



Dr. Nils Rotthowe
Vertriebsingenieur





Online-Grundlagenseminar **TECHNISCHE SAUBERKEIT**

VDA 19.1 und VDA 19.2



Mikroskopische Auswertung in der VDA 19.1

Dr. Nils Rotthowe, CleanControlling GmbH

Die gravimetrische Analyse

Allgemeines zur Mikroskopie gemäß VDA 19.1

Technische Grundlagen der Mikroskopie

Die Standardanalyse

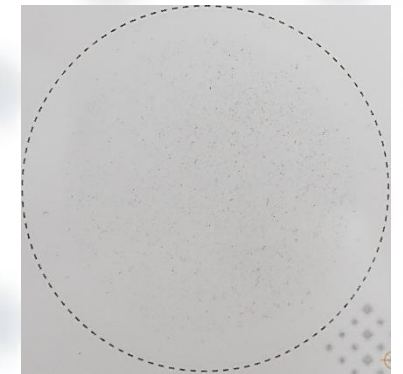
Die freie Analyse

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann...

... und was nicht

Die gravimetrische Analyse

- ◆ Gravimetrie zur Erfassung der Gesamtmasse aller extrahierter Partikel
- ◆ Integrales Maß für den Verschmutzungsgrad
- ◆ Gute geeignet für stark verschmutzte Bauteile
 - ◆ mikroskopische Auswertung u.U. unmöglich
- ◆ Schlecht geeignet bei geringem Verschmutzungsgrad
 - ◆ Reproduzierbare Ergebnisse für < 1 mg nur mit hohem technischem Aufwand möglich
- ◆ **Keine Informationen über Dimension oder Material der Partikel!**



Die gravimetrische Analyse

Allgemeines zur Mikroskopie gemäß VDA 19.1

Technische Grundlagen der Mikroskopie

Die Standardanalyse

Die freie Analyse

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann...

... und was nicht

Allgemeines zur Mikroskopie

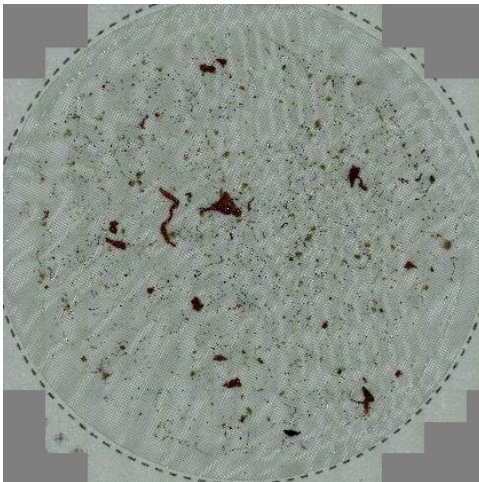
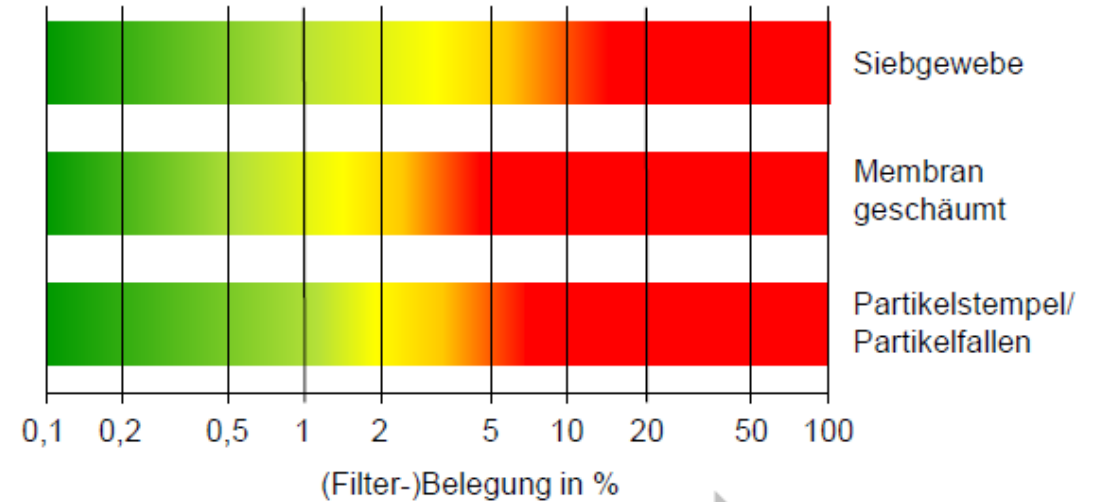
- ◆ Mikroskopie als Herzstück der VDA 19.1 Sauberkeits-Analyse
- ◆ Standardanalyse → Überprüfung von Sauberkeitsspezifikationen
 - ◆ Verwendung automatisierter und standardisierter Messmethoden
- ◆ Freie Analyse → Besondere Fragestellungen (Dimension, Farbe, uvm.)
- ◆ Unterscheidung zwischen drei Partikelklassen
 - metallisch-glänzende Partikel
 - nicht metallisch-glänzende Partikel
 - Fasern



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Allgemeines zur Mikroskopie

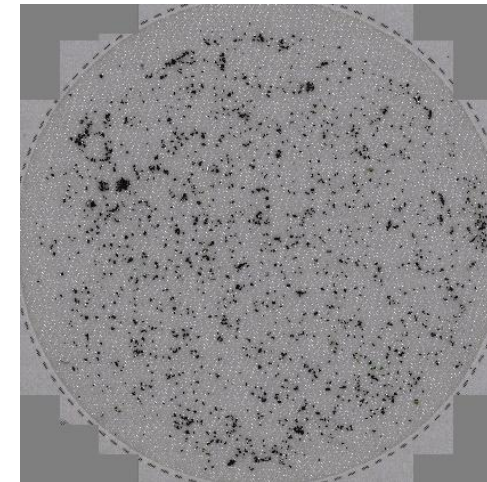
- ◆ Voraussetzungen
 - ◆ Qualifizierte Extraktionsprozedur → erfolgreiche Abklingmessung (ab 50 μm)
 - ◆ Auswertbarer Filter → Wenig/keine Überlappung von Partikeln
 - ◆ Einsatz von qualifiziertem Personal
 - ◆ Durchführung einer Nachkontrolle



4 % Filterbelegung

← Nicht auswertbar

Auswertbar →



Die gravimetrische Analyse

Allgemeines zur Mikroskopie gemäß VDA 19.1

Technische Grundlagen der Mikroskopie

Die Standardanalyse

Die freie Analyse

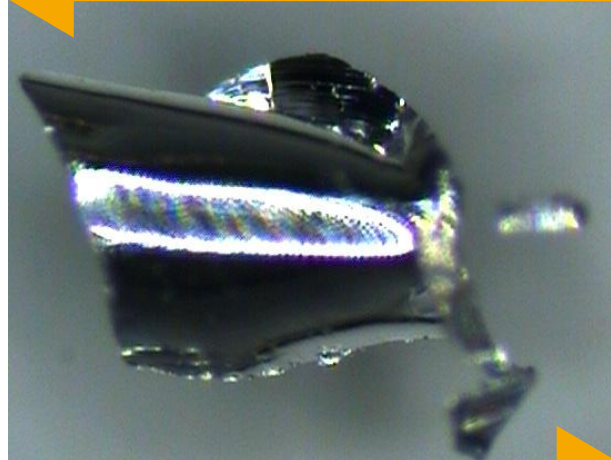
Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann...

