

Mikrobielle Aspekte in der Spültechnik der Oberflächentechnik

Lösungen mit Microfloat[®], Microspear[®] und Microlight[®]

Microbial aspects of rinsing in surface technology Solutions by Microfloat[®], Microspear[®] and Microlight[®]

Von Martin Sörensen, Gustav Csik und Jürgen Weckenmann, Karlsruhe

Die stets steigenden funktionellen Anforderungen an die Oberflächentechnik im Allgemeinen und die Leiterplatte im Besonderen führten in den letzten Jahren zur Entwicklung einer Vielzahl von neuen Techniken und zur immer feineren Strukturierung und komplexerem Aufbau der Leiterplatte. Bis die Serienreife bei einem komplexen Multilayer erreicht wird, sind mehrere Entwicklungsstufen und Praxiserprobungen notwendig. Um bei diesen zusätzlichen Entwicklungskosten noch preiswert und konkurrenzfähig produzieren zu können, muss jeder einzelne Herstellungsprozess sicher und störungsfrei ablaufen. Hierfür wurden QM-Systeme entwickelt und umgesetzt.

Die eingesetzte Chemie sowie die gesamte Prozessführung werden ständig weiterentwickelt und verbessert. Die einzelnen Prozessschritte sind durch Messungen von geeigneten Kenngrößen (Stromdichte, Literbelastung, Hull-Zellen-Eigenschaften, CVS, Leifähigkeit, pH-Wert, Temperatur, TOC-Gehalt, u.ä.) überwacht und gesichert. Obwohl das Wasser die *Hauptchemikalie* in allen Prozessen und anschließenden Spülstufen darstellt, beschränken sich die Anforderungen an die Wasserqualität meistens auf die Salzfracht und deren Parameter (enthärtetes, voll-entsalztes Wasser, etc.). Die biologischen Parameter werden jedoch wenig beachtet und fallen höchstens auf wenn es schon zu spät ist. Untersuchungen zeigen dann, dass der Ausschuss aufgrund von Keimzahlen, die nahe an der biologischen Sättigung liegen, bedingt war und der wirtschaftliche Schaden oft weit über dem liegt, was eine sinnvolle Biologische Barriere ohne schädliche Nebenwirkungen gekostet hätte.

Wird (wenn überhaupt) eine gewisse mikrobiologische Qualität gefordert, gibt es kaum systematische Untersuchungen und Überwachung in der Praxis.

The continuous increasing functional requirements on surface technology in general, and printed circuit boards especially has led in the recent years to development of a variety of new techniques and to always finer structures and more complex design of boards. Until the maturity for serial-fabrication of a complex multilayer is achieved, numerous development steps and practice tests are necessary. To keep the production with these additional development costs still inexpensive and competitive, the manufacturing itself needs to be proceeded safe and undisturbed. For this purpose QM-systems were developed and realised.

The applied chemistry and the process management will be continuously improved and developed. The process steps are by monitoring of suitable parameters (current density, volume charge, Hull-cell, CVS, conductivity, pH-value, temperature, TOC, ...) controlled and assured. Although the water is the main *process chemical* in all stages and following rinses, the requirements on water quality are usually limited to salt load (softened, deionised water, etceteras). Unfortunately it will be paid only a very poor attention to biological parameters and these will be accepted as important only when *it is already too late*. Examinations point out, that the reason for reject due to poor product quality was even generated through *CFU* (colony forming units) near to biological saturation. It will be also apparent that the economic losses are much more higher as the investment in a *bacterial barrier equipment* without harmfully secondary effects.

If there are any biological quality criteria (if at all), there is no systematically examination and control in practice.

1 Mikroorganismen und deren Lebensraum

Die Mikroorganismen haben sich im Laufe der Evolution an die extremsten Lebensbedingungen angepasst. Die Fähigkeit, Lebensräume mit oder ohne Sauerstoffzufuhr zu erschließen, ist allgemein bekannt (aerobe / anaerobe Biologie). Demgegenüber sind die Toleranzen der Mikroorganismen gegen Druck, extreme Temperaturen und pH-Werte, Schwermetallkonzentrationen, u.ä. weitgehend unbekannt. Auf diesen interdisziplinären Gebieten wird intensiv geforscht und nach neuen Anwendungen gesucht. Als Beispiele seien nur Stichwörter wie *Bio-Remediation*, *Biofiltration*, *biologische Schwermetallrückgewinnung*, *Fermentation* und die *Produktion von pharmazeutischen Wirkstoffen in Mikro-Kulturen* erwähnt.

