

Monitoring in der Technischen Sauberkeit

Mit der neuen VDA 19.1 (2026) rückt neben der Grenzwertprüfung das prozessnahe Monitoring der Technischen Sauberkeit in den Fokus. Die Herstellungsprozesse der Elektromobilität, von Assistenzsystemen und des autonomen Fahrens erfordern neue Prüfmethoden mit praxisnahen, schnelleren und teils mobilen Lösungen – von Trockenextraktionen bis hin zur Echtzeit-Partikelzählung.

Volker Burger

Der Bauteilumfang von Elektromobilität und Fahrerassistenzsystemen verändert die Risikosituation: Hochvoltssysteme, kamera-basierte Sensorik und trockene Prozessketten erfordern Sauberkeitsspezifikationen, die an sicherheitskritischen Schadmechanismen ausgerichtet sind, etwa Leitfähigkeit, Härte oder optische Blockade.

Ausgangslage: Sauberkeit wird sicherheitskritisch

Damit wandelt sich das bisherige einfache Qualitätsmerkmal zum sicherheitskritischen Zeichnungseintrag mit faktischem

hundertprozentigem Prüfcharakter für kritische Funktionsflächen. Zugleich steigen die Anforderungen an die Vergleichbarkeit von Ergebnissen sowie an die Prüfstrategie für sehr große, schwere oder spannungsführende Bauteile, bei denen eine klassische Laborprüfung oft nicht möglich oder sinnvoll ist.

Monitoring statt Grenzwertprüfung: Definition und Abgrenzung

Zur sicheren und stabilen Einhaltung der vorgegebenen Bauteilsauberkeit ist ein fertigungsbegleitendes Monitoring zur

Prozessüberwachung sinnvoll. Hierfür sind Prüfmethoden erforderlich, die in möglichst kurzer Zeit viele aussagekräftige Ergebnisse liefern und somit schnell auf Prozessveränderungen und potenzielle Grenzwertüberschreitungen bei der Bauteilsauberkeit hinweisen.

Die VDA 19.1 (2026) unterscheidet klar zwischen Grenzwertprüfung (konforme Standardanalyse am repräsentativen Prüfgegenstand) und (Prozess-) Monitoring (Bild 2). Das Monitoring darf teilflächenbezogen, bauteilnah oder im Prozess erfolgen. Die Extraktion muss zwar reproduzierbar, aber nicht zwingend voll qualifiziert sein. Außerdem können die Auflösungskriterien gezielt auf relevante Partikelklassen reduziert werden. Nicht VDA-19.1-konforme Methoden sind zulässig, sofern sie den Monitoringzweck erfüllen und konsistent angewendet werden.

Das Partikelmonitoring lässt sich in zwei Vorgehensweisen unterteilen:

1. Prüfungen direkt am Bauteil
2. Prüfungen an sauberkeitsrelevanten Einflussgrößen

Letztere können direkt im Montageprozess (zum Beispiel Vorrichtungen) oder in der Montageumgebung (Sedimentation) erfolgen.

Methoden für das Partikelmonitoring

Allen Vorgehensweisen gemeinsam sind ein Probenahmeschritt (Extraktion) und



Bild 1 > Auslegung und Aktivierung von Partikelfallen (Sedimentation) im Prozess-Umfeld.

