Pero Technologietage:
Technische Sauberkeit – Methodik nach VDA 19

Technische Sauberkeit – Prüfung eines Zylinderkurbelgehäuses.

24.-26. April 2012, Königsbrunn

Dr.-Ing. Markus Rochowicz
Fraunhofer IPA, Reinst- und Mikroproduktion

Gliederung

1. Vorstellung der Abteilung Reinst- und Mikroproduktion
2. VDA 19 / ISO 16232
3. VDA 19 Teil 2
4. Überarbeitung VDA 19

Abteilung Reinst- und Mikroproduktion

Fraunhofer IPA TESTED DEVICE
USmatic GmbH & Co. KG
Belt-Conveyor No. 229 550 00
Report No. US 1011-537

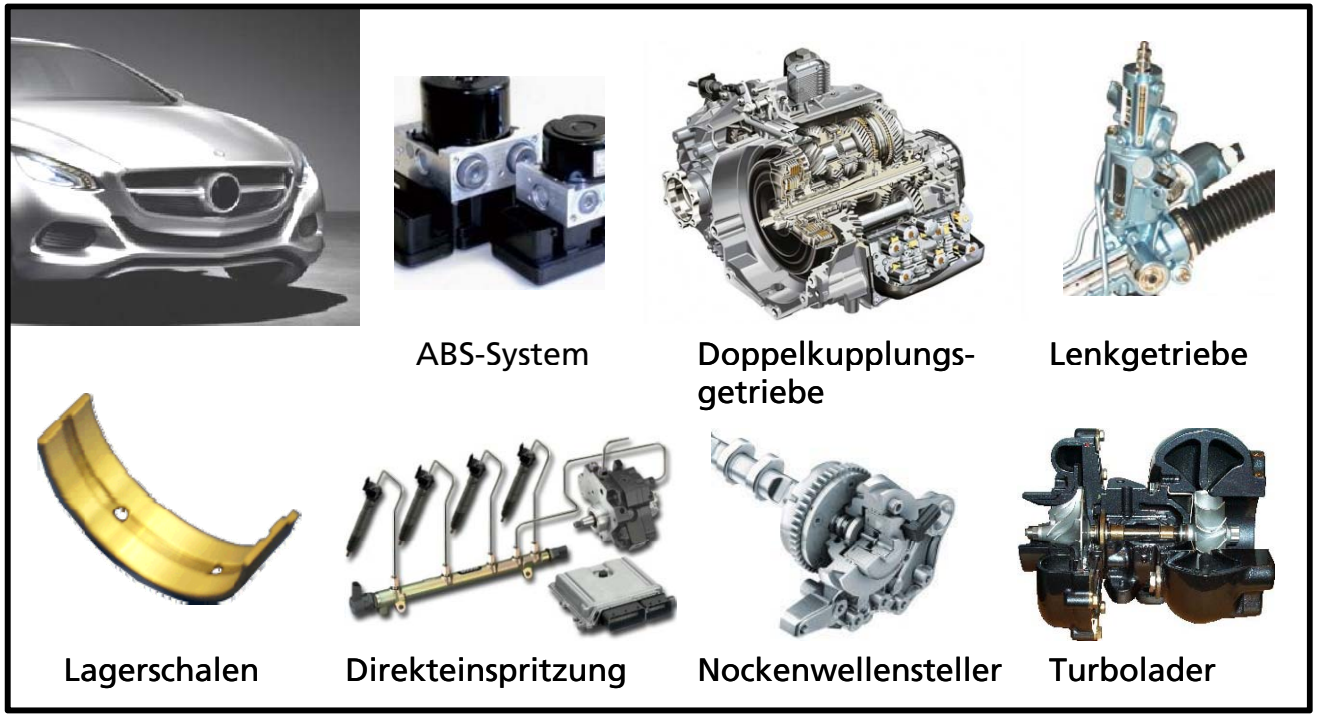
Arbeitsgebiete:

- Prüfung der Reinraumtauglichkeit von Gerätschaften und Werkstoffen
- Fertigungsoptimierung in der Sauber- und Reinstproduktion
- Schulung
- CO_2-Reinigung
- Reinigungsvalidierung
- Prüfung der Technischen Sauberkeit
- Entwicklung von Reinheitsprüftechnik
- …

VDA 19: ein rotes Buch kein rotes Tuch –
Prüfung der Technischen Sauberkeit in der Praxis

Hintergründe der Restschmutzproblematik

Bauteile und Systeme im Automobil reagieren zunehmend funktionskritisch auf Partikelverunreinigungen.



Die Sauberkeit ist eine Qualitätsgröße, die mit Grenzwerten festgeschrieben ist und gemessen werden muss.

Entwicklungstrends im Automobil:

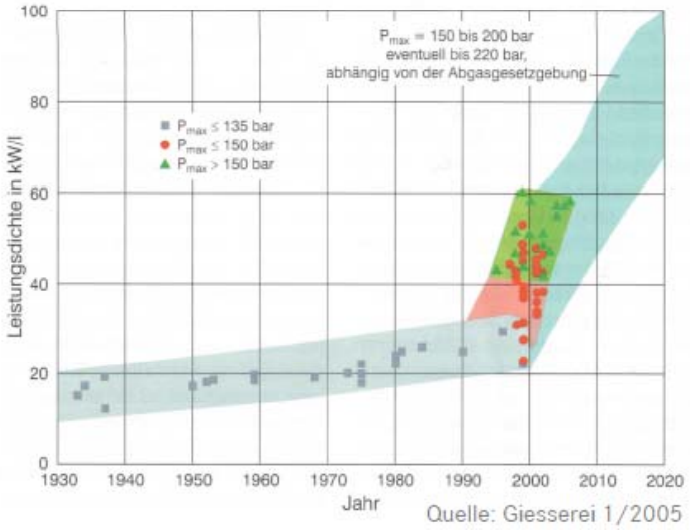
- höhere Leistungsdichten
- sinkende Schadstoffemissionen
- reduzierte Verbrauchswerte
- zunehmende Zahl an Sicherheitssystemen
- höhere Laufruhe
- steigende Zahl an Elektroniken
- Bleiverbot

Vor 10 Jahren: Die Steinzeit der Restschmutzdiskussion

Seit wann gibt es ein „Restschmutzproblem“

- Probleme mit partikelbedingten Fehlfunktionen im Automobil gab es schon immer
- Die große Verbreitung von ABS-Systeme ab ca. 1990 führte zur ersten ersthaften Auseinandersetzung mit der Thematik
- Der Boom der Diesel-Direkteinspritzer Ende der 90er Jahre war der Auslöser für **die große „Restschmutz-Welle“**, die die ganze Zulieferkette erfasste.

Der Restschmutz 2001 – ein Problem ohne Heimat:



Aber es gab 2001 schon:

- harte Grenzwerte (200µm)
- erste automatisierte lichtoptische Mikroskope
- erste automatisierte REM-EDX-Systeme
- erste automatisierte Extraktionsstände

Der Industrieverbund TecSa

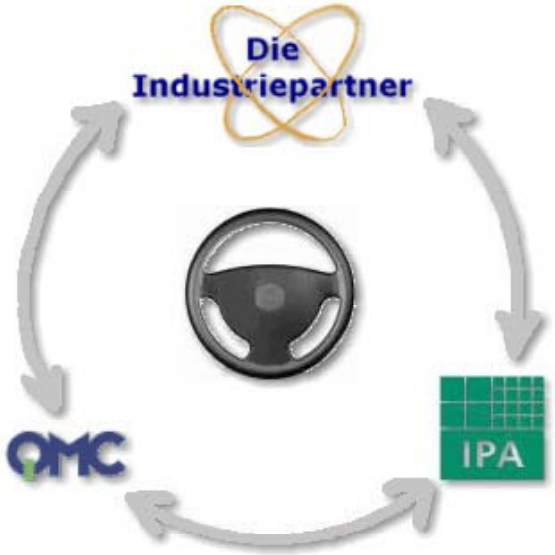
Die Messung von Restschmutz stellte ein Problem dar, weil

- Eine direkte Inspektion der betroffenen Bauteile selten möglich ist.

- Es keine einheitliche Vorgehensweise bei der Prüfung gab.
- Es ein großes Wissensgefälle in der Branche gab.
- **Es kein problemspezifisches Regelwerk gab**

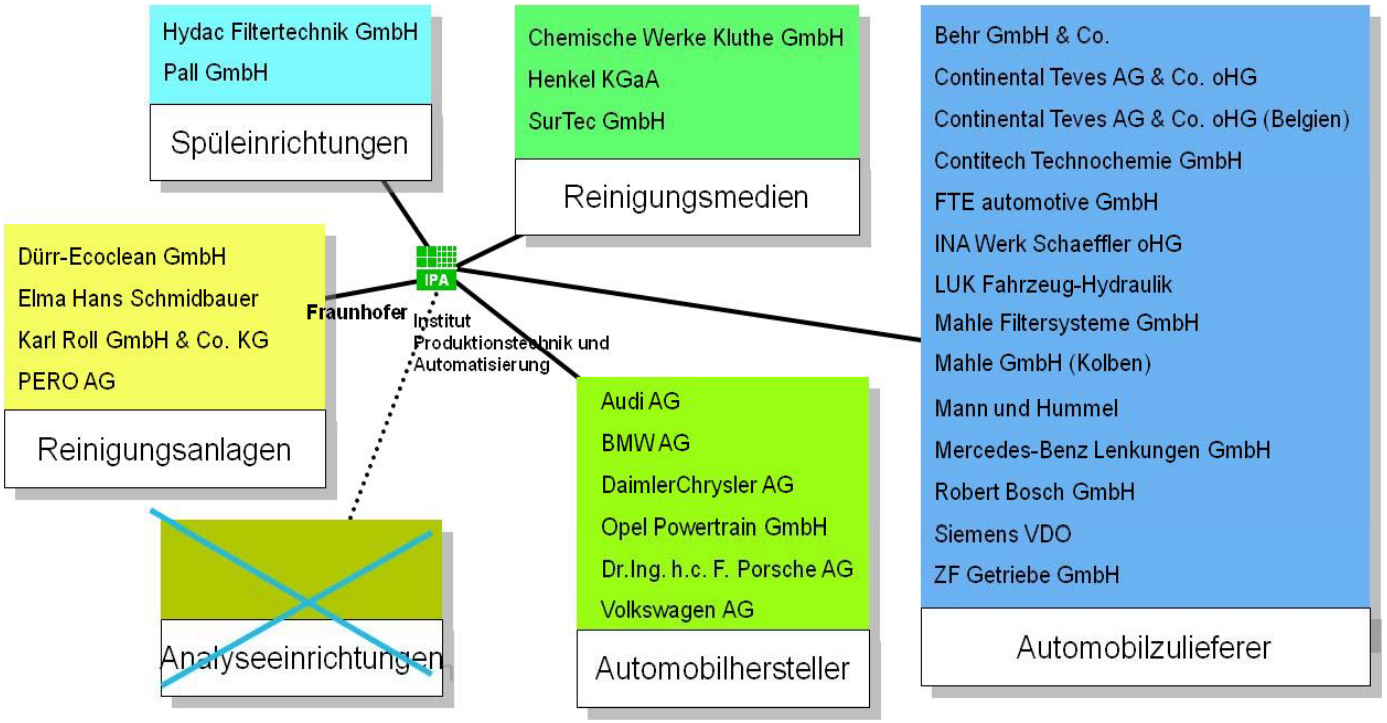
Sommer 2001:

Der Begriff der „**Technischen Sauberkeit**“ war geboren, um das Thema positiv zu belegen und (auch firmenintern) kommunizierbar zu machen.



