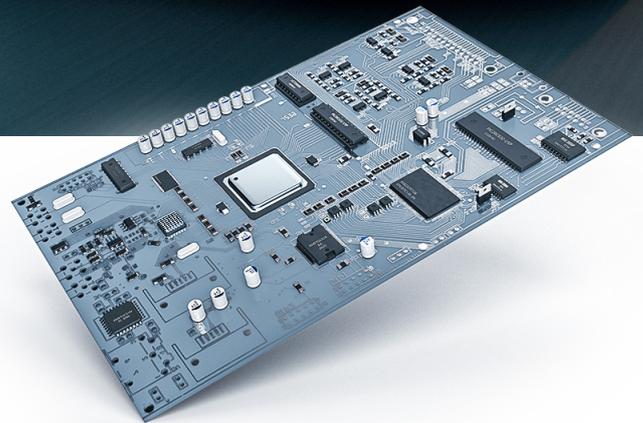


Fachartikel

Identifizierung der Ursache von Partikelverunreinigungen bei elektronischen Komponenten in der Automobilindustrie



ZEISS Technical Cleanliness Solutions



Seeing beyond

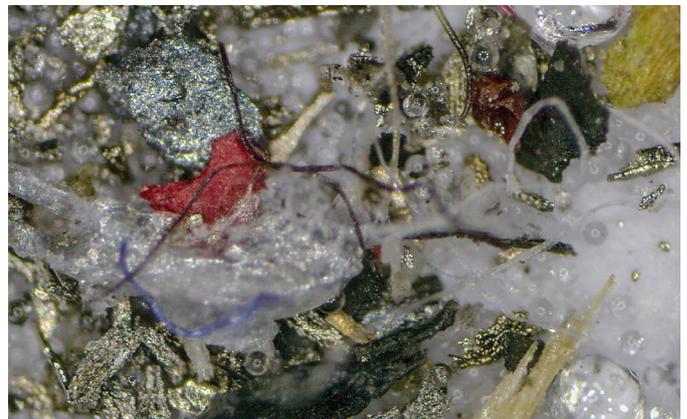
Durch Partikelkontamination verursachte Fehler im Griff haben

Die Kontamination durch Partikel hat erhebliche Auswirkungen, wenn es um Effizienz, Funktionalität und Haltbarkeit von Produkten geht.

Das beginnt mit dem Produktionsprozess und führt über die Endverpackung bis hin zur Produktionsumgebung. Dabei können die verschiedensten Faktoren die Bauteilsauberkeit beeinflussen. Aus diesem Grund werden häufig Vereinbarungen zu Grenzwerten für die Bauteilsauberkeit zwischen Kunde und Lieferant oder zwischen Produktentwicklung und Produktion getroffen. Das bedeutet, dass die Anforderungen an die Bauteilsauberkeit nicht fest vorge-schrieben sind und somit je nach Produkt und Hersteller variieren können.

Standardisierte und prozesssichere Technische Sauberkeit wird in der Industrie immer wichtiger, weil sie, indem sie Produkte von Partikeln befreit, die Effizienz der einzelnen Produkte steigert. Dadurch werden Fehler in der Produktion vermieden. Die Technische Sauberkeit stellt im Produktionszyklus sicher, dass jedes Produkt einwandfrei ist. Dabei spielt Technische Sauberkeit nicht nur bei den Zulieferern zu Beginn der Produktionskette eine wichtige Rolle, sondern auch branchenübergreifend, etwa bei Implantaten

in der Medizintechnik, bei Motorkomponenten und -baugruppen sowie in der additiven Fertigung von Kraftstoffen und Schmiermitteln in der Luft- und Raumfahrt. Partikuläre Verunreinigung kann die Leistung in der Automobilindustrie beeinträchtigen, indem sie von bisher unkritischen Bereichen hin zu empfindlichen Stellen reicht, etwa bei Halbleitern. Hierbei können metallische und nicht metallische Partikel, die sich auf diesen Teilen befinden, zu Fehlfunktionen des Fahrzeugs oder sogar zu Motorversagen führen. Dieser Fachartikel befasst sich speziell mit der Partikelverunreinigung eines elektrischen Bauteils in der Automobilindustrie.

