmen und grundlegend neue Erkenntnisse für die Techniken des wischenden Reinigen zu gewinnen.

### Labuda Timeport™

#### Die Messung der spezifischen Reinigungszeit

Die zuvor angeführten Prüfmethoden mit den Labuda-Wischsimulatoren sind einem diskontinuierlichen Wirkprinzip verpflichtet, welches die kontinuierliche Darstellung der Abnahme von Verunreinigungs- Masse auf einer Oberfläche während der Reinigungs-Prozedur nicht zulässt. Es stellte sich daher die Aufgabe, eine Prüfmethode und das geeignete Instrumentarium zu entwickeln, welche auf der Basis einer Standard-Verunreinigung und definierter mechanischer Belastungen für jedes Fein- und Präzisions-Reinigungstuch die spezifische Reinigungszeit zu ermitteln erlaubt. Das Wirkschema Abb. 7 macht das Konstruktionsprinzip der Entwicklung deutlich, welches nachstehend erläutert wird: Auf eine rotierende Stahlwalze mit einer ca. 10 mm breiten und 8 µm tiefen Nut wird das Fluorol aufgegeben. Mit Hilfe einer geeigneten Metall-Rakel wird daselbe dann in die Nut gepresst. Der Boden der

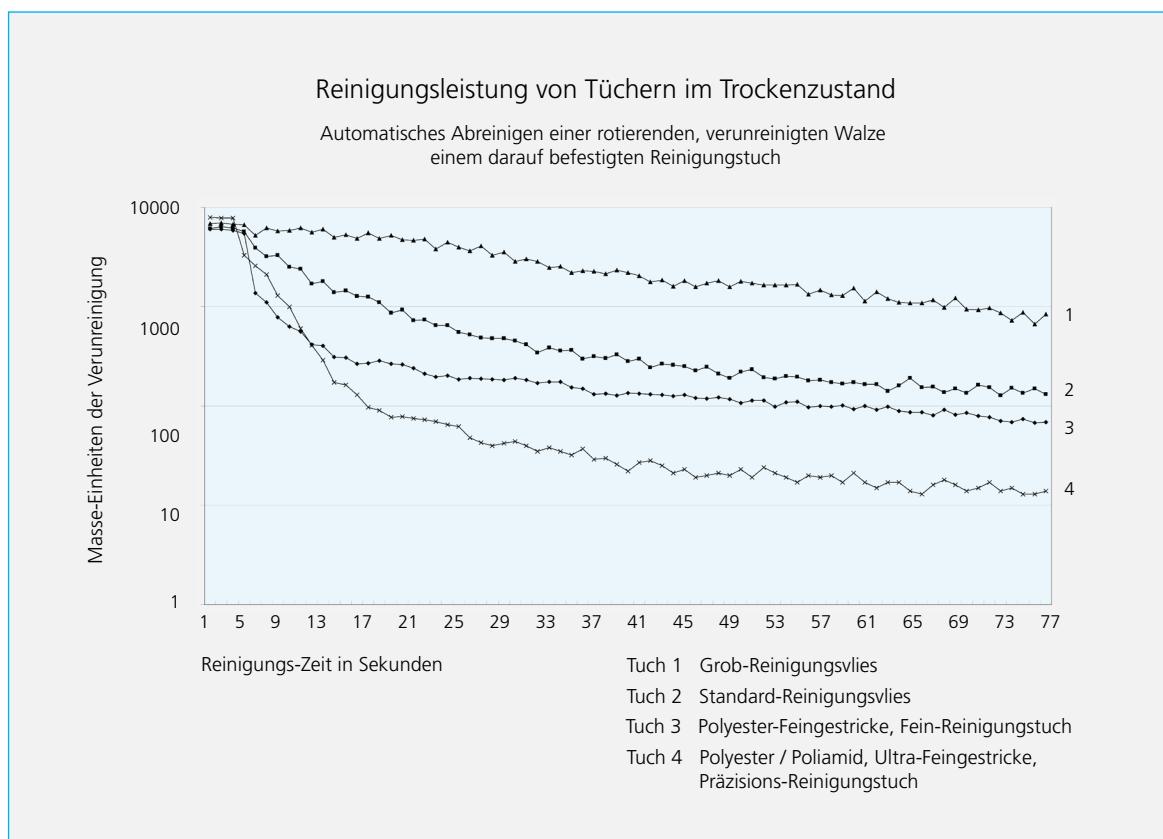


**Abb. 7** Wirkschema des Reinigungszeit-Prüfgerätes Labuda Timeport™

Nut kann poliert oder alternativ mit einer definierten Rauheit versehen sein. Sodann wird um die Stahlwalze herum ein Reinigungstuch (Prüfling) gelegt, welches konstruktiv bedingt, einen Umschlingungswinkel von 90° hat. Das Tuch ist oberhalb der Walze an der Spindel eines Zugspindel-Motors befestigt. Die andere Seite des Tuchs ist mit einem Gewicht von 1000 g beschwert. Wenn die mit der Ölschicht versehene Walze zu rotieren beginnt, zieht der Zugspindel-Motor das Tuch in die der Walzendrehung entgegengesetzte Richtung. Auf diese Weise ist die kontinuierliche Zuführung nicht verunreinigten Tuch-Materials gewährleistet. Dieser Vorgang entspricht simulationstechnisch gesehen, dem Wenden des Tuches beim Reinigen, nämlich dann, wenn gebrauchte Teilflächen bereits verunreinigt sind und nur noch geringe Reinigungswirkung haben. Während die Verunreinigung der Walze kontinuierlich vom Tuch aufgenommen wird, vermindert sich die Dicke derselben. Die verbleibende Schicht-

dicke der Verunreinigung wird kontinuierlich, mittels eines Laser-Fluoreszenz-Detektors gemessen und durch das Kontavisor-Gerät zur Anzeige gebracht.

Bei Beginn der Messung zeigt das Diagramm (Abb. 8) ein hohes Maß an Verunreinigung mit Fluorol, welches dann mit zunehmender Reinigungsduer abnimmt. Nach wie viel Sekunden die als Bezugsgröße festgelegte Verminderung der Verunreinigung um 5000 Masse-Einheiten erreicht ist, wird als „spezifische Reinigungszeit“ zum wesentlichen Kennwert eines Reinigungstuchs. Dieser Kennwert bezieht sich jedoch lediglich auf die Prozeduren der Präzisionsreinigung. (Abreinigung dünner Verunreinigungs-Schichten von Oberflächen geringgradiger Rauigkeit, 0.... 8 µm Rz). Es muss auch beachtet werden, dass sich dieses Diagramm auf Reinigungs-Prozeduren mit trockenen Tüchern bezieht. Bei getränkten Reinigungstüchern sind die Abreinigungszei-



**Abb. 8** Diagramm

ten Andere als wir erwarten konnten. Weitere Prüfungen werden tiefere Einblicke in die Unterschiede in den Abreinigungszeiten zwischen Lösungsmittel getränkten und trockenen Tüchern möglich machen. Näheres dazu kann dem Ergebnisteil dieser Studie ab Seite 9 entnommen werden.

### Veranschaulichung der Funktion des Labuda-Timeport- Prüfgeräts

Die Ausgangs-Position des Gerätes ergibt sich aus Bild 9. Zwischen den Klemmbakken des Spannhebels S und dem Beschwerungsgewicht G befindet sich der Prüfling (Reinigungstuch) P. Nachdem das Fluorol durch die Rakel R auf der Walze W gleichmäßig verteilt wurde, wird der Spannhebel S in die 90°-Position gelegt. Dadurch legt sich der Prüfling im Flächenbereich der einem Quadranten (90°) entspricht, um die Walze, und die Abreinigung des Fluorol beginnt (Abb. 10). Der Spindelmotor zieht

nun während der Rotation der Walze W den Prüfling entgegen der Walzendrehrichtung bis zum Endanschlag. Der Laser-Detektor D misst kontinuierlich die auf der Walze verbleibende Verunreinigungsmasse und das Kontavisor-Gerät bringt sie zur Anzeige. Das hier aus nostalgischen Motiven abgebildete Test-Diagramm der ersten Versuche (Abb. 8) kam noch durch festes Andrücken diverser Präzisions-Reinigungstücher an eine mit Fluoreszenz-Öl beschichtete rotierende Scheibe zustande. Bereits aus diesem Diagramm wird jedoch die unterschiedliche Reinigungsleistung und auch die Reinigungszeit sichtbar, welche von Tuch zu Tuch deutlich variiert. Von dem inzwischen in Betrieb genommenen modernen Labuda Timeport™ - Prüfgerät hingegen, darf nun eine Vielzahl von Erkenntnissen zu den Prozeduren des wischenden Reinigens und eine höhere Meß-Genauigkeit erwartet werden.