Dabei darf das Potenzial (im guten wie im schlechten Sinn) dieser Mikroorganismen auf keinen Fall unterschätzt werden. Unter guten Bedingungen wird die Verdoppelung der Keimzahlen alle 10 Minuten problemlos erreicht. Dies bedeutet in der Praxis, dass innerhalb einer Stunde aus 1 Keim/mL (eine Zahl, die technisch keinerlei Konsequenzen hat) 100 Keime/mL werden. Eine Zahl, die unter Umständen noch unbemerkt bleiben kann. Eine weitere Stunde später sind es schon 10.000 Keime/mL (10^4). Das liegt bereits in der Nähe der Biologischen Sättigung von 10^6 Keimen. Nun zeichnen sich ernsthafte Konsequenzen ab: Keime sterben ab und bilden Schleime und Fäden, und Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen verändern die Prozessqualität durch chemische Wechselwirkungen. Ferner können sich höhere Lebewesen (z.B.: Algen) bilden. Doch diese Qualitätsverluste bleiben meist als *Spinnen der Anlage* oder *das passiert ab und zu* unerkannt. Eine biologische Ursache wird oft erst dann vermutet, wenn auf zu beschichtenden Teilen *Algenwachstum* zu erkennen ist.

In der Leiterplattenfertigung bieten die einzelnen Produktionsstufen für geeignete Mikroorganismen günstige bis optimale Lebensbedingungen. Die essentiellen Anforderungen – Wasser, Nährstoffe (Bad-Organika), Spurenelemente (Ni, Zn ...), günstige Temperaturen – werden nahezu immer erfüllt. Das Vorhandensein von Schwermetallen oder anderen Schadstoffen, insbesondere bei Konzentrationen wie diese in Spülwasser vorkommen, stellen für

1 Micro organisms and their environment

In the course of evolution the micro-organisms have adapted themselves to the most extreme living conditions. The ability to live under conditions with or without oxygen is well-known (aerobic / anaerobic biology). On the other hand, the tolerance against pressure, extreme temperatures and pH-values, heavy-metal concentrations is in great extent unknown. On these interdisciplinary fields an intensive research work will be proceeded and new applications investigated. As examples let be noted key words as *bioremediation*, *bio-filtration*, *biological heavy-metal recovery*, *fermentation* and *production of pharmaceutical agents in micro-cultures*.

At the same time the potential of micro-organisms (in sense of good or bad terms) may not be undervalued. Under normal conditions in each 10 minutes period the doubling of germs is typically. That means in practice that 1 germ/ml (a digit at which there is not any technical consequence) can propagate within one hour 100 germs/ml. This count can remain under certain circumstances still unnoticeable. One hour later there are 10.000 germs/ml (10^4). This value is close to biological saturation of 10^6 germs/ml. Now can begin serious problems and consequences. The germs die and create slime and fibres. Upper organisms (e.g. algae) can be also created. The metabolism products of micro-organisms attack and modify the process quality by chemical interactions. However these losses of quality remain mostly as *madness of plant* or *it happens now and then* unrecognised. The biological causality will be supposed only than when on plating goods already *growth of algae* can be observed.

In PCB production the single process stages offer for suitable micro-organisms favourable (up to optimal) living conditions. The essential demands – water, nutrients (bath-organics), trace elements (Ni, Zn, ...), favourable temperatures – are fulfilled almost at each time. The presence of heavy metals or another pollutants, particularly at concentrations as these are given in rinse water, are for suitable species no obstructive limitation, because these can

geeignete Spezies keine Begrenzung dar, da sich die Mikroorganismen relativ schnell spezialisieren und an das Medium optimal anpassen (Schadstofftoleranz, Anpassungsmechanismen). Ein hierbei oft beobachtetes Phänomen ist die Tatsache, dass chemische Keulen immer nur eine kurze Zeit wirken und danach das Produkt gewechselt werden muss, um wieder Kontrolle über die Keime zu erlangen.

In *Abbildung 1* sind die möglichen Wege eines mikrobiologischen Befalls dargestellt.

