

A grayscale photograph of an industrial cleaning process. A person wearing a white lab coat and gloves is reaching into a large, stainless steel industrial washer. Inside the washer, there are several metal mesh baskets filled with small, cylindrical metal parts. The scene is brightly lit, highlighting the metallic surfaces and the person's hands.

# 12 WEGE

**UM TECHNISCHE SAUBERKEIT  
IN FERTIGUNGSPROZESSEN  
ZU GEWÄHRLEISTEN**



WHITE PAPER:

## 12 WEGE UM TECHNISCHE SAUBERKEIT IN FERTIGUNGSPROZESSEN ZU GEWÄHRLEISTEN

Seitdem 1908, Fords erste T-Modelle vom Band liefen, haben sich Automobile erheblich weiterentwickelt. Ingenieure im Automobilsektor integrieren immer mehr und anspruchsvollere elektronische und computergesteuerte Komponenten in ihren Fahrzeugdesigns. Wenn es diese Fahrzeuge vom Reißbrett zur Fertigungsstraße schaffen, gewinnt technische Sauberkeit in Fertigungsprozessen und der Montage an Bedeutung.

Aber um was genau handelt es sich bei “Technischer Sauberkeit in Fertigungsprozessen” und wie kann diese erreicht werden? Die Antworten zu diesen Fragen beantworten wir in diesem Dokument.

### INHALT

1. Lokaler Einkauf & kurze Lieferketten
2. Automatisierung der Produktionsschritte
3. Aufrüstung mit saubererer Verbindungstechnologie
4. Material überprüfen
5. Herstellungsmethode der Bauteile untersuchen
6. Handhabungs- & Montageprotokolle verschärfen
7. Verpackung sichern
8. Optimierung der Teilegeometrie
9. Verwendung von Sacklöchern
10. Reinigung der Flussmittel  
...auch wenn Sie keins haben
11. Smarte Maschinen installieren
12. Reinraum bauen ...  
oder zumindest einen Teil davon



## WAS IST TECHNISCHE SAUBERKEIT?

Die vielleicht beste Definition von Technischer Sauberkeit stammt von ZVEI, dem Zentralverband für Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., welcher Technische Sauberkeit als "Fehlen von Partikeln auf Bauteilen, die den weiteren Fertigungsprozess bzw. die korrekte Funktion des Bauteils (oder der Baugruppe) beeinträchtigen oder verhindern können", definiert.

Mit anderen Worten: Technische Sauberkeit ist im Wesentlichen der Prozess, in dem man verhindert, dass die Funktionalität des hergestellten, zusammengefügt oder installierten Elektronikbauteils durch Partikel-Verunreinigungen wie Fertigungs- und/oder Montageschutt gestört wird.

"Technische Sauberkeit ist ein Prozess zur Verhinderung und Vorbeugung beeinträchtigter Funktionalität von Bauteilen durch Fertigungs- und/oder Montageschutt, während der Herstellung, Zusammensetzung oder Installation."

Der spezifische Begriff "Technische Sauberkeit" wird typischerweise mit der Automobilelektronik-Industrie in Verbindung gebracht, aber das Konzept breitet sich schnell in viele Branchen aus.

---

Technische Sauberkeit ist der Prozess zur Minimierung, durch vorangegangene Arbeitsschritte entstandene Verunreinigung, die an der falschen Stelle eingedrungen, zur Störung der Elektronik oder der Funktionalität eines Bauteils führen kann.

---

## WAS WIRD ALS VERUNREINIGUNG BEZEICHNET UND WAS IST IHRE URSACHE?

Verunreinigung ist ein Sammelbegriff für alle normalerweise winzigen aber immer unerwünschten Partikel, die in Ihre Elektronik gelangen können wie z.B.: **Bohrmehl, Metallsplinter und Kleidungsfasern.**

**Verunreinigung birgt mehrere zu beachtende Risiken für Elektronik:**

- Kann als Isolator wirken der die Temperatur und damit auch die Wirkungsweise elektronischer Komponenten beeinflussen.
- Kann Linsen von Geräten wie Fahrzeugkameras oder Lasersensoren verdecken und folglich die Funktionalität erheblich stören.
- Elektrisch leitfähige Partikel, einschließlich der meisten Arten von metallischen (und einigen nichtmetallischen, auf die sich Luftfeuchtigkeit übertragen hat), können elektrische Leiterbahnen und Verbindungen auf Leiterplatte kurzschließen.