**Abb. 9** Das Labuda-Walksimulator Mk III - Prüfgerät (Entwicklungs-Stand 2008)

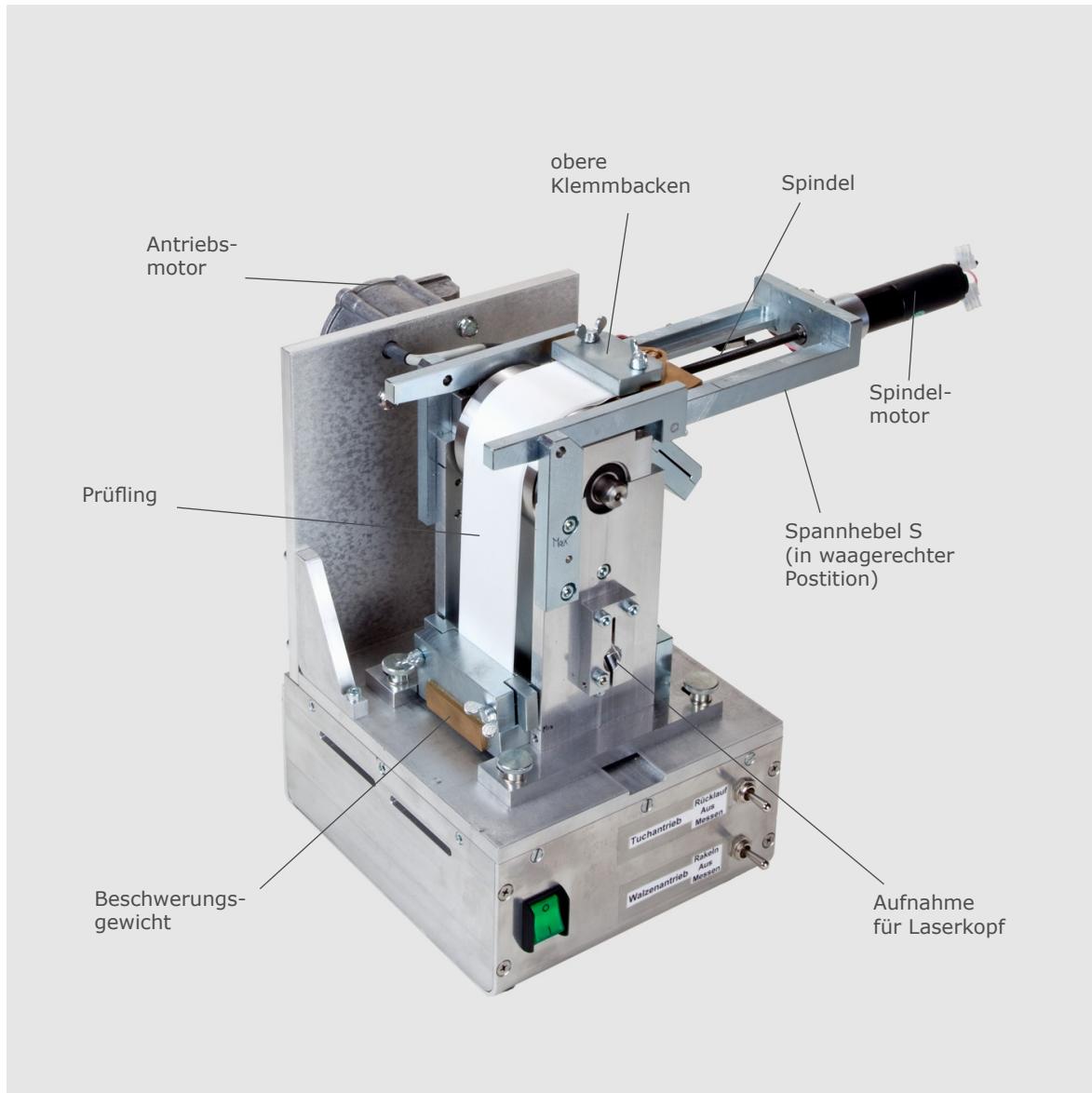
#### 9a) Ausgangs-Stellung

Der Prüfling wird in der oberen Klemmbaum fixiert und mit dem Gewicht G beschwert. Die Walze wird beschichtet und rotieren lassen.

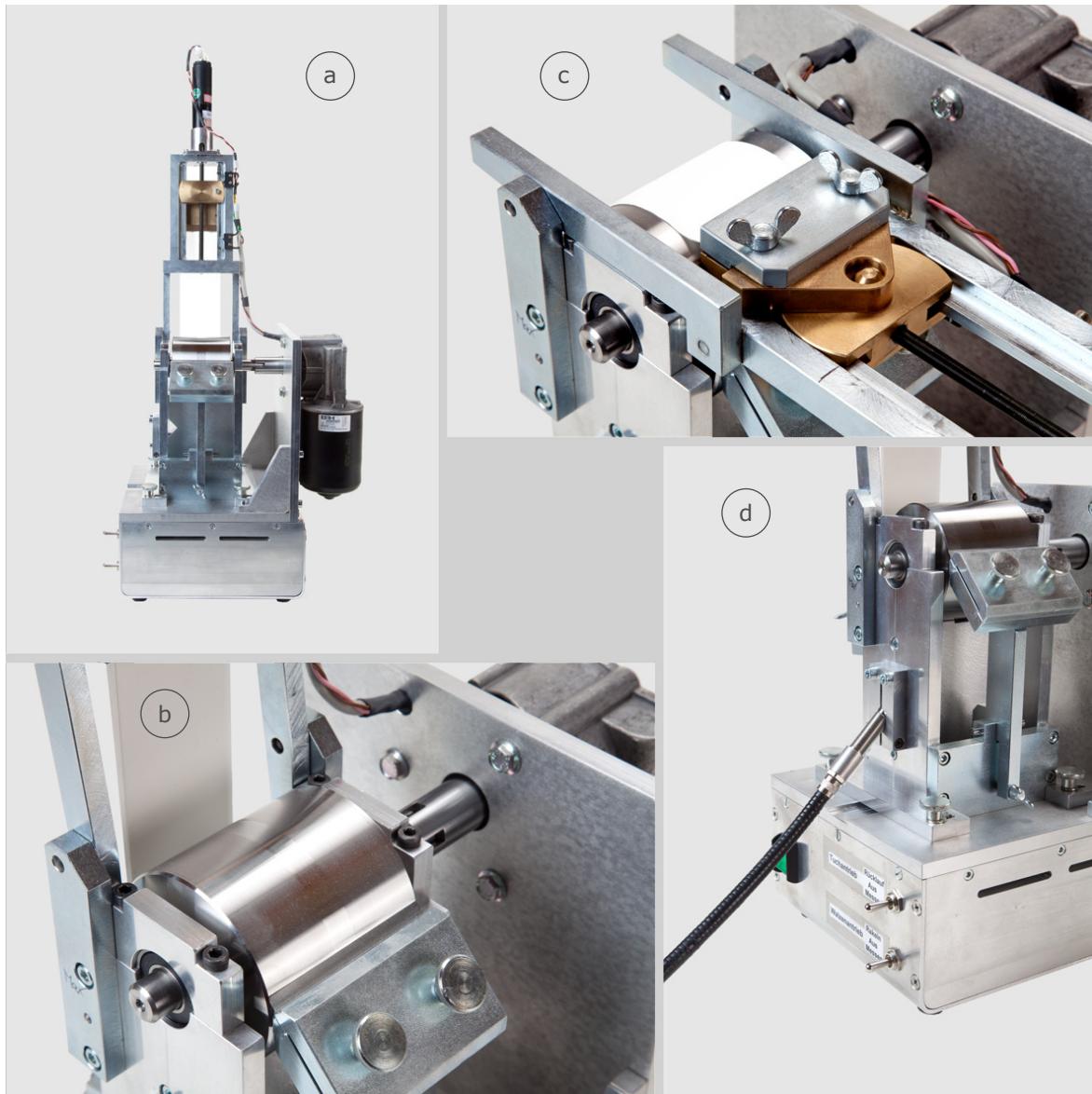


#### 9b) Betriebs-Stellung

Der Spannhebel S wird in die Betriebs-Stellung gebracht während die Öl (Fluorol) - beschichtete Walze rotiert. Die Ölschicht wird langsam abgetragen, der Abtrag wird gemessen.