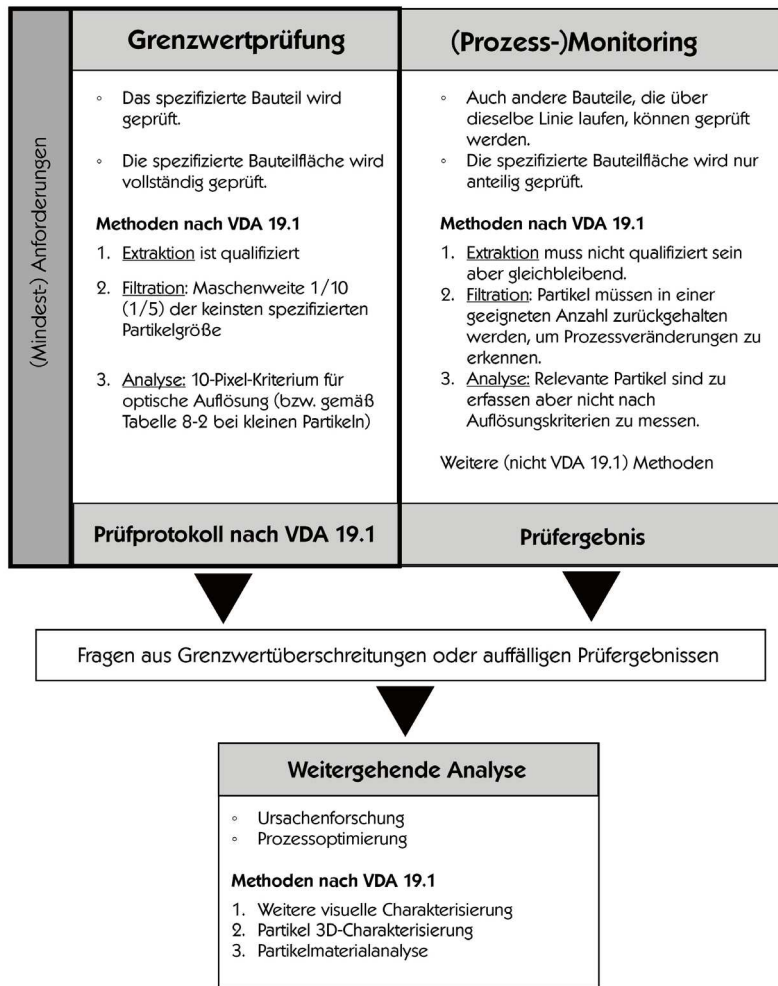


Bild 2 > Schema Grenzwertprüfung versus Monitoring – Gegenüberstellung der Prüfwege.

die nachfolgende Auswertung (Analyse). Für das Monitoring sind neben den in der VDA 19.1 umfassend definierten Verfahren auch nicht VDA-konforme Extraktions- und Analyseverfahren zulässig. Insbesondere die trockenen Extraktionsmethoden wie Saugen (Bilder 3 und 4), Stempeln und die Sedimentation eröffnen eine deutlich breitere Auswahl an geeigneten Analysemethoden (Tabelle 1).

Vergleich der Methoden – Einsatzbereiche und Charakteristik

Für das Monitoring der Technischen Sauberkeit stehen verschiedene praxistaugliche Methoden zur Verfügung, die sich vor allem hinsichtlich ihres Einsatzbereichs, ihrer Mobilität und der Auswertungsart unterscheiden.

- **Flüssigextraktion** („Spritzen“) mit **mikroskopischer Analyse** gilt als VDA-konform und bietet eine hohe Aussagekraft sowie Vergleichbarkeit. Sie ermöglicht eine vollständige Flächenprüfung und

ist stark an die Spezifikationen angelehnt. Allerdings ist diese Methode nicht prozessnah, erfordert lange Analysezeiten und eine Laborinfrastruktur; zudem

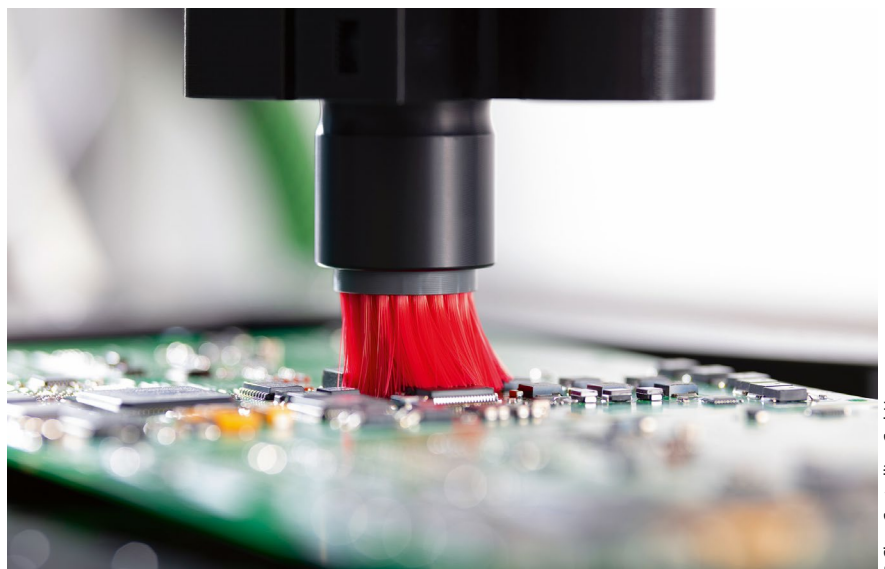


Bild 3 > Bürst-Saugextraktion: beispielhafte prozessnahe Partikelabnahme an einem Bauteil.

handelt es sich um eine zerstörende Prüfung, die für große oder empfindliche Bauteile oft ungeeignet ist.