... und was nicht

Stereo-Mikroskop



Tiefenschärfe

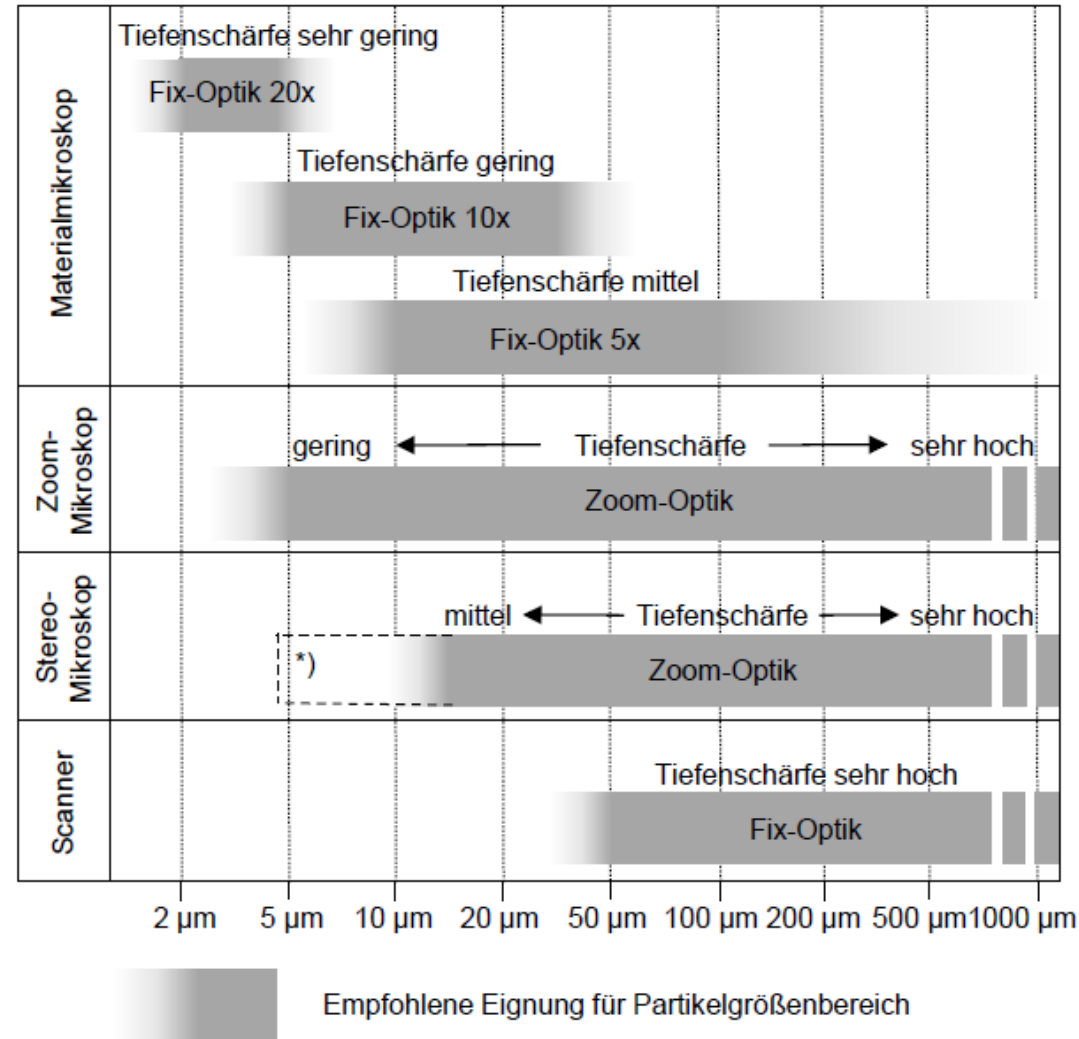


Vergrößerung

Material-Mikroskop



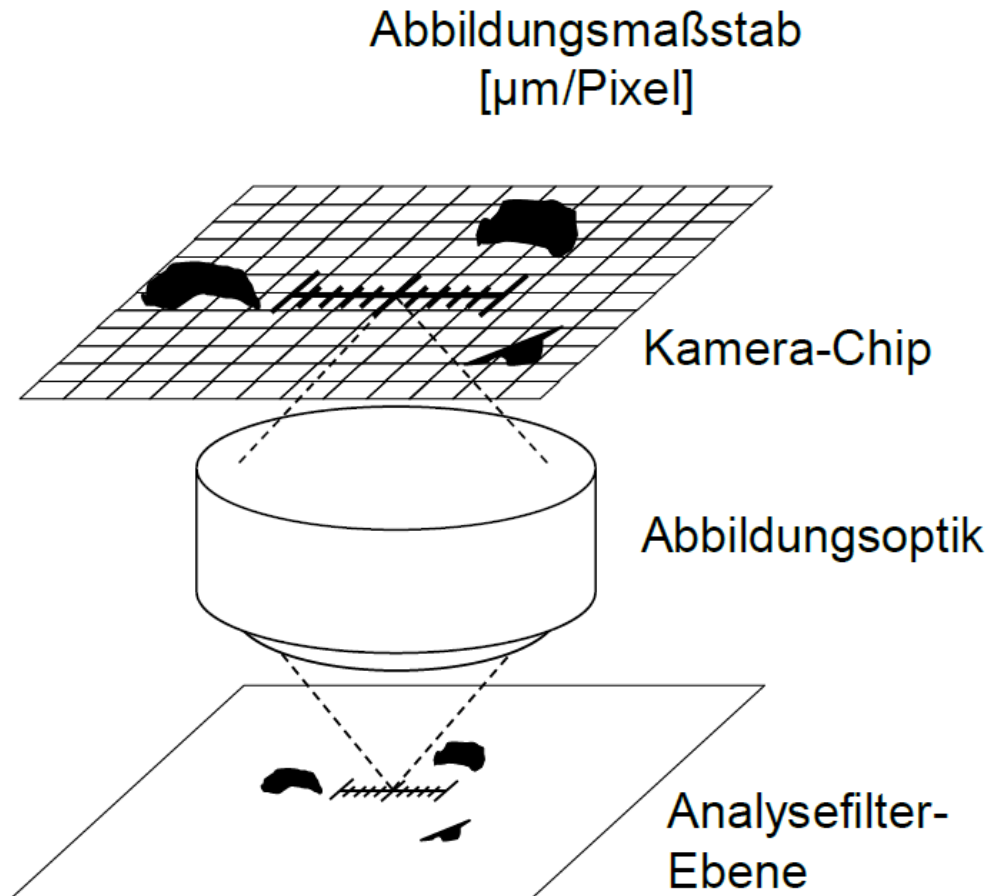
Quelle: Jomesa



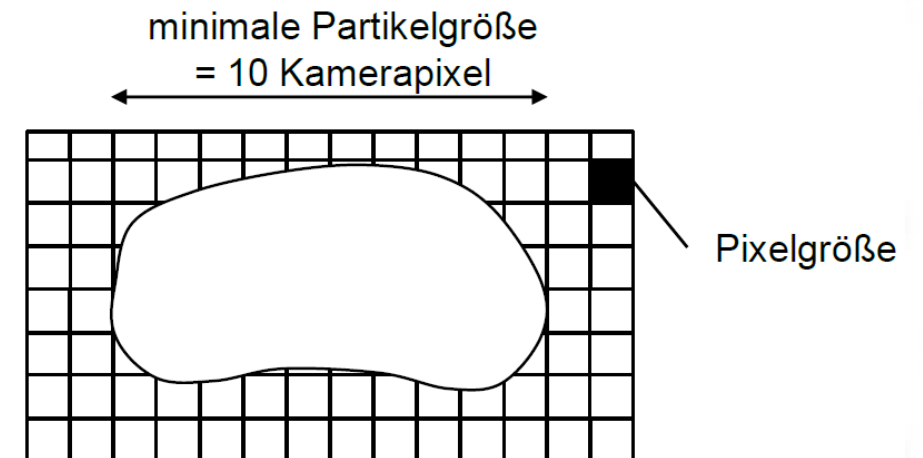
MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Bilderfassung, Auflösung und Vergrößerung

- ◆ Partikel werden vom Mikroskop digitalisiert und als Pixelbild gespeichert



Quelle: VDA 19.1

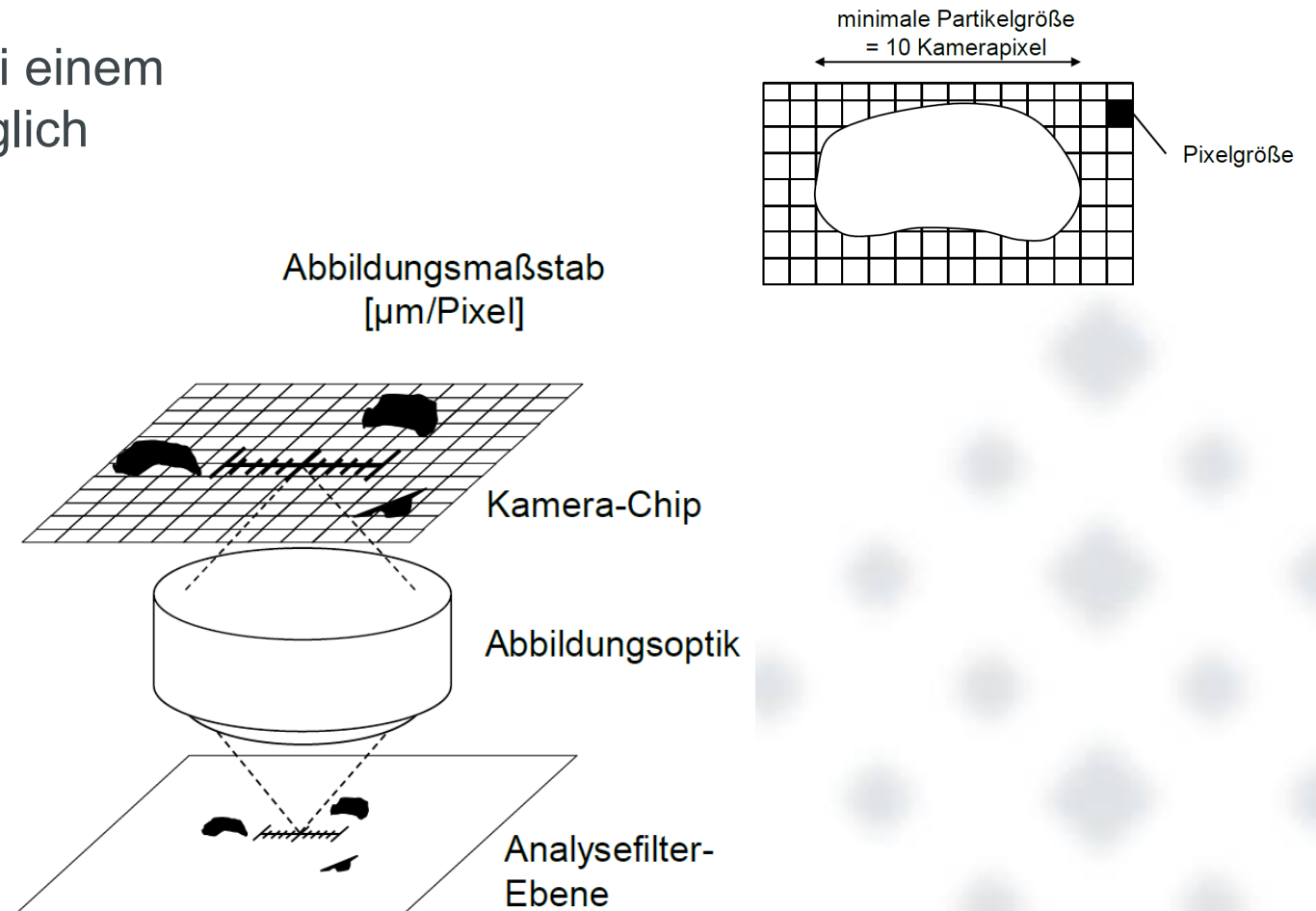


Quelle: VDA 19.1

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Bilderfassung, Auflösung und Vergrößerung