**Abb. 9b** (vergrößert)

**9b)** Auf der vergrößerten Abb. 9b lassen sich die wesentlichen Konstruktions-Elemente des Labuda-Walksimulators Mk III gut erkennen. Das Gerät befindet sich in der Arbeits-Stellung. Dabei werden die oberen Klemmbacken durch den Spindelmotor in Richtung Motorblock bewegt. Sie ziehen somit den Prüfling über die rotierende Stahlwalze (Abb. 10b). Dadurch erfolgt die Messung unter ständiger Nachführung nicht bereits verunreinigten Materials

**Abb. 10**

- a) Der Labuda-Walksimulator Mk III in der Ausgangs-Stellung. Der Prüfling berührt in diesem Zustand noch nicht die Auftrags-Walze
- b) Auf dieser Nahaufnahme von Auftragswalze und Prüfling ist deutlich die Rakelvorrichtung mit Stahlklinge erkennbar, welche den Ölfilm in die gewünschte Dicke bringt.
- c) Nach dem Umlegen des Hebel S in die waagerechte Postion umschließt der Prüfling nun die Auftragswalze im Winkel von 90° und bedeckt somit 25% der Walzenfläche.
- d) Das Lichtleiterkabel wird seitlich in die dafür vorgesehene Klemm-Vorrichtung gebracht und dort fixiert. Der gerichtete Laserstrahl bewirkt die Fluoreszenz, deren Intensität nun mit dem Kontavisor-Gerät gemessen wird.

**Anmerkung:** Dieser Aufsatz ist der überarbeitete und ergänzte Text des im Jahr 2007 im GIT-Verlag, Darmstadt ReinRaumTechnik 2/2007 publizierten.

## Fortsetzung und 2. Teil: Zeitbedarf und Oberflächenreinheit bei wischenden Reinigungsprozeduren

### Die Ergebnisse dieser Studie

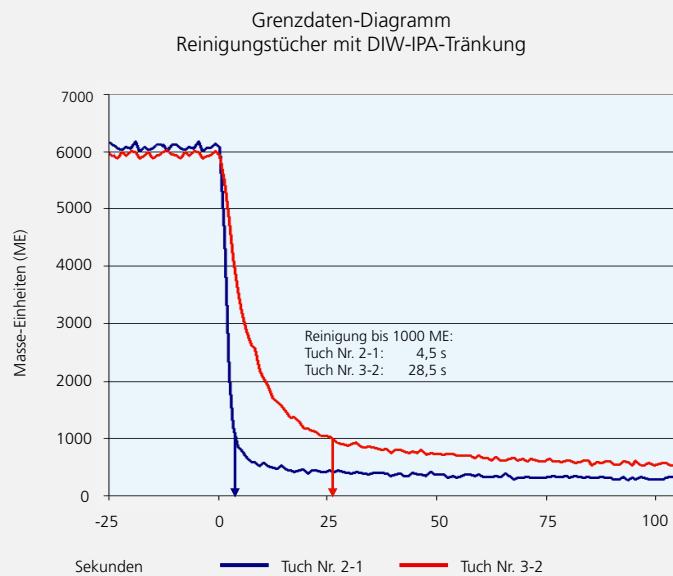
Es sollen nun einige Messergebnisse, welche mit der oben beschriebenen Methode erhalten wurden, aufgezeigt und zur Diskussion gestellt werden. Um eine Übersicht über die allgemeine Gebrauchsgüte der auf dem internationalen Markt erhältlichen Fein- und Präzisions-Reinigungstücher zu erhalten, wurden diverse Verpackungseinheiten von sechs bekannten Tücher-Herstellern erworben. Jeweils fünf Tücher wurden aus jeder Verpackungseinheit entnommen und einer Prüfung der Parameter spezifische Reinigungszeit und spezifische Reinigungseffizienz (siehe Glossar) unterzogen. Die erhaltenen Messergebnisse wurden gemittelt und tabellarisch aufgelistet. Die ausgewählten Hersteller sind:

Berkshire Corp., USA  
 Clear & Clean GmbH, Deutschland  
 Contec Inc., USA  
 Dupont Inc., USA  
 ITW -Texwipe, USA  
 Milliken & Co., USA.

Es wurden zunächst solche Produkte geprüft, die zu der Gruppe der Gestricke-Tücher gehören. Anschließend wurden der gleichen Prüfung auch vier Vliesstoff-Tücher unterzogen, um Hinweise darüber zu erhalten, ob sich diese Gruppe der Reinigungstücher in Bezug auf die Parameter Reinigungseffizienz und Reinigungszeit von der Gruppe der Gestricke-Tücher unterscheidet. (Alle Bezeichnungen sind Markennamen der nebenstehend aufgeführten Unternehmen.)

#### Gestricke-Tücher:

AlphaSorb10	-	Texwipe
AlphaWipe	-	Texwipe
Anticon Goldsorb	-	Milliken
Microseal 1200	-	Berkshire
Microweb UD-G	-	Clear & Clean
Polynit	-	Contec
Polynit Heatseal	-	Contec
Sonit HD-M	-	Clear & Clean
Super Polx 1500	-	Berkshire
White Magic	-	Milliken



**Abb. 11** Diagramm: Gegenüberstellung des Tuchs mit der höchsten zu dem mit der geringsten spezifischen Reinigungszeit

**Vliesstoff-Tücher:**

Drytech	-	Clear & Clean
Evolon	-	Freudenberg
Sontara	-	Dupont
Viscot	-	Clear & Clean

In der vorliegenden Arbeit werden alle Messergebnisse kodiert dargestellt weil der Autor mit diesem Aufsatz ausschließlich die Absicht verfolgt, eine moderne Prüfmethode vorzustellen und mit Hilfe derselben einen Querschnitt durch das z. Zt. bestehende Qualitätsniveau der gebräuchlichen Fein- und Präzisions-Reinigungstücher aufzuzeigen. Es sollte dabei vermieden werden, einzelne Hersteller oder Produkte als „gut“ oder „schlecht“ herauszustellen. Die Ergebnisse der Studie ergeben sich aus den folgenden Tabellen, Diagrammen und Bildern:

**Die Messung der Reinigungszeit**

Eine wesentliche Erkenntnis aus dieser Studie ist der Nachweis, dass sowohl die jeweilige spezifische Reinigungszeit der geprüften Tücher als auch deren spezifische Reinigungs-Effizienz bei gleichen Prüfbedingungen erheblich variiert. Die erstere Tatsache ist in dem Grenzdaten-Diagramm (Abb. 11) dargestellt. Dieses Diagramm zeigt die Reinigungs-/Zeitfunktion desjenigen Reinigungstuchs mit der kürzesten im Vergleich zu dem Tuch mit der

längsten spezifischen Reinigungszeit. Die gemessenen spezifischen Reinigungszeiten für beide Produkte liegen relativ weit auseinander. Während die Reduzierung einer Standard-Verunreinigung um 5000 Masse-Einheiten mit dem Tuch der Code-Nr. 2-1 = 4,5 Sekunden dauerte, waren für die gleiche Reinigungsprozedur mit dem Tuch der Code-Nr. 3-2 = 28,5 Sekunden erforderlich.

Damit ist der Beweis erbracht, dass es bei den im Markt erhältlichen Reinigungstüchern erhebliche Unterschiede in deren Reinigungsleistung pro Zeiteinheit gibt. Dies sind letztlich Qualitätsunterschiede, welche ganz wesentlich den Zeitaufwand für eine Reinigungsprozedur und somit auch die Reinigungskosten bei der Instandhaltung von Maschinen, Apparaten und Geräten bestimmen.