IPA greift den Industriebedarf „Standardisierung“ auf

Industrieverbund „Technische Sauberkeit“ - TecSa



Industriefinanzierung

- Kooperation über zwei Jahre
- Ca. 25 teilnehmende Firmen

Wie weit ist eine Standardisierung möglich?

Beispiel: Innenspülen

Extraktion

Filtration

Analyse

Identische / **standardisierte** Prüfanweisung? → wohl kaum …

VDA 19 erscheint 2005 beim VDA QMC

Die „etwas andere Messtechnik“

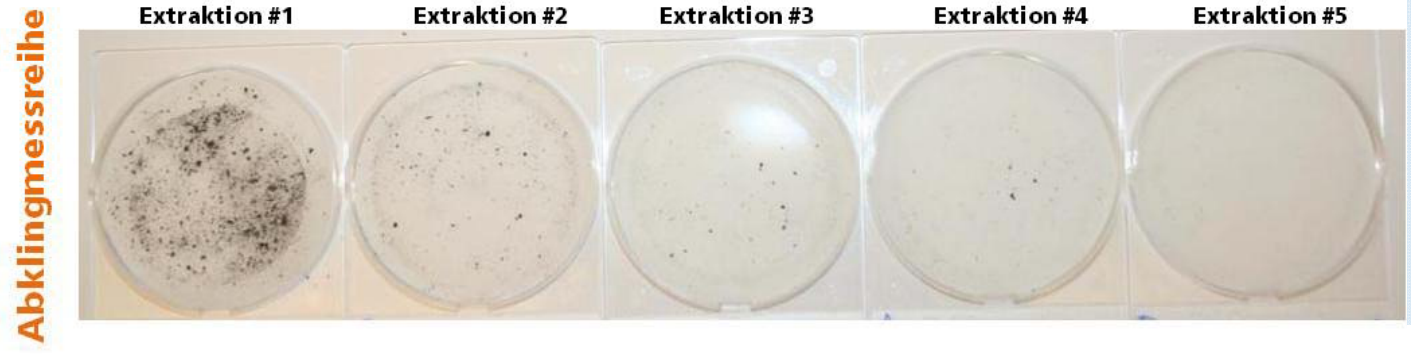
Denn, es kann keine fixen Prozeduren geben aufgrund der riesigen Bauteilvielfalt, sondern:

- Die experimentelle Ausarbeitung der Prüfung ist geregelt.
- Die fachgerechte Durchführung der Prüfung wird beschrieben.
- Die Dokumentation von Sauberkeitswerten ist genormt.

Das Kleingedruckte

VDA 19 schreibt nicht vor:

1. Dass Bauteile (grundsätzlich) mit Sauberkeitsanforderungen belegt sein müssen
2. Dass Bauteilsauberkeit generell geprüft werden muss
3. Welchen Sauberkeitsgrad bestimmte Bauteile haben müssen (Grenzwerte)
4. An welchen Stellen im Prozess / in der Qualitätskette Sauberkeitsanforderungen bestehen
5. In welchem Umfang zu prüfen ist

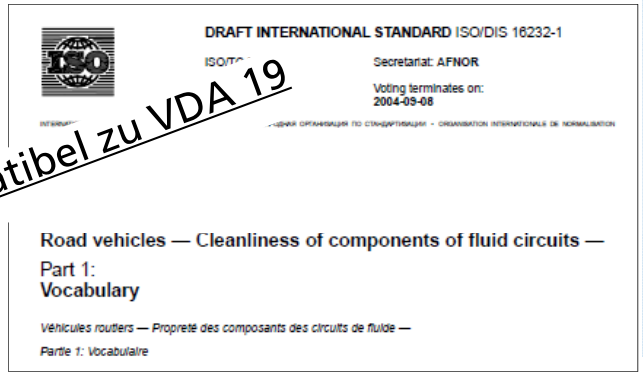


ISO 16232 (2007): Die Hintergründe, die Inhalte

DEUTSCHER SPIEGELAUSSCHUSS ZUR WG12:

- Audi
- Bosch
- DaimlerChrysler
- Mahle
- Pall
- Siemens VDO
- Fraunhofer IPA

Kompatibel zu VDA 19



DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 16232-1

Secretariat: AFNOR

Voting terminates on: 2004-09-08

Road vehicles — Cleanliness of components of fluid circuits —

Part 1: Vocabulary

Véhicules routiers — Propreté des composants des circuits de fluide —

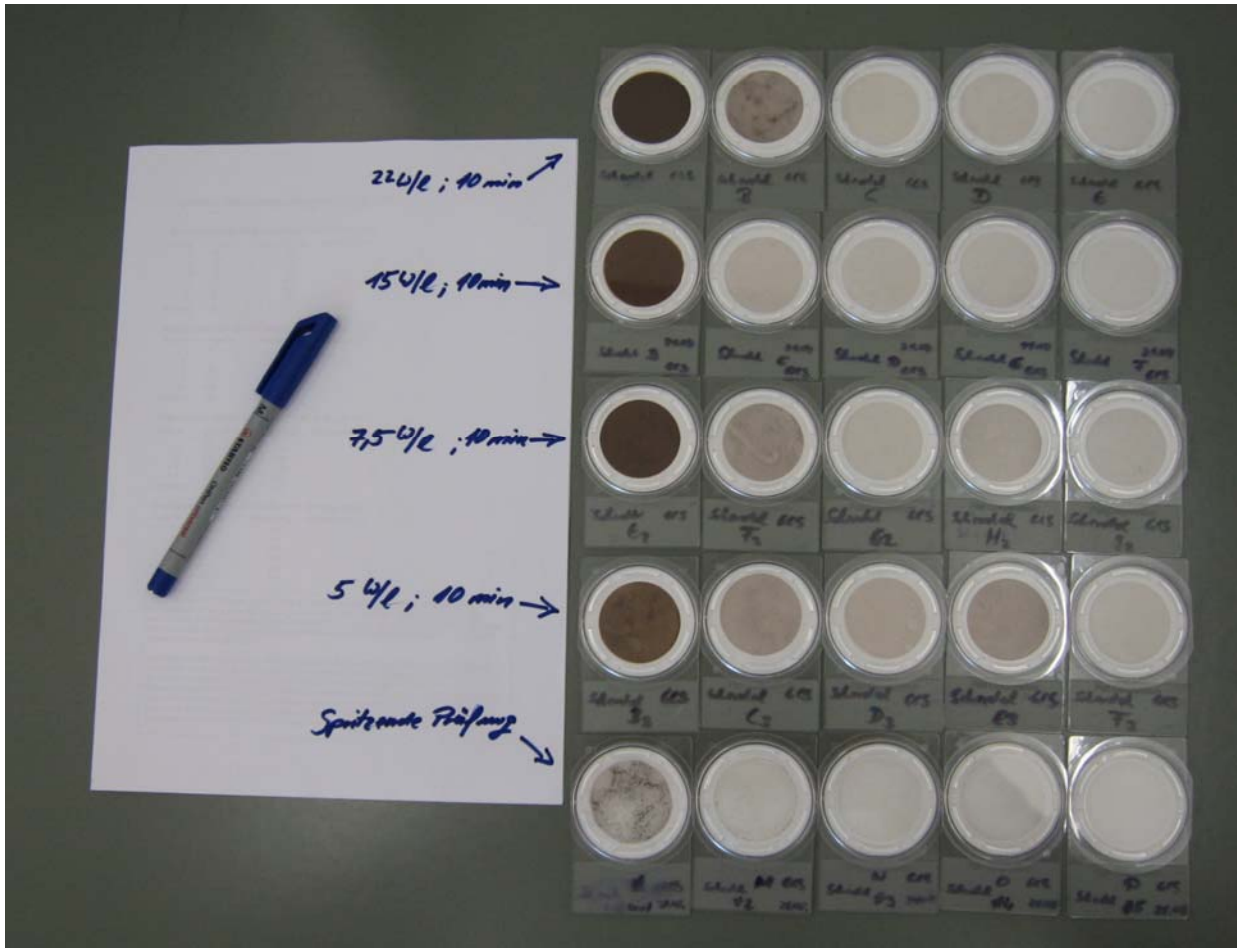
Partie 1: Vocabulaire

Aufbau in 10 Teilen:

- Vokabular
- Extraktion: Schütteln
- Extraktion: Ultraschall
- Extraktion: Spritzen
- Extraktion: Innenspülen
- Analyse: Gravimetrie
- Analyse: Mikroskopie
- Analyse: EDX-Elementbestimmung
- Analyse: Flüssigkeitspartikel-zähler
- Ergebnisdokumentation

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Was ist Bauteil, was ist Schmutz?