**Kontaminierung durch Verunreinigung kann fast zu jeder Phase im Herstellungsprozess geschehen:**

- Während der Herstellung einzelner Komponenten - wie z.B. bei der Gewindefräsung von Mikroschrauben.
- Während des Verpackens, Versands und Auspackens - z.B. wenn plattierte Teile lose zusammen in einen Versandkarton versendet werden.
- Während der Produktmontage - z.B. wenn eine Leiterplatte zur Verwendung einer Mikroschraube geklopft wird.

# WARUM IST TECHNISCHE SAUBERKEIT WICHTIG?

Es gibt drei Hauptgründe, warum technische Sauberkeit wichtig ist:

## 1) Wichtig für Sicherheit:

Verunreinigungen können zu Fehlfunktionen der Elektrik von beispielsweise dem Antriebs Assistenten, der Servolenkung, dem Bremsassistenten, der Einparkhilfe, sowie fahrzeugmontierten Kameras, führen. Fehlfunktionen können zu einem "sicherheitskritischen" Thema werden, was als etwas klinisch klingende Bezeichnung äußerste Gefahr bedeuten kann. Aufgrund dessen ist Technische Sauberkeit keine optionale Arbeitseinstellung sondern ein dringend zu beachtendes Vorgehen, das wortwörtlich Leben retten kann.

## 2) Gesetzlich vorgeschrieben:

Es gibt immer mehr Gesetze, Verordnungen und Richtlinien, die den Einsatz sauberer Fertigungs- und Montageverfahren vorschreiben.

## 3) Besser für das Geschäft:

Saubere Komponenten bedeuten eine höhere Produktzuverlässigkeit, was zu weniger Garantiesprüchen, größerer Kundenzufriedenheit und einem gesteigerten Wertempfinden ihrem Geschäft gegenüber führt. Wenn Sie als Zulieferer an Erstausrüster verkaufen, bieten Sie Ihren Kunden außerdem ein bereits sauberes Produkt, welches keiner weiterer Reinigung bedarf. Schlussendlich wird auf diesem Weg Zeit, Geld und Aufwand eingespart.

---

Saubere Komponenten bedeuten höhere Produktzuverlässigkeit, was unmittelbar zu geringeren Garantiesprüchen, größerer Kundenzufriedenheit und einer Stärkung Ihres Marktwerts führt.

---

# WIE SAUBER IST SAUBER?

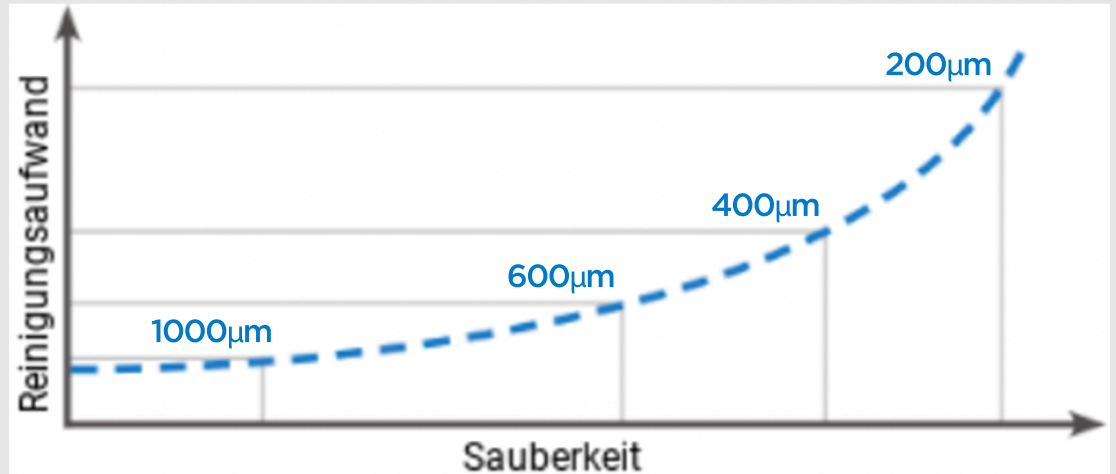
**Wichtig:** die Definition von Technischer Sauberkeit besagt nicht, "so absolut sauber wie menschlich und technologisch möglich" vorzugehen. Das liegt daran, dass es tatsächlich so etwas wie "sauber genug" gibt. Baugruppen und Komponenten sollten so sauber sein, wie sie sein müssen und nicht so sauber, wie sie eventuell sein könnten. Wie sauber Komponenten sein müssen? Im Folgenden sind die typischen Richtwerte der maximalen Partikelgröße aufgeführt:

Elektrofahrzeuge (Sammelschienen):	<b>400µm maximale metallische Partikelgröße.</b>
Automobil-Elektronik:	<b>400µm maximale metallische Partikelgröße, Reduzierung bis 300µm bei abnehmendem Schaltungsabstand.</b>
Radar und Lidar:	<b>200µm maximale Größe aller Partikelarten (einschließlich Fasern), Reduzierung auf 100µm bei steigender Technologiedichte und sinkender Verpackungsgröße.</b>
Kameras:	<b>60µm maximale Größe aller Partikelarten (einschließlich Fasern) im Linsenbereich der Kamera.</b>

Das bedeutet, dass beispielsweise Ihre Autoelektronik nicht hundertprozentig frei (insofern überhaupt möglich) von Verunreinigung jeglicher Größe sein muss. Lediglich Verunreinigungen die größer als **300-400µm** sind, gilt es zu vermeiden - ein durchaus erreichbares Ziel.

Das Konzept von "sauber genug" erstreckt sich auch auf Versammlungsräume, in denen ebenfalls keine hundertprozentige Sauberkeit erreicht werden muss, sondern nur dort wo es wichtig ist.

Technische Sauberkeit kann sicherlich eine Herausforderung sein, die Sie aber auf jeden Fall meistern können.



**“Saubere Komponenten bedeuten eine höhere Produktzuverlässigkeit, was zu weniger Garantiansprüchen, größerer Kundenzufriedenheit und einem gesteigerten Wertempfinden ihrem Geschäft gegenüber führt.”**

**“Technische Sauberkeit ist der Prozess zur Minimierung, durch vorangegangene Arbeitsschritte entstandene, Verunreinigung, die an der falschen Stelle eingedrungen, zu Störungen der Elektronik oder der Funktionalität des Bauteils führen kann.”**

# 12 WEGE UM TECHNISCHE SAUBERKEIT IN FERTIGUNGSPROZESSEN ZU GEWÄHRLEISTEN

## 1 | Lokaler Einkauf und kurze Lieferketten

Der Einkauf Ihrer Komponenten von einem lokalen Lieferanten ist nicht nur gut für die lokale Wirtschaft, er führt wahrscheinlich auch zu einem technisch saubereren Endprodukt.

Der Grund dafür ist einfach: Kürzere Wege bedeuten geringere Verunreinigung durch den Transport.

Komponenten die sich wochenlang auf einem Transportweg, bestehend aus einer Kombination von LKW, Frachtschiffen, Flugzeugen, Zügen und noch mehr LKWs befinden, haben ein größeres Risiko verunreinigt zu werden, als Teile die Sie lokal beziehen.

Zugegeben, nicht alle Komponenten sind vor Ort erhältlich - was auch in Ordnung ist. Sprechen Sie in diesen Fällen mit Ihrem Lieferanten. Oft bietet sich die Möglichkeit, nach Absprache und Planung mit Ihrem Lieferanten, die Anzahl und Komplexität der Schritte im Versandprozess zu minimieren und somit Verunreinigung zu vermeiden.

---

Beim Schweißen können Funken Metallpartikel sowie Rußpartikel verursachen und für Verunreinigung sorgen. Zusätzlich verkomplizieren schädliche Dämpfe logistische Prozesse.

---

## 2 | Automatisierung der Produktionsschritte

Automatisierung kann ein heikles Thema sein, Fakt ist aber, dass korrekt kalibrierte Maschinen viele fertigungs- und Montage bezogene Aufgaben mit größerer Präzision als Menschen ausführen können. Somit trägt die maschinell automatisierte Produktion zur Minimierung von Verunreinigungen bei.