2 Die Praxis

Für den Praktiker sind verstopfte Filter, Beläge an Behälterwänden bzw. in Rohrleitungen gut bekannt. Leider werden die gebildeten Biofilme erst wahrgenommen, wenn akute Störungen in der Produktion aufgetreten sind und eine schnelle Handlung notwendig ist. Die Gegenmaßnahmen beziehen sich i.d.R. auf die Beseitigung der Folgen: Die Beläge in den Rohrleitungen und Spülwannen werden desinfiziert und (soweit möglich) ausgespült, die im System eingebundenen Filtervorrichtungen (Kiesfilter, Ionenaustauscher, etc.) müssen mit verträglicher Chemie desinfiziert und gereinigt werden.

Die Kosten für Produktionsausfall, Material- und Arbeitsaufwand sind erheblich. Dass i.d.R. nur die

quickly specialise themselves and adapt optimal to given media (tolerance to pollutants, adaptation-mechanisms). In this connection an often observed fact is, that dosing of chemicals is only for a short time effective and new ones have to be applied to obtain the control about growth of germs once again.

The possible ways of microbial attack are shown in *figure 1*.

2 Practical examples

For practitioner are blocked filter, coatings on tank walls and inside of pipes respectively well-known. Unfortunately formed bio-films will be only than noticed, when acute failures in production appear and a quick action is necessary. The counteractive measures refer usually only to elimination of consequences. The films in pipes and tanks are sanitized and (as far as possible) flushed. In the system integrated filter equipments (gravel filter, ion exchanger, etceteras) have to be cleaned with compatible chemicals and to be flushed.

The costs for breakdown of production, material and labour expenses are considerable high. That only the consequences of an microbial attack have been

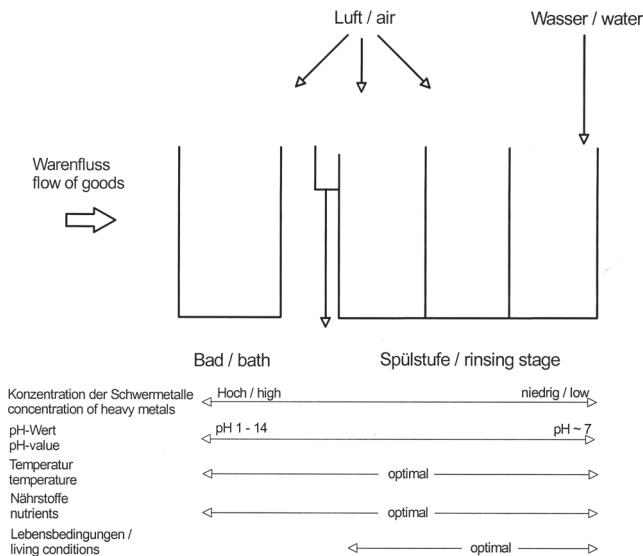


Abb. 1: Mögliche Wege eines mikrobiologischen Befalls; typische Situation in einem Galvanikbetrieb
 Fig. 1: Possible ways of microbial attack; typical situation in the surface treatment industry

Folgen eines mikrobiellen Befalls beseitigt werden und hier andere Lösungsansätze notwendig sind, bleibt unbeachtet. Einer systematischen Untersuchung der Problematik sowie Auslegung von geeigneten Gegenmaßnahmen wurde bis heute kaum der notwendiger Raum gewidmet.

2.1 Konzeption mit Microfloat®, Microspear® und Microlight®

Die *a.c.k. aqua concept GmbH* hat die genannte Problematik aufgenommen, untersucht und wirksame Konzepte in Verbund mit entsprechender Anlagen- und Verfahrenstechnik entwickelt.

Als Ergebnis ist eine Reihe von Produkten entstanden, mit deren Kombination jeder Praxisfall gelöst werden kann. Als Basis dient die physikalische Desinfektion mittels UV-Licht. Anwendungsspezifisch wurden drei Gerätereihen entwickelt (Tab. 1). Diese Geräte werden mittlerweile bei einer Vielzahl von qualitätsorientierten und namhaften Unternehmen erfolgreich eingesetzt:

- *Microfloat*®: Als schwimmende *Barriere* desinfizieren die in einen Schwimmkörper integrierten UV-Strahler nicht nur Wasser, sondern auch oberhalb des Flüssigkeitspegels befindliche feuchte Behälterwände und die Luft, ohne dass unbestrahlte Schattenbereiche verbleiben. Durch lange Bestrahlungszeiten wird der Behälter zum äußerst wirksamen UV-Reaktor umgewandelt;

eliminated and here another solutions and methods are necessary remain without appropriate attention. Till to this date there is no systematic examination of problems and interpretation of suitable measures for practice.