Problem:

Bei der Extraktion für die Sauberkeitsanalyse, kann Material des Bauteils mit abgelöst werden:

Beispiel:

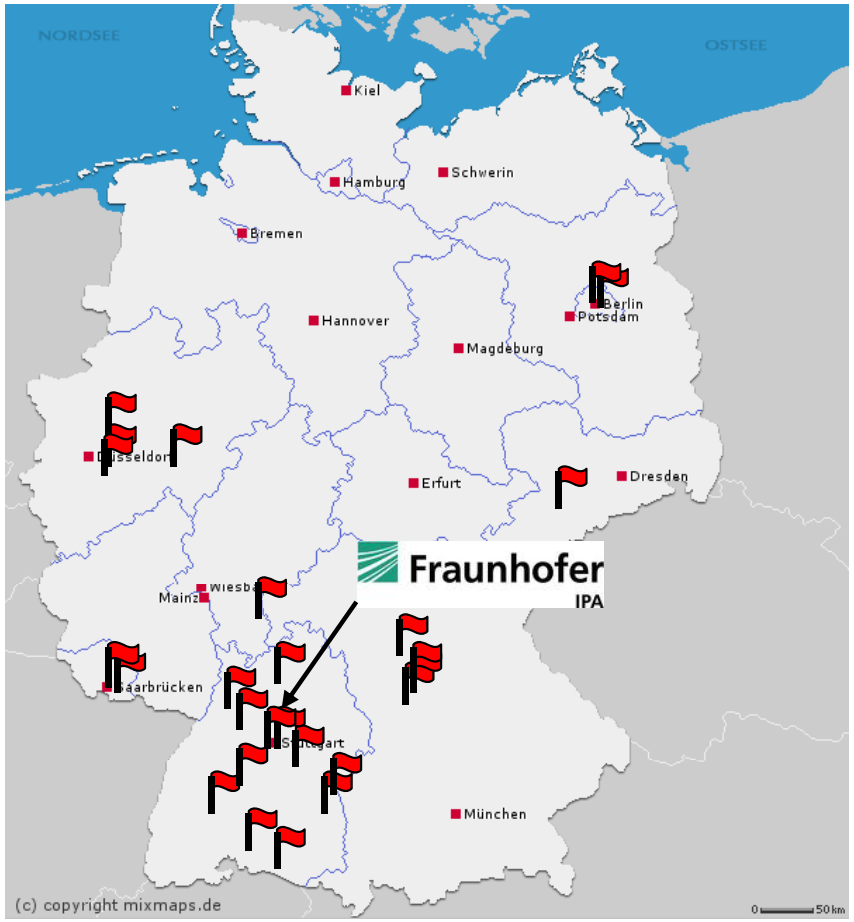
- Ultraschall und beschichtete Bauteile
- Ultraschall und Aludruckguss

Stand nach 10 Jahren Technischer Sauberkeit

Zahl und Standorte der Dienstleister zur Sauberkeitsprüfung

Deutschland:

- Ca. 25 Dienstleister (vgl. Frankreich ca. 7)
- Klare regionale Schwerpunkte



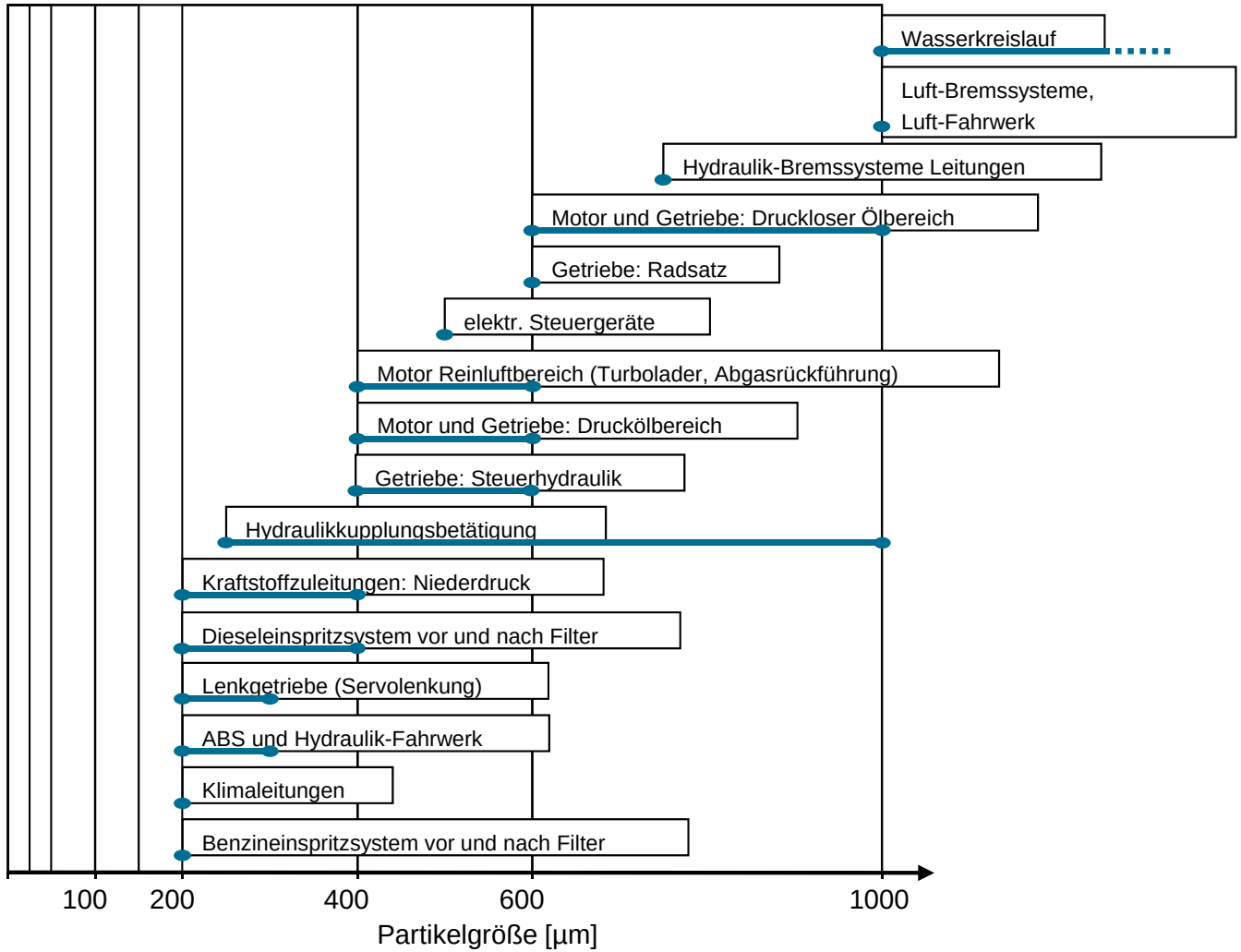
Zahl der Labore insgesamt:

- Automatisierte Partikelzählmikroskope ca. 1000
- Automatisierte Rasterelektronen-mikroskope mit Elementanalyse ca. 50
- Extraktionskammern ca. 800

=> ca. **800 Labore**, in denen Bauteilsauberkeit geprüft wird,

> 90% bei den betroffenen Firmen

Stand der Grenzwerte heute



Sind die Grenzwerte in den letzten zehn Jahren härter geworden?

- Mehr Bauteile und Systeme haben Grenzwerte
- aber Grenzwerte werden allgemein nicht schärfer

Statements wie

„…heute fordern wir 200µm, nächste Jahr werden wir bei 100µm sein und wenn die Entwicklung so weiter geht, bald bei 50µm…“

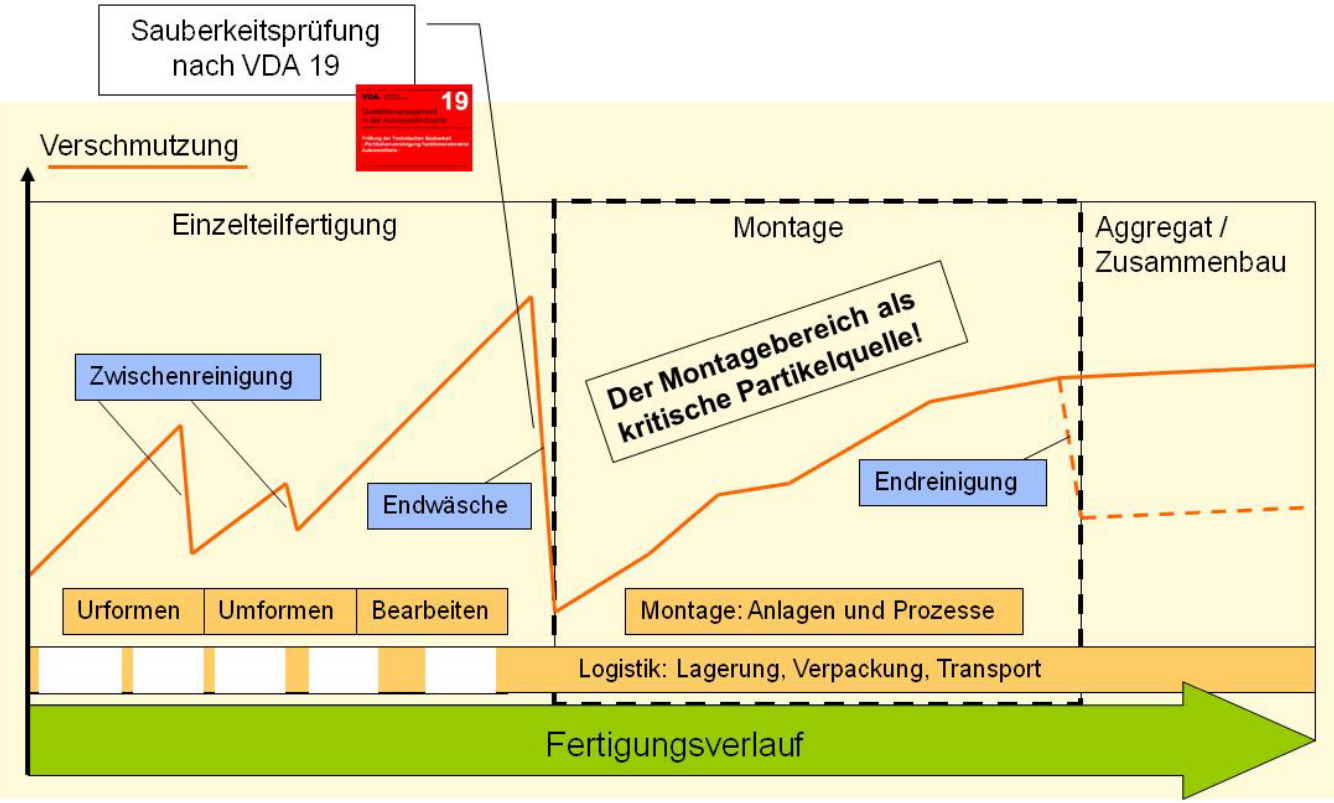
hört man heute nicht mehr.

VDA 19 Teil 2: Sauberkeit leben leicht gemacht – Ein Leitfaden für die saubere Fertigung

Was passt an diesem Bild nicht zusammen?