**Die spezifische Reinigungseffizienz**

Bei manchen wischenden Reinigungs-Prozeduren steht nicht so sehr die Verringerung der Reinigungszeit im Vordergrund, sondern die Herbeiführung einer möglichst hohen Oberflächenreinheit. Dieser Tatsache wurde bei der Entwicklung des in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Instrumentariums Rechnung getragen. Damit ist es nun möglich, die Masse der Verunreinigungs-Rückstände bis in den Bereich weniger Moleküllagen hinein einwand-

Reinigungstuch (Produktcode)	A. im Trockenzustand		B: Di-Wasser-Alkohol (70:30)		C: reiner Alkohol	
	Reinigungszeit in s für 5000 ME	Verunreini- gungs-Rück- stand in %	Reinigungszeit in s für 5000 ME	Verunreini- gungs-Rück- stand in %	Reinigungszeit in s für 5000 ME	Verunreini- gungs-Rück- stand in %
Nr. 1-1	11,7	6,2	6,5	5,64	80,3	11,3
Nr. 1-2	7,5	5,1	15,2	7,54	41,8	9,3
Nr. 2-1	3,2	4,6	4,5	4,24	11,8	5,5
Nr. 2-2	9,5	2,9	N/A	N/A	N/A	N/A
Nr. 3-1	22,8	7,9	15,9	8,28	71,7	10,6
Nr. 3-2	24,5	8	24,1	8,84	90,7	12,8
Nr. 4-1	3,8	4,1	5,3	5,33	28,5	7,8
Nr. 4-2	12,5	6,2	5,1	5,32	33,5	6,9
Nr. 5-1	4,2	4,3	5,3	5,96	42,5	9
Nr. 5-2	14,8	7,1	10,7	6,71	40,5	9,2

**Abb.12** Tabelle: spezifische Reinigungszeit und maximale Reinigungsleistung (als Verunreinigungs-Rückstand) für zehn willkürlich ausgewählte, in Deutschland bekannte Reinigungstücher in jeweils drei Tränkungszuständen

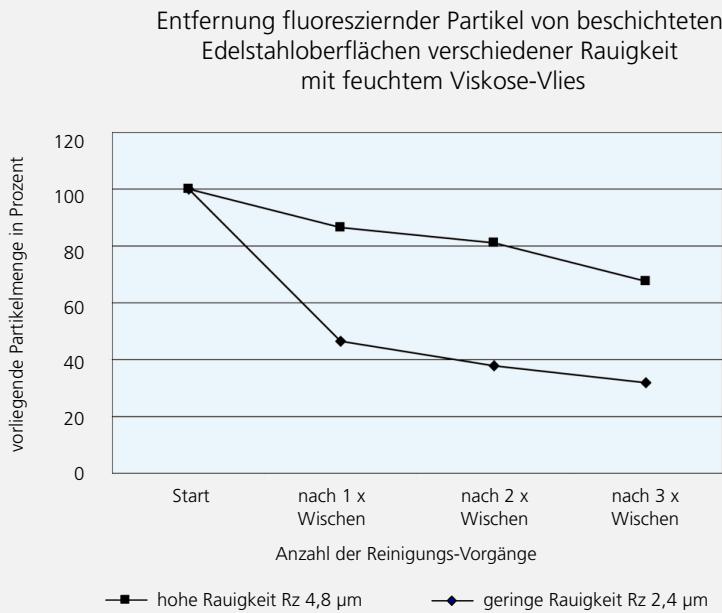
frei zu messen. Durch die Kenntnis dieser Grenzbereiche ist es möglich geworden, auch das wischende Reinigen in die bekannten Verfahren der Oberflächenreinigung einzgliedern und dort zu etablieren, wo es verfahrenstechnisch gesehen, seinen angemessenen Platz findet. Der geringste gemessene Verunreinigungsrückstand auf der Gebrauchsoberfläche nach der beschriebenen Standard-Reinigungsprozedur liegt bei etwa 2,9% der Ausgangs - Verunreinigung für das Tuch mit der Code-Nr. 2.2. Die Versuche ergaben, dass eine weitergehende Reduzierung der Verunreinigungs-Masse auch bei Weiterführung der Reinigungs-Bemühungen im Rahmen wischen der Reinigungs-Prozeduren nicht möglich war. Dabei muss man sich stets vor Augen halten, dass bereits die Ausgangsverunreinigung bei einer Dicke von nur 4 µm liegt. Das entspricht einer Masse von etwa 6,5 mg, welche durch die Reinigungs-Prozedur auf einen Wert von 190 µg entsprechend der Dicke von 100 nm reduziert wird. Bei den Versuchen betrug die Rauheit Rz der Gebrauchsoberfläche etwa 4 µm. Hier ist den Entwicklern von Präzisions-Reinigungstüchern Gelegenheit gegeben, neue Materialien und/oder Verfahren zu entwickeln

mit dem Ziel, den z.Zt. geringsten für das wischende Reinigen gemessenen Verunreinigungsrückstand von 2,9 Massenprozenten weiter zu reduzieren.

## Zehn Tücher im Test

(Abb. 12 Tabellen A bis C)

Es wurden zunächst für den Test zehn in Deutschland bekannte Fein- und Präzisions-Reinigungstücher ausgewählt. Alle ausgewählten Tücher gehören in die Gruppe der Gestricke. An diesen wurde sowohl die spezifische Reinigungszeit als auch die spezifische Reinigungseffizienz gemessen. Für die Messungen wurde der weiter oben (in Teil 1) beschriebene Labuda Timeport™- Messplatz eingesetzt. Als spezifische Reinigungszeit wurde die Dauer der Reduzierung einer bestimmten Verunreinigungsmasse auf einer metallischen Oberfläche der Rauigkeit  $Rz = 4\mu m$  von 6000 auf 1000 (Abreinigung = 83,3%) Masseneinheiten angenommen. Als spezifische Reinigungseffizienz wurde die mit einem bestimmten Tuch maximal erzielbare Reinigungsleistung, ausgedrückt als Verunreinigungs-Rückstand auf der Oberfläche nach der durchgeführten Standard-Reinigungsprozedur angenommen.



**Abb.13** Diagramm: Entfernung fluoreszierender Partikel von beschichteten Edelstahloberflächen verschiedener Rauigkeit mit feuchtem Viskose-Vlies

In der Praxis werden Präzisions- und Feinreinigungstücher oftmals im Lösungsmittel - getränkten Zustand eingesetzt. Um dieser Tatsache experimentell gerecht zu werden, wurden alle Messungen zunächst mit Tüchern im Trockenzustand durchgeführt und dann auch mit IPA (Isopropylalkohol)-getränkten Tüchern. Bei den Isopropylalkohol getränkten Tüchern wurden zwei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe enthält Tücher mit einer Tränkung eines Gemischs von 98% Isopropylalkohol und 2% Wasser. Bei der zweiten Gruppe besteht das Gemisch aus 30% Isopropylalkohol und 70% Wasser.

### Gestrick und Vliesstoff im Vergleich

Wie bereits erwähnt, bezieht sich die vorliegende Arbeit auf Reinigungstücher aus dekontaminierten Gestricken. Das internationale Angebot an Reinigungstüchern enthält jedoch auch eine Vielzahl an Vliesstoff Tüchern unterschiedlichster Konstruktionen. Wegen der anders gearteten Struktur der Vliesstoffe, konnte nicht angenommen werden, dass mit diesen textilen Gebilden entweder geringere Reinigungszeiten oder aber höhere Reinigungseffizienzen als mit gestrickten Tüchern

erzielbar sind. Um jedoch für diese Annahme ein gewisses Maß an Sicherheit zu gewinnen, machten wir einige Versuche, deren Ergebnisse wie folgt dargestellt sind: (Abb.14) Daraus ergibt sich, dass die Vliesstoffe im Allgemeinen weder die Reinigungseffizienz noch die vergleichsweise günstigen Reinigungszeiten der Gestrick - Tücher aufweisen. Das ist auch nicht zu erwarten weil die Fasern der Vliesstoffe zumeist dicker sind als die Fibrillen der Vliesstoffe und sie zumeist auch eine geringere Packungsdichte aufweisen, zumindest im Vergleich mit Gesticken einer hohen Maschenzahl.