2.1 Design with Microfloat®, Microspear® and Microlight®

a.c.k. aqua concept GmbH has examined the problems mentioned above and developed effective concepts together with adequate installations and suitable process engineering.

As a result a series of products were developed. With combination of these all practice cases can be solved. As a basic principle serves the physical disinfection with UV light. Three custom-designed device-ranges were created (Tab. 1). In the meantime these devices are successful installed in multitude of quality-oriented well-known companies:

- *Microfloat*®: As a *swimming barrier* disinfect into a swimming body built-in UV-lamps not only the water but also the humid tank-walls upside the fluid level and the air. There is no building of shade areas. By means of a long exposure times the tank is altered in a supremely effective UV reactor;

Tab. 1: UV Desinfektion nach dem Konzept MMM

zu desinfizierende Komponente	Eintrag von Mikroorganismen durch	UV-Desinfektion mit
Vorratsbehälter	Zulaufwasser, Luft	Microfloat® und/oder Microspear®
Ionenaustauscher, Umkehrosmose	Zulaufwasser	Microlight®
Rohrleitungssystem	Zulaufwasser	Microlight®
Spülen	Zulaufwasser, Luft	Microspear®

Anmerkung: Bei bereits gebildetem Biofilm muss eine gründliche Desinfektion und Reinigung des Systems mit Produkt *Microcip2* durchgeführt werden; danach präventive UV-Desinfektion nach dem Konzept MMM

Tab. 1: UV Disinfection according to concept MMM

Component to be disinfected	Entry of microorganisms through	UV-Disinfection with
Storage tanks	supply water, air	Microfloat® and/or Microspear®
Ion exchanger, Reverse Osmosis	supply water	Microlight®
Piping work	supply water	Microlight®
Rinses	supply water, air	Microspear®

Remark: If there already a biofilm formation is present, the whole system must be disinfected and cleaned with product *Microcip2*; subsequently preventive UV-disinfection according to concept MMM

- *Microspear*[®]: wo *Microfloat*[®] aus Gründen des Raums oder der Geometrie nicht eingesetzt werden kann (z.B. in Spülen mit Warenträger-Durchsatz oder in Durchlaufanlagen), wird das Gerät *Microspear*[®] angewandt. Die damit zu desinfizierende Komponente und das Spülwasser werden optimal abgestrahlt;
- *Microspear*[®]: if there is not suitable space or the geometrie not allowed the use of *Microfloat*[®] (e.g. rinses with throughput of goods or reel to reel plants, ...), *Microspear*[®] device should be used. The components to be disinfected and rinse water will be by use of *Microspear*[®] optimal irradiated;
- *Microlight*[®]: ein System für die Durchlaufentkeimung mit optimierter und patentierter Strömungshydraulik. Die im Reaktor optimierte Strömung gewährleistet eine *homogenisierte* UV-Bestrahlung und erlaubt dadurch wirksame UV-Desinfektion auch bei sehr hohen SAK-Werten.
- *Microlight*[®]: the throughput device with optimised and patented hydraulic flow. The optimised measures in reactor assure a *homogenised* UV-irradiation and approve thus an efficient UV-disinfection even at very high SAC values.

2.2 Anwendungsbeispiele aus der Praxis

Typische Anwendungen in der Praxis sind in *Tabelle 2* zusammengefasst.

2.2 Practice proven example

Typical, production proven applications in PCB manufacturing are shown in *table 2*.

Tab. 2: Typische produktionserprobte Anwendungen aus der Oberflächentechnik

Anwendung	Inhaltsstoffe	Lösung
Lagertanks	VE-, Stadt-, RO – wasser	Microfloat [®] 3/1
Spülen	Alle Spülen für chemische Elektrolyte (Cu, Ni, Au) Drag out-Spülen und Spülen elektrolytischer saurer Kupferlinien Drag out-Spülen und Spülen saurer und neutraler Goldlinien	Microspear [®] 40
Horizontalanlagen	alkalische Entwickler und Spülen Spülen nach Sn-Stripper in PTH-Linien Vor- und Nachreinigung in hot-air-Anwendungen Spülen nach Probimer-Entwickler Vorreinigung vor einer solder-mask-Anwendung	Microspear [®] 15 Einheiten zwischen den Laufrollen und in den Maschinensümpfen.