- **Trockenextraktion durch (Bürst-)Saugextraktion mit mikroskopischer Analyse** kombiniert mobile Probenahme mit laborbasierter Auswertung. Sie ist ebenfalls VDA-konform und erlaubt sowohl teilflächige als auch gesamtlächige Prüfungen direkt am oder im Prozess. Ein wesentlicher Vorteil ist die zerstörungsfreie Extraktion. Die Schwäche liegt jedoch in der fehlenden mobilen Auswertung und den vergleichsweise langen Analysezeiten.
- **Trockenextraktion durch (Bürst-)Saugextraktion mit lichtoptischer Direktinspektion** führt die Auswertung mobil und unmittelbar durch. Dadurch stehen Ergebnisse deutlich schneller zur Verfügung, was eine prozessnahe Überwachung ermöglicht. Die Extraktion bleibt VDA-konform, die Analyse ist aufgrund des begrenzten Probenträgers auf kleinere Flächen ausgelegt – ideal für Monitoring und schnelle Trendbewertung, aber weniger für den Spezifikationsnachweis.
- **Stempelextraktion mit mikroskopischer Analyse** ist im Prozessumfeld einsetzbar und VDA-konform. Sie ist zerstörungsfrei, allerdings teilflächenbezogen. Lange Analysezeiten und die fehlende mobile Auswertung begrenzen den Einsatz vor allem auf stichprobenartige Kontrollen.
- **Stempelextraktion mit lichtoptischer Direktinspektion** stellt eine schnelle und mobile Ergänzung dar. Ergebnisse liegen unmittelbar vor; die Beschrän-

© CleanControlling GmbH



Bild 4 > Mobiles und kompaktes Saugextraktionssystem.

Extraktionsmethode	Analysemethode
Spritzen (Flüssigextraktion, Labor)	<ul style="list-style-type: none"> • mikroskopisch¹⁾
(Bürst-)Saugen (Trockenextraktion, mobil)	<ul style="list-style-type: none"> • mikroskopisch¹⁾ • lichtoptisch²⁾ • Streiflicht³⁾ • Echtzeit-Partikelzähler⁴⁾
Stempelextraktion (Partikelstempel)	<ul style="list-style-type: none"> • mikroskopisch¹⁾ • lichtoptisch²⁾ • Streiflicht³⁾
Sedimentation (Partikelfalle)	<ul style="list-style-type: none"> • mikroskopisch¹⁾ • lichtoptisch²⁾

1) (automatisierte Mikroskope von Jomesa, Zeiss et cetera, Bild 6)
 2) (Light Box und Lens App von Partikel Art, Bild 5)
 3) (Part Sens von PMT)
 4) (CleanControlling)

Tabelle 1 > Extraktions- und Analysemethoden für das Partikelmonitoring.

© PartikelART Solution GmbH



Bild 5 > Partikelstempel/-falle mit Lightbox zur lichtoptischen Direktinspektion per Smartphone-App.

kungen durch den kleinen Probenträger und die Teilflächen bleiben bestehen, weshalb diese Kombination besonders für das trendfähige Monitoring zu empfehlen ist.

- *Sedimentationsmethoden (Partikelfallen) mit mikroskopischer Analyse* eignen sich zur Überwachung von Umgebungseinflüssen. Sie sind VDA-konform, jedoch zeitaufwendig und nicht mobil auswertbar.
- *Sedimentation mit lichtoptischer Direktinspektion* erhöht die Geschwindigkeit und Mobilität, bleibt aber aufgrund kleiner Probenträger und Teilflächen eine Methode für das Umfeld- und Trendmonitoring.
- *Trockenextraktion durch (Bürst-)Saugextraktion mit Echtzeit-Partikelzähl-systemen* nimmt eine Sonderrolle ein: Sie verbindet mobile Extraktion mit sofortiger Auswertung. Dies erlaubt ein sehr reaktives Prozessmonitoring (zum Beispiel Schichtalarne). Die Extraktion ist VDA-konform, die Partikelvermessung selbst jedoch nicht vollständig normgerecht und daher nicht für den Spezifikationsnachweis vorgesehen.