Gründung Industrieverbund „Montagesauberkeit“ - MontSa

Unsicherheit und Fehlinvestitionen bzgl. Sauberkeit in der Automobil- und Zulieferindustrie



MOntSa

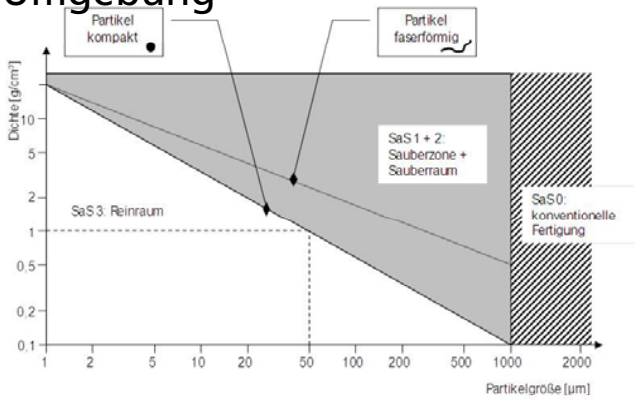
Industriefinanzierung

- Kooperation über zwei Jahre
- Ca. 25 teilnehmende Firmen

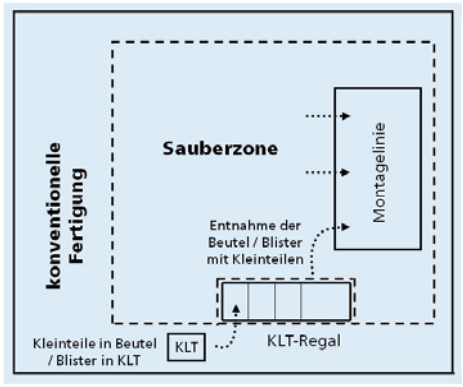
VDA 19 Teil 2 erscheint beim VDA QMC

Ein Leitfaden!!! für den Planer

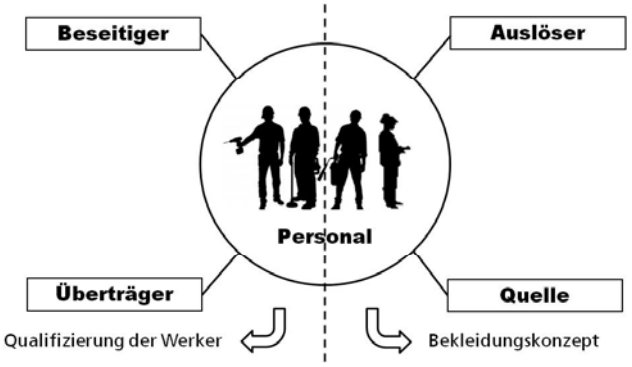
Umgebung



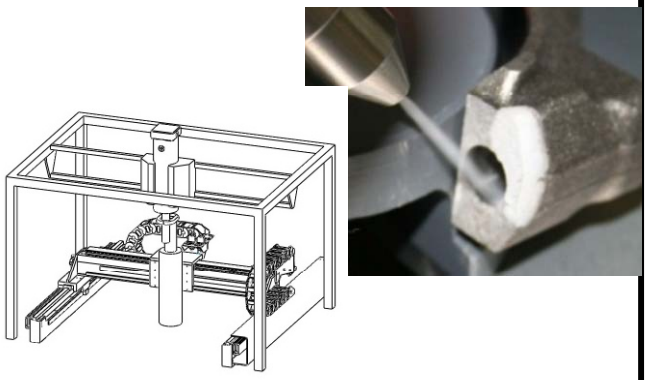
Logistik



Personal



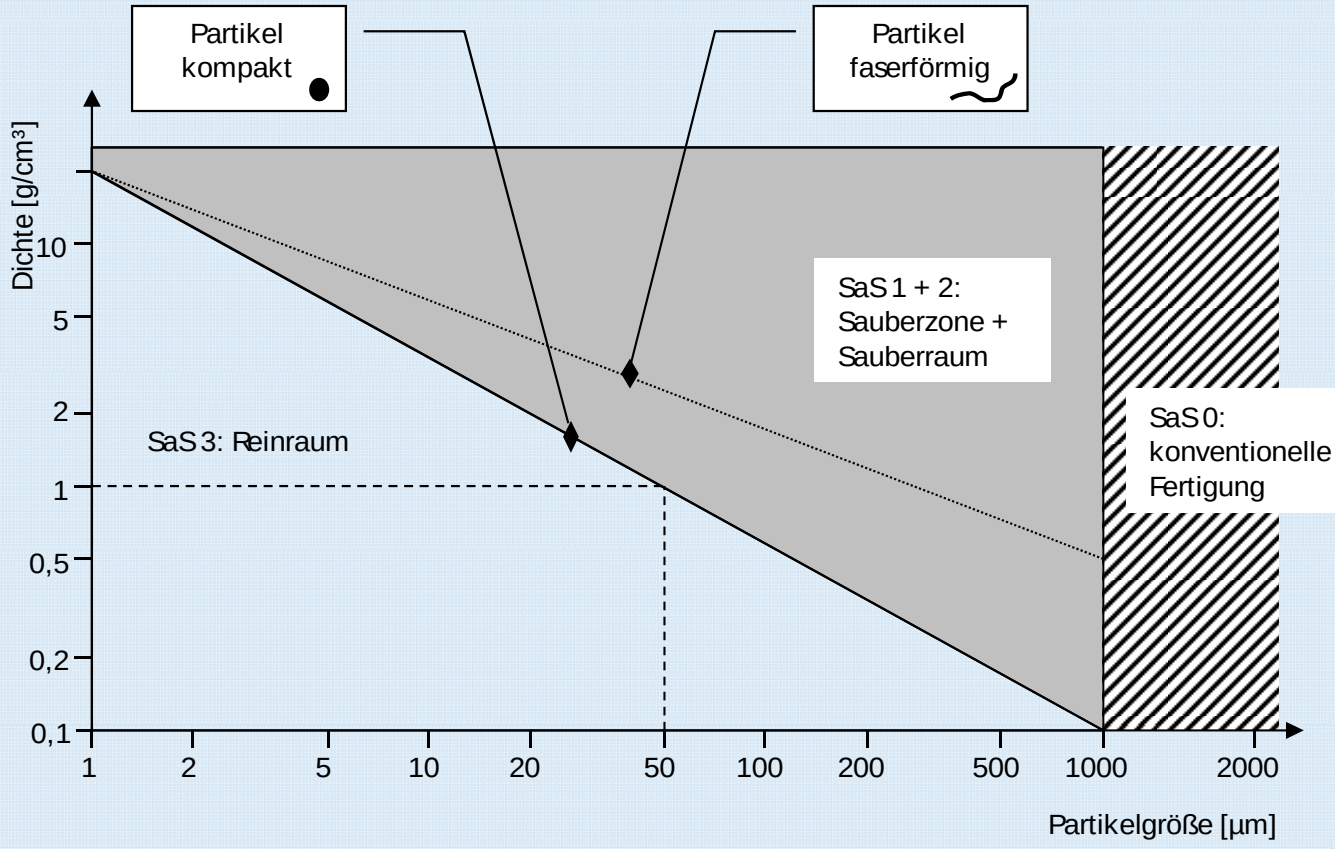
Montageeinrichtungen



Messung

Auswahl der Produktionsumgebung

Flugfähigkeitsdiagramm



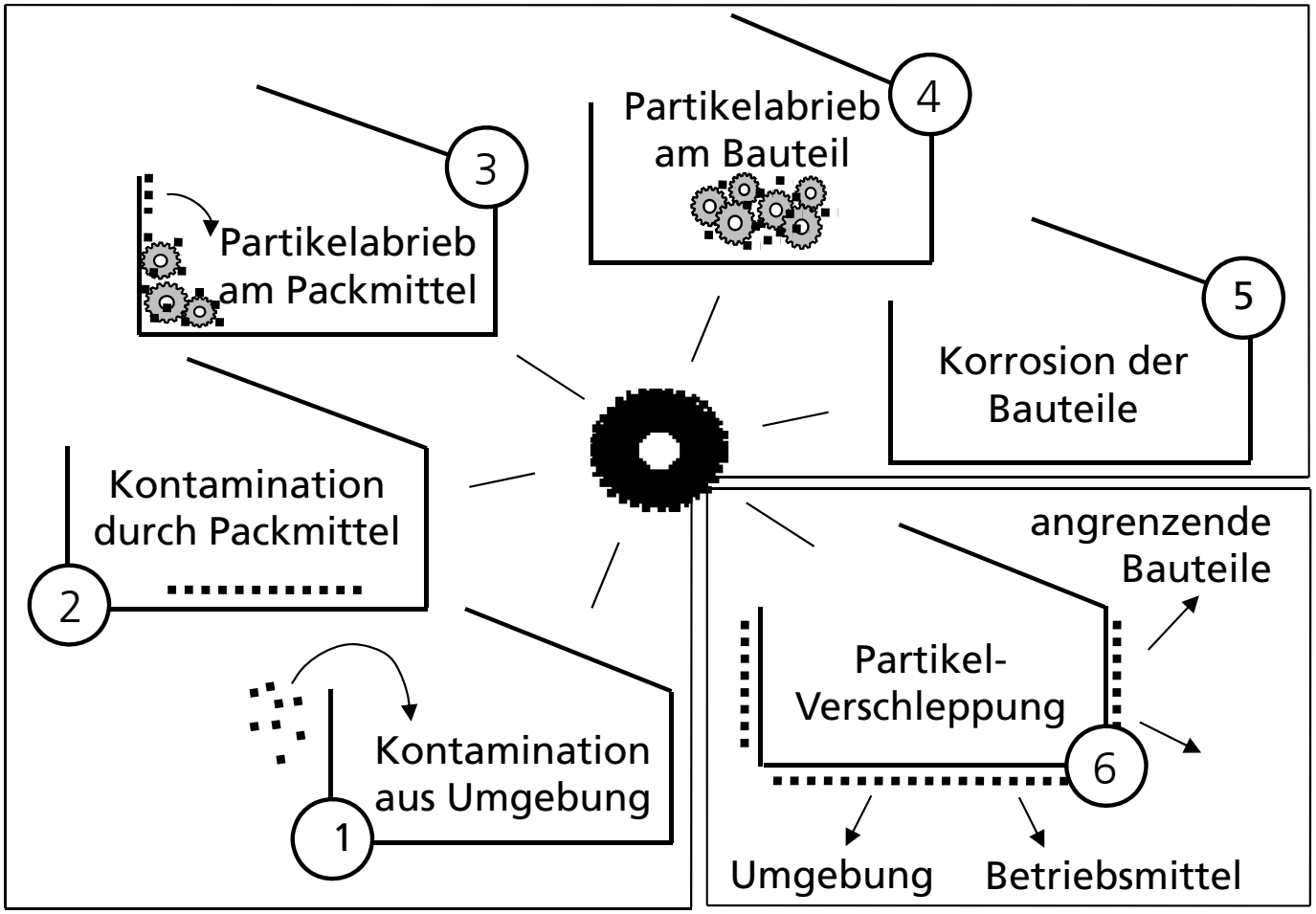
Materialbeispiele:

ρ(Aluminium) = 2,7 g/cm³

ρ(Stahl) = 7,8 g/cm³

ρ(Polystyrol) = 0,02-0,09 g/cm³

Logistik



direkte Verunreinigung der Bauteile

- Schutz durch angepasste Verpackung

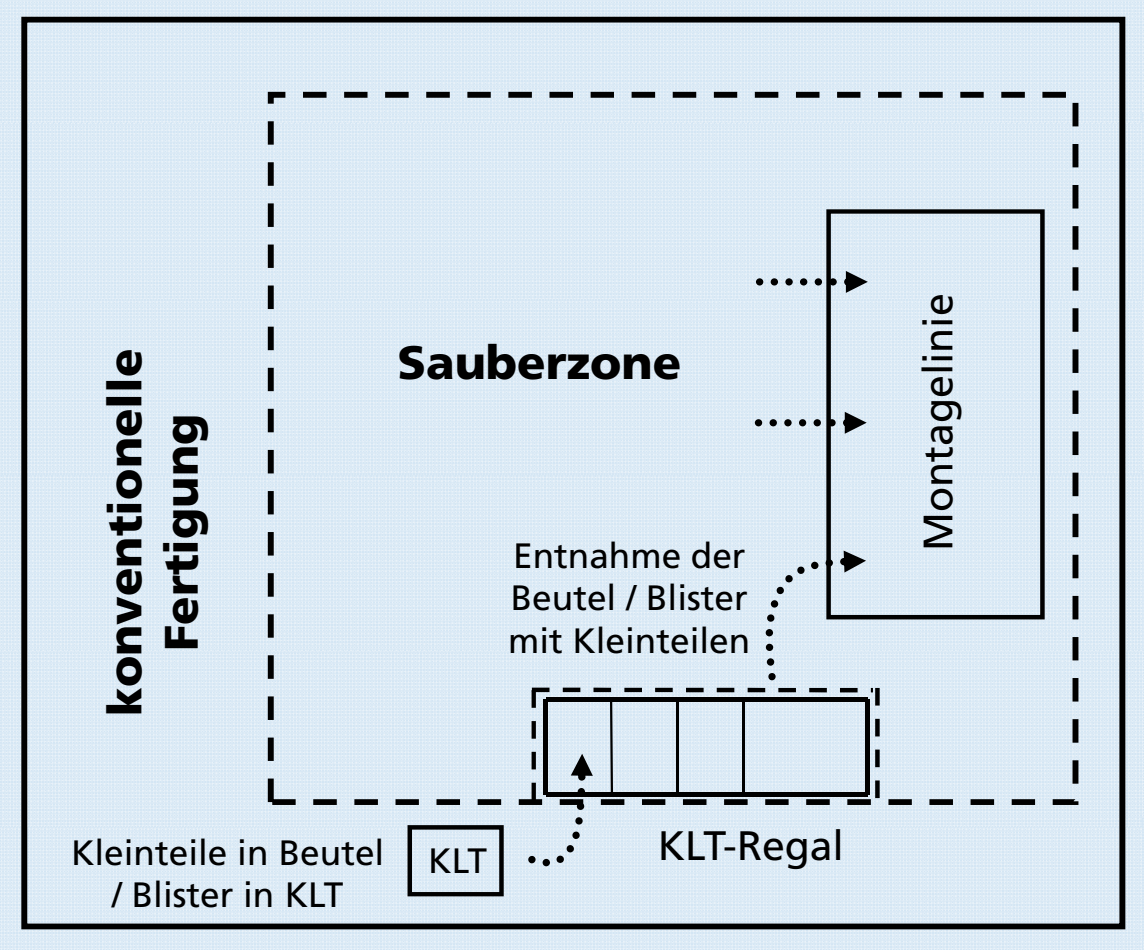
Verschleppung von Partikel in den Sauberkeitsbereich

- Schutz durch Schleusenkonzept

Logistik – Schleusenkonzept

Beispiel – Sauberzone

- Kleinteile (Wellendichtringe, O-Ringe, Hülsen, etc.) werden als Schüttgut in Beutel oder Setzgut in Blister in Pool-KLT angeliefert
- KLT werden vom Zusteller in das Lager eingebracht.
- Montagepersonal entnimmt bei Bedarf Blister / Beutel mit Bauteilen und bringt diesen an den entsprechenden Montagearbeitsplatz
- Offensichtlich verschmutzte oder beschädigte KLT dürfen nicht eingebracht werden. Ausschluss erfolgt über Grenzmuster



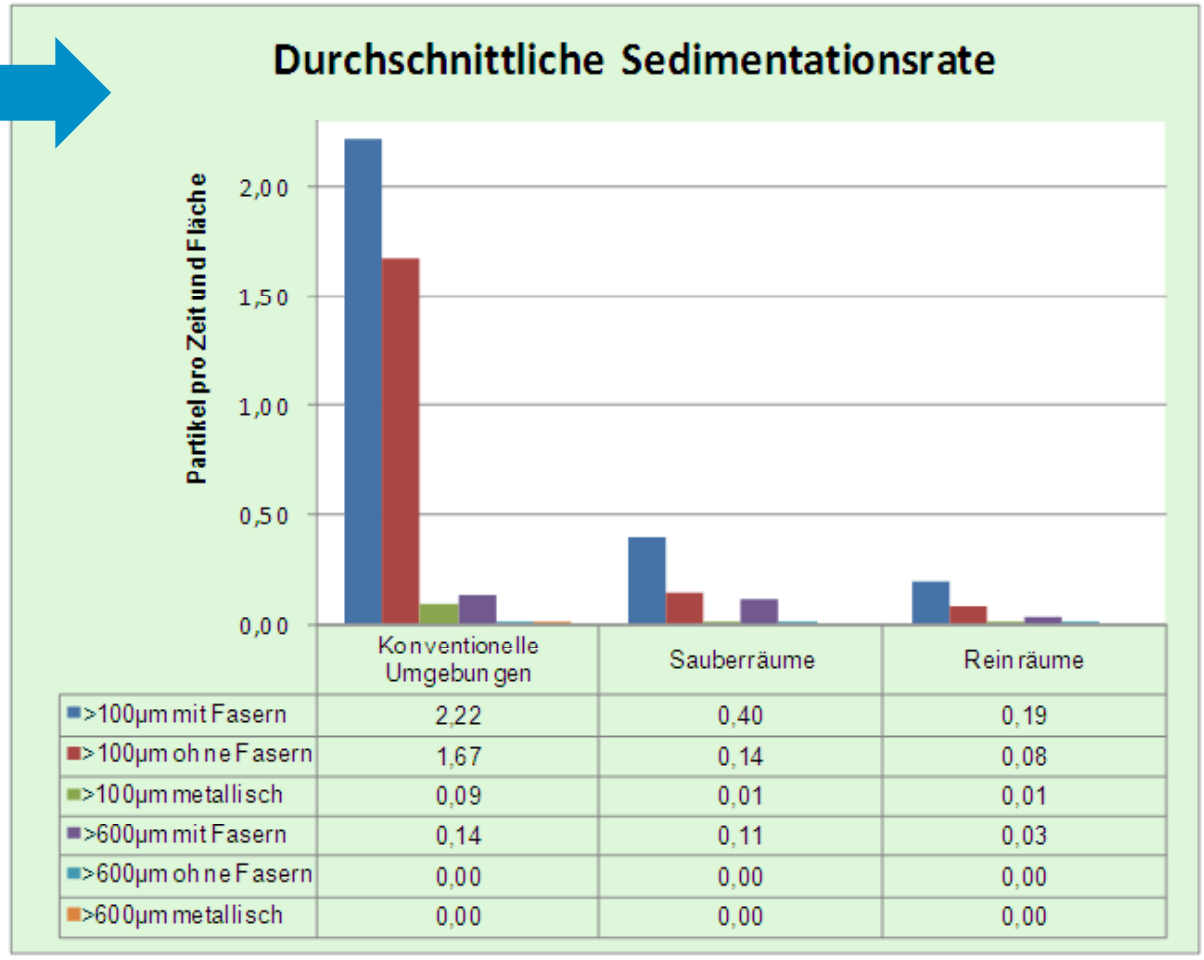
Umgebung – Partikelbelastung

Aufkommen *makroskopischer* Partikel in verschiedenen Montageumgebungen; ermittelt mittels Partikelfallen

[Auszug aus Untersuchungen des Industrieverbund MontSa (Montagesauberkeit)]

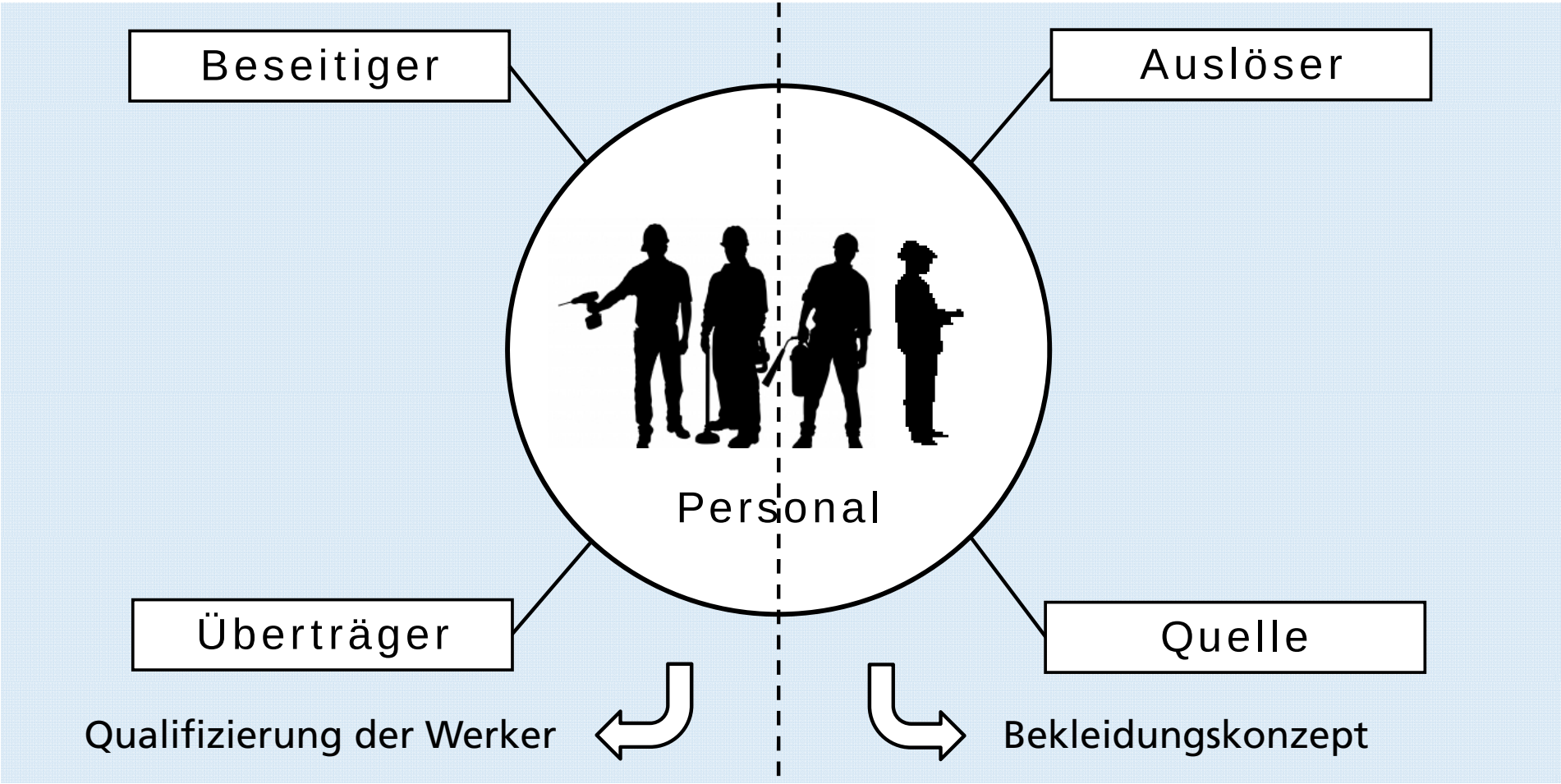
Fazit für Makropartikel:

Im Endeffekt ist die *Sauberraumumgebung* bezüglich der »relevanten« Partikel fast so gut wie die Reinraumumgebung!

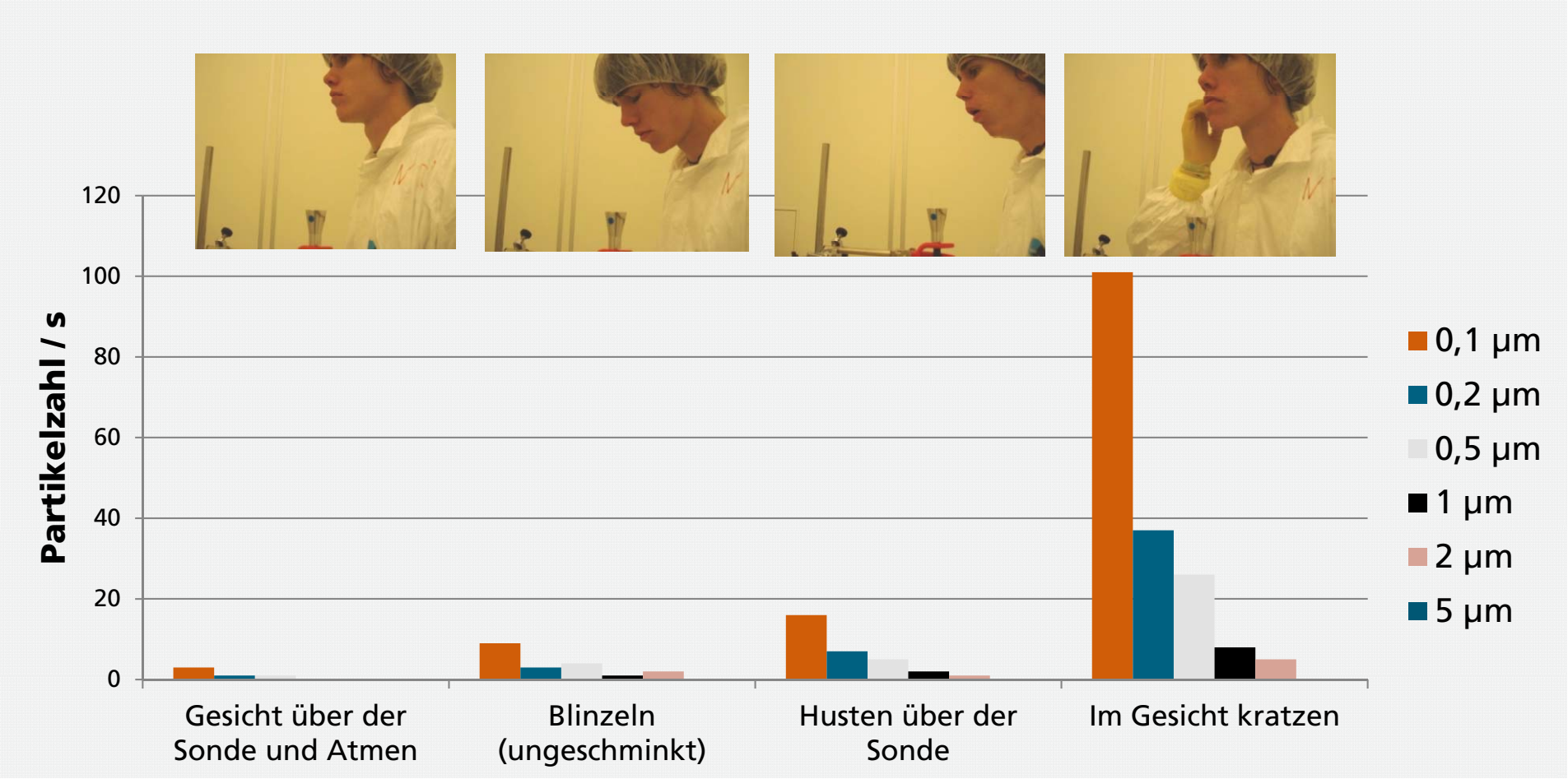


	Konventionelle Umgebungen	Sauberräume	Reinräume
>100µm mit Fasern	2,22	0,40	0,19
>100µm ohne Fasern	1,67	0,14	0,08
>100µm metallisch	0,09	0,01	0,01
>600µm mit Fasern	0,14	0,11	0,03
>600µm ohne Fasern	0,00	0,00	0,00
>600µm metallisch	0,00	0,00	0,00

Personal


Beseitiger
Auslöser
Personal
Überträger
Quelle
Qualifizierung der Werker
Bekleidungskonzept

Schulung und Training



Montage

Motivation:

- Vermeidung der ***Partikelentstehung*** durch den Fügeprozess und Betriebsmittel
  - Anpassung der Prozessparameter
  - Auswahl der Materialpaarung der Fügepartner
- Vermeidung der ***Kontamination*** des Produkts durch Entstandene Partikel
  - Einhausung Partikel erzeugender Komponenten
  - Abdeckungen über dem Produkt
  - Partikelquellen unter dem Produkt
- ***Entfernung*** von kritischen Partikeln
  - montageintegrierte Reinigung manuell oder automatisiert

Ein Blick in die Zukunft: die geplante Überarbeitung der VDA 19 – Einbindung der Technischen Sauberkeit in ein Qualitätswesen

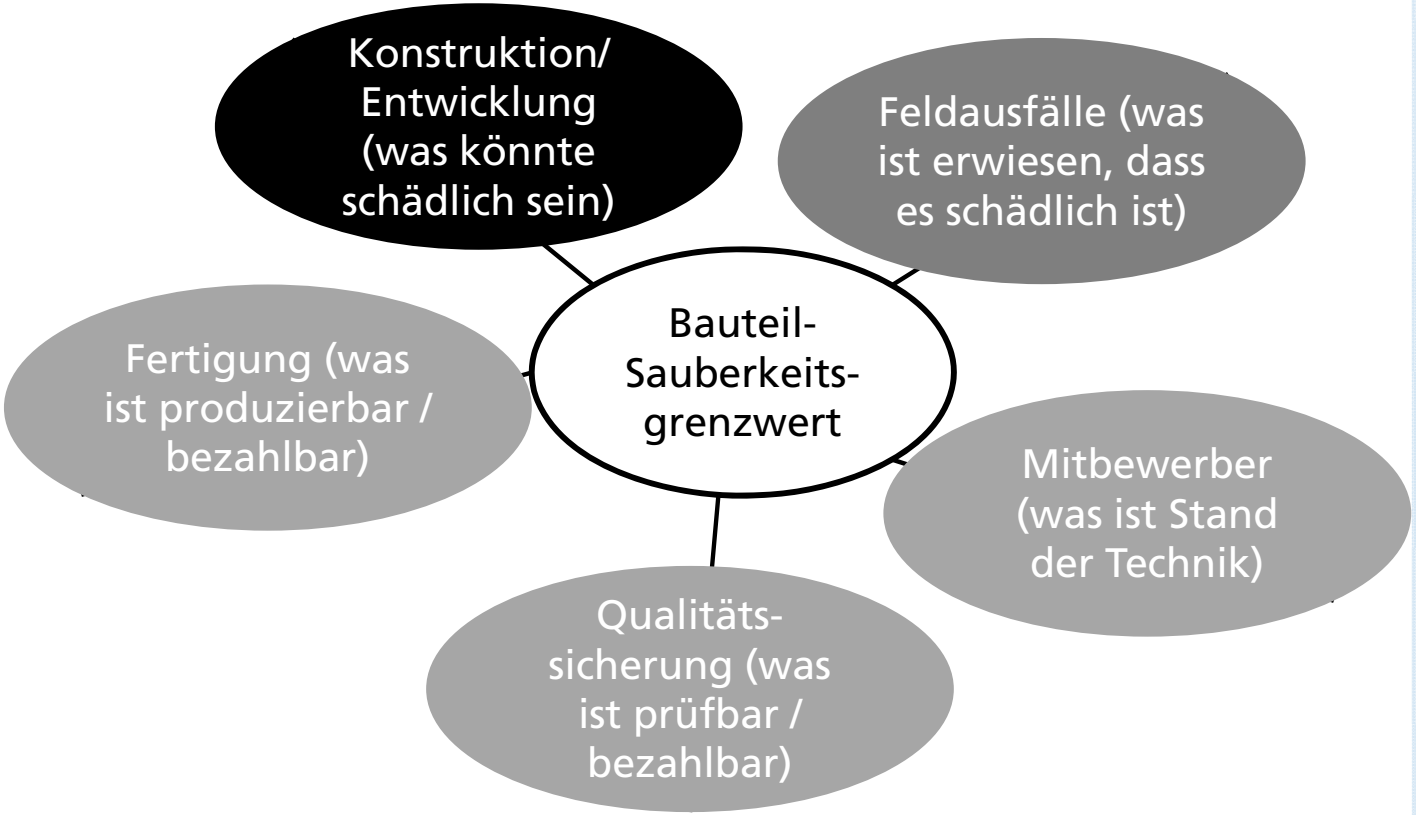
Das Kleingedruckte

VDA 19 schreibt nicht vor:

1. Dass Bauteile (grundsätzlich) mit Sauberkeitsanforderungen belegt sein müssen
2. Dass Bauteilsauberkeit generell geprüft werden muss
3. Welchen Sauberkeitsgrad bestimmte Bauteile haben müssen (Grenzwerte)
4. An welchen Stellen im Prozess / in der Qualitätskette Sauberkeitsanforderungen bestehen
5. In welchem Umfang zu prüfen ist

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Erstellung von Grenzwerten



notwendig:

Einheitliche Vorgehensweise zur Erstellung von Bauteil-Sauberkeitsgrenzwerten

+

Einheitliche Grenzwerte für vergleichbare Teile für unterschiedlicher Kunden

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Folgen von „allumfassenden“ Grenzwerten

Bspw. Kombination von Ölsauberkeiten mit Grenzwerten für die Bauteile

Ölsauberkeit: (ISO 4406)

Filtergängige Feinstpatikel (5µm + 15µm) in großer Menge, die für Verschleiß relevant sind

Technische Sauberkeit

Einzelne größere Partikel (>100µm), die ein System zum Ausfall bringen können

Probleme:

- Partikelgrenzwerte ab 5µm für Bauteile
- 5µm-Partikel sind nicht kritisch für die Funktion
- 5µm Partikel lassen sich auf Bauteilen nicht sinnvoll beherrschen
- Die Auswertung von Analysefiltern ab 5µm ist extrem schwierig

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Budgetierung von Grenzwerten

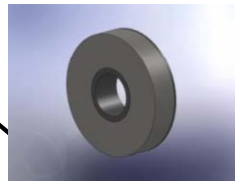
Bspw. allein aufgrund der Flächenanteile

Benetzte
Gesamtfläche = 100%
Zulässiger
Grenzwert = 10mg

Innenfläche = 80%
Zulässiger
Grenzwert = 8mg

Benetzte Fläche = 10%
Zulässiger
Grenzwert = 1mg

Innenfläche = 8%
Zulässiger
Grenzwert = 0,8mg



Benetzte Fläche = 2%
Zulässiger
Grenzwert = 0,2mg

Problem:

Die erreichbare Sauberkeit richtet sich nicht primär nach der Bauteilfläche, sondern auch nach den Fertigungsprozessen und der Reinigbarkeit

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

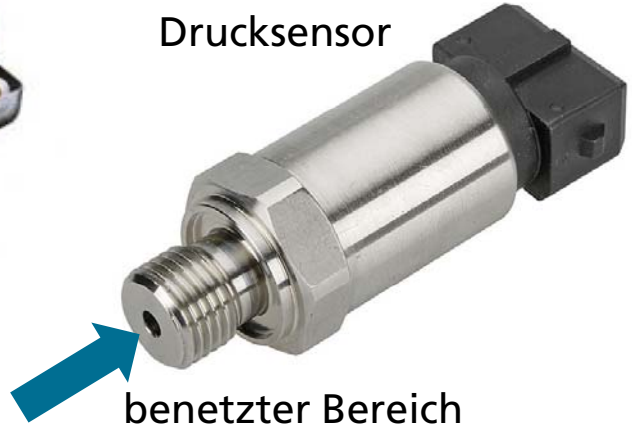
Budgetierung von Grenzwerten

Bsp. Getriebe

Getriebe

O-Ring

Drucksensor



benetzter Bereich

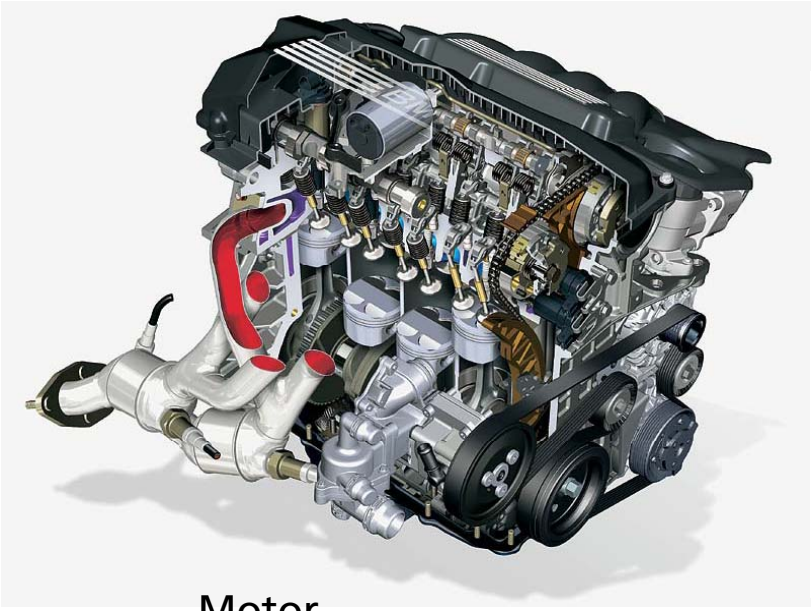
Problem:

Kleine benetzte Flächen können zu extrem geringen Restschmutz-grenzwerten führen, die nicht zu vertretbaren Kosten produzierbar sind.

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Budgetierung von Grenzwerten

Bsp. Motor



Motor

Öl-benetzter Bereich

Zylinderkopf-Dichtung

Problem:

»Es wird der falsche Zulieferer geknebelt«.

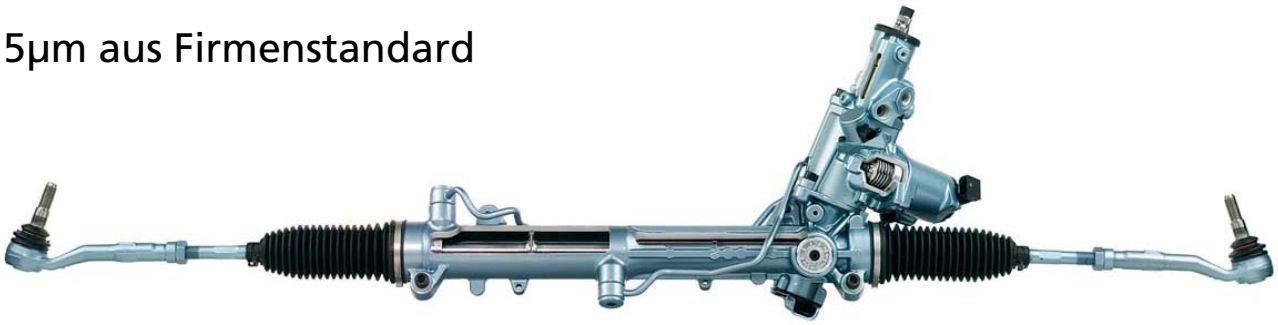
Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Unantastbarkeit „historischer“ Grenzwerte

Bspw. Lenkgetriebe:

•200µm x 90µm x 90µm aus „altem“ VDA- Lastenheft

•315µm aus Firmenstandard



Problem:

…irgend jemand wird sich schon was gedacht haben bei dem Grenzwert => keiner traut sich ihn zu ändern.

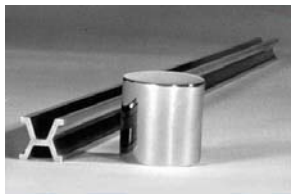
Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Bauteilsauberkeitsanalyse besitzt keine Messmittelfähigkeit:

- Prüfung ist zeit- und kostenintensiv => ein statistisch relevanter Stichprobenumfang ist nicht prüfbar

1 Prüflos/Schicht

- Extraktion ist nicht rückführbar => es gibt kein »Schmutznormal«



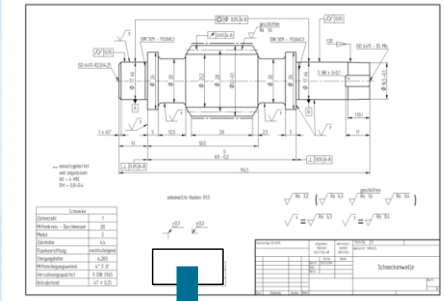
- Extraktion ist nicht wiederholbar => »zerstörende « Prüfung

- Manuelle Extraktion => großer Personaleinfluss, mangelnde Reproduzierbarkeit

- VDA 19 wird nicht konsequent befolgt

aber:

Sauberkeitsgrenzwerte müssen rechtsverbindlich zugesagt werden.



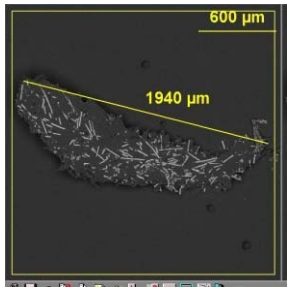
Partikelgröße [µm]	[max. Partikelanzahl/Größenklasse]
100 bis 200 µm	250
200 bis 400 µm	25
400 bis 600 µm	0,1 *)
> 600 µm	0

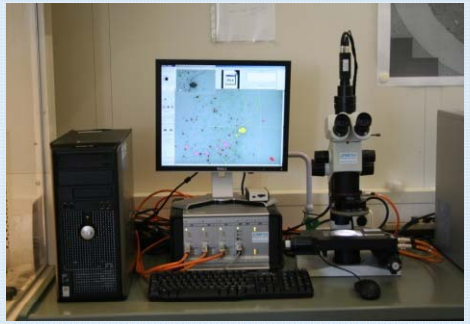
Quelle Daimler

Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Bauteilsauberkeitsanalyse besitzt keine Messmittelfähigkeit:

- Mikroskopische Analyse ist „vermeintlich vollautomatisiert“, hat aber einen großen Operator-Einfluss
- Die Analysefilter werden oft so präpariert, dass Sie für die mikroskopische Analyse nicht tauglich sind
- Sind die verschmutzungsrelevanten Prozesse überhaupt stabil und fähig (Reinigung, Entgratung, …)?
- Schmutzpartikel fallen an, werden aber behandelt wie gezielt produzierte Bauteilmerkmale