### Schichten und Partikel als gemeinsame Verunreiniger

Technische Oberflächen können im physikalischen Sinne nicht dauerhaft rein sein. Sie sind vielmehr im Wesentlichen durch zwei Verunreinigungs-relevante Materieformen gekennzeichnet: Das sind zum Einen die schichtförmigen Anlagerungen (Schmier, Oxide, atmosphärische Dunstablagerungen aus VOC) und zum Anderen die Beläge aus Partikeln und Faserfragmenten. In der vorliegenden Arbeit wurde der Begriff Reinigen bisher ausschließ-

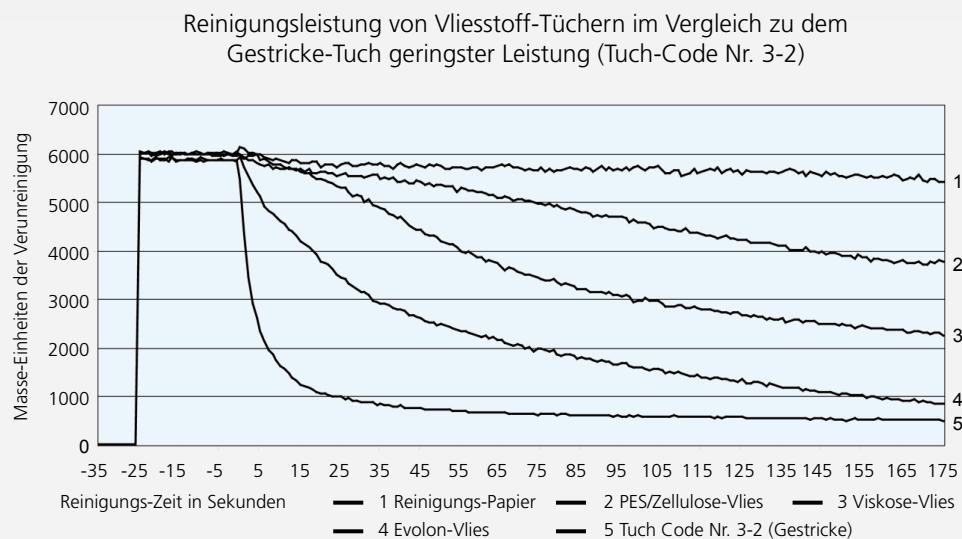
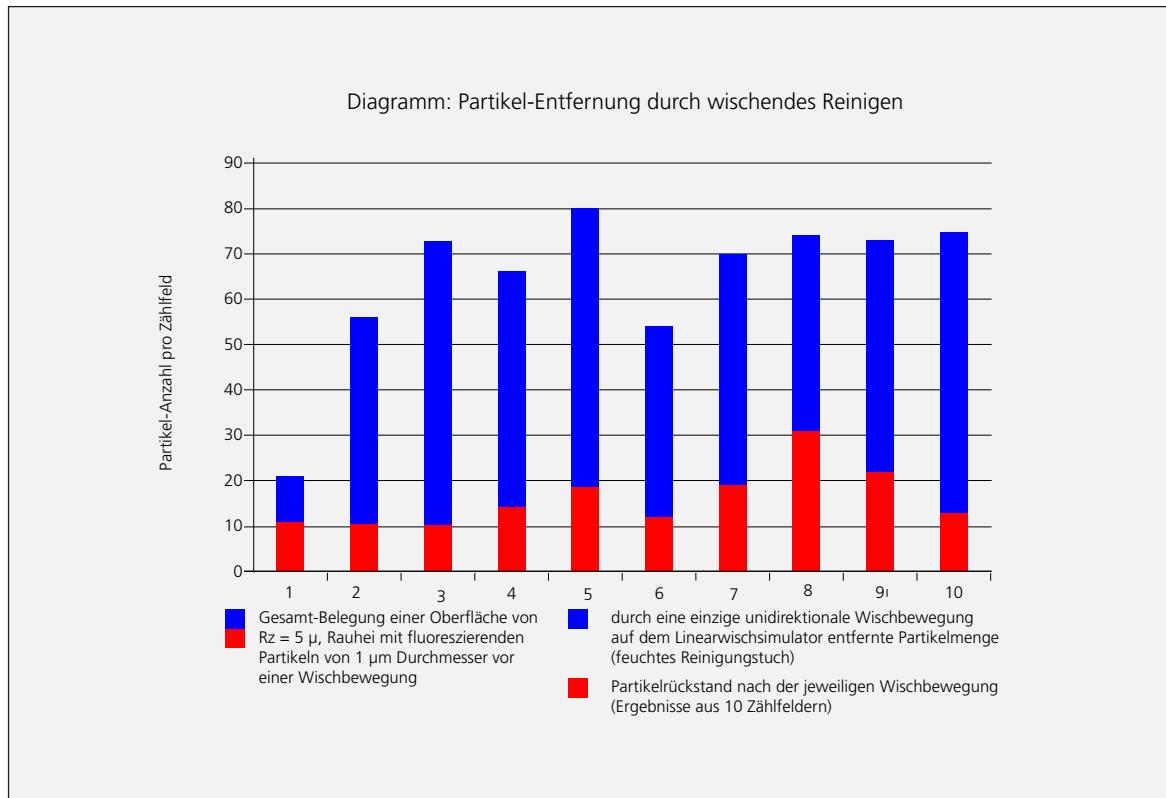
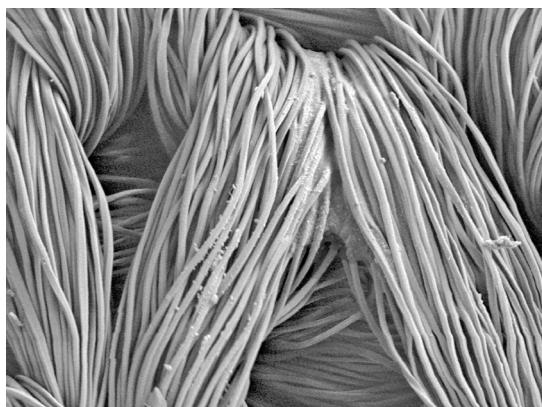


Abb.14 Diagramm: Reinigungsleistung von Vliesstoff-Tüchern im Vergleich zu einem Gestrückt-Tuch



**Abb.15** Diagramm: Partikel-Entfernung durch wischendes Reinigen

lich im Sinne von „entfernen schichtförmiger Anlagerungen auf technischen Oberflächen“ verstanden. Bei manchen technischen Systemen haben jedoch auch partikuläre Verunreinigungen Einfluss auf deren Funktionalität. Bisher sind dem Autor keine Arbeiten bekannt



**Abb. 16** REM-Photo eines Gestrickes nach durchgeföhrter Reinigungs-Prozedur. Im mittleren Garnstrang sieht man deutlich die angelagerten Partikel.

geworden, die sich auf das wischende Reinigen im Hinblick auf das gleichzeitige Entfernen partikulärer und schichtförmiger Verunreinigungen von Oberflächen beziehen. Wir haben daher für die vorliegende Arbeit einige Versuche gemacht, um in Erfahrung zu bringen, ob und in welchem Maße gleichzeitig im Rahmen der wischenden Abreinigung organischer Schichten auch eine Reduzierung der auf der betreffenden Gebrauchsoberfläche befindlichen Partikel erfolgt. Zu diesem Zweck wurde zunächst in einer reinen Arbeitsbank auf die Prüfoberfläche (Walze) des Wischsimulators Mark III eine dünne Schicht mineralischen Öls aus aliphatischen Kohlenwasserstoffen (Fluorol™) von etwa 4 µm Dicke aufgetragen. Danach wurde auf die so beschichtete Prüfoberfläche mittels Sprühtechnik in einer reinen Arbeitsbank eine ausreichende Menge fluoreszierender Partikel des Feret - Durchmessers 1 µm aufgebracht. Die Partikelmenge aus 10 beliebig ausgewählten Sicht-Feldern wurde anschließend mit Hilfe eines Fluoreszenz - Mikroskops observiert, gezählt und gemittelt. Nach einem, oder wenn

es gewünscht war, mehreren kontrollierten Wischvorgängen wurde die Oberfläche erneut observiert. Wiederum wurden 10 Felder in demselben Areal wahllos bestimmt, von denen wiederum die Partikelmenge gezählt und gemittelt wurde. Anschließend wurde die Differenz aus den beiden Zählungen gebildet und zusätzlich lässt sich die Masse der entfernten, schichtförmigen Verunreinigung bestimmen. Aus der Partikel – Differenzmenge lässt sich dann auf die spezifische Partikelreinigung relativ zur entfernten Verunreinigungsmasse schließen.

