



Foto: Gerhard Labudda

Abb. 1 Dank: Win Labuda während seines Jubiläums-Vortrags am 30.06.2018 in der „Gemeinnützigen“ zu Lübeck.

Win Labuda

Beitrag zur Reinheit der technischen Systeme

*40 Jahre Clear & Clean -
80 Jahre Win Labuda*

Illustrierter Jubiläums-Vortrag im Vortragssaal
der „Gemeinnützigen“ zu Lübeck am 30.06.2018



Abb. 2 Win Labuda (80),
Clear & Clean-Firmen-Gründer.

Geschichte des Unternehmens Clear & Clean

1973	Siemens-München bittet um Beschaffung von „TEHKSVIEPÄH“
1973	Besuch bei TEXWIPEs Ed und Florence Paley in New Jersey, USA
1973	Win Labuda ist bis 1981 freier Texwipe-Distributor in Deutschland
1979	Win Labuda gründet die Clear & Clean GmbH in Lübeck
1981	Erste Clear & Clean-Produkte auf der Productronica vorgestellt
1985	Hochtemperatur-Reinigungs-Vorrichtung für Siemens entwickelt
1985	Mitarbeit für Wischmittel im Richtlinien-Ausschuß VDI 2083 Blatt 4
1986	Clear & Clean beliefert Siemens Regensburg mit Verbrauchs-Material
1987	Entwicklung einer Partikel-Sonde zusammen mit Lodevicus Hermans
1987	Labuda-Fallkugel-Prüfgerät für HiTech-Reinigungstücher vorgestellt
1988	Win Labuda kauft ein 1,2 ha großes Firmen-Grundstück in Lübeck
1989	Erste PU-Vlies-Handschuhe bei Clear & Clean gefertigt
1990	Labuda gründet das Clear & Clean-Forschungslabor
1991	Beginn der Prüfgeräte-Entwicklung mit Klaus Schöttle
1991	Labuda/Schöttle stellen den Linear-Wischsimulator MK I vor
1991	Erste Ausgabe der Clear & Clean-Prüfmethoden herausgegeben
1994	Rotations-Wischsimulator MK II Labuda/Schöttle vorgestellt
1994	Patent für Magnetkarten-Leser-Reinigungs-Karte an Labuda
1995	Patent für Part-Lift-Partikel-Kollektor an Labuda
1997	Laser-Formatierung zusammen mit Reiner Boes entwickelt
1997	Clear & Clean definiert sich als Hersteller für HiQ- und Sonder-Produkte
1998	Fertigung erster HiTech-Gestricke-Tücher für Simec Dresden
1999	Patent für Handschuh-Tücher an Labuda
2000	Patent für Indikator-Platte an Labuda
2003	Win Labuda (65) gibt operative Geschäftsführung an Yuko Labuda ab
2008	Rotations-Wischsimulator MK III von Labuda/Schöttle vorgestellt
2009	Mitarbeit im VDI-Richtlinien-Ausschuss VDI 2083 Blatt 9.2
2017	Micro-Lite™ Partikel-Visualisierung durch Streiflicht
2017	Neue Labor- und Fertigungs-Reinräume im Werk Lübeck
2018	Labudas 40. Fach-Aufsatz veröffentlicht
2018	Win Labuda zieht mit Ehefrau Yuko ans Meer

Tab. 1 Unternehmens-Geschichte

Erfahrungs-Sätze aus der Clear & Clean-Materialforschung

- 1 - In einem Reinheits-abhängigen System ist Reinheit durch das Maß an Kontamination bestimmt, dessen Überschreiten die System-Funktionalität beeinträchtigt.
- 2 - Zwischen partikulärer Luft- und Oberflächen-Reinheit ist Korrelation prinzipiell nicht gegeben [siehe auch Fissan-Opiolka, VDI 693].
- 3 - In einer reinen Fertigungs-Umgebung ist lediglich diejenige Kontamination Prozess-relevant, die nachweisbar zur Minderung der Prozess-Ausbeute beiträgt.
- 4 - Partikelpräsenz, Haftung, Emission und Freisetzung sind Phänomene durch die das Prozessziel geplanter Fertigungs-Prozesse - von Ausfällen katastrophischer Natur abgesehen - nicht beeinträchtigt wird.
- 5 - In Fertigungs-Umfeldern mit erhöhter Umgebungs-Reinheit sind weder die Ruheorte noch die Ausbreitungswege partikulärer oder filmischer Kontamination regelhaft prognostizierbar oder nachvollziehbar.
- 6 - Der Begriff *Prozess-spezifische Kontaminations-Barriere* [s. a. Lit. Labuda] versinnbildlicht die effektive Hemmung aller wirkungs-aktiven Faktoren gegenüber der Prozess-spezifischen Kontaminations- Ausbreitung. Dazu gehören die Maßnahmen der Prozess-Isolation (SMIF), der laminare Luftstrom, die turnusgemäße Reinhaltung der Reinraum-Oberflächen, Spül- und Reinigungsprozesse u.v.a.
- 7 - Die Simulation der Gebrauchs-Belastung zum Zweck einer Materialprüfung muss so erfolgen, dass Stress-Art und Intensität derselben in engen Grenzen mit der realen Gebrauchs-Belastung übereinstimmen (z. B. +/- 20 %).
- 8 - Wegen der gegebenen Applikationen-Vielfalt und aus Gründen der nicht modifizierbaren Rohmaterial-Beschaffenheit ist ein Teil der Verbrauchsmaterialien der Reintechnik für einige reintechnisch bedeutsame Parameter nicht generell spezifizierbar und zertifizierbar (z. B. Reinigungstücher, Handschuhe).
- 9 - Der messtechnisch relevante Bezugsort jeder Oberflächen-Reinheits-Bestimmung vor und nach wischendem Reinigen ist die Objekt-Oberfläche und nicht das Wischmittel.
- 10 - Die Festschreibung Applikations-bezogener Prüfmethoden und Kontaminations-Grenzwerte für das Reinraum-Verbrauchsmaterial ist z. Zt. lediglich auf der Grundlage von vergleichenden Methoden der Qualitätsbeurteilung möglich.

11 - Eine Zertifizierung von Verbrauchsmaterialien der Reintechnik ist nur dann zulässig, wenn gegen die der Zertifizierung zugrunde liegenden Prüfmethode keine Einsprüche seitens der Fachwelt vorliegen und die Fertigungsbetriebe mindestens einer unangemeldet durchgeführten erfolgreich verlaufenen Kontrolle p. a. unterzogen werden.

2 - Eine kausale Beziehung zwischen Verbrauchsmaterial-induzierter Kontamination und Prozess-Ausbeute konnte in der Literatur nicht gefunden werden.

3 - Im Zusammenhang mit der Anwendung von Reinraum-Verbrauchsmaterial besteht in weniger als 5 % der Applikationen Erkenntnis-Bedarf der durch die bestehende Prüftechnik nicht gedeckt ist. Eine Änderung der empfehlenden Spezifikations-Struktur [VDI 2083-9.2] ist nicht praktikabel und führte lediglich zu sinnlosem bürokratischem Aufwand, Erhöhung der Prüfkosten und Behinderung des freien Waren-Verkehrs. Bei einigen Prüfmethode besteht hingegen Anpassungsbedarf an den aktuellen technischen Stand.

14 - Die Gebrauchs-induzierte Partikelfreisetzung von den Reinraum-Verbrauchsmaterial-Oberflächen ist sowohl von der physikalischen Arbeit der Oberflächen-Verformung (in Joule), als auch von der Partikel-Haftung und den Umgebungs-Bedingungen bestimmt, welche die Partikel-Haftung beeinflussen.

15 - Die Auswahl von Reinraum-Verbrauchsmaterial ist lediglich Prozess-spezifisch und mittels vergleichender Methoden möglich.

16 - Die reale Gebrauchs-induzierte Partikelfreisetzung von Reinraum-Verbrauchsmaterial-Oberflächen muss stets im Zusammenhang mit deren filmischer Unreinheit gesehen werden.

17 - Je höher die ISO-Luftreinheits-Klasse einer Fertigungs-Umgebung desto geringer ist der prozentuale Anteil des Reinraum-Verbrauchsmaterials an der im Reinraum vorhandenen Partikelmenge. Etwas über 50 % der Partikelfreisetzung in einem Reinraum der ISO-Klasse 4 werden vom arbeitenden Menschen und seiner Bekleidung freigesetzt - weniger als 2 % von Reinigungstüchern und Handschuhen [Lit. Labuda].

18 - Die Prüfbarkeit von Verbrauchsmaterialien oder deren Rohmaterialien in Rollenform ist im aufgerollten Zustand lediglich am zugänglichen Rollende gegeben. Die Material-Fehler befinden sich jedoch oft in der Rollen-Mitte.

Firmen-Geschichte 1979 - 2018



Abb. 3 Legeraum bei Clear & Clean - Reinraum der ISO-Klasse 3.



Abb. 4 Visuelle Prüfung und Verpackung unserer HiTech-Gestricke-Tücher im Reinraum.



Abb. 5 ISO-Klasse 3-Reinraum im Werk Lübeck.

VORTRAG von WIN LABUDA

Verehrte Gäste, liebe Mitarbeiter von Clear & Clean, zunächst bedanke ich mich bei meinen verehrten Ko-Referenten Professor Dr. Dr. h.c. Detlef Junker, Professor Dr. Heinz Fissan und Herrn Dr. Jan Michels für ihre Vorträge, die unser Wissen in drei Bereichen erheblich erweitert haben: Atlantisches Bündnis, Atemluft und Unterwasser-Fauna.

Mein nun folgender Vortrag ist der Reinheit der Technischen Systeme gewidmet, sowie der Geschichte des Unternehmens Clear & Clean - Werk für Reintechnik, und gleichzeitig ist es mein Abschieds-Vortrag nach 54 Jahren unternehmerischer Tätigkeit und 40 Jahren Forschung.

Achtzig Jahre sind eine lange Zeit. Und viele von Ihnen haben mich einen Teil des Wegs begleitet, die einen mit gutem Rat, die anderen mit Erstaunen, wieder andere mit Eifersucht, die nächsten haben mich für meine freimütigen Pikanterien weniger gemocht. Aber jetzt sind wir bei meinem 80. Geburtstag doch fast alle hier zusammen gekommen und hören Sie mal etwas über Clear & Clean und die Reinheit der technischen Systeme.

Ich habe meinen Vortrag in sechs Abschnitte gegliedert:

- I Firmen-Geschichte 1979 - 2018*
- II Die Entwicklung von Prüfgeräten*
- III Prüfmethoden, Instrumente*
- IV Das Clear & Clean-Forschungslabor*
- V Die Fachaufsätze*
- VI Dank*

Die farbige Geschichte des Unternehmens Clear & Clean GmbH beginnt eigentlich im Jahr 1973 als mich mein unvergessener Freund Hans Zerle von der Siemens AG in München anrief und auf Bayerisch folgendes anfragte: „Sie, mir brachn do so Feetzen aus USA, - die hoassen TEHKSVIEPÄH. Kenne Sie des Zeig beschaffn?“ Ich wusste überhaupt nicht worum es ging und bejahte die Frage dennoch. Eine Ahnung tat mir kund, dass sich hier etwas Wichtiges anbahnte. Ich musste mich aber zunächst schlau machen: Feetzen so fand ich heraus, heißt auf bayerisch Tücher oder Putzlappen. *Tehksviepäh* ist kein übliches bayerisches Wort. Also rief ich bei der American Chamber of Commerce an. Die fanden heraus, es handle sich wahrscheinlich um die Texwipe Inc., damals eine Firma der Größe 1-10 Mitarbeiter, die in New Jersey industrielle Reinigungs-Produkte herstelle.