Tab. 2: Typical production proven applications in PCB manufacturing

Application	Substances	Solution
Storage tanks	d.i.-, tap-, RO-water	Microfloat [®] 3/1
Rinse tanks	All rinses after electroless bath (Cu, Ni, Au) Drag out tanks as well as rinses of electrolytic acid copper lines Drag out tanks and rinses of acid as well as neutral gold plating lines	Microspear [®] 40
Horizontal plating equipment	alkaline developer and rinses Rinses of Sn-stripper in PTH-lines Pre-cleaning- and cleaning in hot-air-process Rinses after probimer-developer Pre-cleaning of solder-mask-application	Microspear [®] 15 Units between rollers and in machinery sumps

In Vorratsbehältern oder Spülen sind für Wachstum von Mikroorganismen optimale Bedingungen vorhanden. Bakterien, Pilze und Algen wachsen an der Wand der Tanks und kontaminieren das Wasser, da die Verweilzeit und die Lebensbedingungen hervorragend sind. Qualitätsprobleme an galvanisierten Teilen sind die Konsequenzen. Unerwünschte Produktionsausfälle sind in regelmäßigen Intervallen an der Tagesordnung.

Abbildung 2 zeigt eine bebrütete Wasserprobe aus einem VE-Wassertank einer Europäischen Leiterplattenfertigung mit hoher Produktqualität. Obwohl das Wasser für das Auge sehr klar und sauber aussieht und nur eine sehr geringe Leitfähigkeit aufweist, zeigt die Auszählung der KBE

bedenkliche Zustände (KBE: Koloniebildende Einheiten; die im Wasser enthaltenen für das Auge unsichtbare Keime kontaminieren den Nährboden und wachsen hier zu Kolonien an, die mit dem Auge ausgezählt werden können). Dieses Wasser wird nun zu Spülzwecken in alle verbundenen Stationen gepumpt und wirkt dabei als Infektionsherd. Dies bewirkt, dass aus allen kritischen Stationen, in denen optimale Wachstumsbedingungen herrschen, Bio-Fermenter werden. Praktisch alle Spülen in der Oberflächentechnologie bieten gute bis sehr gute Lebensbedingungen (warmes Wasser, Elektrolyte, Spurenelemente, Kohlenstoffquellen und Sauerstoff sind ausreichend vorhanden), so dass die Anlage schnell in die biologische Sättigung läuft (Abb. 3, unten). Die Wände sind dann mit einer schleimigen Keimschicht überzogen oder Algen schwimmen frei im Wasser herum und es kommt zu Bio-Fouling. Belegen die Mikroorganismen die beschichteten Teile, so geht der Ausschuss in die Höhe und teure Qualitätsprobleme zeichnen sich ab.

Abbildung 4 zeigt einen Microfloat® 3/1-Desinfektionsreaktor. Das Wasser, die Wände des Tanks und die feuchte Atmosphäre über dem Tank werden permanent bestrahlt und dadurch steril gehalten und die Infektionsherde sind ausgeschaltet.

Typically in rinses or d.i.-water storage tanks microbes find ideal conditions for growth. There is enough exposition time and all necessary conditions for growth. Bacteria, yeast and algae grow on the walls of the tanks and contaminate the water. Quality problems on the plated goods are the ultimate consequence. Undesired production shut down for maintenance becomes mandatory at regular intervals.



Abb. 2: Hohe Koloniezahlen (10^5 bis 10^6 /mL) zeigen sich sogar im VE-Wasser eines europäischen Leiterplattenherstellers mit höchsten Qualitätsansprüchen
Fig. 2: High CFU (colony forming units) of (10^5 to 10^6 /mL) can be observed also in the d.i. water of a high quality european PCB-manufacturer

Figure 2 shows the sample of the d.i.-water tank from an European high quality PCB manufacturer. The water looks clear and clean for the naked eye, and conductivity does not show significant deviations from the expected value. But at least the germ numbers (CFU – colony forming units:

for the eye invisible germs contaminate the surface of the test slide and grow to colonies which can be detected by the naked eye.) show alarming orders of magnitude. This water seems to be of a good quality will be used in all rinsing processes and infects all tanks. As a consequence all critical stations with good growth conditions for the germs will prove themselves to be like bio-fermenters. This in turn leads to further bacteria and yeast growth in all the rinses. Through the almost ideal living conditions in plating shops (warm temperature, electrolytes, air, carbon sources, trace-elements, oxygen, etceteras are available) the rinses run into a biological saturation in which the walls of the rinses are covered with a slimy layer of bio fouling (Fig. 3, lower sample). This is an alarming sign for the growth of algae! If such algae adhere to the goods during the plating processing, quality problems and reject rates will invariably increase.