Vergleichsmatrix Monitoring-Methoden in der Technischen Sauberkeit

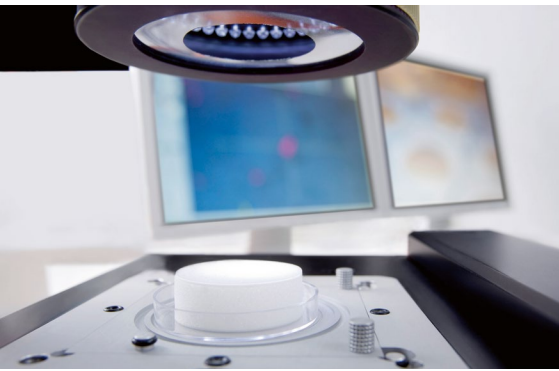
Spritzen (flüssig) + Mikroskopie	nein	stark	stark	eingeschr.	stark	nein	nein	stark
(Bürst-)Saugen (trocken) + Mikroskopie	nein	stark	stark	eingeschr.	stark	stark	stark	stark
(Bürst-)Saugen (trocken) + Lichtoptik	stark	stark	geeignet	stark	stark	stark	stark	geeignet
Stempelextraktion + Mikroskopie	nein	stark	stark	eingeschr.	eingeschr.	stark	stark	geeignet
Stempelextraktion + Lichtoptik	stark	stark	geeignet	stark	eingeschr.	stark	stark	eingeschr.
Sedimentation + Mikroskopie	nein	stark	stark	eingeschr.	eingeschr.	stark	stark	eingeschr.
Sedimentation + Lichtoptik	stark	stark	geeignet	stark	eingeschr.	stark	stark	eingeschr.
(Bürst-)Saugen + Echtzeit-Partikelzähler	stark	stark	nein	stark	stark	stark	stark	nein
	Mobilität der Auswertung	VDA-Konformität Extraktion	VDA-Konformität Analyse	Geschwindigkeit der Ergebnisse	Flächenabdeckung	Zerstörungsfreiheit	Prozessnähe	Eignung für Spezifikationsnachweis

Bewertung: ■ stark ■ geeignet ■ eingeschränkt ■ nein

Tabelle 2 > Vergleichsmatrix Monitoring-Methoden in der Technischen Sauberkeit.

Vergleichsmatrix der Monitoring-Methoden

Die Matrix (Tabelle 2) fasst die wesentlichen Kriterien je Methode zusammen und dient als praxisorientierte Orientierung für die Auswahl des passenden Monitoring-Werkzeugs entlang der Prozesskette. Sie spiegelt die beschriebenen Eigenschaften wider und ist bewusst qualitativ gehalten. Für die konkrete Spezifikationsprüfung



© CleanControlling GmbH

Bild 6 > Mikroskopische Analyse eines Partikelstempels.

sind die Vorgaben der VDA 19.1 maßgeblich; die Kombination aus Methoden-Mix und kundenseitig abgestimmten Auflösungskriterien bleibt entscheidend.

Umsetzung im Werk: Vom Laborwert zur Linienregelung

Für eine robuste Monitoring-Einführung sind folgende Schritte empfehlenswert: Zunächst sollten kritische Funktionsflächen definiert und Monitoring-Punkte entlang der Prozesskette (Bauteil, Vorrichtung, Umgebung) verortet werden. Ein Methodenmix erhöht die Aussage-

Wo Grenzwertprüfung – wo Prozess-Monitoring?

- Produktfreigabe / Spezifikationsnachweis: Standard-Sauberkeitsprüfung nach VDA 19.1 (gegebenenfalls inklusive REM/EDX oder IR bei Materialfragen)
- Prozessregelung / Trend: Trockenextraktionen und mobile Auswertung mit Lichtoptik beziehungsweise Echtzeit-Zähler, teilflächenbezogen
- Ursachenanalyse / Umfeld: Partikelfallen (Sedimentation) und bauteilnahe Stempel für Quellenidentifikation
- Hinweis: Reproduzierbarkeit sicherstellen, Startparameter dokumentieren, Ergebnisse trendfähig visualisieren

kraft, beispielsweise Saugextraktion mit Mikroskopie für Wochenreports und Saugextraktion mit Echtzeit-Partikelzähler für Schichtalarml. Startparameter sind zu dokumentieren; das Abklingverhalten und Blindwerte sollten geprüft und in Ablaufdiagrammen festgelegt werden. Freie Prüfungen sind frühzeitig mit dem Kunden abzustimmen (relevante Partikelklassen, Auflösung, Auswertelgorithmen). Schließlich ist eine Personalschulung zur neuen VDA 19.1 einzuplanen.

Einordnung & Ausblick: VDA 19.1 und ISO 16232

Die Inhalte der neuen VDA 19.1 sollen wie zuvor in die ISO 16232 überführt werden;

entsprechende Arbeiten dazu sind bereits angelaufen. Wer sich nach der VDA 19.1 von 2026 ausrichtet, ist für die kommende Harmonisierung gut vorbereitet. //

Autor

Dipl. Ing. (FH) Volker Burger
Geschäftsführer

CleanControlling GmbH,
Emmingen-Liptingen
sales@cleancontrolling.de
www.cleancontrolling.de