Ich vereinbarte einen Besuchstermin, flog nach New York und Edward Paley - Texwipes Firmengründer - erläuterte mir seine Hypothese von den zukünftigen Strukturen der HiTech-Industrien wie Halbleiter-, PCB- Hybrid-Schaltungen, Opto-Elektronik, Lasertechnik u. a. Diese Industrien würden ihre

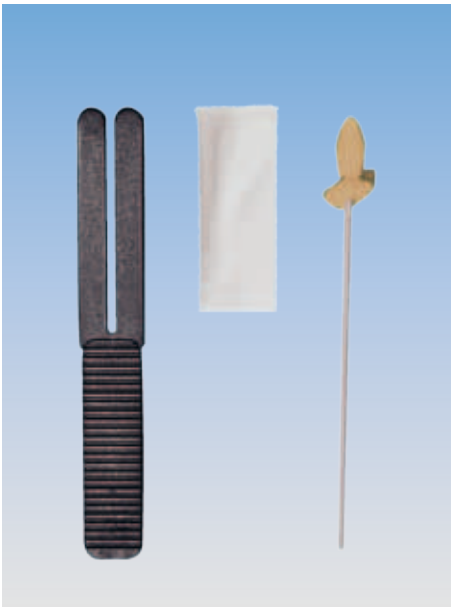


Abb. 6 DISC-O-GRIP™, Manschetten-Halter, erste Clear & Clean-Produkte zur Reinigung der Siemens-Festplatten im Jahr 1980.

Strukturen über Jahrzehnte hinaus ständig reduzieren. Die natürlichen Verunreiniger wie Staub und Schmier hingegen blieben unverändert. Aus dieser prinzipiellen Struktur-Differenz würden große Industrien erwachsen wie beispielsweise der Bau von Reinraum-Installationen, Mess-Instrumenten, eine spezialisierte Bekleidungs- und Filter-Industrie und nicht zuletzt auch Fabriken für Reinraum-Tücher, wie Paley sie besaß. Die Reinheit der technischen Systeme würde zu einem der kostbarsten Güter des 21. Jahrhunderts.

Paleys Ausführungen waren so faszinierend, dass ich beschloss die Reinheit der technischen Systeme fortan zu meinem beruflichen Lebensthema zu machen und habe diese Entscheidung nie bereut. Für die Dauer von acht Jahren war ich dann deutscher Texwipe-Distributor aber am Ende wollte Texwipe mir immer noch keinen Vertretungs-Vertrag geben und ich traf die Entscheidung eine eigene Fertigung aufzubauen. Da war vielleicht ein wenig Groll im Spiel aber auch eine gewisse Horizont-Helle die in den besten Mannesjahren solche Experimente reizvoll erscheinen lässt.

Mit dem Bedeutungs-Zuwachs der Reintechnik in den HiTech-Industrien entstanden ab den 80er Jahren in ganz Europa immer mehr Reinräume und naturgemäß auch mehr Zuliefer-Betriebe für das so genannte Reinraum-Verbrauchs-Material: Zu dieser Produktgruppe gehören im Wesentlichen: Handschuhe, Reinigungs-Tücher, reines Papier, reines Verpackungsmaterial und Reinraum-Bekleidung. In den englisch-sprachigen Ländern entwickelte sich die Branche unter dem Oberbegriff *Contamination Control*. Die Zulieferer waren - und sind - zumeist Import - Distributoren oder Verkaufs-Niederlassungen ausländischer Hersteller, die hier ein Lager unterhalten um schneller lieferfähig zu sein. In diesem Umfeld hatte Clear & Clean als inländischer Fertigungsbetrieb stets eine Sonderstellung bei den Anwendern.

1979 war ich bereits 15 Jahre lang Unternehmer gewesen. Nach einem Import-Unternehmen für Mikrowellen- und Radio-Röhren im Jahr 1964 und einem Import-Vertrieb für elektromechanische Bauelemente im Jahr 1971 wollte ich nun gerne einmal Erfahrungen mit dem Aufbau und der Leitung eines Fertigungs-Betriebs machen. Dazu hatte ich an meinem Geburtstag des Jahres 1979 die Clear & Clean GmbH gegründet und begann 1981 im deutschen Markt unsere Produkte zu verkaufen. Die ersten drei Produkte waren Baumwoll-Manschetten, ein Manschetten-Halter und ein Reinigungs-Stäbchen mit Schaumstoff-Kopf (Abb. 6). Das Material wurde für die Reinigung von Speicherplatten gebraucht, die damals etwa 40 cm Durchmesser hatten und turnusgemäß gereinigt werden mussten. Die Siemens AG kaufte das Material von uns und lieferte es in die ganze Welt. Aber Festplatten wurden mit der Zeit kleiner, brauchten am Ende keine Reinigung mehr und so endete irgendwann dieses Geschäft.



Abb. 7 Win Labuda und Thomas von Kahlden in den 80er-Jahren bei der Ausschuss-Arbeit für die VDI Richtlinien 2083-Blatt 4.

Zeitgleich mit Clear & Clean - im Jahr 1979 - ließ sich Ingo Moschner die Dastex GmbH eintragen und im Jahr 1982 folgten dann Jacobus Bartels mit der Gründung der Basan GmbH und Robert Matzi mit der IAB-Reinraumprodukte GmbH. Die genannten Unternehmen wurden mit der Zeit bei Standard-Reinraum-Verbrauchsmaterial-Produkten wie Reine Tücher und Reinraum-Papier Mitbewerber von Clear & Clean. Später kam auch der amerikanische Laborbedarfs-Riese VWR auf den Geschmack, gründete zunächst eine Niederlassung in Deutschland und kaufte 2012 die Basan GmbH von Jacobus Bartels. Heute, im Jahr 2018 steht die Reinraum-Verbrauchsmaterial-Branche weltweit für einen Umsatz von etwa 10 Milliarden US-Dollar.

Im Jahr 1985 war das Glück uns hold - wie man sagt. Das Siemens Gerätewerk in München suchte ein HiTech-Reinigungs-Element für die Reinigung hochtemperierter Selentrommeln in Hochleistungs-Tonerdruck-Maschinen. Wir entwickelten also eine Silikonöl-getränkte Matte aus genadeltem Teflon-Filz, die zur Fixierung zwischen zwei Temperatur-festen Hartpapier-Rollen befestigt war. Nachdem wir einige Prototypen vorgestellt hatten, wurde unser Vorschlag angenommen und so lieferten wir dieses Produkt über 15 Jahre lang an Siemens bis 2001, als das Teflon-Reinigungsfilz durch das preisgünstigere Nomex-Material aus den USA ersetzt wurde. Diese mit den Filz-Lieferungen verbundene positive Geschäfts-Entwicklung verschaffte uns später die Möglichkeit das Grundstück im Lübecker Industriegebiet Glashüttenweg zu bezahlen.

Im gleichen Jahr 1985 bat mich Herr K. G. Müller vom VDI-Düsseldorf um meine Mitarbeit an der Richtlinie VDI 2083-Blatt 4. Dort im VDI-Arbeitskreis von dem Obmann Edgar Sirch kam es zur Begegnung mit Thomas von Kahlden (Abb. 7), zwischen dem und mir sich bald eine Freundschaft entwickelte, die nun 33 Jahre überdauert hat. Thomas brachte uns wiederum mit einigen Mitarbeitern des Fraunhofer Instituts IPA in Kontakt, bei dem er damals noch arbeitete. Daraus ergaben sich wiederum interessante Diskussionen, die sich dann auch in der einen oder anderen Produkt-Entwicklung wiederfanden.

Der Einzug von Clear & Clean als Hersteller und Lieferant in die deutsche Halbleiter-Industrie geht 1986 fundamental auf einen Mann zurück - auf den Physiker Lodevicus Hermans (Abb. 8). Er hatte die Entscheidung getroffen, dass Siemens-Regensburg im neuen MEGA-Werk Regensburg Reinigungs-Vliese Handschuhe und Reinraum-Papier von Clear & Clean einsetzen würde.

An seine Erstbestellung von 200.000 Tüchern hatte Hermans jedoch Bedingungen geknüpft: Aufbau eines Prüflabors: Separater Sauberraum, Cleanbench und Climet-Partikelzähler hatte er vorgeschrieben. Er legte uns zudem nahe, in eine Zukunfts-orientierte Wissens-Erweiterung für diese Materi-



Abb. 8 Der Physiker Lodevicus Hermans, Siemens AG, Regensburg entschied 1986, dass Clear & Clean Verbrauchsmaterial-Lieferant wird.

algruppe zu investieren. Unser erster (und bisher einziger) Außendienst-Mitarbeiter war damals Herr Jeremy Frederick. Er war ein excellenter Verkäufer und wir haben es lange bedauert, dass er sich so früh ins Privatleben zurückzog. Nachdem es sich unter den Anwendern herumgesprochen hatte, dass wir Siemens Regensburg belieferten und zudem unsere Produkte in Deutschland fertigten, erhielten wir sehr schnell Bestellungen von allen großen deutschen Reinraum-Betreibern.

Wir wussten anfangs kaum, wie wir der Situation Herr werden sollten und rekrutierten kurzfristig aus einem nahen Durchgangs-Lager eine Anzahl polnischer Mitarbeiter, die auf ihre Ausreise nach Kanada warteten. Liefertermin der Erstbestellung war der 1. Januar 1986. Unsere fleißigen Polen haben über Weihnachten 1985 gearbeitet und tatsächlich die 200.000 Tücher für Siemens Regensburg pünktlich fertiggestellt. Jedenfalls gebührt Louis Hermans Dank und Anerkennung vor allen Dingen auch für die vielen guten technische Ratschläge, die wir im Laufe der Zeit von ihm erhalten haben. Manchmal sage ich im Scherz er sei auch der Einzige der meine Aufsätze lese. 1986 war die Siemens AG unser einziger größerer Abnehmer. Im Laufe der Zeit sind dann alle die hier gezeigten Unterneh-

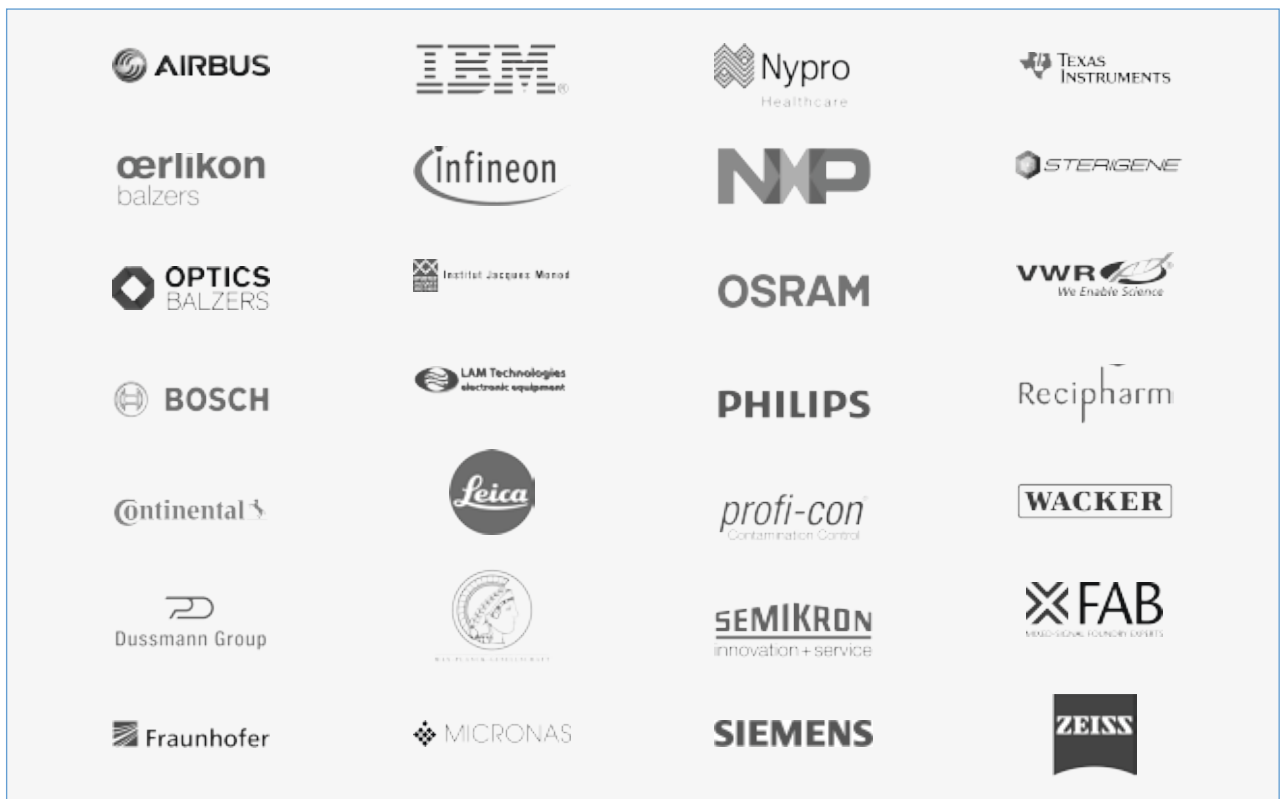


Abb. 9 Bisherige Unternehmens-Beziehungen Stand 2018 (Auszug).