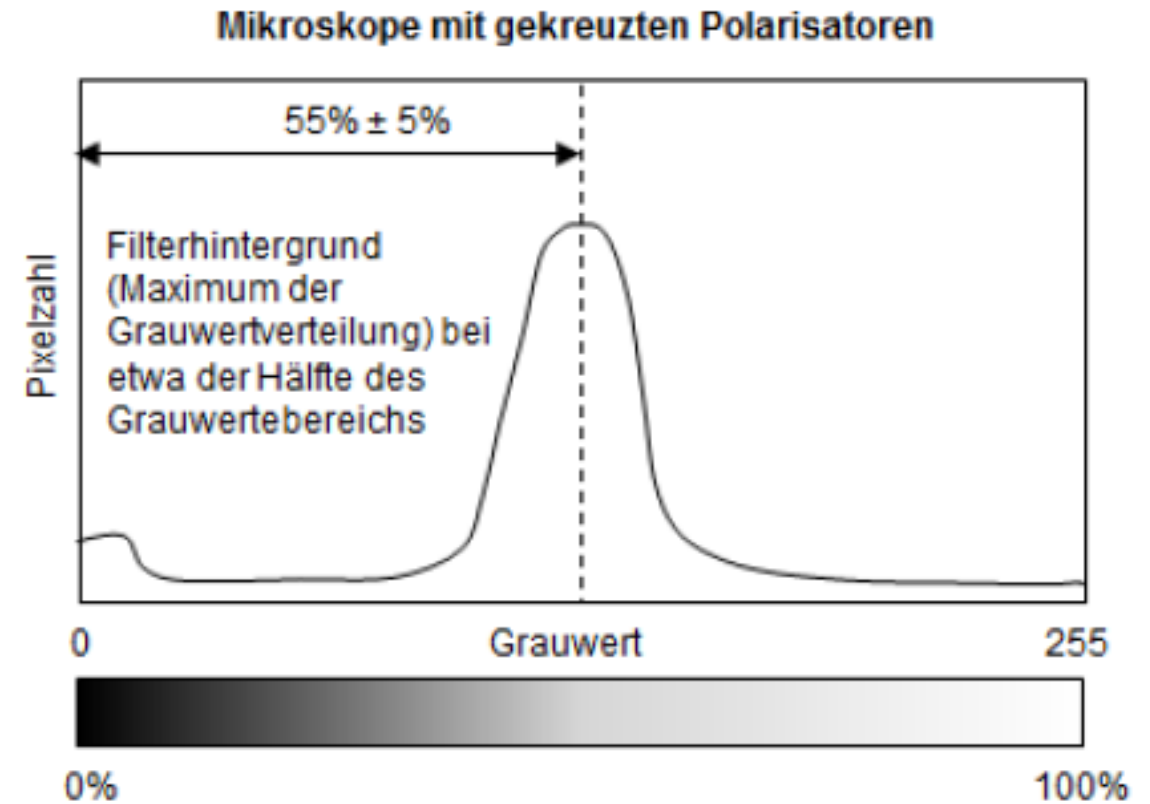
- ◆ Partikel werden vom Mikroskop digitalisiert und als Pixelbild gespeichert
- ◆ Eine Korrelation zur Vergrößerung bei einem Standard-Lichtmikroskop ist nicht möglich



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelerkennung

- ◆ Wann wird ein Partikel als Partikel erkannt?
 - Unterteilung des Filters in Graustufen
 - Definition des Filterhintergrundes bei $55 \% \pm 5 \%$



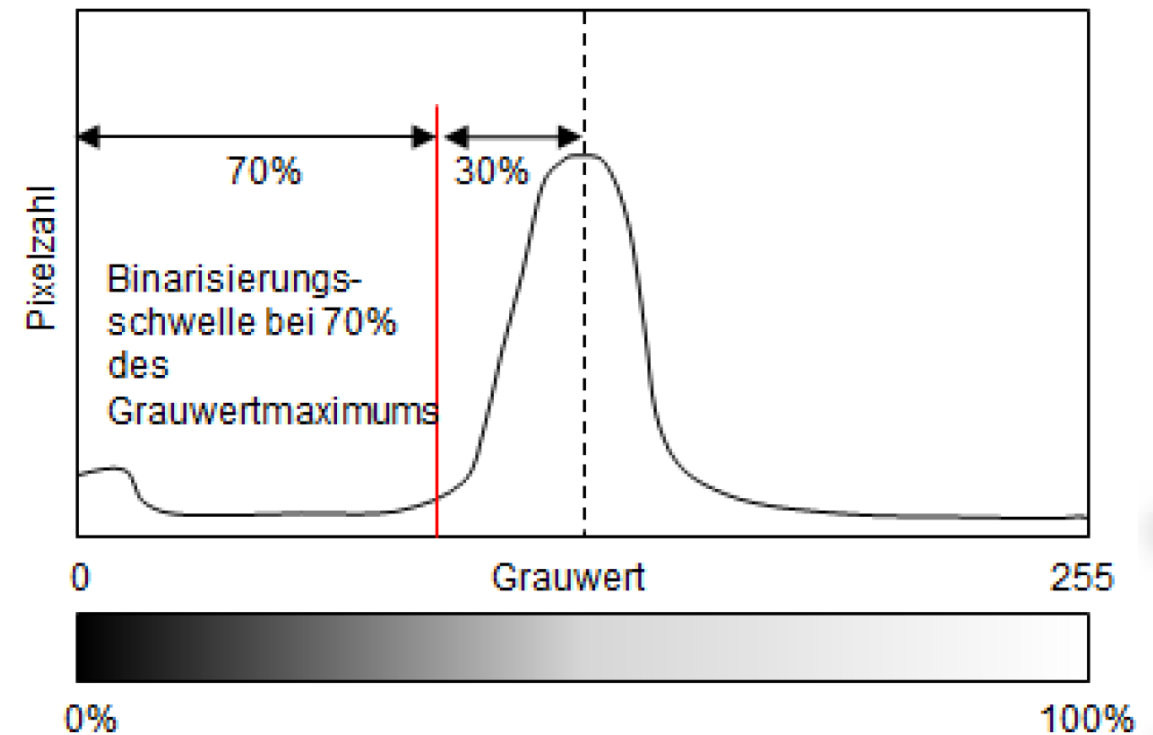
Quelle: VDA 19.1

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelerkennung

◆ Wann wird ein Partikel als Partikel erkannt?

- Unterteilung des Filters in Graustufen
- Definition des Filterhintergrundes bei $55 \% \pm 5 \%$
- Binarisierungsschwelle bei 70 % des Filterhintergrundes



Quelle: VDA 19.1

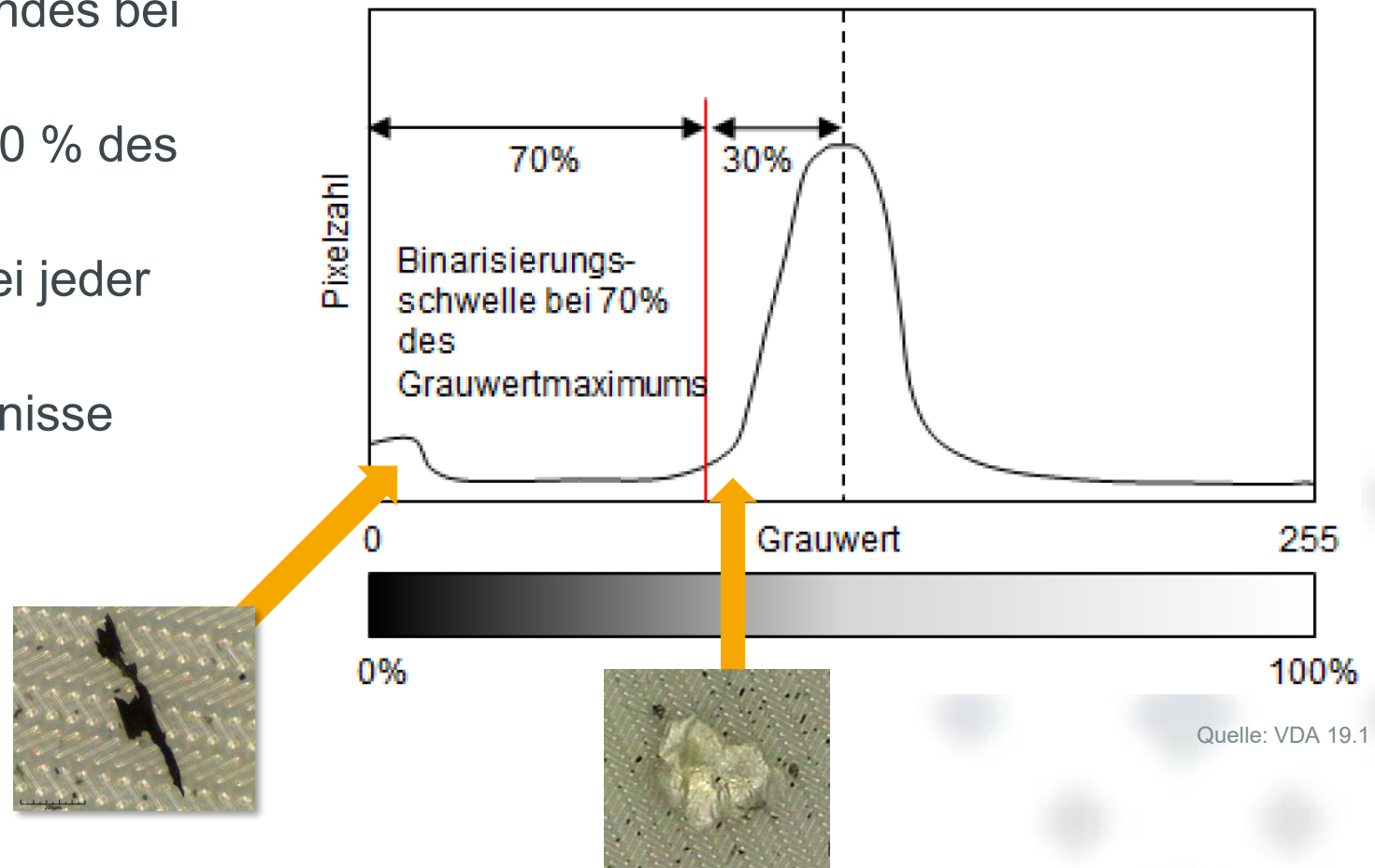
MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelerkennung

◆ Wann wird ein Partikel als Partikel erkannt?