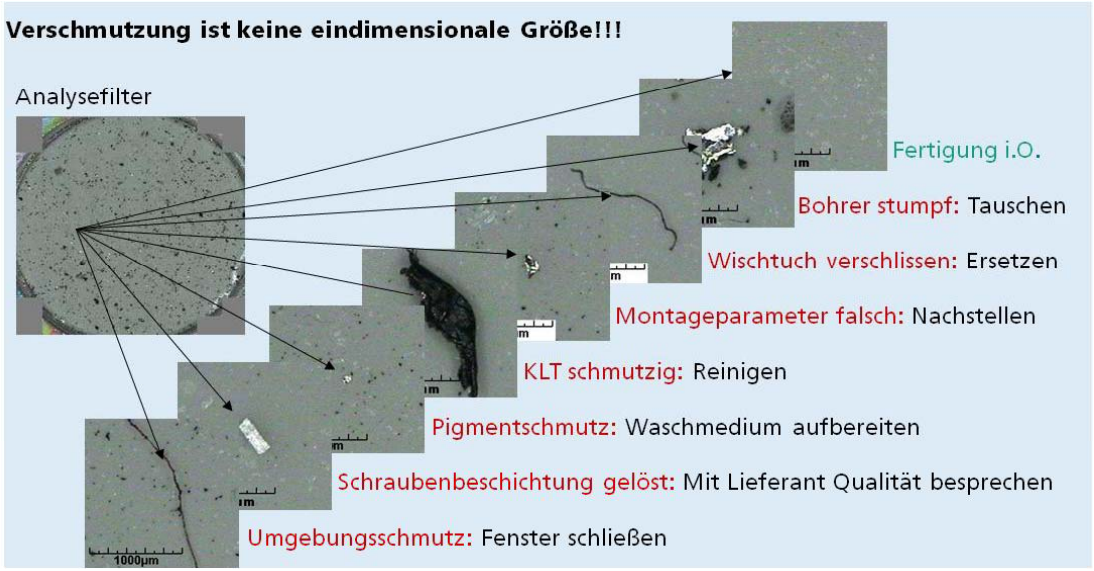




Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

Basiswissen bei Konstrukteuren und Qualitätssicherung nicht immer vorhanden

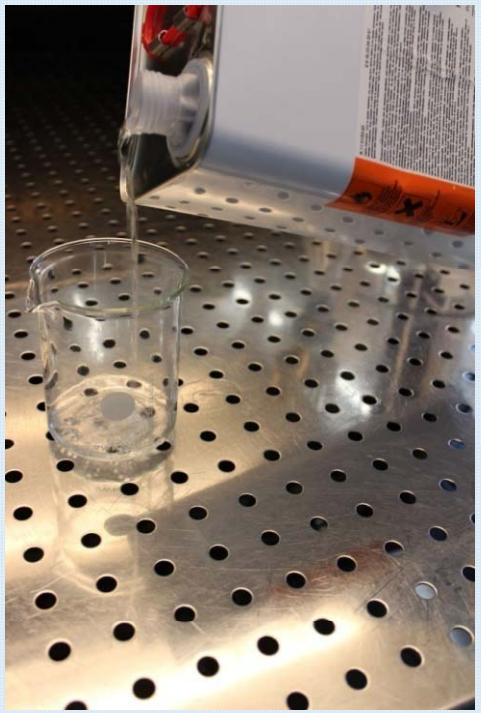
- Technische Sauberkeit ist kein Thema in Ausbildung und Studium von technischen Berufen
- Bauteile aus dem CAD sind immer sauber und ohne Grate
- Reinigungstechnik hat Grenzen
- Partikelschmutz ist eine „etwas andere“ Messgröße



Probleme der Industrie im Umgang mit der Technischen Sauberkeit

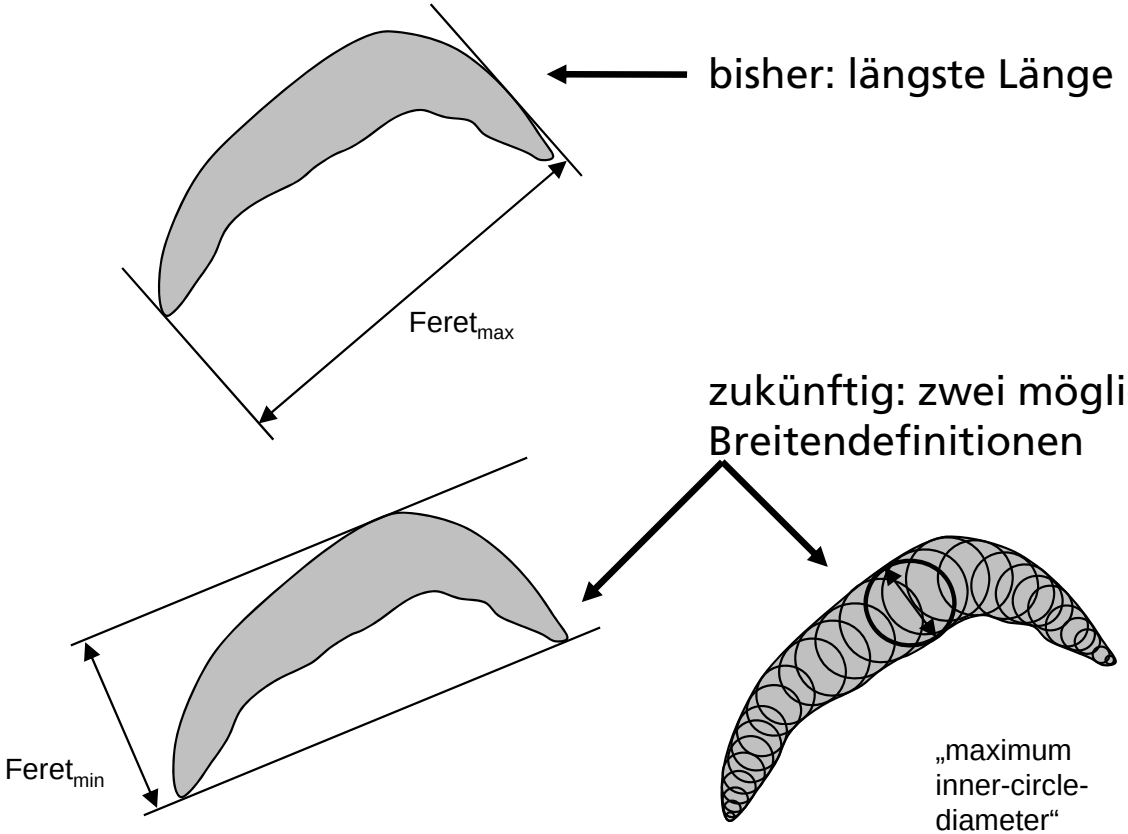
Gesundheit und Sicherheit beim Umgang mit Lösemitteln:

- In den letzten Jahren sind viele Arbeitsplätze geschaffen worden mit der Haupttätigkeit „Prüfung der Technischen Sauberkeit“
- Das Personal steht oft für längere Zeit in Kontakt mit Lösemitteln / Industrieentfettern, z.B. bei:
  - Befüllen der Prüfanlagen
  - Der Extraktion der Bauteile
  - Trocknen der Bauteile

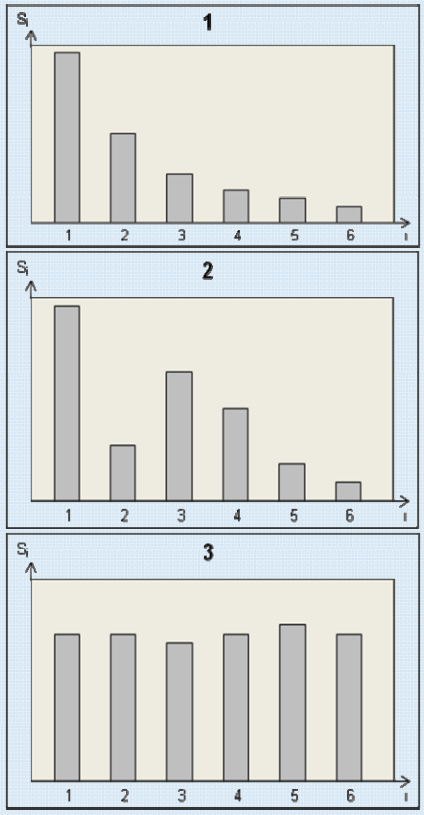


Neue Themen

Die Breite von Partikeln wird zum Thema



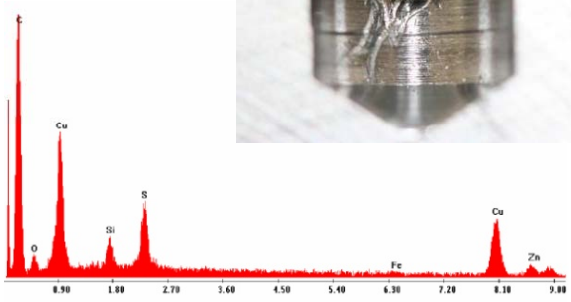
Mehr Infos z.B. zum Abklingverhalten



Neue Technologien

Entwicklung neuer Messtechniken zur:

Optimierung von Prozessen

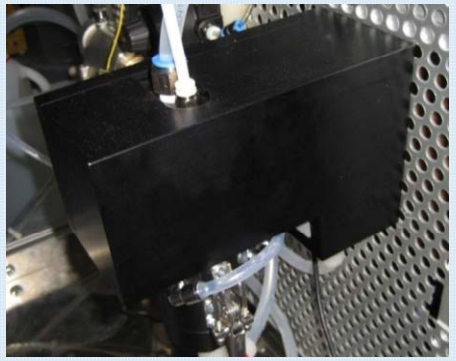


- präzise (kostengünstige) Analytik
- hoher Informationsgehalt
- **Ursachenforschung**

Überwachung von Prozessen

- schnelle Analytik
- reduzierter Informationsgehalt
- **Aufbau von (kurzen) Regelkreisen**

Monitoringsysteme in der Entwicklung



Wie geht es weiter?

- Nach mehr als sieben Jahren VDA 19 gibt es sehr viel **Erfahrungen und guten Ansätze zum Umgang** mit der Technischen Sauberkeit in den betroffenen Unternehmen

- Gründung eines **Industrieverbunds <u>zur Revision von VDA 19</u>** => mögliche Themen
  - Erstellung von Sauberkeitsgrenzwerten
  - Einbindung der Technischen Sauberkeit in QS-System
  - Einbeziehung neuer Entwicklungen (Scanner, Partikelbreite, Monitoring mit LPZ)
  - Arbeitssicherheit
  - weitere

Geplantes Vorgehen Revision VDA 19:

- Erste Sondierungs-gespräche mit betroffenen Firmen
- 11.04.2012 Vorstellung beim VDA QMA in Berlin
- 28.06.2012 offener Industrieworkshop
- QIII 2012 Start eines Industrieverbundes

Weitere Infos / Kontakt

Fraunhofer IPA, Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Dr.-Ing. Markus Rochowicz, 0711-970-1175,
rochowicz@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Christian Ernst, 0711-970-1248,
ernst@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (Fh) Stefan Boos, 0711-970-1190,
boos@ipa.fraunhofer.de

Leitung Labor für Technische Sauberkeit:
Yvonne Holzapfel, 0711/ 970-1104
Yvonne.Holzapfel@ipa.fraunhofer.de

www.technische-sauberkeit.de

www.ipa-qualification.com

www.ipa.fraunhofer.de