Figure 4 shows a Microfloat®-3/1 UV-unit in a d.i.-water storage tank. The water, the tank walls and the moisture layer on the tank walls above the level of the solution are permanently irradiated and kept sterile, so all kind of infection source can be eliminated easily.

Oft werden wöchentlich vollständige Anlagenreinigungen mit einem Ablassen des Spülwassers und mechanischer Behandlung der verkeimten Oberflächen durchgeführt. Zur Verbesserung des Effekts werden chemische Desinfektionsmittel eingesetzt, die negative Nebenwirkungen auf den Prozess und die Ware haben, zumal die Dosierung oft empirisch erfolgt. Weiterhin werden die Keime oft schon nach wenigen Wochen resistent.

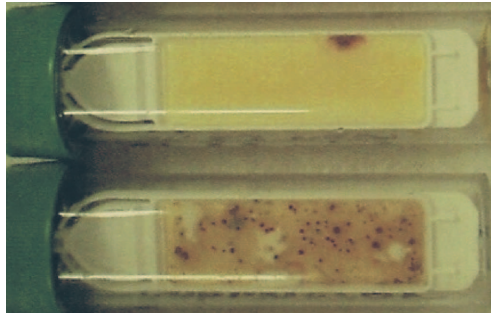


Abb. 3: Koloniezahlen in Spülwasser vor und nach der Installation von Microspear®; oberer Nährboden: 1 Woche nach der Installation von Microspear® in den Spülwannen, unterer Nährboden: Wasser aus der Spüle einer ENIG-Linie

Fig. 3: High germ numbers of rinse water with and without Microspear® application; upper sample: water 1 week after installing the Microspear®-UV-device in the rinse bath, lower sample: water from a rinse tank (ENIG line) without UV-device

Die einzige sichere und dauerhafte Lösung dieser kostenintensiven Probleme bietet die Installation von UV-Lichtquellen in den Spülen und Vorlagetanks, da Keime gegen UV-Licht nicht resistent werden können. Der Grund liegt in der direkten Schädigung der DNA durch UV-Licht. Bei der komplexen Auslegung unterstützt *a.c.k.* mit seinem Fachwissen und biologischen Labor.

Abbildung 5 zeigen Microspear®-Einheiten in Spülwassertanks und Abbildung 6 in Horizontal-Platern

Typical, although highly unsatisfactory, short term remedies often are weekly shut downs followed by cleaning of the tanks after the liquid had been discharged, and manually scrubbing and cleaning of the tanks. For prevention often chemical disinfectants are being utilized however these often show negative side effects on the plating processes as well as the plated goods. Furthermore the chemical dosing is empirical only. Another disadvantage is, that the germs become resistant against the chemicals.

Definitely, the preferred remedy and permanent solution to prevent algae / bacteria growth problems is achieved through the installation of UV-light sources in the water storage tanks as well as in the rinse stations. Germs cannot become resistant against UV, because UV attacks their DNA.

Figure 5 shows Microspear® units installed in rinse water tanks of PCB plating lines. After install-

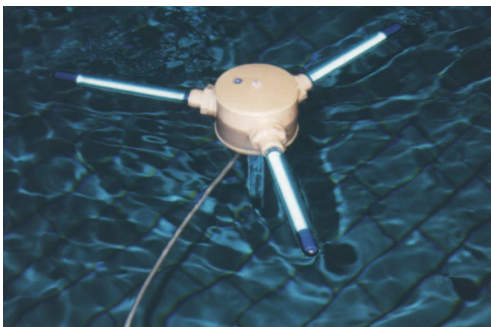


Abb. 4: Microfloat® 3/1 in einem Tank

Fig. 4: Microfloat® 3/1 swimming in a water tank

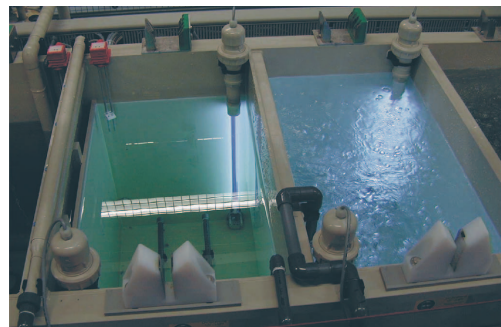


Abb. 5: Microspear® 40-Einheiten in Spülwassertanks von Vertikalanlagen

Fig. 5: Microspear® 40 units operating in plating rinses of vertical lines at PCB manufacturer