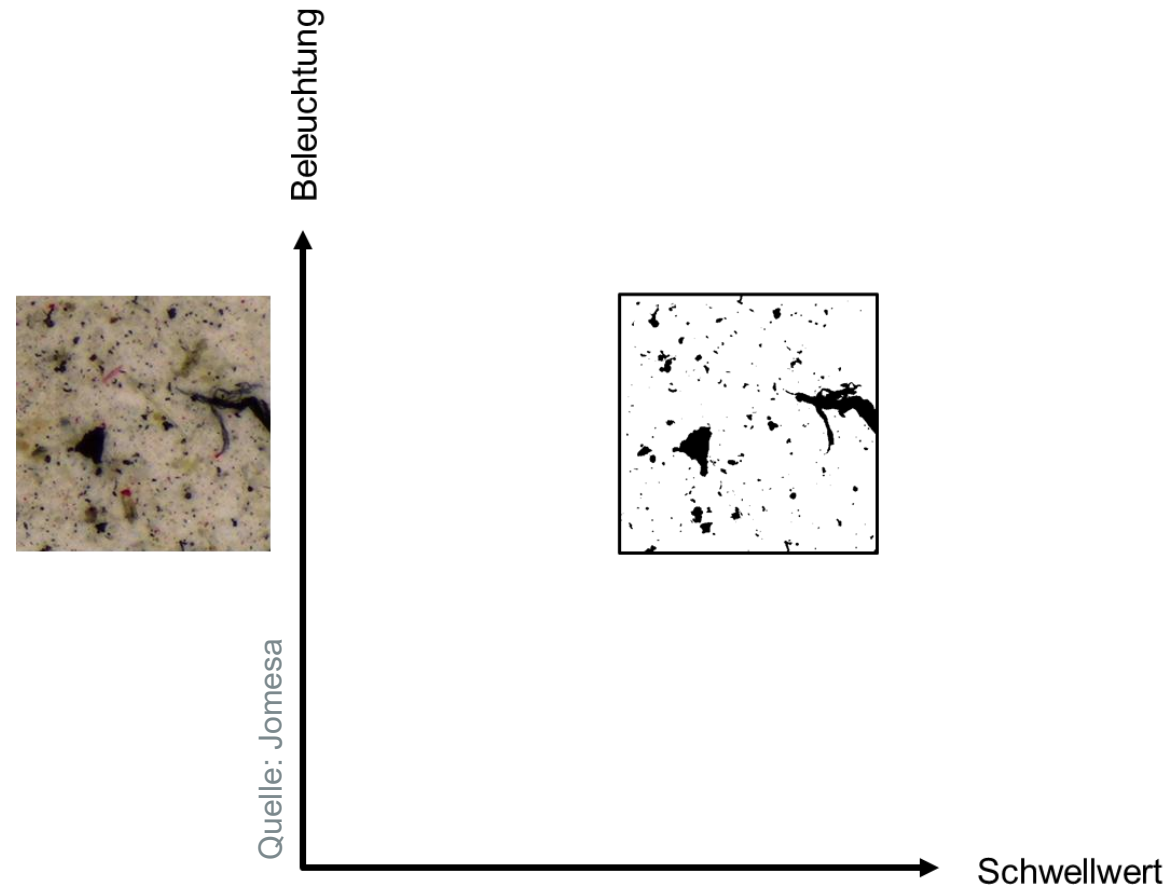
- Unterteilung des Filters in Graustufen
- Definition des Filterhintergrundes bei $55 \% \pm 5 \%$
- Binarisierungsschwelle bei 70 % des Filterhintergrundes
- Diese Parameter **müssen** bei jeder Analyse gleich sein

→ Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

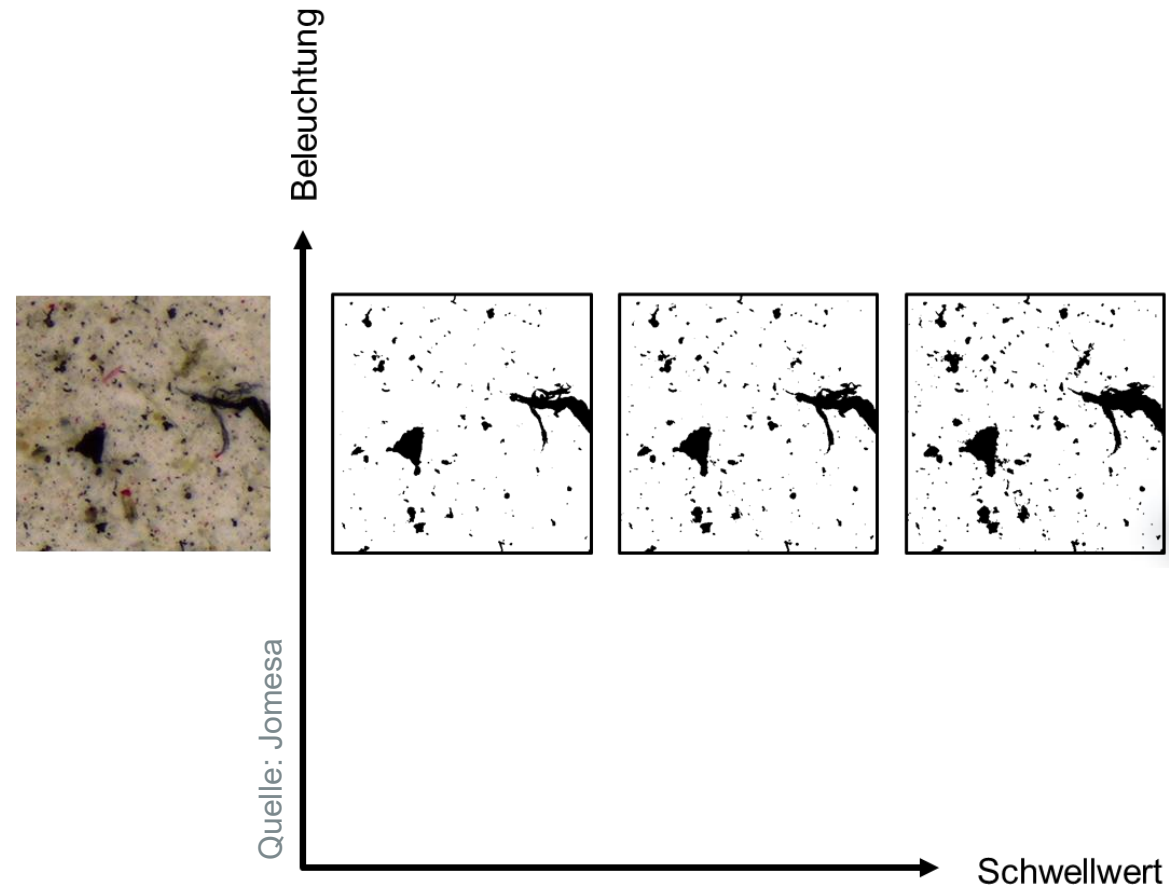


Quelle: VDA 19.1

Partikelerkennung / Beleuchtung und Schwellwert



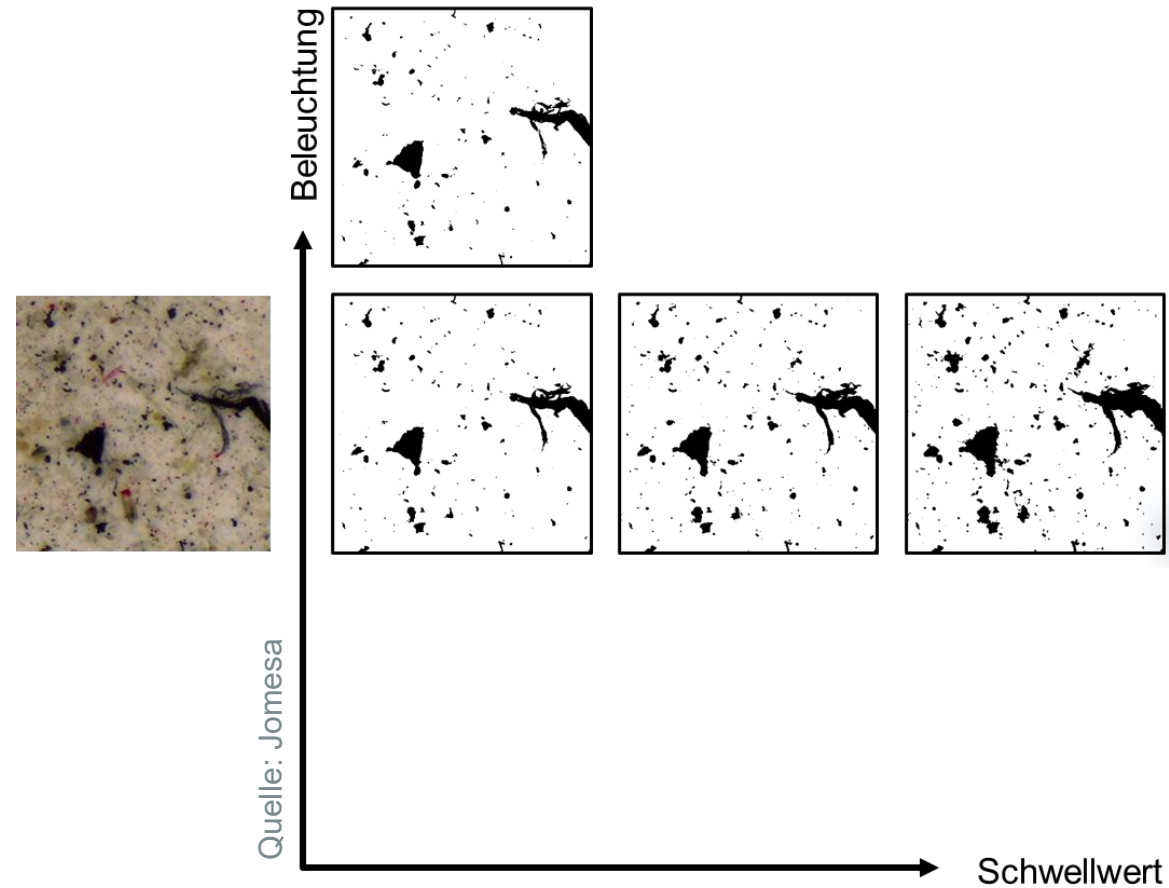
Partikelerkennung / Beleuchtung und Schwellwert