Abb. 10 Ausstellung auf der *Productronica* in München 1987, rechts die zukünftige Unternehmerin.

men (Abb. 9) irgendwann einmal zu Clear & Clean-Kunden geworden. Zudem gibt es unter den hier Anwesenden nicht wenige von denen wir trotz monatlicher Belieferung im Zeitraum von 35 Jahren weniger als 4 Reklamationen erhalten haben und von manchen auch gar keine.

Einige Anwender drängten uns damals Reinraum-Papier in unser Portfolio aufzunehmen. Wir sahen uns um und fanden die japanische Firma Sakurai, die für eine Papierfabrik in Japan den internationalen Vertrieb wahrnahm. Wir verkauften daraufhin im deutsch-sprachigen Raum 4 Jahre lang exklusiv das japanische Papier der Marke STACLEAN®. Dann kam es zu Differenzen mit Sakurai hinsichtlich unserer Vertriebs-Exklusivität. Wir beendeten diese Geschäftsbeziehung und entwickelten mit einem erfahrenen europäischen Hersteller von Langfaser-Papier nach unserer Spezifikation unser beidseitig beschichtetes ionenarmes Spezialpapier der Marke GALAXY®.

Unsere Firmen-Leitung sah 1987 so aus wie auf dem nebenstehenden Bild (Abb. 10). Rechts sehen Sie die spätere Geschäftsführerin Yuko Labuda in der Blüte ihrer Jahre neben einem etwas erschöpften Firmengründer. Beide hatten gerade eine Nacht lang Standaufbau hinter sich gebracht, links Frau Elke Schwab, unsere damalige Verkaufsassistentin.

Noch heute gilt mein Dank den ersten Kunden von damals: Semikron, Fritz Martins Nürnberger Schmiede für Leistungselektronik, als nächster entschied sich Werner Tomberger von Siemens Villach für Clear & Clean als Verbrauchsmaterial-



Abb. 11 Das 1,2 ha große Clear & Clean-Firmengelände.

Foto: Herbert Jäger

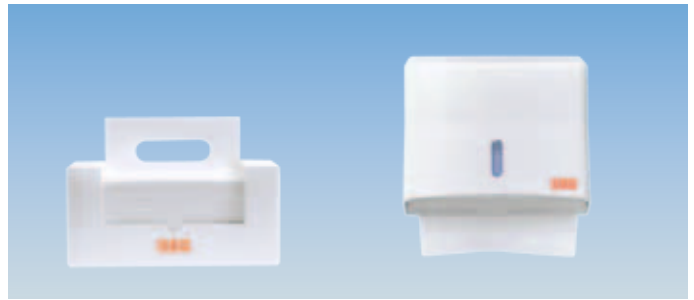


Abb. 14 Mobil- und Wandspender für geordnete Einzel-Vlies-Entnahme im Reinraum.

dass der Operator nicht mehr aus Versehen zwei oder drei Tücher zugleich von einem Flachgelege-Stapel greifen würde, sondern immer nur ein Einzelnes. Das Team von Robert Bosch in Reutlingen installierte unter seinem dynamischen Teamleiter Thomas Beck als erster Anwender das Wand-Spendersystem (Abb. 14), gefolgt von Siemens Villach. Siemens Dresden und Andere entschieden sich später für den Wand- oder Mobilspender.



Abb. 15 Spender-Eimer mit getränkten Gestrick-Tüchern. Vorteil: Das Lösungsmittel lässt sich je nach Bedarf nachfüllen.

Ein kleines Kuriosum aus dieser Zeit: Ich hatte 1994 ein Patent (Abb. 16) für eine intelligente Reinigungs-Karte für Magnet-karten-Leser erhalten. Damals hatten sich in den großen Städten Geldausgabe-Automaten durchgesetzt und jeder dieser „Bankomaten“ musste monatlich gereinigt werden. Wir allein hatten die Karte dazu (dachten wir). Wir erwarteten uns Millionen-Aufträge von dem Produkt. Die rosigen Aussichten schwanden jedoch schnell, als ich einen Einspruch des Patent-amts erhielt, worin man mir mitteilte, dass ein Japaner die gleiche Karte einen Tag zuvor erfunden habe. Als ich nachfragte ob der Japaner die Karte denn zum Patent angemeldet hätte, sagte man mir, das habe er nicht, aber er sei bereit das frühere Erfindungsdatum zu beschwören. Er tat seinen Schwur und ich war mein Patent wieder los.

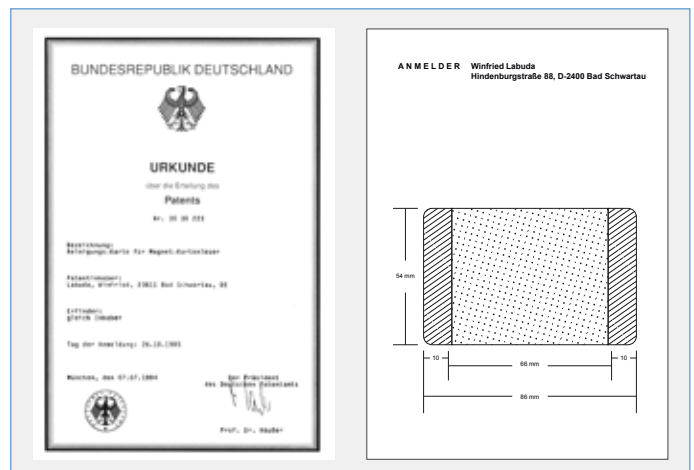


Abb. 16 Kuriosum „Reinigungskarte für Magnet-Kartenleser“ Patent erteilt, aber später aberkannt.



Abb. 17 2. LRTS Symposium für Reintechnik 2002 im Institut für Medizingeschichte und Wissenschaftsforschung Lübeck.



Abb. 18 2. LRTS, vorne links Professor Dr. Heinz Fissan, rechts Herr Dr. Peter Ehrler.



Abb. 19 Laser-Formatierung von der Rolle zum Tuch.

In den Jahren 2000 und 2002 veranstalteten wir im Hörsaal des Instituts für Medizin- und Wissenschafts-Geschichte der Universität Lübeck jeweils ein Symposium der Reintechnik (Abb. 17 und 18). Bei Letzterem kam praktisch die gesamte Branche um Vorträge zu halten oder auch zu hören. Gerhard Rauter, damals CTO bei Infineon hielt den viel beachteten Einführungs-Vortrag „Die Zukunft der Reinraum-Technik“. Es kamen AMD, Bosch, EL MOS, Fraunhofer GmbH, Infineon Dresden, Infineon Regensburg, Infineon Villach, Micronas, Universität Duisburg-Essen und MPI Golm.

Die Siemens AG hatte in Dresden eine weitere Halbleiterfabrik unter dem Namen SIMEC errichtet, die 1995 in Betrieb ging und neben AMD bald zum größten Reinraum-Verbrauchsmaterial-Anwender Deutschlands wurde. Von Beginn an arbeiteten wir dort mit dem Chemiker Detlef Mitrach als Reinraum-Beauftragtem zusammen. Heute berät er unser Forschungs-Labor sehr effizient in Fragen der Spuren-Analytik wofür wir ihm sehr dankbar sind. Zwei Jahre später wollte man dort für einen Teil der Fertigung hochreine Reinigungs-Tücher aus Polyester-Gestrick einsetzen. Auch von anderen Anwendern wurde uns signalisiert, dass VHT- (very HiTech) und UHT- (ultra-HiTech) Tücher ein zukunftssträchtiger, wenngleich sehr kleiner Markt sein könnten. Wir bauten dennoch in Lübeck eine ganz neue Fertigung dafür. Dazu gehörten die Fertigungs-Stufen Laser-Formatierung, Nass-Dekontamination und partikelarme Trocknung. Wir hatten bereits im Jahr 1997 in unserer Fertigung die Laser-Formatierung (Abb. 19) eingeführt. Das bedeutet unsere Gestrick-Tücher aus PES/PA-Garnen werden automatisch von einer Gestrick-Rolle mittels Laser-Technik in handgerechte Einzeltücher konfektioniert. Im Zuge dieses Verfahrens werden die Tuch-Ränder lasertechnisch versiegelt und so bilden sich im Kantenbereich kaum Partikel oder Faserfragmente. Indes, Simec blieb Jahre lang unentschlossen und wir blieben längere Zeit praktisch ohne Aufträge.

Das Jahr 1997 war aber auch in anderer Hinsicht ein Schlüsseljahr für Clear & Clean. Das System der Vollversorgungs-Konzepte, aus den USA kommend, gewann auch bei uns an Popularität. Vollversorger sind Unternehmen, die den gesamten Bedarf eines Unternehmens für eine Produkt-Gruppe wie z. B. das Reinraum-Verbrauchs-Material liefern und dafür dem Anwender Preisvorteile versprechen. Basan und Dastex - beide seit Anbeginn Handelsfirmen und von daher vertriebstechnisch ausgerichtet - waren sofort auf diesen Zug aufgesprungen und überboten sich nun mit Preis-Zugeständnissen im Markt.

Bei uns stand in diesem Jahr die Entscheidung an, diesen Weg mit zu gehen oder nicht. Wir entschieden uns dafür Hersteller spezieller Reinraum-Verbrauchs-Materialien zu bleiben. Wir wollten den Bereich Spezialprodukte-Entwicklung als auch unser Forschungslabor ausbauen und nicht der 3. Vollversorger in Deutschland werden. Das bedeutete aber nun auch auf

Dauer reduzierte Unternehmens-Größe, weniger Gewinnerwartung und die Konzentration auf intensive technisch-wissenschaftliche Arbeit die sich vielleicht erst nach Jahrzehnten oder auch nie auszahlen würde. Ich habe diese Unternehmer-Entscheidung damals eher impulsiv getroffen aber der Markt hat sie am Ende honoriert. Wir hatten bei Clear & Clean seit 1986 bisher nie ein Verlustjahr- vielmehr kämpften wir in den Jahren 2017 und 2018 mit einer Fertigungs-Auslastung von über 100 % und konnten manch neuen Anwender nicht bedienen.