Maschinen eignen sich generell besser für ein technisch sauberes Arbeiten, weil menschlich erzeugte Verunreinigungsquellen wie z.B. Schuppen und Kleidungsfasern, die zur Gefahrenursache werden könnten, im Vorhinein vermieden werden. Natürlich besitzen oder verursachen Maschinen keine Kleidung, Haare und Lebensmittelrückstände, die allesamt nichtmetallische Verunreinigungen erzeugen.

Zugegebenermaßen setzt die Anschaffung von Maschinen in der Regel eine erhebliche finanzielle Investition voraus und viele komplexe und/oder kognitive Arbeitsschritte werden immer noch am besten von menschlichen Arbeitskräften ausgeführt. Dennoch ist Automatisierung eine Möglichkeit die in Betracht zu ziehen ist.

### 3 | Aufrüstung mit saubererer Verbindungstechnologie

Mikroschrauben sind in der Elektronik praktisch allgegenwärtig. Sie sind auch eine große Quelle für Verunreinigungen.

Der Herstellungsprozess, bei dem ein Gewinde in die Schraube geschnitten wird, erzeugt metallische Partikel, die die Schraube auf das Produkt übertragen kann. Wenn Sie keinen Gewindeeinsatz verwendet haben, müssen außerdem noch Gewindebohrungen an den Stellen vorgenommen werden, an denen die Schraube versenkt wird, was zusätzliche Verunreinigungen verursacht. Letzten Endes müssen die Mikroschrauben nach der Installation erneut gesäubert werden.

Resultat daraus ist, dass viele Designer nach Alternativen zu Mikroschrauben suchen.

Leider verursachen viele Alternativen eigene Bedenken in Bezug auf Technische Sauberkeit. Die beim Schweißen entstehenden Funken und Schweißperlen erzeugen metallische Partikel. Zusätzlich kann Ruß Feinstaub Partikel erzeugen und beim Schweißen entstehenden schädliche Dämpfe, die zwar keine Partikel enthalten, verkomplizieren die Logistik Ihrer Produktionsstätte.

Klebstoffe können Verunreinigungen verursachen und an die falschen Stellen gelangt als unerwünschter Isolator wirken oder das Objektiv einer Kamera oder eines Sensors trüben. Es stimmt zwar, dass abtrünniger Klebstoff auch Partikelreste auffangen und absondern kann, wenn er an einer akzeptablen Stelle landet, dennoch beurteilen Experten in Technischer Sauberkeit tendenziell sowohl Schweißnähte als auch Klebstoff als riskante Lösung.

Es gibt jedoch eine Alternative zu Mikroschrauben, die eine ausgezeichnete Technische Sauberkeit aufweist: Einpressschrauben wie **TackPin®** und **TackSert®** von PennEngineering®.

Diese Schrauben sind gewinddefrei, wodurch sie kein Träger verunreinigender Partikel durch Rückstände von Gewindeschneidung sind, wie es bei einer Mikroschraube der Fall wäre. Darüber hinaus benötigen sie nur ein glattes Bohrloch, was das Einbringen von Gewinde-Schneidrückständen stark reduziert. Zudem benötigen gewindelose Schrauben im Gegensatz zu Mikroschrauben keine Reinigung nach der Installation.

**TackPin®** und **TackSert®** bieten im Vergleich zu Mikroschrauben über die Sauberkeit hinaus zusätzliche Vorteile. Sie ermöglichen durch Reduzierung des Sperrraums, der Einbautiefe und der z-Kopfhöhe, aufgrund ihrer geringeren Größe insgesamt kleinere Geräte. Sie können zudem an dünneren Trägern befestigt werden. Sie sind außerdem sicherer, haltbarer, schwerer manipulierbar (dafür permanent) und im Gegensatz zu einigen Klebstoffen auch bei extremen Temperaturen sehr stabil.




---

Nicht alle Fertigungsprozesse sind gleich. Einige verursachen mehr Verunreinigung als andere. Hat man sich einmal für Arbeitsmaterialien entschieden, ist es weise im nächsten Schritt genauestens zu untersuchen, wie diese zu einem Bauteil zusammengesetzt werden.