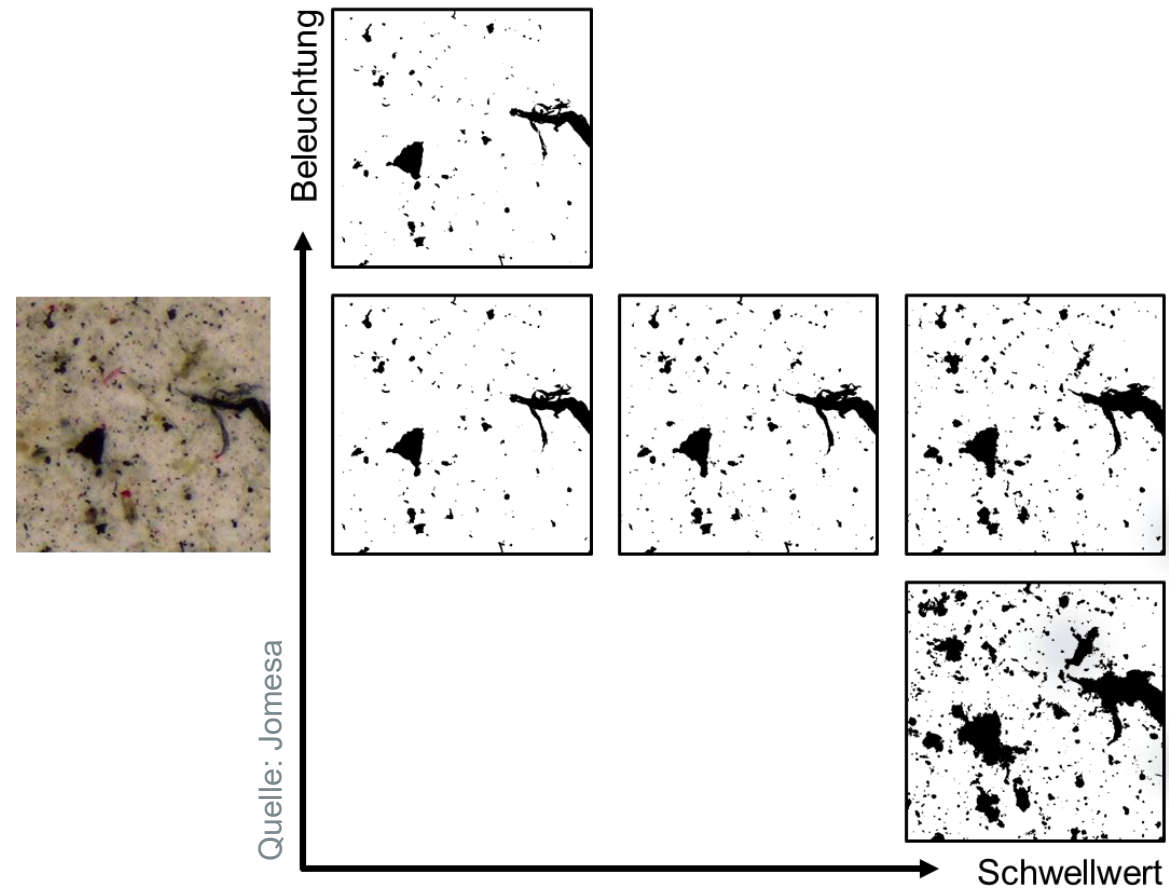
MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelerkennung

Partikelerkennung / Beleuchtung und Schwellwert



Partikelerkennung / Beleuchtung und Schwellwert



- ◆ Partikel haben keine definierte Geometrie
- ◆ Länge und Breite müssen definiert werden

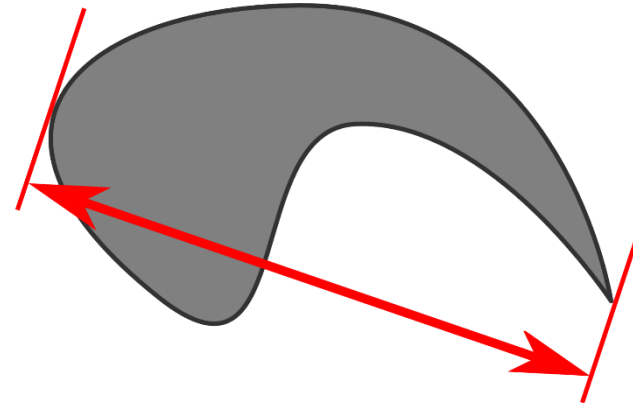


MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung

- ◆ Partikel haben keine definierte Geometrie
- ◆ Länge und Breite müssen definiert werden
 - Länge wird immer als $\text{Feret}_{\max}$ definiert → maximales Gefährdungspotential

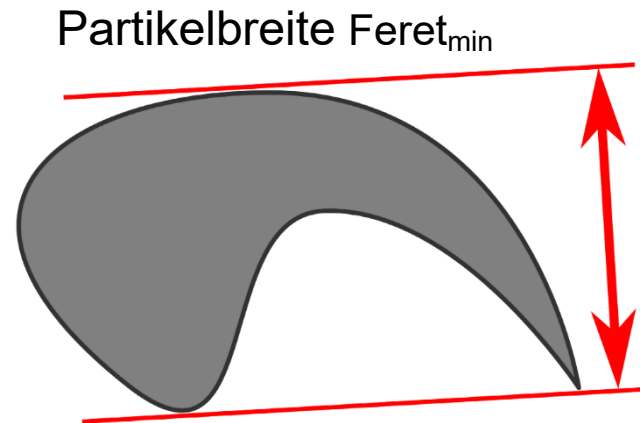
Partikellänge $\text{Feret}_{\max}$



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung

- ◆ Partikel haben keine definierte Geometrie
- ◆ Länge und Breite müssen definiert werden
 - Länge wird immer als $\text{Feret}_{\max}$ definiert
 - Breite kann definiert werden als:
 - $\text{Feret}_{\min}$

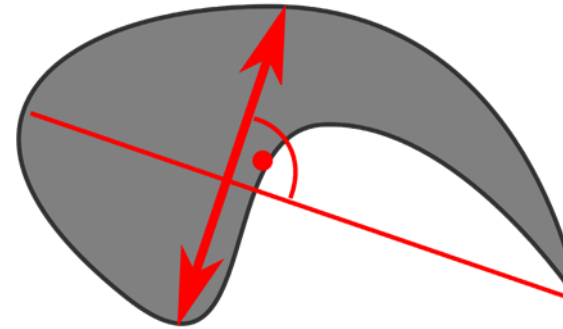


MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung

- ◆ Partikel haben keine definierte Geometrie
- ◆ Länge und Breite müssen definiert werden
 - Länge wird immer als $\text{Feret}_{\text{max}}$ definiert
 - Breite kann definiert werden als:
 - $\text{Feret}_{\text{min}}$
 - Senkrechter Schnitt

Partikelbreite Senkrechter Schnitt

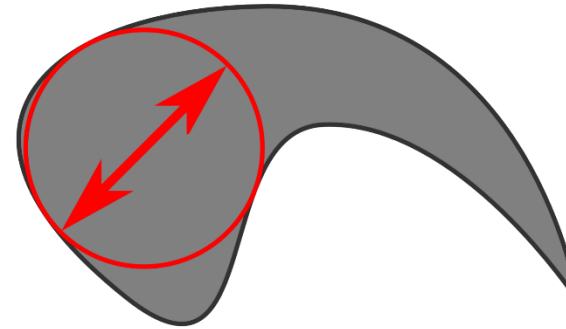


MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung

- ◆ Partikel haben keine definierte Geometrie
- ◆ Länge und Breite müssen definiert werden
 - Länge wird immer als $\text{Feret}_{\text{max}}$ definiert
 - Breite kann definiert werden als:
 - $\text{Feret}_{\text{min}}$
 - Senkrechter Schnitt
 - Maximaler Inkreis

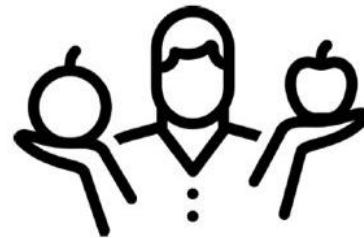
Partikelbreite Maximaler Inkreis



Technische Grundlagen – Partikelerkennung

Partikelerkennung / Beleuchtung und Schwellwert

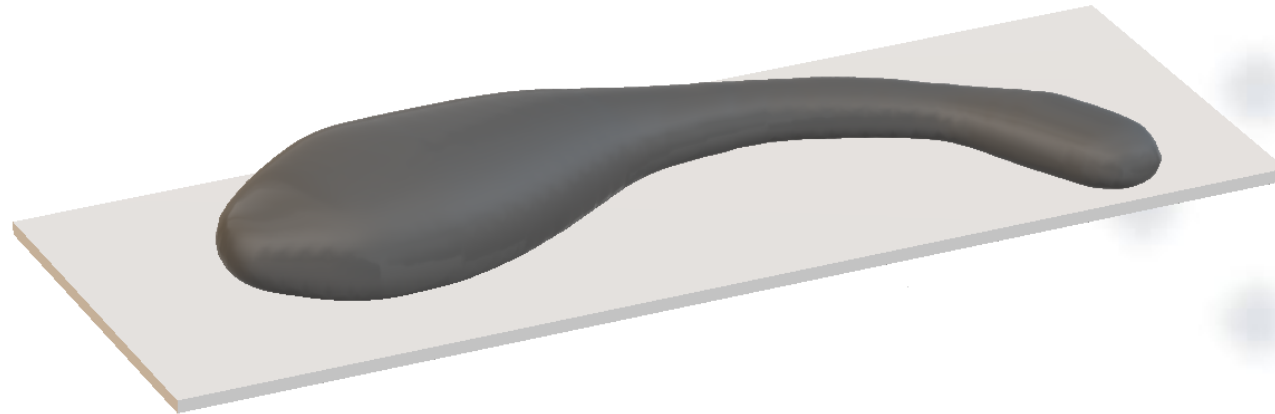
- ◆ Für Partikel mit $\text{Feret}_{\max} \geq 50 \mu\text{m}$
- ◆ Ein Partikel muss aus mindestens 10 Pixeln bestehen
- ◆ Beleuchtung und Helligkeitsschwellwert sind Fixwerte