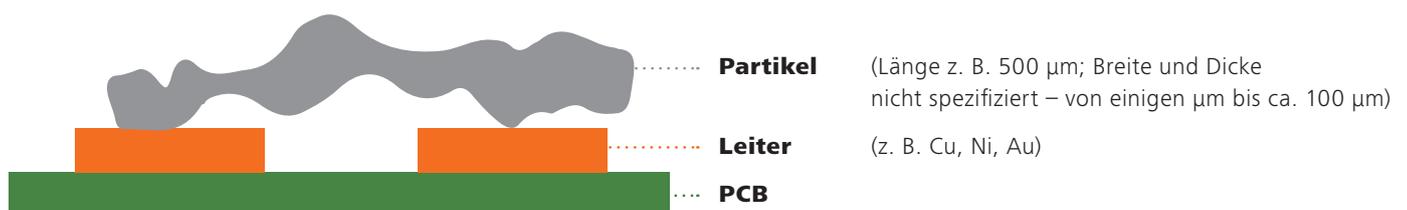


Partikelverunreinigung führt zu Kurzschlüssen

Eine mögliche Ursache für einen Kurzschluss ist ein kontaminiertes Bauteil. Im folgenden Experiment kommt es zu einem Kurzschluss, wenn der elektronische Stromkreis durch verschiedene Materialien unterbrochen wird.

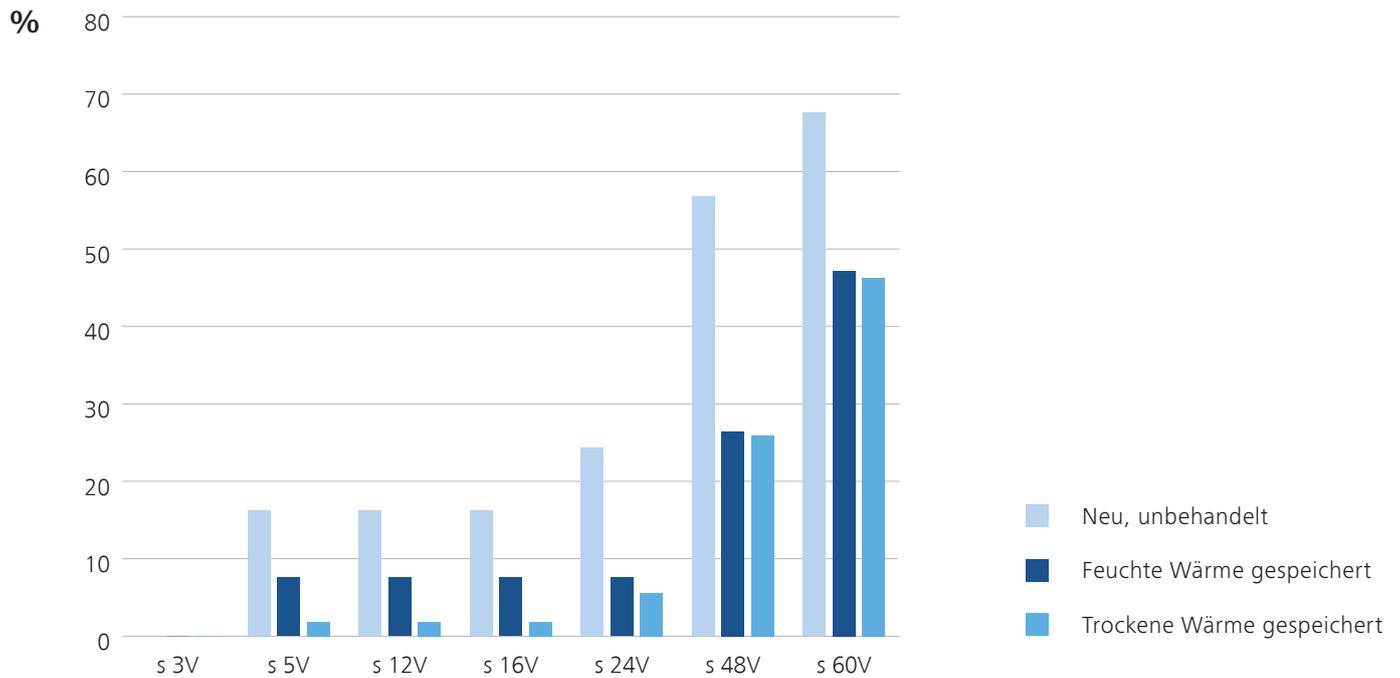
In diesem Experiment hat der Verband ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.) untersucht, wie Partikel