---

## 4 | Material überprüfen

Jeder Koch wird Ihnen sagen, dass die von ihm gewählten Zutaten den Geschmack der fertigen Mahlzeit stark beeinflussen. Ebenso können die von Ihnen ausgewählten Materialien einen massiven Einfluss auf die Technische Sauberkeit Ihres Endprodukts haben. Es lohnt sich also, Ihre Materialliste durchzugehen und bei jedem Eintrag Folgendes zu fragen: Würde ein anderes Material ebenso zweckmäßig funktionieren, aber während des Bearbeitungs- und/oder Installationsprozesses weniger überschüssiges Abfallmaterial erzeugen?

Ein Beispiel für diese Art der Substitution könnte das Gießen der Außenhülle eines Produkts aus Kunststoff anstelle von Metall sein. Ein anderes Beispiel wäre die Umstellung auf Aluminium oder Edelstahl, die im Gegensatz zu plattiertem Kohlenstoffstahl, nicht mit einer Plattierung überzogen sind die während des Transports und/oder der Installation abblättern und verunreinigende Partikel erzeugen kann.

## 5 | Herstellungsmethode der Bauteile untersuchen

Nicht alle Herstellungsmethoden wurden gleich erschaffen. Einige Methoden erzeugen wesentlich mehr Verunreinigung als andere. Wenn man sich einmal auf die saubersten Materialien geeinigt hat, ist es deshalb ein kluger nächster Schritt, genau zu untersuchen, wie diese Materialien zu Teilen verarbeitet werden.

Wie bereits erwähnt ist beispielsweise die Gewindebohrung in den Schraubenkopf einer Mikroschrauben, Hauptquelle der Übertragung unerwünschter Partikel. Die Art der Methode, mit der diese Gewinde erzeugt werden, macht jedoch einen großen Unterschied. Wenn der Hersteller die Gewinde in die Schraube formt, anstatt sie zu schneiden, erzeugt er viel weniger potenziell gefährlicher Partikel.

## 6 | Handhabungs- und Montageprotokolle verschärfen

Ebenso können Handhabung und Montagemethoden Dinge sauber halten oder erhebliche Mengen an neuer Verunreinigung hervorrufen. Bei der Verwenden von einem Vibrationsförderer mit beschichteten Teilen ist praktisch garantiert, dass Beschichtung abblättert sowie abplatzt und zu verunreinigende Partikeln führt.

Ein weiteres Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie haben auf flockenfreie Edelstahlteile aufgerüstet, welche Sie lose in einfachen Pappkartons erhalten.

Karton ist äußerst „unsauber“ und wird wahrscheinlich zusätzliche Partikelrückstände in Ihren Arbeitsprozess einbringen. Ihre beste Vorgehensweise besteht darin, Karton aus allen sauberen Bereichen zu verbannen und stattdessen alle Komponenten von jeglichen Kartonrückständen zu befreien, bevor Sie diese Komponenten in Ihren sauberen Montagebereich einbringen. Apropos Karton...




---

Reibung ist einer der Hauptverursacher von Verunreinigung. Daher ist es sinnvoll Teile so für den Transport vorzubereiten, dass sie nicht aneinander reiben können, beziehungsweise einen Hersteller zu finden, der genau so vorgeht.

---



## 7 | Verpackung sichern

Reibung - das Aneinandergeraten beliebiger Materialien - ist eine der Hauptursachen für die Entstehung von Schmutzpartikeln. Es lohnt sich also, einen Teilehersteller zu suchen (oder einer zu sein), der vermeidet, dass Teile während des Transports aneinander oder an der Verpackung, Reibung verursachen könnten. Unerwünschte Reibung lässt sich initial durch kurze Transportdistanzen in Produktion und Logistik vermeiden wie bereits in Punkt beschrieben.

Es ist außerdem hilfreich, Verpackung nach zwei einfachen Gesichtspunkten zu begutachten: Minimiert die Verpackung die Entstehung von Verunreinigung während des Transports? Oder fördert sie diese? Hier ein Beispiel: Schrauben und Muttern, die lose in eine Plastiktüte gesteckt werden, erzeugen mit hoher Wahrscheinlichkeit Schmutzpartikel. Wie ist es aber, wenn man dieselben Teile auf einem Kartonträger vakuumverschweißt anbringt - oder noch besser, sie zwischen zwei dicken Plastikfolien transportiert? Verunreinigung würde dadurch drastisch verringert. Offensichtlich ist es nicht unbedingt praktikabel, große Mengen von Kleinteile, wie z.B. 10.000 Schrauben, vakuumzuverpacken. Folglich rechtfertigen unterschiedliche Szenarien unterschiedliche Lösungen. Die Verpackung kann den Unterschied zwischen einem Teil ausmachen, das direkt in dem Produkt verarbeitet werden kann und einem Teil, das vor dem Erreichen des Montagebereichs (auf Kosten des Käufers) von Verpackungsrückständen gereinigt werden muss.