Vergleichbarkeit
von
Analyseergebnissen

Schwellwert

- ◆ Es gilt immer:
 - Länge $\geq$ Breite $\geq$ Höhe
 - Der Partikel liegt auf der Fläche „Länge X Breite“



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung

- ◆ Es gilt immer:
 - Länge $\geq$ Breite $\geq$ Höhe
 - Der Partikel liegt auf der Fläche „Länge X Breite“



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung

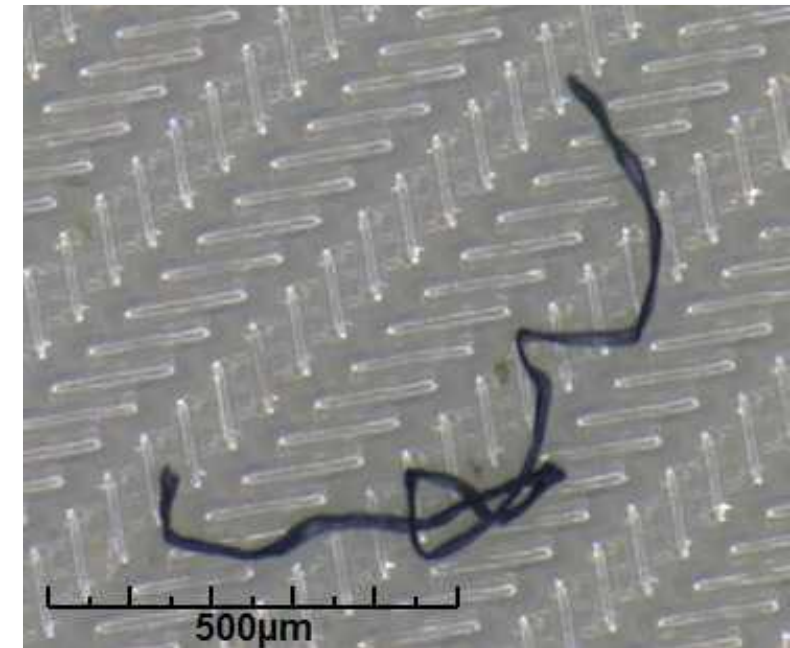
- ◆ Es gilt immer:
 - Länge $\geq$ Breite $\geq$ Höhe
 - Der Partikel liegt auf der Fläche „Länge X Breite“



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung, Sonderfall Fasern

- ◆ Ein menschliches Haar hat eine Breite von $60\text{ }\mu\text{m}$ – $120\text{ }\mu\text{m}$ und gilt somit gemäß VDA 19.1 als Partikel und **nicht** als Faser
- ◆ $\text{Feret}_{\text{max}}$ als Längenmaß ungeeignet aufgrund der Flexibilität → zufällige Orientierung
- ◆ Gestreckte Länge besser geeignet
- ◆ Wann ist ein Partikel eine Faser?
 - nicht-metallisch glänzend
 - geometrisches Kriterium

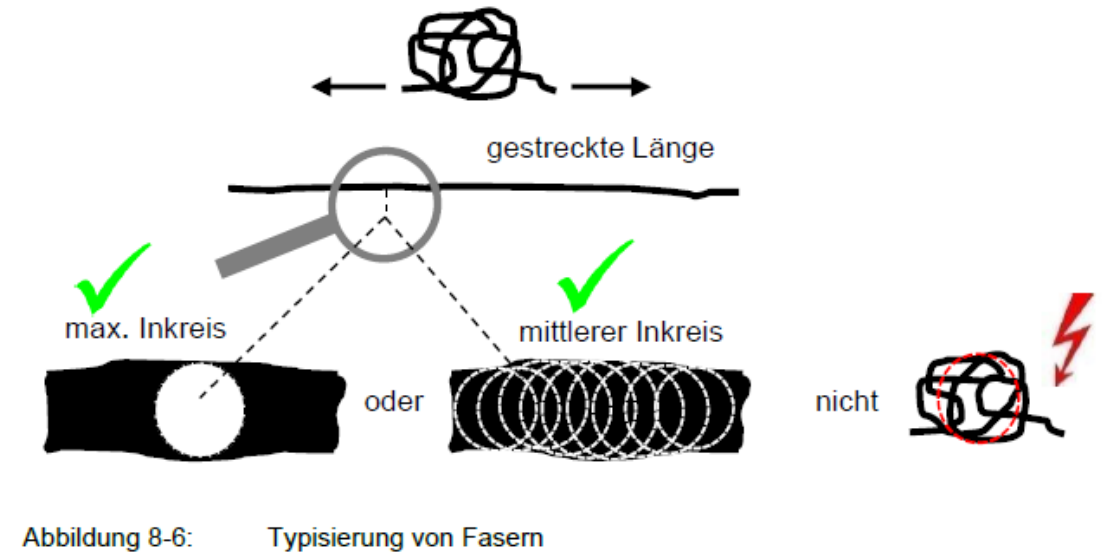


$\text{Feret}_{\text{max}}$	756 μm
Gestreckte Länge	1500 μm

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikelvermessung, Sonderfall Fasern

- ◆ Option 1 (max. Inkreis):
 - nicht-metallisch glänzend
 - Gestreckte Länge / maximaler Inkreis > 20
 - Breite: Maximaler Inkreis $\leq 50 \mu\text{m}$
- ◆ Option 2 (mittlerer Inkreis):
 - nicht-metallisch glänzend
 - Gestreckte Länge / mittlerer Inkreis > 20
 - Breite: Mittlerer Inkreis $\leq 50 \mu\text{m}$
- ◆ Option 2 “glättet” Fasern mit “Beulen” oder anhaftenden Partikeln



- ◆ Faserkriterien in Sauberkeitsspezifikation führen schnell zu hohem Aufwand (Fertigung, Handling, Verpackung etc)
- ◆ Gesamtlänge (F_G) aller Fasern als integrales Maß

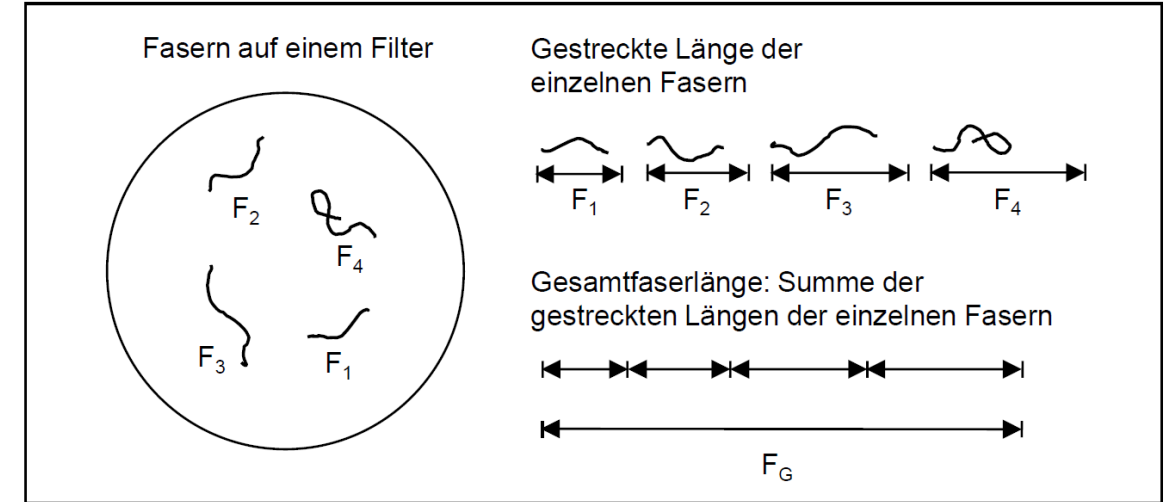


Abbildung 8-8

Bedeutung der Gesamtfaserlänge

Technische Grundlagen – Partikelvermessung, Sonderfall Fasern

Wann ist ein Partikel eine Faser?