Wir machten in diesem Zusammenhang nach erfolgter Reinigungsprozedur die elektronenmikroskopische Aufnahme einer einzelnen Masche aus einem Präzisions-Reinigungstuch. Auf der Fotografie (Abb. 16) wird sichtbar, dass die von der Oberfläche abgetragene Verunreinigungsmasse sowohl aus partikulärer als auch schichtförmiger Verunreinigung besteht. Diese Tatsache stützt die Annahme, dass mit der mineralischen Ölschicht automatisch auch ein bedeutender Teil der auf der Oberfläche befindlichen Partikel von derselben entfernt und an die Oberflächen des Reinigungstuchs gebunden wird. Es zeigt sich jedoch ebenfalls,

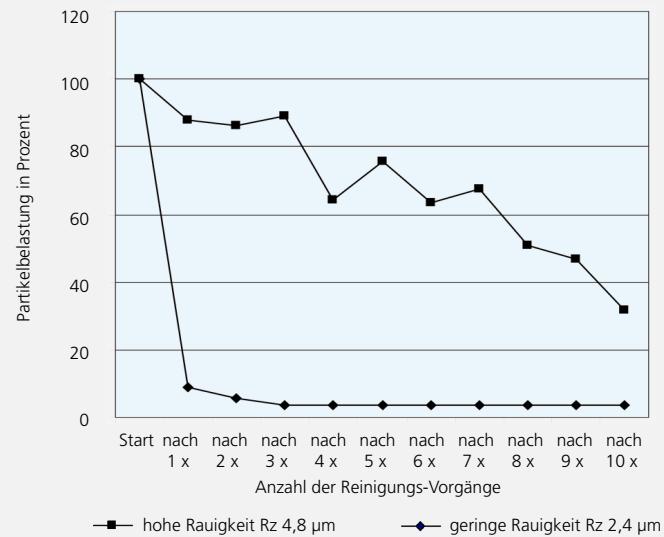
dass nach wiederholten Reinigungsvorgängen mit jeweils unbenutzten Tüchern, ein Teil der Partikel an die Oberfläche gebunden bleibt und sich ab irgendeiner Grenzmenge durch wischendes Reinigen nicht weiter reduzieren lässt (Abb. 13). Dies lässt darauf schließen, dass die Haftkräfte der verbleibenden Partikel ausreichend hoch sind, um nicht durch eventuelle Partikelfreisetzung eine wesentliche Beeinträchtigung der funktionalen, apparativen Reinheit der gereinigten Systeme anzunehmen zu müssen. Wir stellten uns dann die Frage nach der verbleibenden Partikelmenge relativ zur Rauigkeit der Gebrauchsoberfläche. Die Messergebnisse erlauben den Schluss, dass die Anzahl der durch weitere Reinigungsversuche nicht zu entfernenden Partikel mit zunehmender Oberflächenrauheit  $R_z$  steigt. (Abb. 17 u. 18)

Das Ergebnis der Betrachtung des Partikelgeschehens im Rahmen einer wischenden Reinigungsprozedur lässt die Vermutung zu, dass solche Partikel, die entweder ohne ausreichende, verankernde Haftkräfte an die Gebrauchsoberfläche angelagert oder bereits in die organische Verunreinigungsschicht eingebettet sind oder aber solche, die ver-

Wischvorgänge	geringe Rauigkeit $R_z = 2,4 \mu\text{m}$	hohe Rauigkeit $R_z = 4,8 \mu\text{m}$
Start	100	100
nach 1 x	9,14	87,8
nach 2 x	5,6	86,3
nach 3 x	3,83	89,1
nach 4 x	3,81	64,6
nach 5 x	3,94	75,7
nach 6 x	3,87	63,6
nach 7 x	3,91	67,5
nach 8 x	3,77	50,9
nach 9 x	3,85	47
nach 10 x	3,79	31,7

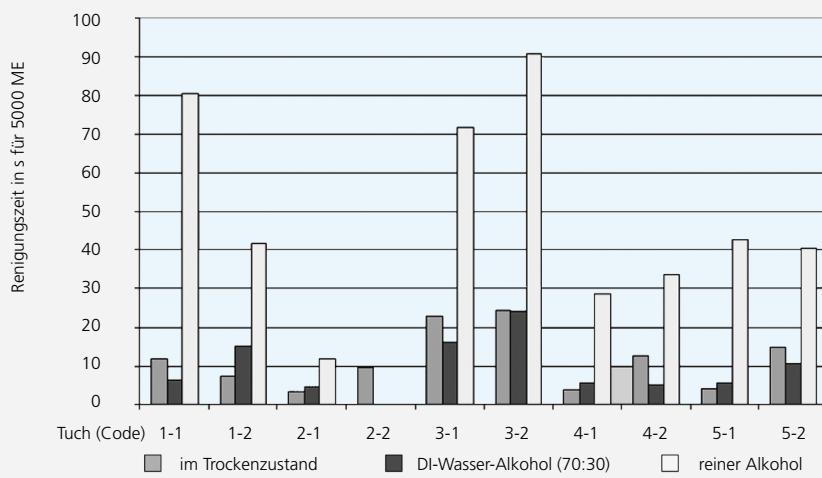
**Abb.17** Tabelle: Verringerung der Partikelbelastung nach linearem Wischen mit feuchtem Tuch der Code Nr. 2-1

Verringerung der Partikelbelastung nach linearem Wischen mit feuchtem Tuch der Code Nr. 2-1 auf beschichteten Edelstahloberflächen verschiedener Rauigkeit



**Abb.18** Diagramm: Verringerung der Partikelbelastung nach linearem Wischen mit feuchtem Tuch der Code Nr. 2-1

Spezifische Reinigungszeit für zehn willkürlich ausgewählte Reinigungstücher in jeweils drei Tränkungszuständen



**Abb. 19** Diagramm: Spezifische Reinigungszeit für zehn Reinigungstücher in jeweils drei Tränkungszuständen

mittels elektrischer Bindungskräfte in ihrer Eigenschaft als Flugpartikel die Schichtoberfläche als zufälligen Ruheort gefunden haben, durch die Scher- und Verschiebekräfte des wischenden Reinigungsvorgangs von der Gebrauchsoberfläche abgelöst und auf der Fibrillenoberfläche des Reinigungstuchs einen neuen Ruheort finden. Mit der Entfernung eines Teils der schichtförmigen Verunreinigung wird auch die Partikelmenge um einen bedeutenden Teil reduziert.

Es bedarf der Nachprüfung durch weitere Experimente, ob sich die aufgezeigte Vermutung bestätigt: Es besteht immerhin die Möglichkeit, dass die Haftkräfte der an der Oberfläche verankerten Partikel durch externe physikalische oder chemische Einflüsse wie elektrische Felder oder Schwankungen der relativen Umgebungsfeuchte verändert werden, wodurch die Partikel dann ihre Verankerung verlieren könnten, um endlich wieder in einen Luft getragenen Zustand zu geraten.

Interessant war auch das Ergebnis der Experimente im Hinblick auf die Reinigungsleistung bei Tränkung des Tuchs der Code Nr. 2-1 mit unterschiedlichen Lösungsmitteln bei rauer Gebrauchsoberfläche. Hier ergab sich zu

unserer Überraschung eine unerwartet hohe Reinigungsleistung bei Anwendung von Reinigungsbrenzil als Lösungsmittel. (Abb. 23)

### Klassensystem für Reinigungstücher

Aufgrund der im Diagramm Abb.12 angeführten Zeitwerte für die Reinigungs-Prozeduren mit unterschiedlichen Tüchern und Tränkungszuständen ist es nun möglich geworden, Fein- und Präzisions-Reinigungstücher in z.B. drei oder fünf Leistungsklassen zu klassieren, wie aus den folgenden Tabellen (Abb. 20 u. 21) ersichtlich wird.