---

Reibung ist einer der Hauptverursacher von Verunreinigung. Daher ist es sinnvoll Teile so für den Transport vorzubereiten, dass sie nicht aneinander reiben können, beziehungsweise einen Hersteller zu finden, der genau so vorgeht.

---

## 8 | Optimierung der Teilegeometrie

Bisher haben wir uns weitgehend auf Möglichkeiten konzentriert, die entweder die Bildung von Verunreinigung verhindern oder den Kontakt von Teilen mit Schmutzpartikeln begrenzt. Dieser Schritt bietet eine ergänzende Strategie: Suchen Sie nach Teilen, bei denen die Wahrscheinlichkeit, dass Verunreinigung überhaupt entsteht, geringer ist.

Was bestimmt, wie viel Schmutzpartikel sich bei einem Teil ansammeln oder nicht ansammeln werden? Die physische Form des Teils - und in geringerem Maße auch seine Materialzusammensetzung.

Reibung ist einer der Hauptverursacher von Verunreinigung. Daher ist es sinnvoll darauf zu achten, Teile so für den Transport vorzubereiten, dass sie nicht aneinander reiben können, beziehungsweise einen Hersteller zu finden, der so genau so vorgeht.

Zum Beispiel sammeln Innengewinde Verunreinigung, wie ein Eimer Wasser auffängt. Kann man diese gegen Außengewinde austauschen, bei denen es wahrscheinlicher ist, dass sie Verunreinigung nicht im gleichen Maße sammeln? Besser noch, können Sie schmutzanfällige Außengewinde, durch Vermeidung des Gebrauchs von Mikroschrauben und der Verwendung von einen Stiften, umgehen? Das trägt mit Sicherheit zur Technischen Sauberkeit Ihres Produkts bei. Ähnliche Upgrades könnten den Austausch der Durchgangslochkomponenten einer Leiterplatte gegen kleinere, flachere oberflächenmontierte Komponenten umfassen, bei denen die Wahrscheinlichkeit geringer ist, dass sich Partikelablagerungen ansammeln, oder den Austausch einer weichen Gummidichtung durch eine weniger klebrige Kunststoffdichtung.

## 9 | Verwendung von Sacklöchern

Die Sequestrierung von Verunreinigung ist oft eine ebenso wirksame Kontrollmethode wie die Entfernung oder Vermeidung von Schmutzpartikeln.

Denken Sie daran, dass das letztendliche Ziel der technischen Sauberkeit nicht darin besteht, Schmutz vollständig aus Ihrem Produkt zu entfernen, sondern vielmehr die Menge an Rückständen zu minimieren, die die Funktionalität Ihres fertigen Geräts beeinträchtigen können.

Wenn Sie also sicherstellen können, dass Verunreinigung weder stört noch in der Lage sein wird zu stören, wird diese effektiv neutralisiert. An dieser Stelle kommen Sacklöcher ins Spiel.

Alle in einem Sackloch vorhandenen Rückstände werden wie ein Flaschengeist gefangen, sobald das Loch verschlossen wird. Dadurch wird Verunreinigung sequestriert sowie unschädlich gemacht und Sie erreichen Ihr Ziel der technischen Sauberkeit.

---

Möchten Sie die saubersten Komponenten, dann suchen Sie nach Teilen von Herstellern die immer noch überschüssige Flussmittel beseitigen - selbst wenn sie rückstandslos oder generell keine Flussmittel verwenden.

---

## 10 | Reinigung der Flussmittel ...auch wenn Sie keins haben

Es gab eine Zeit, in der Elektronikhersteller immer das überschüssige Flussmittel (ein chemisches Mittel zur Vorbereitung des Lötens von Metalloberflächen) von neu gefertigten Leiterplatten reinigten. Dann kam rückstandsloses Flussmittel auf den Markt und die Praxis begann zu verblassen.