Kurz vor der Jahrtausendwende war jedoch die Konjunktur in der Halbleiterindustrie allgemein nicht zufriedenstellend. Siemens gründete sein Halbleitergeschäft aus und schuf eigens dazu die Infineon AG. Das Unternehmen wurde am 1.4.1999 an die Börse gebracht und sechs Monate später war der Unternehmenswert in Aktien um 45 % gefallen.

Im Laufe der Jahre waren die Infineon-FABs mit über 50 % der Erlöse zum Clear & Clean-Hauptabnehmer geworden. Infineon - damals in allgemeine Bedrängnis geraten - rekrutierte einen Einkaufschef aus der Automobil-Branche und ordnete ihm einige Facheinkäufer zu. Einer von denen konfrontierte uns mit Preisen aus Südostasien die 50 % unter unseren lagen. Er drohte mit sofortiger Stornierung aller Aufträge wenn wir die Asien-Preise nicht unterböten. Wir waren zunächst einmal überrascht. Schließlich lieferten wir damals 2 Millionen Tücher p.a. an Infineon. Das bedeutet wir hatten einen Lagerbestand von einer halben Million Tücher, Material für 200000 Stck. in der Pipeline aus den USA und laufende Abnahme-Verträge für das Material für noch einmal 1 Million.

Nach drei Tagen fasste ich mich, rief meine Leute zusammen und erklärte, dass ich die Geschäftsbeziehungen mit Infineon beenden wolle. Keiner war begeistert. Ich schrieb dennoch einen Brief an den betreffenden Facheinkäufer in dem ich ihm die Beendigung der Geschäftsbeziehungen nahelegte. Bis dahin mussten wir jedoch auf seine Preisvorstellungen eingehen um nicht auf Rohmaterial für 1,7 Millionen Tücher sitzen zu bleiben. Aber nachdem der betreffende Einkaufschef und seine Gefolgsleute Infineon dann allesamt wieder verlassen hatten, normalisierten sich die Geschäfts-Beziehungen mit den meisten Standorten wieder.



Abb. 20 Die Deutsch-Japanerin Yuko Labuda, bereits seit dem Jahr 1994 in der Geschäftsführung der Clear & Clean GmbH, übernahm 2003 als leitende Geschäftsführerin den operativen Bereich und führte das Unternehmen erfolgreich mit ruhiger Hand nach der Devise „concordia domi foris pax“ (Eintracht im Innern und Friede nach außen). Das ist auch der Wahlspruch, der in goldenen Lettern das Lübecker Holstentor ziert.

Die Entwicklung von Prüfgeräten

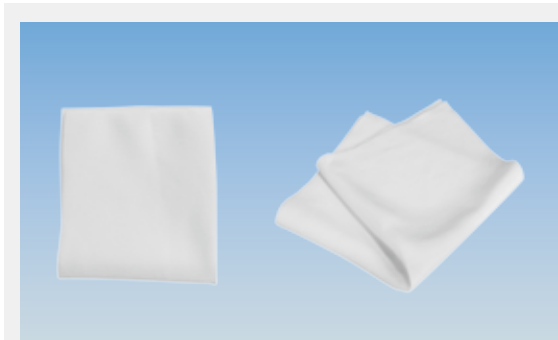
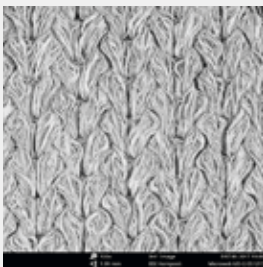


Abb. 21 Gestrick-Tücher.

Präzisions-Reinigungstuch



Standard-Reinigungstuch

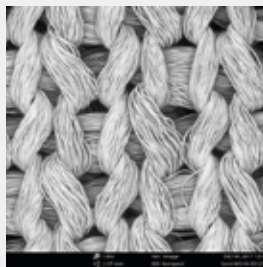


Abb. 22 Gestrick-Tücher haben unterschiedliche Oberflächen, Vergrößerung bei beiden Bildern 130fach.

Als wir mit der Fertigung von Reinraum-Verbrauchsmaterial begannen, gab es für das Produkt Reinigungstücher lediglich die Prüfmethode der Papier- und Vliesstoff-Industrie nach denen wir die Qualität unserer Produkte prüfen bzw. mit den Mitbewerber-Produkten vergleichen konnten. Erst im Jahr 1987 gab das US-amerikanische IEST Institute for Environmental Sciences and Technology die ersten Methoden zur Bewertung von Wischmitteln für den Gebrauch in Reinräumen und anderen kontrollierten Bereichen IEST RP heraus. Aber diese Methoden bezogen sich ganz wesentlich auf den partikulären Auswaschzustand der Wischmittel und nicht auf die damit erzielbare Oberflächen-Reinheit, die ja eigentlich unser Schlüssel-Parameter ist. Es gibt bestimmte Reinheitsspezifische Parameter, die wir mit den damals bestehenden Prüfmethode nicht bestimmen konnten. Einige Standard-Tücher waren zudem prinzipiell für den Reinraum-Einsatz nicht Prüfungs-tauglich.

„Das Auge sieht nicht alles“ Diese Feststellung gilt insbesondere für den Einsatz und die Bewertung von Wischmitteln. Oben rechts (Abb. 21) sehen wir zum Beispiel ein Reinigungstuch das mit bloßem Auge von dem links gezeigten kaum zu unterscheiden ist. Aber in der vergrößerten Darstellung (Abb. 22) sieht man, wie unterschiedlich die Strukturen sind. Das linke Tuch ist deswegen gut für die Präzisions-Reinigung geeignet, weil es sehr viele Papillen hat. Als Papillen bezeichnen wir die „Maschen-Hügel“ eines Gestricks, die beim Reinigungsvorgang auf einer planen Objekt-Oberfläche geringer Rauheit aufliegen. Je mehr Papillen pro Flächeneinheit ein Tuch hat, desto reinigungs-effektiver ist es für den Abtrag dünner organischer Schichten und Mikropartikel.

Die Gebrauchs-Handhabung von Reinigungstüchern (Abb. 23) ist mit bestimmend für den damit erzielten Reinigungserfolg.

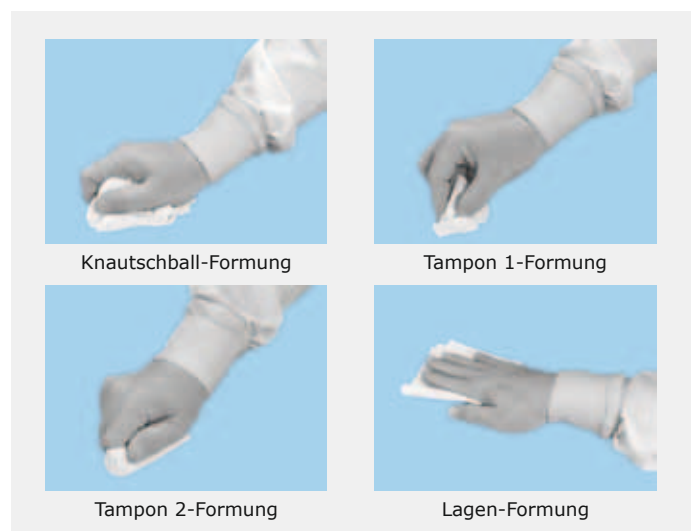


Abb. 23 Handhabungs-Varianten von Reinigungs-Tüchern [Labuda W., Siegmann, S. „Reinigungstücher - Handhabungs-Varianten und wirksame Oberfläche bei Reinigungs-Prozeduren“, ReinRaumTechnik 1/2006 GIT/Wiley Verlag, Darmstadt].



Abb. 24 Gestrick-Tücher, Vakuum-verpackt, bedruckte PE-Verpackung.

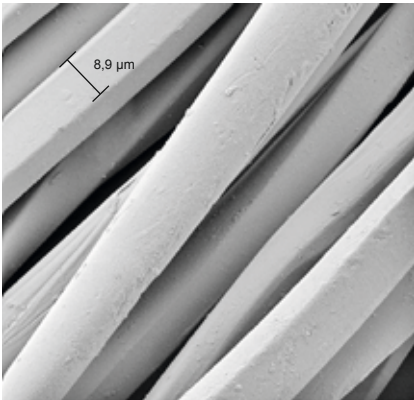


Abb. 25 PET/PA-Filamente nach Dekontamination. REM-Aufnahme 10000-fach.

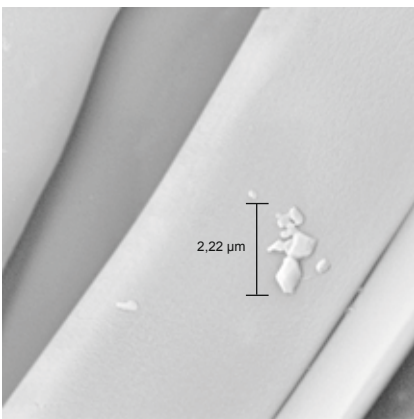


Abb. 26 PET-Filament mit SAP-Partikel. REM-Aufnahme 25000-fach.

Dies bezieht sich sowohl auf die Reinigungszeit als auch auf die von der Objekt-Oberfläche entfernte Verunreinigungs-Masse und nicht zuletzt auf den Verunreinigungs-Rückstand auf der Oberfläche. Das ist die Verunreinigungs-Masse, die durch wischendes Reinigen und mit dem betreffenden Tuch nicht mehr reduzierbar ist. Wir sehen in der Abbildung, wie unterschiedlich man Reinigungstücher handhaben kann. Der normale Gebrauch eines Reinigungstuchs geschieht in der Lagen-Formung. Die Formung eines Tuchs während des wischenden Reinigens wird jedoch unterschiedlich von Mensch zu Mensch gehandhabt. Wir zeigen die Knautschball-Formung, die Tampon 1-Formung, bis zur Lagen-Formung. Aber mit der Lagen-Formung hat der Operator natürlich nicht die gleiche Andruck-Kraft wie mit der Tampon 1- oder der Tampon 2-Formung.

Professor Fissan hat uns - wie heute, so auch damals beim VDI gelegentlich mit interessanten Vorträgen beehrt. Dann hat sich das Gelernte auch vertieft und jeder von uns hat für seinen Bereich entsprechende Schlüsse gezogen. Wir von Clear & Clean haben daraufhin versucht, die allfälligen Partikel-Anlagerungen an Fasern und Filamente textiler Gebilde zu klassifizieren. Ich habe damals solche Partikel, die Polymer-Fasern oder Filamenten angelagert sind nach Haftungskriterien differenziert:

WAP - wenig adhäsive Partikel und
SAP - stark adhäsive Partikel

Die Letzteren habe ich nochmals unter-klassifiziert in

SAP-A - Typen: Partikel oder Faserfragmente, die durch adhäsive Stoffe (Faser-Begleitstoffe) an die textile Faser angelagert sind - und:

SAP-B -Typen, die durch starke Van der Waals-Kräfte an die Polymer-Faser angelagert sind und z. B. schon infolge geringen Luftzugs, wieder in die Atmosphäre getragen werden könnten um irgendwann irgendwo einen neuen Ruheort zu finden.

Was wir damals nicht genügend bedacht hatten war die große Anzahl von Oligomeren, die sich insbesondere auf den Oberflächen polymerer Garne befinden können und die wir auch heute nicht leicht von den durch Materialabrieb entstandenen Partikeln zu differenzieren imstande sind. Auf das Oligomeren-Phänomen haben 1976 insbesondere die Textilforscher Valk, Stein und Dugal, später auch Ehrler vom Institut in Denkendorf hingewiesen, wie auch auf die Problematik der allfälligen Verbindung zwischen Partikeln und organischen Filmen auf den Filament-Oberflächen.

Prüfmethoden, Instrumente



Abb. 27 Fallkugel-Prüfgerät nach Labuda (1987) für die Partikelfreisetzung aus textilen Flächen-Gebilden.