Anhand der im Rahmen der Versuche gewonnenen spezifischen Reinigungszeiten ist es nun möglich, die Reinigungs-Zeitkosten zu errechnen, die sich für unterschiedliche Tücher ergeben. (Abb. 22)

### Fazit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte der Nachweis erbracht werden, dass sich auch für Fein- und Präzisions-Reinigungstücher (siehe auch Reinraumtücher) Leistungs-Kennwerte etablieren lassen, die eine Anwen-

Zeitklassierung	Reinigungsdauer (in s)	Reinigungstuch (codiert)
Klasse A	0,1 - 4,9	2-1, 2-4, 4-1, 5-1
Klasse B	5,0 - 9,9	1-2, 2-2
Klasse C	10 - 15	1-1, 4-2, 5-2
Klasse D	15 - 20	
Klasse E	> 20	3-1, 3-2

**Abb. 20** Tabelle: Klassifikation der Reinigungstücher im Trockenzustand nach Reinigungszeit

Leistungs-Klassierung	Verunreinigungs-Rückstand in %	Reinigungstuch (codiert)
Klasse 1	1 - 2,49	
Klasse 2	2,5 - 4,99	2-2, 2-1, 2-4, 4-1, 5-1
Klasse 3	5 - 7,49	1-1, 1-2, 4-2, 5-2
Klasse 4	7,5 - 9,99	3-1, 3-2
Klasse 5	> 10	

**Abb. 21** Tabelle: Klassifikation der Reinigungstücher im Trockenzustand nach Verunreinigungs-Rückstand (Reinigungs-Leistung)

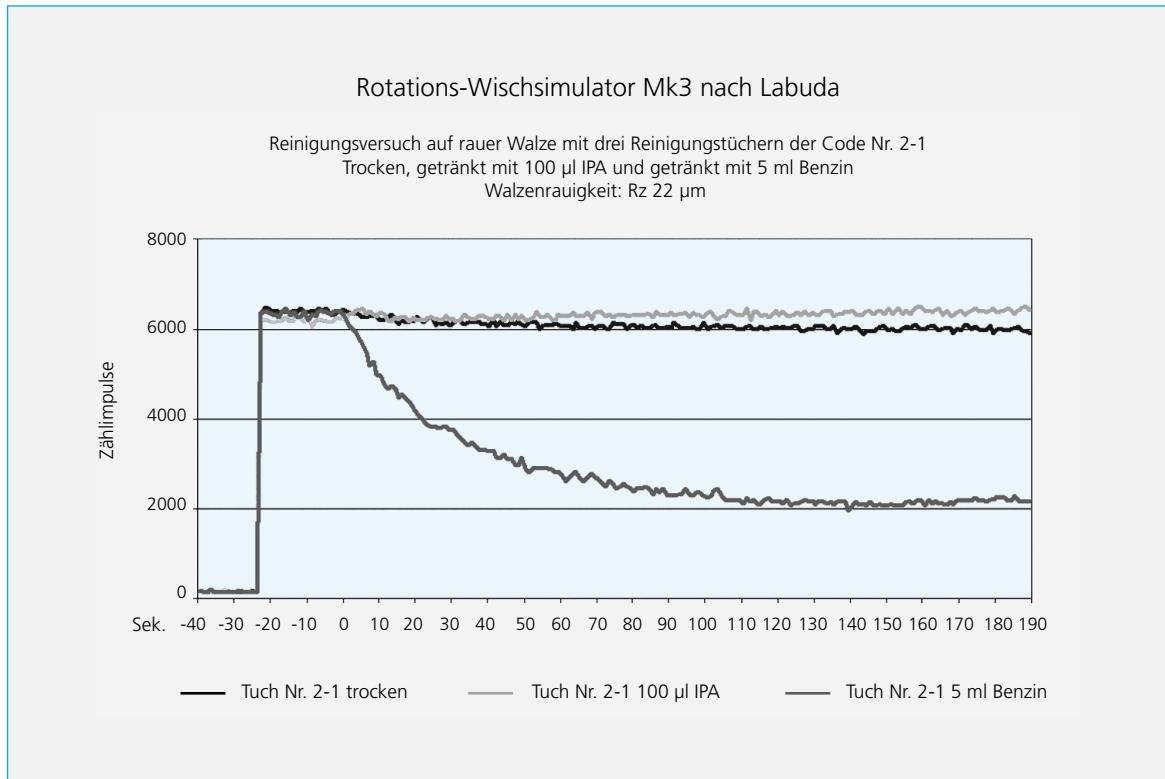
dungs-orientierte, technische Klassifizierung dieser Produktgruppe erlauben. Die gebotene Möglichkeit einer sorgfältigen Klassifizierung der Produkte erlaubt wiederum die Zuordnung der verschiedenen Leistungsklassen solcher Reinigungstücher zu diversen, etablierten Reinigungs-Applikationen. Der somit entstehende allgemeine Erfahrungsgewinn soll helfen, die weltweit bestehende Unsicherheit der Anwender auf diesem Gebiet zu vermindern und die Reinigungszeiten und Ergebnisse der betrieblichen Instandhaltungsorgane zu optimieren. Vor Allem jedoch erleichtert die vorliegende Arbeit eine Abkehr von dem unseligen Erbe, das uns mit dem fehlerhaften Simulationsansatz der amerikanischen IEST – Spezifikation RP-CC-004.2 zugeflossen ist und von der sich bis heute kein internationales Normengremium deutlich, und mit der gebotenen Begründung versehen, distanziert hat. Der neu gegründete Arbeitskreis „Reinraum - Verbrauchsmaterial“ des Vereins Deutscher Ingenieure wird dieses Thema jedoch möglicherweise aufnehmen, um eine europäische Initiative vorzubereiten.

Nachgeordnete, wenngleich nicht unwichtige Erkenntnisse, die sich aus der Studie ergaben, sind die Reinigungsergebnisse im Rahmen der Experimente mit verschiedenen Tränkungszuständen der Reinigungstücher. Die Ergebnisse

zeigen, dass bei dünnen, schichtförmigen Verunreinigungen geringer Viskosität (dünne mineralische Ölschichten) die Reinigungsleistung von ungetränkten Tüchern diejenige von getränkten Tüchern deutlich übersteigt. Das wurde bisher anders eingeschätzt. Offenbar ist eine Lösungsmittel-Tränkung nur bei der Entfernung höherviskoser Verunreinigungen sinnvoll. Hinsichtlich der Partikelentfernung von verschiedenen rauen Oberflächen durch wischende Reinigungsvorgänge bestätigte sich ein weiters Mal die bereits mehrfach publizierte Erkenntnis, dass mit zunehmender Oberflächenrauheit der Gebrauchsoberfläche, die Anzahl der durch die wischende Reinigungsprozedur entfernbaren Partikel abnimmt. Letzten Endes war es der Wunsch des Autors, die bisher unbekannten Gesetzmäßigkeit(en) der Mechanik des wischenden Reinigens zu finden, welche die Reinigungsleistung von Fein- und Präzisions-Reinigungstüchern wesentlich bestimmen. Dabei war es die vordergründige Hoffnung, dass die Reinigungsleistung von Gestricke - Tüchern mit deren Maschenzahl pro Flächeneinheit korreliert. Dieser Ansatz hat sich leider nicht durchgängig bestätigen lassen und so wird es Anderen vorbehalten sein, Einsichten zu gewinnen, die uns bisher verborgen geblieben sind.