auf Leiterbahnen den Stromfluss beeinflussen. Ein Teilchen wird über zwei benachbarte Leiterbahnen gelegt und die Gleichspannung wird vom Startpunkt V1 in 1–5-Schritten bis auf 60 V erhöht. Jeder Spannungspunkt wird 5 Sekunden lang angelegt. Der Strom der Spannungsquelle ist auf 2 mA begrenzt. Wenn der Stromfluss nicht ausreicht, wird die aktuell angelegte Spannung als Durchbruchspannung oder Schrittspannung notiert. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis 25 Durchbrüche erreicht sind.



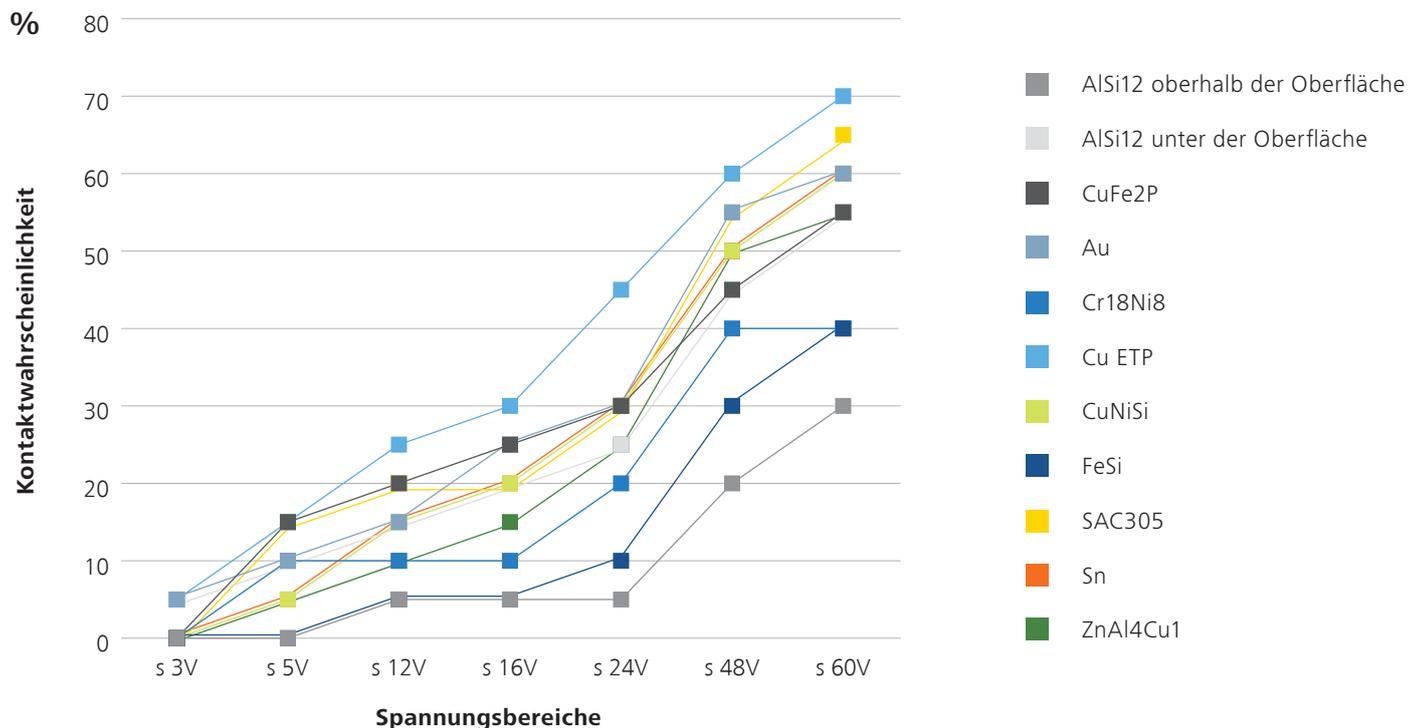
(Quelle: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/Februar/ZVEI_Technische-Sauberkeit-in-der-Elektrotechnik_dt_engl/ZVEI_Guideline_Technical-Cleanliness-in-Electrical-Engineering_second-edition_Version-2020.pdf)