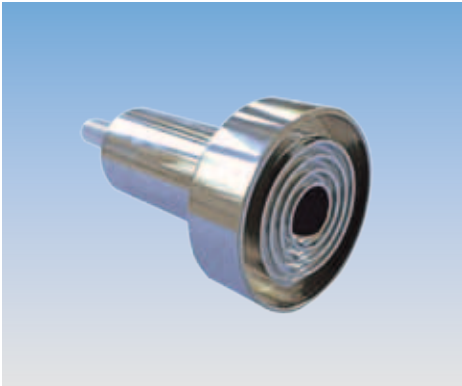


Abb. 28 Hermans/Labuda-Sonde. Labuda hatte 1987 die Idee von der Partikelablösung in aufsetzbaren mechanischen Kanal-Systemen und Hermans trug die Idee der spiralförmigen Verdichtung bei.



Abb. 29 PART-LIFT™ 1996 Part-Lift-Vorrichtung zur Erfassung des Partikel- und Faserfragment-Belags auf Oberflächen geringer Rauigkeit (Patent Labuda).

Kommen wir nun zu den damals von mir entwickelten Prüfmethoden und zumeist von Klaus Schöttle gebauten Instrumenten für das Reinraum-Verbrauchsmaterial.

Labuda-Balk-Faser-Scherprüfung

Unsere Reinigungs-Manschetten wurden in den 80ern u. a. dazu gebraucht im Lösungsmittel-getränkten Zustand zur Reinigung über die scharfkantigen Schreib-Leseköpfe von Plattenspeicher-Anlagen gerieben zu werden. Dabei entstand Faserabrieb. Nachdem wir uns von Texwipe getrennt hatten fanden wir natürlich nicht nur Freunde unter den Abnehmern. Einige unserer Gegner behaupteten unsere Manschetten gäben beim Reinigen mehr Fasern ab als die Manschetten des Wettbewerbs. Eine Prüfmethode musste her. Damals half mir der Siemens Mathematiker und Physiker Adolf Balk aus der Klemme. Er bestimmte für den Siemens-Bereich Datentechnik, dass die Manschetten nach der „Faser-Scher-Prüfung nach Labuda“ zu prüfen seien und bei dieser Prüfung lagen wir vergleichsweise gut. Eine andere Prüfmethode war damals zudem nicht bekannt.

Es gab zur Zeit der 80er Jahre noch keine Instrumente mit denen wir die Gebrauchs-induzierte Partikel-Freisetzung eines Reinigungstuchs messen konnten. Die meisten „Fachleute“ nahmen also das Tuch in die Hand, zogen und zerrten daran oder rissen es über der Sonde eines Partikelzählers in der Mitte durch. Aber so entstanden natürlich kaum plausible „Prüfergebnisse“. Ich habe dann versucht durch das von mir entwickelte „Fallkugel-Prüfgerät“ (Abb. 27) - Edgar Sirch fand dafür den Spitznamen „Labudator“ - ein wenig Ordnung in die Simulation der Gebrauchs-induzierten Partikelfreisetzung von Reinigungstüchern zu bekommen. In das Gerät wird in dessen Kopfteil ein Reinigungstuch eingespannt. Ein Fallhammer wird zwanzig Mal im freien Fall auf das gespannte Tuch fallen lassen. Einige Zentimeter unterhalb der Ebene des gespannten Tuchs ist die isokinetische Sonde eines Partikelzählers angebracht und die beim Impact der Fallkugel vom Tuch abgelösten Partikel werden in einem Partikel-Zähler gezählt und nach Größe klassifiziert. Das ganze Modell ist trotz seiner scheinbaren Einfachheit keine ganz glückliche Konstruktion gewesen, weil beim Einspannen der Prüflinge konstruktionsbedingt die Material-Spannung variierte. Es war meines Wissens das einzige Gerät das zerstörungsfreie Messungen an Overalls zuließ. Zum Beispiel hatte Werner Tomberger von Infineon Villach das Gerät jahrelang eingesetzt, um die Villacher Reinraum-Bekleidung auf partikuläre Reinheit zu prüfen. Aber gut, es hat die Zeiten nicht überlebt.

Labuda Part-Lift™ - Kollektor (Patent) (Abb. 29) zur Partikelaufnahme von planen Oberflächen. Ich habe damals gedacht, irgendwie müsste man die Partikel, die sich auf glatten Oberflächen befinden 1:1 abnehmen können, um sie dann mikroskopisch zu untersuchen. Dazu haben wir einen

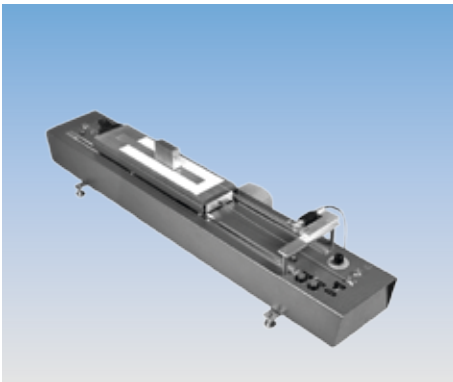


Abb. 30 Linear-Wischsimulator MK I nach Labuda, 1991.

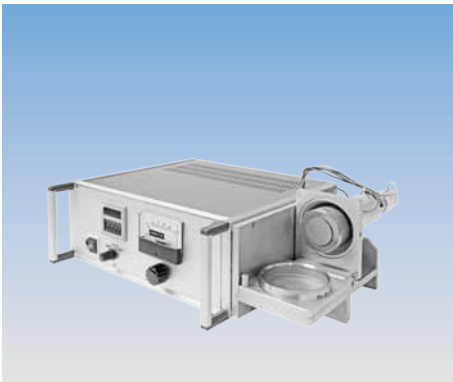


Abb. 31 Rotations-Wischsimulator MK I nach Labuda-Schöttle.

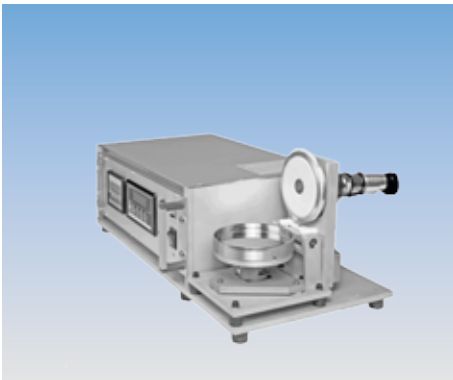


Abb. 32 Rotations-Wischsimulator MK II nach Labuda-Schöttle, 1994.

elastischen Schaumstoff-Zylinder genommen und darauf eine Adhäsionsfläche appliziert. Das Ganze wurde mit einem schraubbaren Gehäuse versehen. Der Elastomer-Stab mit Adhäsionsfläche überragte die Gehäuse-Ebene um genau 4 mm so dass der Anpressdruck immer gleich war. Dafür erhielt ich mit dem Prioritätsdatum 15-5-1995 ein Patent. Als Erste haben die Doktoranden vom Fraunhofer Instituts IPA mit dem Part-Lift™ gemessen. Sogar hat Herr Dr. Klumpp mir gestern erzählt, er habe seinerzeit bei den Versuchen im Rahmen seiner Dissertation den Part-Lift™ oft eingesetzt. Der Kollektor wurde später in veränderter Form einige Jahre lang von der Clean-Controlling GmbH in Lizenz gefertigt und ist dort heute noch erhältlich.

Labuda-Linear-Wischsimulator MK I (Abb. 30)

Eines der ersten Geräte aus meinem Portfolio war der Linear-Wischsimulator MK I. Wir wollten den Verschleppungs-Grad von Verunreinigungen unterschiedlicher Wischmittel bei wischenden Reinigungs-Prozeduren simulieren. Auf dem Schlitten befinden sich hintereinander angeordnet vier einzelne Glas-Substrate, zum Beispiel mikroskopische Objekt-Träger. Unter einem Beschwerungs-Gewicht von 1 kg das Sie dort sehen ist ein textiler Prüfling befestigt. Auf der zweiten Glasfläche befindet sich eine Verunreinigung. Das Gewicht mit dem darunter befestigten Wischmittel wird nun auf das erste Glas-Substrat aufgesetzt und bis hin zum vierten Substrat bewegt um dort zu verbleiben. Die Frage ist wie viel der Verunreinigung wurde von dem zweiten zum dritten und vom dritten zum vierten Objektträger verschleppt. Das lässt sich gravimetrisch bestimmen. So bekamen wir eine Idee davon, wie viel Verunreinigung die diversen Wischmittel beim Reinigungs-Vorgang von unterschiedlichen Verunreinigern absorbieren bzw. verschleppen.

Labuda-Textilabrieb-Prüfung

Ich hatte stets den Wunsch in Erfahrung zu bringen, was genau beim wischenden Reinigungs-Vorgang zwischen Oberfläche und Wischmittel geschieht. Es gibt ja beim wischenden Reinigen immer eine Objekt-Oberfläche die wir mit dem Reinigungstuch wischend berühren und dabei lösen sich Teilchen und chemische Substanzen vom Reinigungstuch. Wo bleiben die? Wir konnten das bis dahin messtechnisch nicht ermitteln. Dann habe ich Klaus Schöttle gebeten, er möge doch einen Simulator mit einem Rotor und einer Schale mit variabler Boden-Rauigkeit bauen. Es war bei unserer Zusammenarbeit, mit Ausnahme beim Walk-Simulator so, dass ich Klaus Schöttle mein Konzept skizzierte; er hat das dann am Computer in eine 3D-Konstruktion übertragen und ein schwäbischer Mechanik-Betrieb hat auf der Basis dieser Konstruktion ein Maschinchen gebaut. Das war hier beim MK II-Simulator (Abb. 32) nicht anders. Aber wir hatten noch etwas Zusätzliches eingebaut, was neu war für die damalige Zeit. Wir haben die Friktions-Schale beweglich auf einem ultrasensitiven Drehmomentgeber gelagert. Nun konnten wir also messen, bei welchen Wischmittel-Strukturen, Lösungsmitteln bzw. Schalen-Topographien die Hemmung der

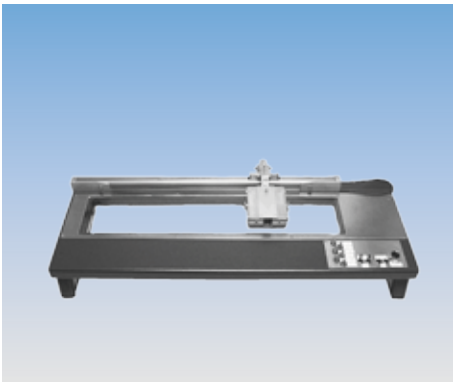


Abb. 33 Linear-Wischsimulator MK II nach Labuda zur Bestimmung der dynamischen Flüssigkeits-Aufnahme textiler Wischmittel.

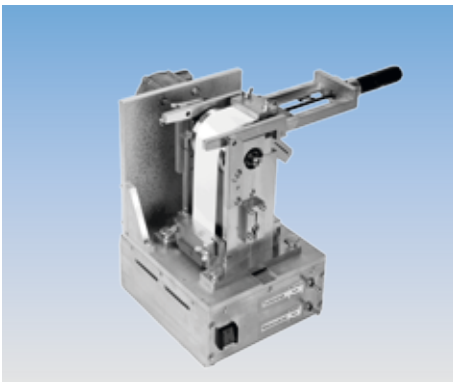


Abb. 34 Rotations-Wischsimulator MK III nach Labuda/Schöttle zur Bestimmung der Reinigungs-Effektivität von textilen Wischmitteln.



Abb. 35 Walk-Simulator MK I nach Schöttle/Labuda zur Bestimmung der Partikel-Freisetzung.