❖ Geometrisches Kriterium

gestreckte Länge / maximale

Breite gemessen über maximale

Qualitätsmanagement

Welche Länge ist die reale

❖ $Feret_{max}$ kann

❖ Gestreckte Länge

„grenzwertver

◆ Partikellänge ist immer $Feret_{max}$

◆ Partikelbreite ist variabel

◆ Es gilt $Länge \geq Breite \geq Höhe$

◆ Fasern:

◆ $Feret_{max}$ vs. gestreckte Länge

◆ Definition via *max.* vs. *mittlerer Inkreis*

$Feret_{max}$	756 μm
Gestreckte Länge	1500 μm

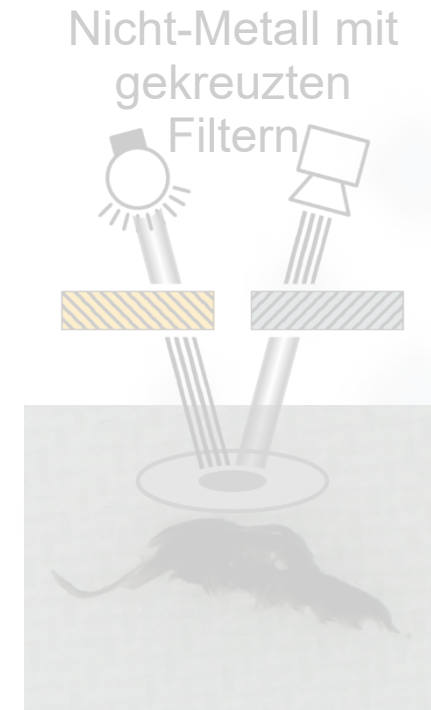
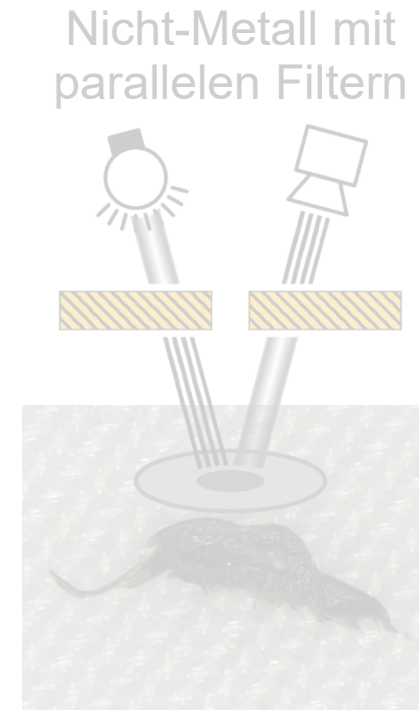
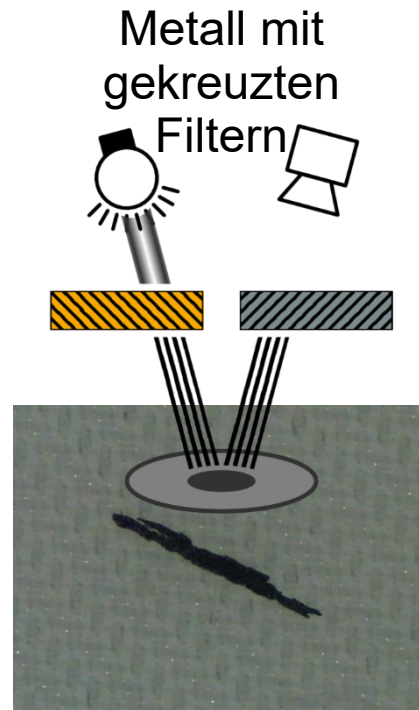
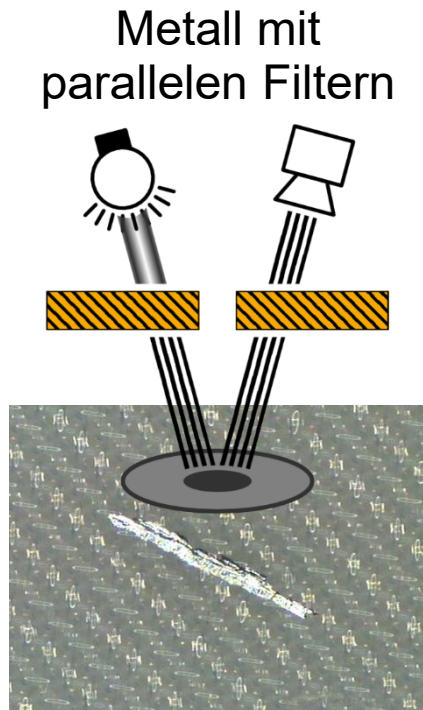
MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Technische Grundlagen – Partikeltypisierung

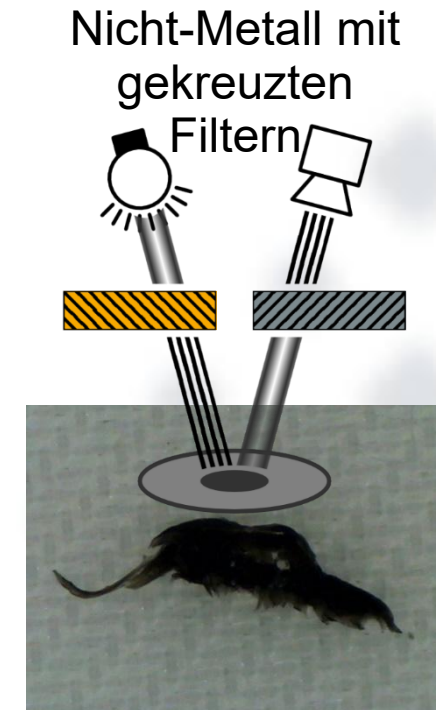
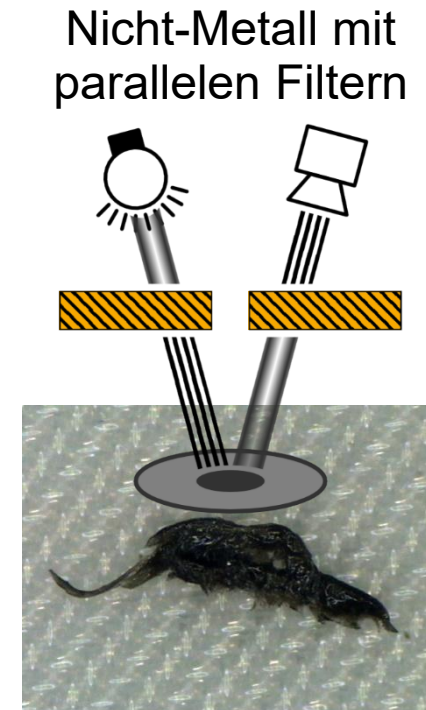
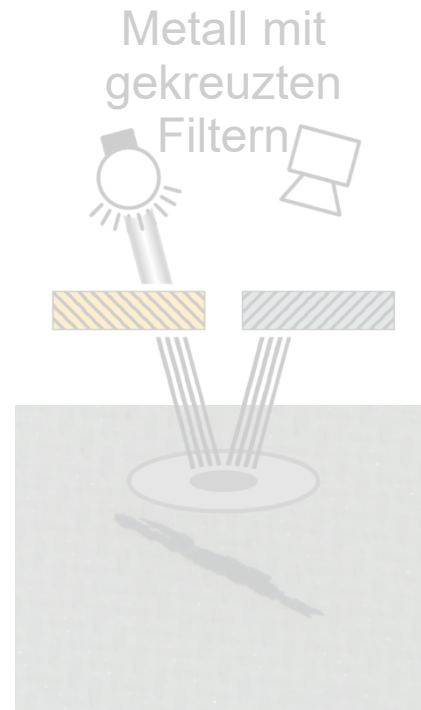
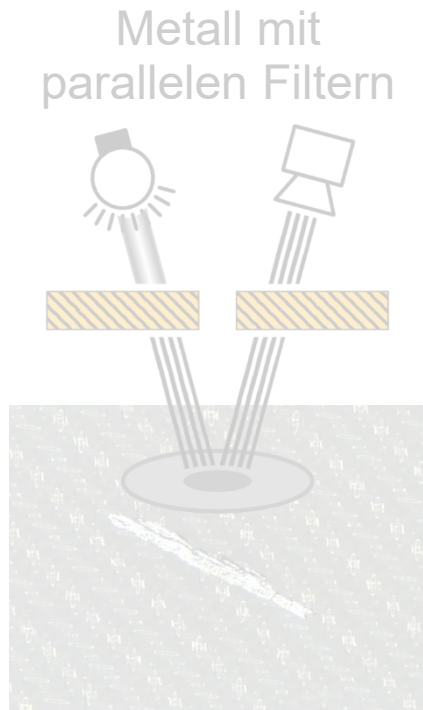
- ◆ Welche Partikeltypen werden unterschieden?
 - metallisch-glänzende Partikel
 - nicht metallisch-glänzende Partikel
 - Fasern



- ◆ Wie werden diese Partikeltypen unterschieden?



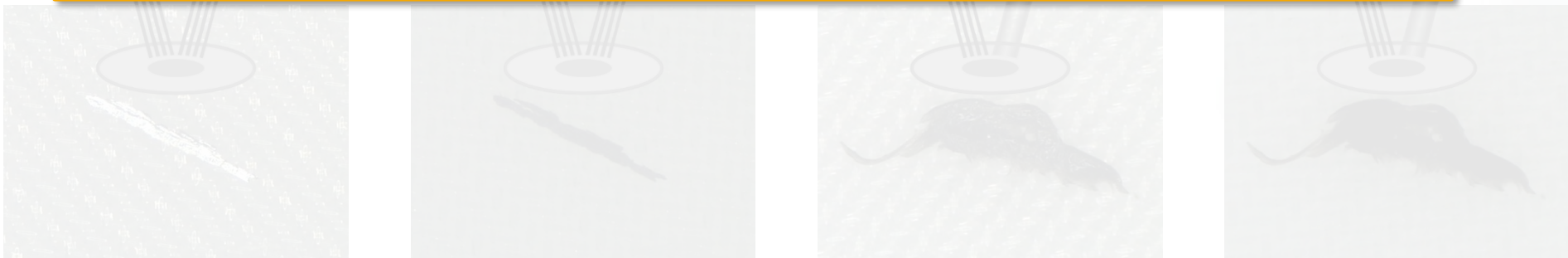
- ◆ Wie werden diese Partikeltypen unterschieden?



Technische Grundlagen – Partikeltypisierung

Wie werden diese Partikeltypen unterschieden?