Vergleich von Cu-Partikeln unter drei Bedingungen auf SAC305 PCBs



(Quelle: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/Februar/ZVEI_Technische-Sauberkeit-in-der-Elektrotechnik_dt_engl/ZVEI_Guideline_Technical-Cleanliness-in-Electrical-Engineering_second-edition_Version-2020.pdf)

Übersicht über alle Metalle in den Spannungstufen, gerundet



(Quelle: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/Februar/ZVEI_Technische-Sauberkeit-in-der-Elektrotechnik_dt_engl/ZVEI_Guideline_Technical-Cleanliness-in-Electrical-Engineering_second-edition_Version-2020.pdf)

Die Haftung der Partikel an der Leiterplatte wurde während des Experiments beobachtet. Dabei handelt es sich um einen elektrothermischen Durchschlagsprozess, bei dem mit zunehmender Spannung eine Schicht von Verunreinigungen den Widerstand vom Megohm-Bereich in den Ohm-Bereich misst.

Vergleicht man die Ergebnisse, so zeigt sich, dass die angelegte Spannung, Partikelzustand und Partikelmaterial einen Einfluss auf die Kontaktierungseigenschaften haben. Die Interferenzwahrscheinlichkeit variiert zwischen den verschiedenen Partikeltypen, aber sie steigt mit zunehmender Spannung.

Liste der für das Experiment verwendeten Materialien

1	Cu	Kupfer	z. B. Leitungen, Stromschienen
2	CuNiSi	Kupferlegierung	z. B. Kontraktmaterial, Einpresspins
3	Au	Gold	z. B. Bonddraht, Steckerbeschichtung
4	Sn	Reinzinn	z. B. Beschichtung
5	SnAg3Cu0.5 (SAC305)	Lotmaterial	z. B. Lotpaste, Lotbarren
6	ZnAl4Cu1	Zinkdruckguss	z. B. Gehäuse
7	AlSi12	Aluminiumdruckguss	z. B. Gehäuse, Deckel, Träger
8	CuFe2P	Kupfereisen	z. B. Busbar, Leadframes
9	FeSi3	Elektroblech	z. B. Stator, Rotor, Transformator
10	X10CrNi18-8	Federstahl	z. B. Feder
11	MnZn-oxide	Ferrit	z. B. Magnetkern, Drossel, Transformator

(Liste mit verwendeten Materialien; Quelle: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/Februar/ZVEI_Technische-Sauberkeit-in-der-Elektrotechnik_dt_engl/ZVEI_Guideline_Technical-Cleanliness-in-Electrical-Engineering_second-edition_Version-2020.pdf)

Technische Sauberkeit ist die Qualitätslösung.

Aber was ist Technische Sauberkeit?

Technische Sauberkeit ist ein zweistufiges Verfahren, bei dem mit einem Lichtmikroskop Anzahl und Größe vorhandener Partikel untersucht werden; dem folgt ein Elektronenmikroskop zur Analyse der chemischen Zusammensetzung und Herkunft der Partikel. Das Verfahren zielt darauf ab, Systemausfälle zu vermeiden, die möglicherweise durch diese Partikel verursacht werden. Das erforderliche Sauberkeitskonzept wird anhand der partikelempfindlichen Stellen des jeweiligen Systems festgelegt. Die kritischen Partikel können sich auch charakteristisch unterscheiden: Während Verbrennungsmotoren typischerweise auf harte und raue Metallpartikel treffen, können Elektromotoren anfällig für Partikel mit niedriger und hoher Leitfähigkeit sein.