Rotor-Bewegung mehr oder weniger stark ausgeprägt ist. Wir haben für den Simulator fünf verschiedene Schalen vorgesehen mit jeweils unterschiedlicher Boden-Rauigkeit. Auf den Rotor spannten wir ein Tuch und ließen es auf den unterschiedlich rauen Böden rotieren. Dann füllten wir die Schale mit DI-Wasser und zählten die abgeriebenen Partikel mit dem Flüssigkeits-Partikel-Zähler. Dadurch hatten wir dann in Erfahrung gebracht, dass beim wischenden Reinigungs-Vorgang relativ viele Partikel freigesetzt werden können, die jedoch im Zuge einer Wischbewegung vom gleichen Tuch wieder aufgenommen werden. Das war neu für uns, und das wollen wir demnächst noch einmal genauer untersuchen.

Labuda-Dynamische Flüssigkeits-Aufnahme

In einer HiTech-Fertigung kommt es nicht selten zu Flüssigkeits-Spritzern und Lachen die schnell beseitigt werden müssen. Um den Prozess besser zu verstehen wollten wir die dynamische Flüssigkeitsaufnahme von Wischmitteln visualisieren. Wir entwickelten den Linear-Wischsimulator MK II (Abb. 33). Bei dem haben wir dann unter dem auf einer Glasplatte linear bewegten Wischmittel-Träger eine Kamera installiert, auf der Glasplatte eine Tintenlache aufgebracht und durch die Glasplatte hindurch gefilmt, wie die Tinte sich in dem Tuch verteilt, manchmal kaum, manchmal sehr schnell und manchmal sehr langsam. Das war für uns eine sehr interessante Lehre.

Labuda-Reinigungs-Effektivität

Mit jedem beliebigen Reinigungstuch lässt sich eine 1 mm dicke Fettschicht von einem Backblech leicht entfernen. Aber eine 50 nm dicke Silikonöl-Schicht mit einem Reinigungstuch bis auf 10 nm zu reduzieren kann eine kaum lösbare Aufgabe sein. Die Fragestellung auf die wir in den Jahren 2007/2008 eine Antwort suchten war: Wie können wir die Reinigungs-Effektivität eines Tuches für dünnste Verunreinigungs-Schichten messen. Wir gingen in diesem Fall folgendermaßen vor: Wir nahmen einen hochpolierten Metall-Zylinder, den wir auf einem Gestell rotieren ließen. Auf den Zylinder applizierten wir fluoreszierendes Öl und verteilten dasselbe mittels einer Rakel gleichmäßig über die gesamte Zylinderbreite. Dann fixierten wir das Tuch an einem Ende. An seinem anderen Ende befestigten wir ein Beschwerungs-Gewicht (Abb. 34). Das solchermaßen beschwerte Tuch ließen wir über den rotierenden Zylinder hängen, so dass 1/4 der Zylinder-Fläche vom Prüfling bedeckt war und wir bestimmten auf der Gegenseite des Zylinders mit Hilfe der Laser-Fluoreszenz-Analyse die über die Zeitachse abnehmende Dicke der Verunreinigungs-Schicht. Das funktioniert sehr gut und darum wissen wir heute viel mehr über die Effektivität verschieden strukturierter Reinigung-Tücher.

Schöttle/Labuda-Walksimulator (Abb. 35)

Am Ende hat mir der nicht ganz perfekte „Labudator“ doch keine Ruhe gelassen und ich habe nach einer effektiveren

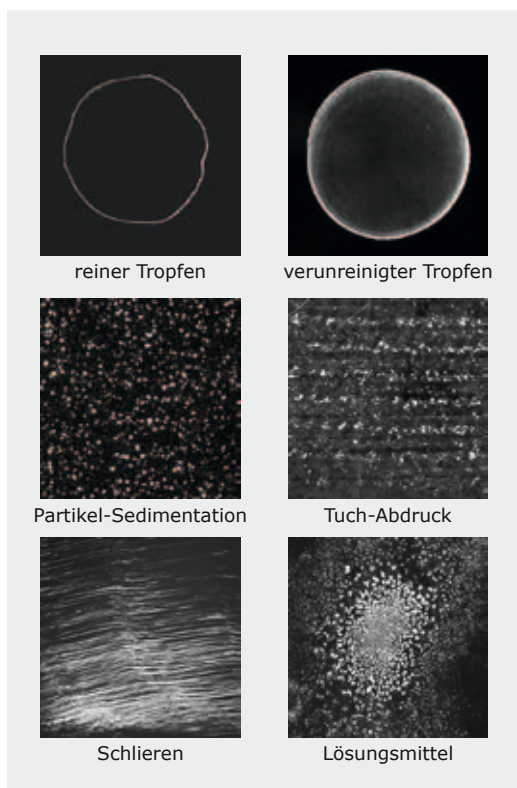


Abb. 36 verschiedene Visualisierungen mittels Indikator-Platte (Patent Labuda).

Konstruktion gesucht, um ein sichereres Ergebnis zu erhalten, als es sowohl der Labudator oder aber der bekannte Gelboflex-Simulator ermöglichten. Auch meine zweite Konstruktion hatte zunächst nicht gut funktioniert. Darüber hat der Schöttle gesagt: „Das geht nie!“ Ich habe gesagt: „Das geht doch!“ Es ging nicht, und darum heißt der daraufhin entstandene Simulator *Walksimulator nach Schöttle/Labuda*.

Die aktuelle Konstruktion funktioniert einwandfrei. In den Simulator lässt sich ein Textilstreifen einlegen. Der wird um einen Walk-Dorn herumgeführt. Der Materialstreifen wird dann automatisch abwechselnd in beide Richtungen um den dünnen Walkdorn herum gezogen. Durch den Walkvorgang werden Partikel freigesetzt. Die gelangen in die isokinetische Sonde des Partikelzählers, welche unmittelbar unter dem Walkdorn angeordnet ist. Professor Fissan denkt jetzt vielleicht: „Was sind denn das für Partikel? Sind das auch wirklich die Partikel, die während Handhabung eines Tuchs freigesetzt würden?“ und wie er so denkt, hat er vielleicht Recht; wir haben diese Partikel nie genau untersucht. Der denkbare Vorteil unseres Simulators gegenüber dem Gelboflex-System liegt in dem relativ geringen Abstand von 14,5 mm zwischen dem Ort der Partikelfreisetzung (Walkdorn) und dem oberen Sonden-Rand. So kommt es zu vergleichsweise kleinen Variations-Koeffizienten der Messwerte.

Rückstands-Visualisierung

Die Idee der Indikatorplatte (Abb. 36 bis 38) zur Rückstands-Visualisierung aus Flüssigkeiten mit hoher Verdampfungs-Geschwindigkeit hatte ihren Ursprung in der Dissertation von Herrn Dr. Bernhard Klumpp. Er hatte damals ein elektronisches Gerät zur Bestimmung der Anzahl und Größe von Partikeln und Faserfragmenten auf Oberflächen unter Zugrundelegung der Mie-Streuung vorgestellt. Im Rahmen der Beschäftigung mit

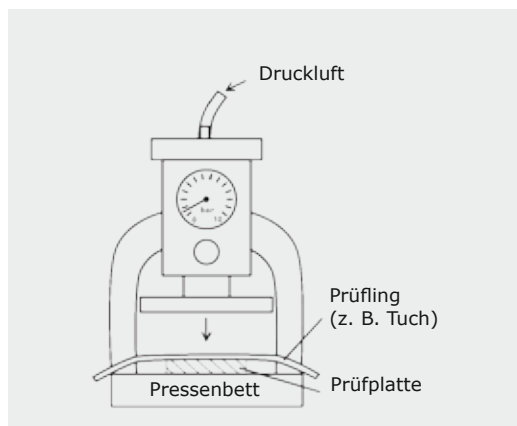


Abb. 37 Schema der Rückstands-Visualisierung mittels Indikator-Platte und pneumatischer Presse. (Vorschlag M. F. Sovinski, NASA).

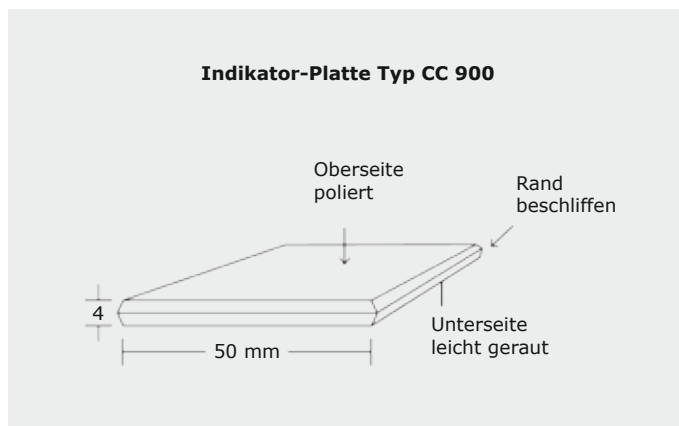


Abb. 38 Clear & Clean-Indikator-Platte zur Visualisierung von Teilchen und Nano-Schichten, Patent Labuda.

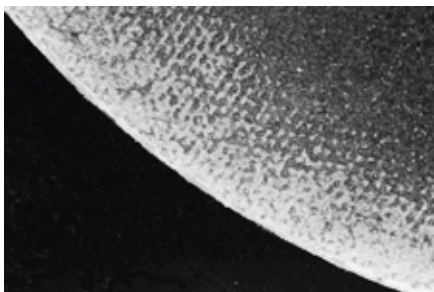


Abb. 39 Chemischer Rückstand nach textiler Flächen-Extraktion auf Indikator-Platte in Schräglicht-Reflexion.

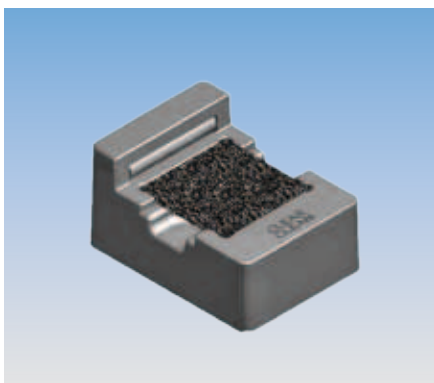


Abb. 40 MICRO-LITE™-Betrachtungs-Gerät für die Visualisierung von Partikeln, organischen Schichten und Flüssigkeits-Rückständen, das 95 x 70 x 35 mm große, Batterie-betriebene Gerät erzeugt intensives Streiflicht.

seiner Arbeit entdeckten wir ein interessantes Phänomen. Wir applizierten den Tropfen eines nicht reinen Lösungsmittels auf eine zuvor Plasma-gereinigte schwarze Glasplatte und fanden entsprechend des aus der Physik bekannten „Kaffeesatz-Phänomens“ heraus, das sich die nicht flüchtigen Verunreinigungen des Lösungsmittels je nach Masse in einem kreisförmigen Gebilde unterschiedlicher Randbreite ausbilden. Anhand der ausgebildeten Randbreite – die sie im Bild als sehr gering sehen – können wir erahnen, wie verunreinigt das geprüfte Lösungsmittel ist. Und das bildet sich bei hochreinen Lösungsmitteln als extrem schmaler Ring ab. Je mehr das Lösungsmittel hingegen verunreinigt ist, wird dieser Ring, von dem man jetzt nur die Peripherie sieht, ganz und gar zur weißen Fläche, während die Umgebung schwarz ist.