Reinigungstuch (Produktcode)	Trockenzustand	DIW-Alkohol (70:30)	reiner Alkohol
Nr. 1-1	58,2	32,3	399,8
Nr. 1-2	37,3	75,6	208,1
Nr. 2-1	15,9	22,4	58,7
Nr. 2-2	47,3	N/A	N/A
Nr. 3-1	113,5	79,1	357
Nr. 3-2	122	120	451,6
Nr. 4-1	18,9	26,3	141,9
Nr. 4-2	62,2	25,3	166,8
Nr. 5-1	20,9	26,3	211,6
Nr. 5-2	73,7	53,2	201,6

**Abb. 22** Tabelle: Reinigungs-Zeitkosten pro 1 Million Reinigungs-Prozeduren in tausend Euro bei Einsatz unterschiedlicher Reinigungstücher und Tränkungszustände. Basis: Operator-Löhne im Land Brandenburg im Jahr 2004 = 32700.- US\$/Jahr, siehe Lit [2]. Das Tuch mit Code Nr. 2-2 ist ein Trockenreinigungstuch.



**Abb. 23** Diagramm: Unterschiedliche Reinigungsleistungen des gleichen Gestricke-Tuchs bei rauer Oberfläche (RZ 22 µm) und wechselnder Lösungsmittelart

## Dank

Der Autor dankt Herrn Klaus Schöttle für die konstruktive Umsetzung seiner Ideen in ein funktionsfähiges Prüf-Instrumentarium. Herrn Sven Siegmann dankt er für die sorgfältige Durchführung der umfangreichen Laborarbeiten. Der Systektum GmbH gilt unser Dank für eine vorbildliche Gerätewartung.

## Glossar

### Feinreinigung

Als „Feinreinigung“ wird in diesem Aufsatz die Entfernung schichtförmiger Verunreinigungen der Dicke im Bereich von 10 bis 100µm von Oberflächen aller Art bezeichnet (siehe auch Präzisionsreinigung).

### Gebrauchsgüte

Der Begriff beinhaltet die günstige Kombination einer Reihe von Anwendungs - relevanten Parametern eines Reinigungstuchs der Fein- und/ oder Präzisionsreinigung. Dazu gehören

sowohl die spezifische Reinigungszeit als auch die spezifische Reinigungseffizienz.

### Masse-Einheiten (ME)

Masse-Einheiten sind in diesem Zusammenhang mit Hilfe der Laserfluoreszenz gemessene, masse-identische, elektrische Spannungswerte eines Fluoreszenz-Detektors

### Gebrauchsoberfläche

diejenige technische Oberfläche, welche gereinigt werden soll oder mit deren Hilfe Oberflächen gleicher oder ähnlicher Beschaffenheit zur Durchführung geeigneter Mess- und Prüfverfahren simuliert werden sollen.

### Präzisionsreinigung

Als „Präzisionsreinigung“ wird in diesem Aufsatz die Entfernung schichtförmiger Verunreinigungen mittlerer Dicke von weniger als 10 µm von Oberflächen aller Art bezeichnet. (siehe auch unter Feinreinigung)

**Reinigungseffizienz**

siehe Reinigungsleistung

**Reinigungsleistung**

Entfernung von n Masseeinheiten der Verunreinigungsmasse einer Oberfläche pro Zeiteinheit. Die Anzahl der Masseeinheiten ist im Rahmen dieser Arbeit auf 5000 festgelegt.

Diese werden mit Hilfe eines Reinigungstuchs je nach Art, Konstruktion und Fabrikat in n Sekunden von einer rotierenden Walze entfernt. Die Reinigungsleistung errechnet sich aus

$$\frac{5000 \text{ (ME)}}{t \text{ (s)}} = \text{ME/s}$$

**Reinraumtücher**

Reinigungstücher für die Techniken des reinen Arbeits, umgangssprachlich auch als Reinraum-Wischtücher bezeichnet. Bisher nicht normierter Begriff für textile Reinigungsgebilde, deren Bestimmungszweck das wischende Reinigen bei den Techniken des Reinen Arbeits ist.

**spezifische Reinigungszeit**

Die Zeit in Sekunden, welche mit einem Reinigungstuch benötigt wird, um mit Hilfe eines Rotations-Wischsimulator nach Labuda, einen standardisierten, simulierten Reinigungsvorgang durchzuführen. Dazu wird in dem Wischsimulator ein aliphatischer Kohlenwasserstoff in der Qualität eines fluoreszierenden Mineralöls (Fluorol) von etwa 4 µm Dicke auf einen rotierenden Zylinder der Oberflächenrauhigkeit Rz = 4µm aufgetragen und schichtförmig verteilt bis der Auftrag in einer speziellen Laserfluoreszenz - Messapparatur einem Messwert von 6000 Masse-Einheiten entspricht. Die Zeitspanne, welche für die Reduzierung der Verunreinigung auf dem Zylinder um 5000 Masse-Einheiten bis zu einem Wert von 1000 Masseeinheiten benötigt wird, ist die spezifische Reinigungszeit. Der Begriff „spezifisch“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die gemessene Reinigungszeit spezifisch auf das geprüfte Reinigungstuch zutrifft. Die spezifischen Reinigungszeiten variieren für Reinigungstücher erheblich je nach Basismaterial, Konstruktion, Herstellungsverfahren, chemischer Ausrüstung und Reinheitsgrad. Somit ist die spezifische Reinigungszeit ein Gradmesser für die Gebrauchsgüte von Reinigungstüchern der Fein- und Präzisions-Reinigung, insbesondere auch für sog. „Reinraumtücher“

**Standardreinigung**

Als „Standardreinigung“ wird in diesem Aufsatz die Entfernung schichtförmiger Verunreinigungen der mittleren Schichtdicke oberhalb von 100 µm von Oberflächen aller Art bezeichnet. (siehe auch Feinreinigung, Präzisionsreinigung)

**wischendes Reinigen**

Dieser Begriff bezeichnet die Entfernung unerwünschter Materie von einer Oberfläche mittels Relativbewegung. Das wischende Reinigen ist das meist angewandte Verfahren der Oberflächenreinigung. Die wirksamen Komponenten des wischenden Reinigens sind die Gebrauchsoberfläche, die Verunreinigung und das Wischmittel. Ziel des wischenden Reinigungs-Vorgangs ist es, eine ausreichende Masse an Verunreinigung von der Gebrauchsoberfläche zu entfernen, so dass die Gebrauchsoberfläche zugedachte Funktion nicht beeinträchtigt wird.

Normalerweise ist die Gebrauchsoberfläche die statische Komponente der wischenden Reinigungsprozedur. Zumeist ist sie Teil eines Gerätes, einer Maschine, einer Vorrichtung, eines Gebrauchsgegenstandes oder eines Raumes. Das Wischmittel wird zu der Gebrauchsoberfläche in eine Relativbewegung gebracht und es kommt zu dem erwünschten Massetransfer. Das Wischmittel kann nach einer Reinigungs-Prozedur entsorgt, mehrfach eingesetzt oder nach einer Reinigung desselben erneut angewendet werden.

**Wischmittel**

Jedes Material, welches für die Prozeduren des wischenden Reinigens geeignet ist, wie z.B. Tücher, Vliesstoffe, Schwämme, Filze, Schaumstoffe, Flock und Bürsten.

**In dieser Arbeit benutzte Abkürzungen**

ME – Masse-Einheiten

N/A – nicht anwendbar

VOC – Volatile Organic Compound

- REM-Abbildungen © Yuko Labuda

## Literaturangaben

- [1] Bublitz, Hohmann - „Zeitintegrierende, Laserinduzierte Fluoreszenz-Spektroskopie, Effiziente inline - Oberflächen-analyse“  
(Vortrag Dr. Jens Bublitz, während der Oberflächentage 2008 des ZVO, Zentralverband Oberflächentechnik e.V. in Würzburg. Dr. Jens Bublitz ist Entwicklungsleiter bei der Systekum GmbH in Flensburg.)
- [2] Investor-Center Ostbrandenburg, Internet-Information: ICOB: Mikroelektronik: Arbeitskräftepotenzial.
- [3] Labuda, Siegmann - Die Oberflächenreinheit nach einer Feuchtreinigung mit Präzisions-Reinigungstüchern - Reinraum-Technik 3-2003 GIT-Verlag Darmstadt.
- [4] Textor, Bahners, Schollmeyer - „Evaluating wiping materials used in clean-rooms and other controlled environments.“ 41st International WfK Detergency Conference, Düsseldorf 2003.