Die meisten Partikel entstehen bei der Verarbeitung von Bauteilen und Baugruppen (ca. 80 %) und nur ein Bruchteil (ca. 20 %) ist auf Umgebungseinflüsse zurückzuführen. Da Hersteller nicht auf alle (möglichen) Fehlfunktionen und Fertigungsprozesse achten können, liegt der Fokus hier auf metallischen Partikeln. Auf der technischen Ebene stellen alle metallischen Partikel mit

einer Größe von > 200 µm oder mehr ein potenzielles Risiko für einen elektrischen Kurzschluss dar. Metallische Partikel mit einer bestimmten Länge, Winkel und Position können auf einer Leiterplatte einen Kurzschluss verursachen. Aus diesem Grund müssen kritische Partikel identifiziert und von den Leiterplatten entfernt werden. Da absolute Sauberkeit nicht evaluierbar ist, sollte man sich auf die einfachste und wirtschaftlichste Lösung für den vorgesehenen Standort und Zweck einigen. Die Verunreinigung durch Partikel ist eine wachsende Herausforderung der Automobilindustrie seit den frühen 1990er-Jahren, als die Systeme immer komplexer und die Bauräume immer kleiner wurden. Die VDA 19/ISO 16232 wurde daher als Standard geschaffen, der es Kunden und Lieferanten ermöglicht, potenzielle Schäden an Produkten innerhalb der gesamten Produktionskette zu vermeiden.

In der VDA 19 sind keine Grenzwerte für die Bauteilsauberkeit in der Elektronikindustrie vorgeschrieben. Diese werden anhand von Funktion des Bauteils, Herstellbarkeit und der Überprüfbarkeit definiert.

Wenn die Restverschmutzung entsprechend gering ist, gilt das System als ausreichend sauber.

ZEISS Lösungen für die Technische Sauberkeit am Beispiel-Workflow für Halbleiter im Auto

Die Extraktion der Partikel aus dem Bauteil ist kein trivialer Prozess

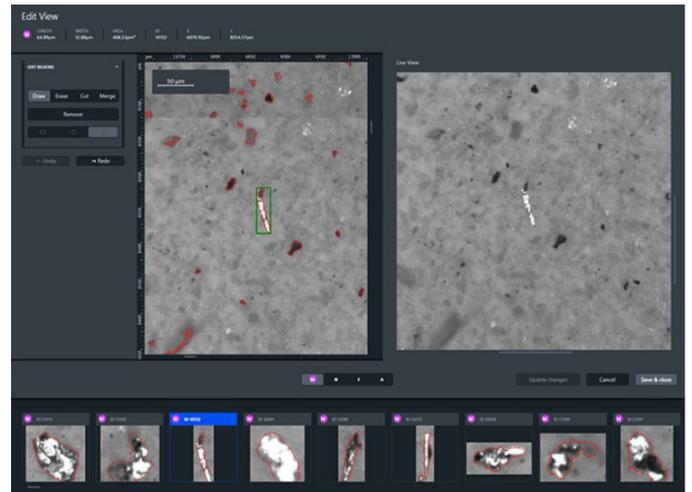
Verunreinigte Partikel werden von elektronischen Leiterplatten durch ein Druckluftverfahren entfernt. Da die elektronischen Leiterplatten durch Wasser beschädigt werden können, wird dieser Reinigungsprozess mit Luft durchgeführt. Dabei wird mit einem Strahl saubere und ölfreie Druckluft aus einem Sprühwerkzeug gesprüht und an eine benetzte Kammerwand geklebt. Dieser Prozess findet in einer Box statt, die mit einer Druckentlastung, die Überdruck vermeidet, ausgestattet ist.

Das Abspülen der benetzten Kammer erfolgt mit einer Flüssigkeit, die anschließend durch einen Filter fließt. Die Partikel werden in diesem Filter aufgefangen und unter einem Mikroskop analysiert.



Bestimmung von Partikeln mit Lichtmikroskopen

Der Filter wird unter ein Lichtmikroskop (z. B. ZEISS Axio Imager 2 oder ZEISS Axio Zoom.V16) gelegt, um alle nicht-metallischen und metallisch glänzenden Partikel auf dem Filter zu erkennen.