Materialabdruck-Methode

Versuchsweise haben wir poröse bzw. elastische Prüflinge unter Einsatz einer pneumatischen Presse bei hohem Anpressdruck auf eine Indikator-Platte gepresst. Wir versprachen uns davon Aufschluss darüber, ob sich in den textilen Flächengebilden Verunreinigungen befinden, die sich durch den Anpressdruck von 2 bar auf der Platte abbilden. Unser Ziel ist es, diese Abdrücke der Inhaltsstoffe mit den Analysen-Methoden FTIR-IRRAS oder Raman-FTRS zu analysieren, so dass sich bestimmen lässt, welche Stoffe in den Material-Abdrücken, also auch in den Materialien enthalten sind.

Hier (Abb. 39) sehen wir noch etwas Interessantes: Wenn wir zum Beispiel einen kreisförmigen Tuch-Ausschnitt mit versiegelter Kante auf eine Indikator-Platte legen und auf das Tuch ein paar Tropfen analytisch reines Lösungsmittel aufgeben dann bildet sich auf der Platten-Oberfläche ein Extrakt der im Tuch-Abschnitt befindlichen chemischen Verunreinigungen aus. Nach Trocknung entfernen wir das Tuch von der Platte und wenn es sehr verunreinigt war, dann sieht das so aus. Das heißt wir haben es hier mit einem extrahierenden Stoff-Transfer zu tun, und zwar aus dem textilen Gebilde heraus zur Platten-Oberfläche hin. Mit diesem wunderbaren Zeiss-Mikroskop Axiozoom V16, das mir der Volker Hagen von der Firma M-Image in Hamburg, heute auch unter unseren Gästen, geliefert hat, können wir nun visualisieren wie unrein in Wirklichkeit irgendwelche porösen Gebilde sind.

Das oben Gesagte haben wir dann weiter untersucht und uns gedacht, wenn wir die Platte im Schräglicht beleuchten (Abb. 40) dann bilden sich auch noch dünnste Schlieren, Abdrücke oder Verdampfungs-Rückstände ab. Innerhalb von Sekunden sehen wir, was wir zwar noch nicht messen können, oder auch vielleicht auch nicht messen wollen. Immerhin, wir können es sichtbar machen.



Abb. 41 Clear & Clean Forschungslabor.



Abb. 42 Clear & Clean Forschungslabor.



Abb. 43 Clear & Clean Forschungslabor, Reinraum ISO-Klasse 3.

Clear & Clean-Forschungslabor

Unser Forschungslabor (Abb. 41 bis 43) dient dem Zweck der Erweiterung des allgemeinen Wissensstandes über die verschiedenen Aspekte der Oberflächen-Reinheit soweit sie die Techniken des Reinen Arbeitens betreffen, insbesondere jedoch über das sog. Reinraum-Verbrauchs-Material, welches bei diesen Techniken Einsatz findet. Mit dem Stand Juli 2018 sind in unserem Labor etwa 40 Analysen-Systeme im Gebrauch - von der Elektronen- über die Atomkraft- bis zur Fluoreszenz-Mikroskopie, von der Tropfenkontur-Analyse bis zur UV/VIS-Spektrometrie, von der Laser-Fluoreszenz-Analyse bis zur Head-Space-Gaschromatographie, das alles ist bei uns möglich - aber noch viel mehr. In der begrenzten Vortrags-Zeit kann ich Ihnen leider nicht mehr als 11 unserer 40 Systeme kurz vorstellen:

Das Instrumentarium

Atomic-Force-Mikroskop (Abb. 44) Dieses Gerät setzen wir ein um beispielsweise die Eigenschaften ultrareiner Polymer-, Wafer- oder Glas-Oberflächen insbesondere auch Polymerfaser-Oberflächen zu erforschen, nachdem wir sie im CO₂-Plasma gereinigt haben. Da gibt es auch schon sehr schönes Bildmaterial. Wir haben prinzipiell den Plan die diversen Filament-Oberflächen der in unseren Tüchern befindlichen PES/PA-Garne mit dem AFM-Mikroskop zu untersuchen.

Hoch-Vakuum-Plasma-Generator Links (Abb. 45) sehen wir unseren Plasma-Generator mit Vakuum-Prozess-Kammer. Dort hinein werden beispielsweise die C&C-Indikator-Platten gegeben, um sie dann mit O₂-Plasma zu reinigen. Nach 90 min Verweilzeit im Plasma sollten laut Hersteller lediglich noch wenige Moleküle der ursprünglichen Verunreinigung auf der Platten- Oberfläche vorhanden sein. Auch hier würde Professor Fissan wahrscheinlich sagen, Sie werden sich wundern, wenn sie das mal so richtig analysieren; dann sind das viel mehr. Wahrscheinlich hat er Recht. Wir haben es lediglich mit dem Elektronen-Mikroskop untersucht. Die Ergebnisse sind im Clear & Clean-Laborbericht Nr. 050717-MG-01 dokumentiert.



Abb. 44 Atomic Force Mikroskop.



Abb. 45 O₂-Plasma-Generator mit Hoch-Vakuum-Kammer.



Abb. 46 Unser erstes Elektronen-Mikroskop ISI 60 im Jahr 1990.



Abb. 47 Unser neues Elektronen-Mikroskop, 2017.

Elektronen-Mikroskop Das erste Gerät, das wir 1990 angeschafft hatten war ein ISI 60 von Leitz (Abb. 46). Das war damals eine Riesen-Maschine. Man brauchte einen ganzen Raum dafür. Die Frau im Bild ist mittlerweile nicht mehr bei uns; sie wurde seinerzeit von einem unserer Mitarbeiter geheiratet. Ein modernes Elektronen-Mikroskop sieht mittlerweile so aus wie in Abb. 47. Es hat die Größe eines PC.

Mapping-Ellipsometer, (Abb. 48) ein Gerät das seinerzeit Herr Dr. Riss von Riss Ellipsometerbau in Ratzeburg für uns gebaut hat. Dieses Gerät hat für uns deswegen eine so große Bedeutung, weil wir damit die Dicke von Sub-Monolagen auf Prüf-Oberflächen analysieren können. Nur so konnten wir in Erfahrung bringen, dass wir mit unseren effektivsten Reinigungs-Tüchern auf Wafer-Oberflächen bei nieder-viskosem Paraffinöl als Verunreiniger Rest-Schichten von weniger als 0,5 nm Dicke messen konnten. Der Dr. Riss ist wirklich ein schlauer Fuchs. Nicht nur kann er rechnen wie Maxwell. Er ist auch einer der Inhaber des Clear & Clean-Forschungs-Preises (2015) für die Entdeckung der Weitfeld-Affinität zwischen Antigenen und Antikörpern bei den Interaktions-Kinetiken von menschlichen Antikörpern und rekombinanten Antigenen. Er publizierte den mathematischen Beweis für seine These in der Juni- 2011- Ausgabe der Zeitschrift „European Biophysics Journal“.

In der abgebildeten Folie habe ich nur ein Beispiel dafür gezeigt, was man mit dem Riss-Mapping-Ellipsometer alles machen kann. In Abb. 49 sehen wir ein Diagramm aus einem Vortrag den unser Herr Szabang vor Kurzem, während der Lounges 2018 in Karlsruhe gehalten hat. Wenn wir eine Oberfläche gezielt verunreinigen und die Verunreinigung danach 150 nm Dicke hätte, dann erreichen wir durch wischendes Reinigen mit unserem effektivsten Reinigungs-Tuch eine Dicke von 10 nm. (Zwischenfrage: wie viel Mal haben sie gereinigt, Herr Szabang? Antwort „Einmal.“ Und wenn Sie ein zweites



Abb. 48 Mapping-Ellipsometer nach Dr. Riss (Sub-Nano-Bereich).

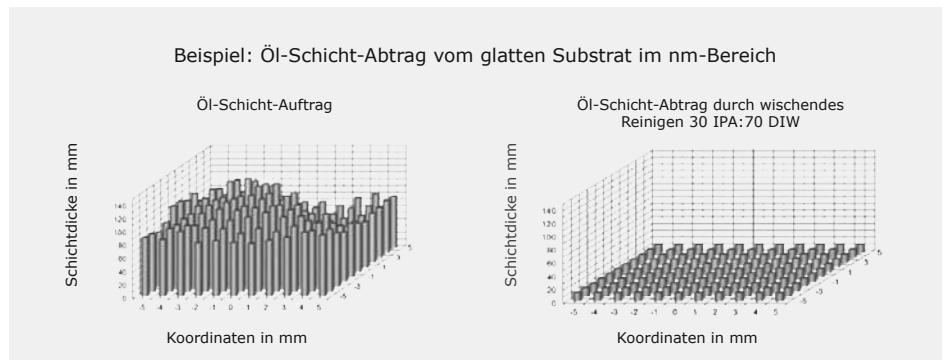


Abb. 49 3-D Mapping-Diagramm mit Dr. Riss-Ellipsometer. Die Diagramm-Höhe entspricht 150 nm, die Diagramm-Fläche entspricht 10 x 10 mm.

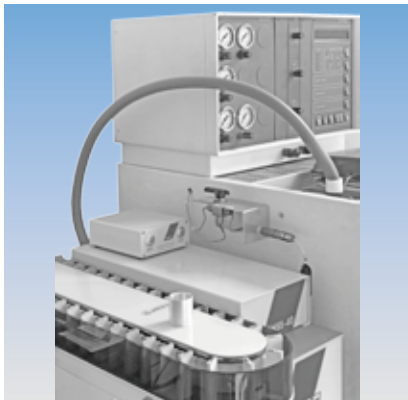


Abb. 50 Headspace-GC Gas-Chromatograf zur Ausgasungs-Messung von Verbrauchsmaterial der Reintechnik.



Abb. 51 Kapillar-Elektrophorese-Apparat zur An- und Kationen-Bestimmung in Flüssigkeits-Extrakten.

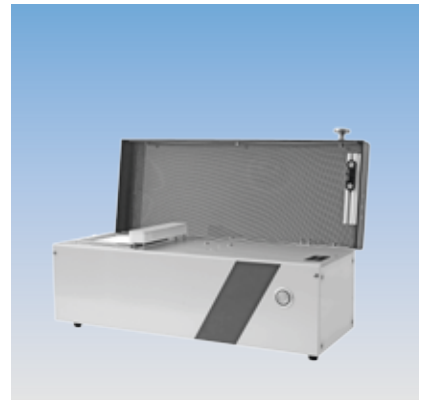


Abb. 52 Elektr. Ladungs-Messgerät.

Mal gereinigt hätten? „Dann wäre wahrscheinlich alles weg.“ Dann wäre alles weg? - Dann wäre alles weg sagt er.) (freundliches Gelächter beim Fach-Publikum). Hier sehen wir also das 3D-Mapping mit diesem Ellipsometer. Ich finde das ist für die Oberflächen-Reinheit im 10-Nanometer-Bereich eine sehr interessante Visualisierung. So deutlich wie der Effekt einer wischenden Präzisions-Reinigung im Nanometer-Bereich hier gezeigt ist, so hat man das - glaube ich - bisher noch selten gesehen.

Headspace-GC (Abb. 47) Seit einiger Zeit besitzen wir einen Gas-Chromatografen mit Headspace-Probengeber zur Dampf-raum-Analyse. Das bedeutet, wir können möglicherweise vorhandene Ausgasungen aus reinem Verbrauchsmaterial - wie zum Beispiel aus unseren ultrareinen Wischmitteln - chemisch analysieren und deren Inhaltsstoffe bestimmen.



Abb. 53 DIC-Mikroskop, Differential-Interferenz-Kontrast zur Visualisierung transparenter Tropfen-Gebilde.



Abb. 54 Flüssigkeits-Partikelzähler, Größen-Bereich der Teilchen = 0,5 - 600 μm .



Abb. 55 FTIR-Spektrometer.



Abb. 56 Automatisiertes Lichtmikroskop Axio Zoom.V16 mit Fluoreszenz-, Pol-, Differentieller Interferenz und Phasen-Kontrast für Durch- und Aufsicht-Beleuchtung.