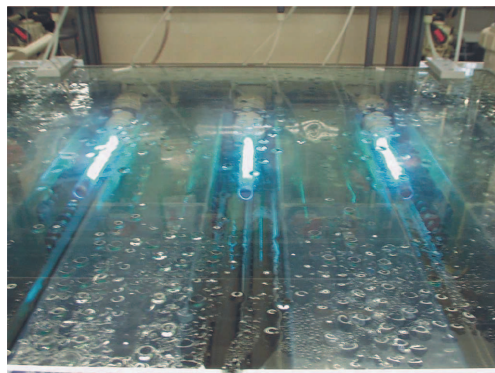
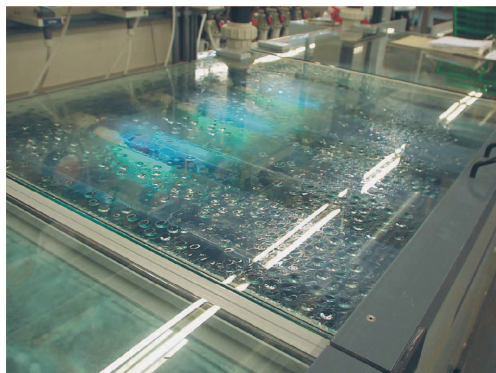


Abb. 6: Microspear® 15-Einheiten in Horizontalanlagen
Fig. 6: Microspear® 15 units operating in horizontal PCB equipment

von Leiterplattenherstellern. Anwender berichten, dass die teilweise wöchentlich notwendigen Anlagenstillstände nach der Installation dieser Geräte nicht mehr notwendig waren. Keine Keime konnten mehr im Spülwasser nachgewiesen werden (Abb. 3, oberer Nährboden). Durch diese Maßnahmen können nicht nur alle Kontaminationswege des Prozesswassers eliminiert werden, sondern ist es auch möglich, kritische Anlagenteile steril zu halten. Damit stehen leistungsfähige Werkzeuge zur Verfügung, die dem Anwender helfen, seine Produktion auch unter mikrobiologischen Aspekten nicht dem Zufall zu überlassen, sondern selbst zu kontrollieren.

Kontakt

Dr.-Ing. Martin Sörensen, a.c.k. aqua concept GmbH, Wikingerstr. 9a, D-76189 Karlsruhe; e-mail: kontakt@aquaconcept.de, Internet: <http://www.aquaconcept.de>

ing the *Microspear*® units the clients reported the weekly line shut down and mechanical cleaning of the tanks became no longer necessary. No more germs were found in the rinse water (refer to Fig. 3, upper sample). So by this way the germs finding their way through other routes into the process can be eliminated safely also, and the plating equipment will be sterilized too. By developing *Microspear*® 15 it is also possible to sanitize horizontal plating equipment also, as shown in figure 6. Here it is often helpful to treat the machinery sumps by *Microspear*® 15 also. Therefore it is in the operators hand now, to control the factories production under microbiological aspects also.

Wasser und Abwasser

Behandlung und Kreislaufführung in der Galvanotechnik und Metallindustrie

Von Dipl.-Ing. Peter Winkel. Zweite erweiterte Auflage 1992. 516 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen. € 87,- inkl. 7 % MwSt. in der BRD. ISBN-Nr. 3-87480-080-6

Das Buch gibt eine verständliche Übersicht über die technischen Möglichkeiten der Abwasserbehandlung aus praxisbezogener Sicht, wobei sowohl die Kreislaufverfahren als auch die Aufbereitungsverfahren im konventionellen Sinne berücksichtigt werden. Es wird ein Einblick in die verschiedenen Möglichkeiten und technischen Zusammenhänge vermittelt, so dass die Entscheidung für den jeweils zweckmäßigsten Lösungsweg bei Abwasseraufbereitungsproblemen erleichtert wird.

Eugen G. Leuze Verlag

Karlstraße 4 • D-88348 Bad Saulgau • Tel. 0 75 81/48 01-0 • Fax 0 75 81/48 01-10
e-mail brigitte.brotzer@leuze-verlag.de • Internet <http://www.leuze-verlag.de>