In der Software ZEISS Technische Sauberkeitsanalyse werden alle untersuchten Partikel in einer Tabelle aufgelistet und entsprechend kategorisiert. Dank der intuitiven Benutzeroberfläche sowie der linear vorgegebenen Benutzerführung (während der Anwendung und im Arbeitsablauf) braucht es dazu keine Experten für Mikroskope. Die Unterstützung durch definierte Mikroskop-Hardware und Softwareeinstellungen macht komplexe Analyseprozesse sowohl einfacher als auch zuverlässiger durchführbar. Die analysierten Daten werden vom System gespeichert und exportiert, wobei die Software die Möglichkeit bietet, einen Bericht nach einschlägigen Normen zu erstellen. ZEISS ZEN core Shuttle and Find verknüpft Daten auch mit Elektronenmikroskopen, wodurch ein nahtloser Workflow über diese entsteht. Da die Software das direkte Abrufen und Übertragen von markierten Partikeln eines Lichtmikroskops zu einem Elektronenmikroskop ermöglicht, steigert dies die Produktivität und Effizienz weiter. Dies gestattet einen sofortigen Zugriff auf die spezielle Analyseansicht im hochauflösenden Elektronenmikroskop.

Lichtmikroskope



ZEISS SteREO Discovery.V8

Partikelgröße $\geq 15 \mu\text{m}$
Standardanalyse



ZEISS Axioscope 7

Partikelgröße $\geq 50 \mu\text{m}$
Standardanalyse



ZEISS Axio Zoom.V16

Partikelgröße $\geq 5 \mu\text{m}$
Erweiterte Analyse



ZEISS Axio Imager 2

Partikelgröße $\geq 1 \mu\text{m}$
Erweiterte Analyse

Die Ursachen der Partikelkontamination mithilfe von Elektronenmikroskopen verstehen

Um mehr über die Partikel herauszufinden, wird der Filter in ein Elektronenmikroskop, wie beispielsweise ZEISS EVO oder ZEISS Sigma, gegeben. Die vernetzten Lösungen von ZEISS machen es einfacher, die einzelnen Partikel zu finden und zu analysieren. An dieser Stelle unterstützt vor allem die Software ZEISS SmartPI, die nicht nur die chemische Zusammensetzung und Materialcharakterisierung darstellt, sondern auch die entsprechende Partikelmorphologie.

Der Einsatz eines einheitlichen Portfolios ermöglicht es, die Koordinaten eines kritischen Partikels zu speichern und somit den Partikeltyp mit der ZEISS SmartPI Software zu identifizieren. Das System analysiert im Anschluss das Material, dessen Aufbau und Herkunft (z. B. Schmiedeprozess oder Lieferant). Schließlich wird die chemische Zusammensetzung der Partikel durch EDS-Messung bestimmt. ZEISS SmartPI kann auch individuelle Berichte entwerfen und erstellen, die auf die Bedürfnisse des Kunden zugeschnitten sind.