Kapillar-Elektrophorese-Apparatur (Abb. 48) Mit großem Aufwand haben wir in diesem Jahr für alle uns zur Verfügung stehenden HiTech-Reinigungstücher, sowohl aus der eigenen Produktion als auch aus der Produktion diverser Mitbewerber, nach einer Lösungsmittel-Extraktion den Anionen- und Kationenbestand bestimmt. Zur Extraktion haben wir unseren programmierbaren Mikrowellen-Analysator benutzt.

Elektrischer Hochspannungs-Generator (Abb. 49) In unserem Labor haben wir ein Verfahren entwickelt, das es uns gestattet, unter bestimmten Voraussetzungen innerhalb einer Messzeit von < 2 Minuten den Reinheitsgrad (z. B. Spinöl-Rückstände) planer textiler Flächen-Gebilde zu bestimmen. Dies war zuvor vor Allem gravimetrisch mittels NIR oder NMR möglich

Differential Interferenz-Kontrast-Mikroskop

In der Abb. 53 sehen wir mein „altes“ Mikroskop mit Differential-Interferenz-Kontrast-Bildgebung. Damit lassen sich kleinste tropfenförmige Verunreinigungen vielfarbig und quasi drei-dimensional darstellen.

Flüssigkeits-Partikelzähler (Abb. 54) benutzen wir u. a. zur Bestimmung des partikulären Dekontaminations-Zustands unserer Wischmittel und anderer Produkte. Sie erleichtern und verkürzen das Arbeitspensum und erhöhen die Mess-Genauigkeit.

FTIR-Spektrometer (Abb. 55) sind physikalische Analysengeräte für die chemische Analytik organischer Substanzen. Mit ihrer Hilfe bestimmen wir sekundenschnell die chemische Zusammensetzung von Extrakten aus textilen Werkstoffen, Handschuhen oder Hilfsstoffen.

Dies waren jetzt nur einige Geräte von den 40 die uns zur Verfügung stehen. In der Kürze der Zeit kann ich jedoch auf die anderen nicht näher eingehen.

Die Fachaufsätze

Es war stets mein Wunsch, das erworbene Wissen durch Publikation weiterzugeben. Dafür habe ich 40 Fachaufsätze geschrieben und viele Verfahren offengelegt, die andere Hersteller oft für sich behalten. Ich arbeite ganz im Sinne des amerikanischen Physikers Alvin Lieberman. Mit seinem Namen ist in den Vereinigten Staaten eine hohe, ungewöhnliche Ehrung des IEST - Institute of Environmental Sciences and Technology für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Technik benannt. Sie wird vergeben mit dem Wortlaut:

„This award is presented for significant contributions to the success of others through mentoring, and willingness to share expertise. This award is meant to recognize an individual's unselfishness, and willingness to help others in any technical field.“



Abb. 57

(Diese Ehrung wird für bedeutende Beiträge zum Erfolg Anderer durch Mentoring und die Bereitschaft zum Austausch von Fachwissen verliehen. Die Ehrung soll die Selbstlosigkeit einer Person anerkennen und deren Bereitschaft zur Unterstützung Anderer auf technischem Gebiet.)

Ich habe zusammen mit meinen Ko-Autoren in den Jahren von 1988 bis 2018 etwa 40 Fachaufsätze (Tab. 2) publiziert, die meisten davon mit Wiley-VCH - früher GIT-Verlag. Frau Dr. Katja Habermüller - Director Corporate Sales und der Chefredakteur der Zeitschrift ReinRaumTechnik Herr Dr. Roy Fox sind heute unter unseren Gästen und sie haben mir - gewissermaßen als Geburtstags-Geschenk sogar eine handschriftliche Grußbotschaft von Sir James Fraser Stoddart mitgebracht. Herzlichen Dank für diese besondere Ehre. Mit dem Wiley-Verlag verbinden mich 20 Jahre guter Zusammenarbeit. Wir haben sehr viele und manch exklusive Publikationen zusammen gemacht, wie vor kurzem beispielsweise eine Sonderbeilage von 42 Seiten Umfang zum Thema Reinraum-Verbrauchsmaterial. Vielen Dank an Sie Beide aber auch an den unvergessenen Dr. Heiko Baumgartner zu Hause in Weinheim, an meinen Lektor Dr. Heinz-Josef Kiggen und an alle die unsichtbaren Helfer für diese langjährige und phantastische Zusammenarbeit.

Dank

Und schließlich: gehört an einem solchen Tag zu all dem auch ein Dank und den möchte ich nun an Sie alle richten:

Dank Ihnen Allen, die Sie in so herzlicher Bereitschaft und in großer Zahl zu uns gekommen sind, um meinen 80. Geburtstag mit uns zu feiern. Jeder von Ihnen war oder ist mir zu irgendeiner Zeit meines Lebens nah, bedeutungsvoll oder sogar unverzichtbar gewesen. Heute ist der Tag gekommen, Ihnen Dank zu sagen. Gerne würde ich auch in die Vergangenheit reisen und diejenigen um Vergebung bitten, deren Ansprüchen ich nicht gerecht werden konnte. Ich hatte ein großartiges, erfülltes Leben in dem ich ein Übermaß an freundschaftlicher Unterstützung für alle meine Pläne, unverdienten materiellen Wohlstand und relative Gesundheit bis ins hohe Alter genossen habe. Mein Herrgott hat mich gut geleitet.

Abschied ist wenn man - sein Werk auf die ausgestreckte Hand gelegt - wartet um zu sehen, ob man ihm Flügel verleihen konnte. Wenn dies gelang, dann ist Abschied nicht schmerzhaft. Das ist die Hoffnung. ■

Fachaufsätze Win Labuda und Kollegen von 1988 bis 2018

1	1988	Ionische und Partikel-Kontamination durch das Verbrauchsmaterial	VDI-Report 693, 1988, München
2	1989	Qualitätssicherung beim Reinraum-Verbrauchsmaterial	VDI-Report 783, 1989, Stuttgart
3	1990	Messung der Partikel-Freisetzung von Reinraum-Tüchern	ICCS-World-Congress, Zürich, 1990
4	1991	Die Labuda-Colander-Methode, Verfahren zur Messung des Gebrauchs-Abriebs	VDI-Report 919, 1991, Bielefeld
5	1994	Qualitätsmerkmale von Reinraum-Papieren	VDI-Report 1095, 1994, Stuttgart
6	1994	Belastungs-Diagramm für Reinraum-Tücher	VDI-Report 1095, 1994, Stuttgart
7	1995	Laser-carving, Modifizierung textiler Oberflächen zur Erhöhung der Reinigungseffizienz	Techtextil-Symposium Frankfurt, 1995
8	1996	Druckabhängiger Partikel-Kollektor	ICCS-World-Congress, Den Haag, 1996
9	1997	Triboelektrische Effekte beim Einsatz von Reinraum-Tüchern und Papier	VDI-Report 1342, 1997
10	1997	Reinraum-Verbrauchsmaterial Teil 1 Reinraum-Tücher und Papier	Clear & Clean-Schriften, 1997
11	1998	Ein persönlicher Rückblick auf 20 Jahre Forschung, 1978 - 1998	Clear & Clean-Schriften, 1998
12	2000	HiTech-Reinigungstücher - Präzisionswerkzeuge moderner Fertigungskultur	ReinRaumTechnik 1/2000
13	2000	Schutzhandschuhe der Reintechnik - Elastische Barriere Mensch / Produkt	ReinRaumTechnik 2/2000
14	2000	Reinraum-Papiere - Mobile Datenträger der Reintechnik	ReinRaumTechnik 3/2000
15	2001	Die Kosten des wischenden Reinigens im Reinraumbetrieb	ReinRaumTechnik 1,2/2001 akt. 2014
16	2001	Qualitätsoptimierung des Reinraum-Verbrauchsmaterials	ReinRaumTechnik 3/2001
17	2002	Reinraumtechnik aus Passion Heiko Baumgartner interviewt Win Labuda	ReinRaumTechnik 2/2002
18	2002	Reinheit als Systemparameter	ReinRaumTechnik 3/2002
19	2003	Die Bewertung des Reinraum-Verbrauchsmaterials	ReinRaumTechnik 2/2003
20	2003	Die Oberflächenreinheit nach einer Feuchtreinigung mit Präzisions-Reinigungstüchern	ReinRaumTechnik 3/2003
21	2004	Beeinträchtigung der Oberflächenreinheit durch die Inhaltsstoffe Lösungsmittel-getränkter Reinigungstücher	ReinRaumTechnik 1/2004
22	2004	Die kosten-bestimmenden Größen einer Reinigungsprozedur	ReinRaumTechnik 3/2004
23	2005	Elektrische Oberflächen-Ladungen im Fertigungs-Umfeld der Halbleiter-Industrie (in drei Folgen)	ReinRaumTechnik 1,2,3/2005
24	2006	Der Effekt Laser-induzierter Mikro-Rauheit textiler Fasern T. Bahnert, K. Opwis, T. Textor, W. Labuda, E. Schollmeyer	Kash L. Mittal "Particles on Surfaces: Detection, Adhesion and Removal", Band 9
25	2006	Reinigungstücher: Handhabungs-Varianten und wirksame Oberfläche	ReinRaumTechnik 1/2006
26	2007	Die Clear & Clean-Prüfmethoden für Reinigungs-Tücher und Papiere der Reintechnik	Clear & Clean-Schriften, 2007 und 2013
27	2008	Win Labuda - Forscher, Unternehmer, Künstler - eine Biographie im Jahre 2008	ReinRaumTechnik 3/2008
28	2009	Zeitbedarf und Oberflächenreinheit bei wischenden Reinigungs-Prozeduren	Clear & Clean-Schriften, 2009
29	2009	Klassierung von Reinraum-Tüchern nach Reinigungsleistung	ReinRaumTechnik 3/2009
30	2013	Partikel-Freisetzung von Reinraum-Tüchern - Der neue Schöttle-Labuda Walksimulator Mk I	ReinRaumTechnik 4/2013
31	2014	Mikro-Kontamination von Oberflächen durch wischendes Reinigen	ReinRaumTechnik 3/2014
32	2014	Das wischende Entfernen nanoskaliger Verunreinigungen (Vortrag)	Lounges 2014, Stuttgart, 4. Juni 2014
33	2015	Minderung der Oberflächen-Qualität durch wischendes Reinigen (Vortrag)	Lounges 2015, Stuttgart, 20. Mai 2015
34	2015	Reinraum-Verbrauchsmaterial - Kontaminationsquelle im reinen Fertigungsprozess?	ReinRaumTechnik 4/2015
35	2016	Realität und Simulation - bei der Prüfung der Gebrauchs-Partikel-Streuung (Vortrag)	Lounges 2016, Stuttgart 5. April 2016
36	2017	Reinraum-Verbrauchsmaterial - Aspekte, Prüfmethoden Argumente	ReinRaumTechnik 1/2017
37	2017	Kommentar zu Labudas Aufsatz „Reinraum-Verbrauchsmaterial - Aspekte, Prüfmethoden Argumente“ von Thomas von Kahlend	ReinRaumTechnik 2/2017
38	2017	Visualisierung von Mikro-Verunreinigungen – Indikatorplatte für Flüssigkeits-Rückstände, Materialabdrücke und Partikel	ReinRaumTechnik 2/2017
39	2018	Zur Geschichte des Reinen Arbeitens	ReinRaumTechnik 3/2018
40	2018	Beitrag zur Reinheit der technischen Systeme	Clear & Clean-Schriften, 2018

Die Fachzeitschrift „ReinRaumTechnik“ wurde bis 2008 vom GIT-Verlag, Darmstadt herausgegeben, seit 2009 erscheint sie im Wiley-VCH Verlag, Weinheim.