Wenn Sie jedoch die saubersten Komponenten haben wollen, suchen Sie nach Teilen von Herstellern, die Bauteile immer noch von Flussmitteln reinigen, auch wenn sie rückstandsloses Flussmittel oder gar keines verwenden...und warum?

Weil durch das Reinigen von Flussmittelrückständen nicht nur Flussmittel entfernt werden - was wir, fürs Protokoll, auch dann empfehlen, wenn es sich um ein rückstandsloses Flussmittel handelt. Es entfernt auch andere unerwünschte Substanzen, einschließlich ionischer und organischer Verunreinigungen, die alle zur Bildung und/oder Akkretion von Ablagerungen beitragen können.



## 11 | Smarte Maschinen installieren

Internetfähige "intelligente" Maschinen optimieren nicht nur Ihre Produktionszyklen, Energieverbrauch und Verwaltungskosten, sie können Sie auch warnen, wenn sie vorbeugende Wartung benötigen, was Ihnen helfen kann, einen technisch saubereren Betrieb zu gewährleisten.

**Und so geht's:** Eine Maschine, die mit höchster Effizienz arbeitet, verringert das Risiko unerwünschte Schmutzablagerungen aufgrund von Fehlzündungen oder leichten Ungenauigkeiten des täglichen Betriebs. Es ist auch weniger wahrscheinlich, dass sie überschüssigen Ruß, Staub, Emissionen oder andere unerwünschte Nebenprodukte erzeugt.

Zugegeben, diese subtile, leicht zu übersehende Steigerung der technischen Sauberkeit reicht wahrscheinlich nicht aus, um den finanziellen Aufwand für die Aufrüstung auf smarte Maschinen zu rechtfertigen. Glücklicherweise bieten intelligente Maschinen eine Fülle von erheblichen Vorteilen. Dies ist nur ein Bonus, den Sie wahrscheinlich nicht in der Broschüre finden werden.

## 12 | Reinraum bauen ... beziehungsweise einen Teil davon

Reinräume sind nicht mehr nur etwas für Computerhersteller und die NASA. Sie werden immer häufiger im Bereich der Automobiltechnik eingesetzt.

Warum sich die Mühe machen, einen Reinraum einzurichten? Aus zwei Gründen:

**Erstens** haben viele moderne Geräte in der Automobilelektronik einfach strengere Sauberkeitsanforderungen als die der Elektronik vergangener Tage. Wenn Ihr Produkt Verunreinigung einer Größe von 300-400µm vertragen kann, sind Sie weniger betroffen. Viele moderne Geräte verlangen jedoch, dass Schmutzpartikel 100µm oder kleiner sein müssen. Solche Standards sind ohne die Einhaltung von Reinraumprotokollen äußerst schwierig zu erreichen.

**Zweitens** wird wie bereits erklärt, Verunreinigung oft während des Auspack-, Handhabungs- und Montageprozesses eingebracht. Alle Vorsichtsmaßnahmen, die während der Herstellung, Verpackung und Lieferung getroffen werden, können durch einen einzigen unbedachten Arbeitsschritt unbrauchbar gemacht werden, z.B. wenn saubere Komponenten von einem Mitarbeiter im Flanellhemd ausgepackt oder falsch abgelegt werden.

Reinraumprotokolle können helfen - In einem Reinraum sind Ihre Verfahren vorsichtiger, durchdachter und resistenter gegen Verunreinigung. Sie hindern sprichwörtlich daran, auf der letzten Etappe des Staffellaufs den Stab fallen zu lassen.

**Ein letzter Hinweis zu Reinräumen:** Es ist wichtig zu wissen, dass Ihr "Reinraum" nicht unbedingt ein ganzer Raum sein muss - er könnte aber auf jeden Fall ein Raum sein. Alternativ kann z.B. ein geschlossener Bereich eines Montageautomaten dafür genutzt werden. In welcher Form auch immer, Reinräume können ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Ablagerungen sein und ihr Einsatz im Bereich der Elektrotechnik wird wahrscheinlich zunehmen, solange die Automobilingenieure die Funktionalität und Leistungsfähigkeit moderner Kraftfahrzeuge weiter ausbauen.