 **Elektronenmikroskope** mit EDS

 **ZEISS SmartPI**
Qualifizierung & erweiterte Klassifizierung

 **SmartPI Reporter**
Berichterstattung

HARDWARE

SOFTWARE



✓ hochfahren



✓ kalibrieren

✓ bewegen

✓ erfassen

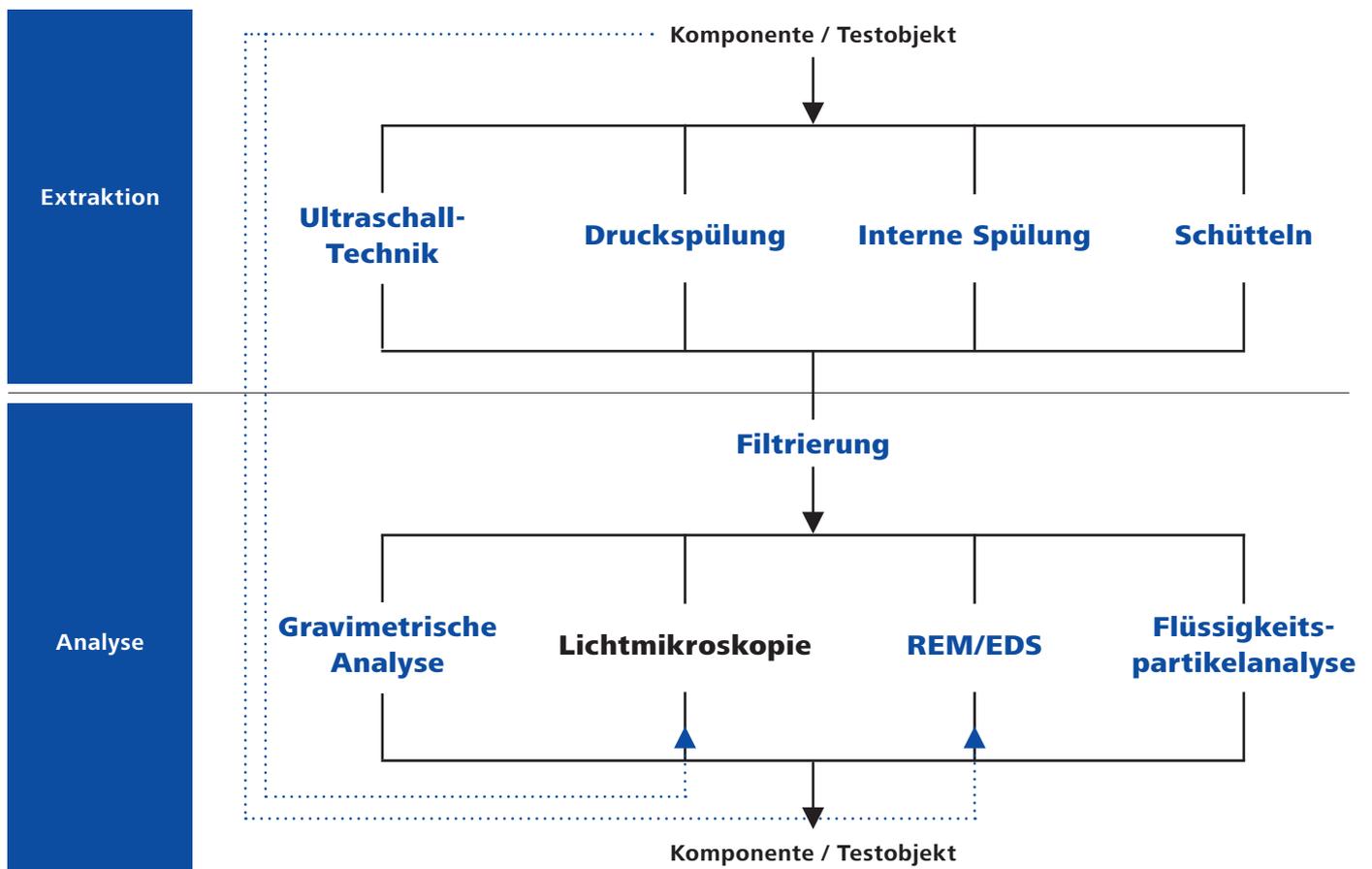
✓ detektieren

✓ messen

✓ analysieren

✓ berichten

Workflow-Übersicht



Dienstleistungen der Carl ZEISS AG

Technische Sauberkeit gewinnt in der Automobilindustrie zunehmend an Bedeutung. Wir von ZEISS helfen Fachleuten, unsere Systeme zu verstehen, und bringen ihnen den Umgang mit unseren Technologien näher.

Von der Konstruktion über Service und Reparatur bis hin zur Mitarbeiterschulung und dem richtigen Umgang mit den Geräten: Wir sind immer erreichbar und stehen Ihnen bei jedem Schritt zur Seite. Unser Demo-Center ist mit den jeweiligen Geräten ausgestattet, um Sie auf alle Aspekte unserer Technologien vorzubereiten.

Quelle:

https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2020/Februar/ZVEI_Technische-Sauberkeit-in-der-Elektrotechnik_dt_engl/ZVEI_Guideline_Technical-Cleanliness-in-Electrical-Engineering_second-edition_Version-2020.pdf

Carl Zeiss IQS Deutschland GmbH

Carl-Zeiss-Straße 22
73447 Oberkochen

Vertrieb

Telefon: +49 7364 20 6336
E-Mail: sales.metrology.de@zeiss.com

Service

Telefon: +49 7364 20 6337
E-Mail: info.metrology.de@zeiss.com

www.zeiss.de/imt

Carl Zeiss Industrial Quality Solutions, LLC

6250 Sycamore Lane North
Maple Grove, MN 55369/USA

Phone: +1 800 327-9735

Fax: +1 763 533-0219
info.metrology.us@zeiss.com

www.zeiss.com/metrology