- ◆ Materialklassifizierung erfolgt über das Reflexionsverhalten (Glanz) mit polarisiertem Licht
- ◆ Keine Materialcharakterisierung im chemischen Sinn → REM/EDX notwendig



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Mikroskopie Output & Dokumentation

No	X-Pos [mm]	Y-Pos [mm]	Max. Diameter [µm]	Min. Diameter [µm]	Area [µm²]	Circumference [µm]	Width (Torus) [µm]	Width (ortho.Cut) [µm]	Bord. Circ [µm]	Width (feret min) [µm]	Area. Circ [µm]	Stretched length [µm]	Assoc. Radius [µm]	Type
1	-7,46	20,29	817	11	13272	1954	244	33	15	236	13	977	65	FIB
2	16,35	-13,36	659	9	8773	1499	137	24	15	137	13	750	53	FIB
3	8,24	19,53	611	24	21419	1600	181	62	34	153	34	800	83	FIB
4	-11,43	-17,40	478	5	4790	975	47	15	9	47	9	488	39	FIB
5	3,50	21,51	389	9	5595	802	45	21	20	38	19	401	42	FIB
6	-7,37	1,92	374	196	52461	1094	218	218	190	218	170	578	129	NONMET
7	-1,39	16,07	353	199	59802	1372	328	290	167	294	138	723	138	NONMET
8	20,38	6,83	351	11	5349	742	41	27	15	33	13	371	41	FIB
9	-8,59	7,16	348	114	38383	857	144	143	125	142	123	433	111	NONMET
10	15,32	-8,53	332	129	34422	907	161	147	130	147	126	476	105	NONMET
11	4,29	21,38	321	20	9982	823	63	53	33	63	30	411	56	FIB
12	5,01	7,56	312	57	15980	750	114	106	65	102	63	375	71	MET
13	15,28	9,64	295	147	35093	778	180	180	147	175	131	391	106	NONMET
14	8,14	3,83	294	198	47873	881	219	206	189	218	189	441	123	NONMET
15	-12,27	17,76	289	9	3670	590	27	17	11	24	9	295	34	FIB
16	-15,89	0,76	289	137	33661	859	185	178	132	175	131	430	104	NONMET
17	7,39	17,32	282	144	31826	779	191	167	148	161	85	397	101	NONMET
18	3,12	21,48	269	9	4767	646	91	28	15	85	9	323	39	FIB
19	-6,74	20,15	261	91	25179	786	157	152	103	151	102	393	90	NONMET
20	16,36	-3,99	255	7	4163	531	33	30	24	33	21	266	36	NONMET
21	4,95	-14,84	251	21	6692	520	48	40	38	43	38	260	46	MET
22	5,01	18,46	245	33	14771	758	114	115	55	114	48	379	69	NONMET
23	11,07	15,45	243	33	11549	734	109	95	54	90	47	385	61	NONMET
24	18,85	-4,08	240	66	20859	693	138	115	85	118	85	346	81	NONMET
25	-12,20	12,34	240	100	20300	617	133	120	107	121	106	309	80	NONMET
26	17,58	6,53	237	102	19001	641	139	124	110	121	107	321	78	NONMET
27	15,83	2,64	236	11	3738	486	28	17	12	21	9	243	34	FIB
28	14,59	8,16	229	152	29968	672	181	174	152	175	151	336	98	MET

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Mikroskopie Output & Dokumentation

Partikelgröße [µm] <i>Particle size</i>	Größen- klasse <i>Size category</i>	Metallisch glänzende Partikel <i>Metallic shining particles</i>	Nichtglänzende Partikel ohne Fasern ¹ <i>Not shining particles without fibers¹</i>	Alle Partikel ohne Fasern ¹ <i>All particles without fibers¹</i>	Anzahl der Fasern pro Partikelfalle <i>Number of fibers per particle trap</i>
25-50	D	29	671	700	0
50-100	E	7	176	183	0
100-150	F	2	53	55	0
150-200	G	0	18	18	5
200-400	H	0	2	2	21
400-600	I	0	0	0	18
600-1000	J	0	1	1	8
1000-1500	K	0	0	0	10
1500-2000	L	0	0	0	2
2000-3000	M	0	0	0	3
>3000	N	0	0	0	0

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Mikroskopie Output & Dokumentation

Partikelgröße [µm] <i>Particle size</i>	Größen- klasse <i>Size</i>	Metallisch glänzende Partikel	Nichtglänzende Partikel ohne Fasern ¹ <i>Not shining particles without</i>	Alle Partikel ohne Fasern ¹	Anzahl der Fasern pro Partikelfalle <i>Number of fibers per</i>
25-50			Soll <i>rated value</i>	Ist <i>actual value</i>	Ergebnis <i>result</i>
50-100		<u>Gravimetrie / Bauteil</u> <i>Gravimetric result / Component</i>	≤ 150 mg	3,0 mg	
100-150		<u>Größtes metallisch glänzendes Partikel *)</u> <i>Largest metallic shining particle *)</i>	≤ 1000 µm	1206 µm **	
150-200		<u>Größtes nicht glänzendes Partikel 1)*)</u> <i>Largest not shining particle 1)*)</i>	≤ 2500 µm	5902 µm **	
200-400					
400-600					
600-1000	J	0	1	1	8
1000-1500	K	0	0	0	10
1500-2000	L	0	0	0	2
2000-3000	M	0	0	0	3
>3000	N	0	0	0	0

Die gravimetrische Analyse

Allgemeines zur Mikroskopie gemäß VDA 19.1

Technische Grundlagen der Mikroskopie

Die Standardanalyse

Die freie Analyse

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann...

... und was nicht

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Die freie Analyse

- ◆ Für Partikel mit $\text{Feret}_{\text{max}} \leq 50 \mu\text{m}$
- ◆ Spezielle Fragestellungen
→ Helle Partikel, Morphologie, Höhe, **Monitoring** uvm.
- ◆ Beleuchtung, Helligkeitsschwellwert und Abbildungsverfahren
sind **frei wählbar**



MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Die freie Analyse

- ◆ Höhere Anforderungen Extraktionsprozedur
 - Abklingmessung, Filtration, Blindwert
- ◆ Min. 5 Pixel für kleinste Partikelgröße ist einzuhalten
- ◆ Allg. höhere Anforderungen an das Mikroskopie-Setup

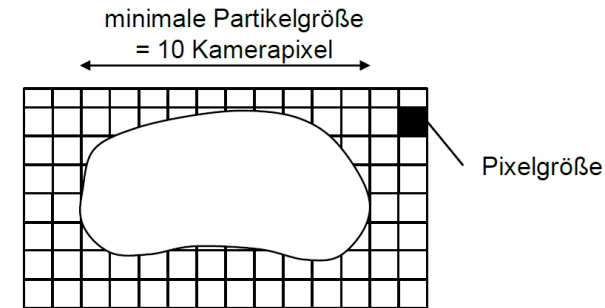


Tabelle 8-4: Zu verwendende Auflösung in Abhängigkeit von der Partikelgröße

Partikelgröße	Erfassung mit
$\geq 50 \mu\text{m}$	$\leq 5,0 \mu\text{m/pxl}$
$\geq 25 \mu\text{m}$	$\leq 2,5 \mu\text{m/pxl}$
$\geq 15 \mu\text{m}$	$\leq 2,5 \mu\text{m/pxl}$
$\geq 5 \mu\text{m}$	$\leq 1,0 \mu\text{m/pxl}$

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Die freie Analyse – ein Beispiel: Partikelhöhe

- ◆ Partikelhöhe kritisches Maß bei der Kontamination auf Batterie-Separatorfolien
 - Anforderungen $< 50 \mu\text{m}$
 - Vermessung durch Materialmikroskop (geringe Tiefenschärfe erlaubt Vermessung in der z-Achse)



Die gravimetrische Analyse

Allgemeines zur Mikroskopie gemäß VDA 19.1

Technische Grundlagen der Mikroskopie

Die Standardanalyse

Die freie Analyse

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann...

... und was nicht

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann ... und was nicht

Max. Partikelgröße (metallisch glänzend):

600 µm

zusätzlich 5 Partikel bis 1000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 2:1

zusätzlich 2 Partikel bis 1500 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 3:1

zusätzlich 1 Partikel bis 3000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 5:1

Max. Partikelgröße (nicht metallisch glänzend):

1000 µm

zusätzlich 150 Partikel bis 3000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 2:1

zusätzlich 5 Partikel > 3000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 2:1

Zulaessiger Restschmutz:

Maximale Schmutzmenge: 0.4 mg/Bauteil

Maximale Partikelgroesse harte Partikel: max. 90µm x 500µm x 500µm

weiche Partikel: max. 90µm x 90µm x 2000µm

Zusaetzlich sind 10 weiche Partikel der Groesse max. 90µm x 90µm x 3000µm zulaessig.

Hard particles(*1) ≤ 600 µm x 90 µm	Hard particles ≤ 600 µm x 90 µm		1 times / Year		Cleanliness Test Laboratory
Soft particles(*2) ≤ 2000 µm x 90 µm	Soft particles ≤ 2000 µm x 90 µm				
The maximum dirt quantity <0.05 mg	The maximum dirt quantity <0.05 mg				

*1 Hard particles are e.g. ferrous and non-ferrous materials, hard elastomers (>90 Shore A), polymers, plastics, fibre-reinforced Teflon, polyamides.

*2 Soft particles are e.g. elastomers (<90 Shore A), paper, brush hairs, textiles. Abrasive particles such as quartz, sand, corundum, glass etc. are not permitted.

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann ... und was nicht

Max. Partikelgröße (metallisch glänzend):

600 µm

zusätzlich 5 Partikel bis 1000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 2:1

zusätzlich 2 Partikel bis 1500 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 3:1

zusätzlich 1 Partikel bis 3000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 5:1

Max. Partikelgröße (nicht metallisch glänzend):

1000 µm

zusätzlich 150 Partikel bis 3000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 2:1

zusätzlich 5 Partikel > 3000 µm zulässig, wenn Länge-zu-Breite-Verhältnis > 2:1

Zulaessiger Restschmutz:

Maximale Schmutzmenge: 0.4 mg/Bauteil

Maximale Partikelgroesse harte Patikel: max. 90µm x 500µm x 500µm

weiche Partikel: max. 90µm x 90µm x 2000µm

Zusaetzlich sind 10 weiche Partikel der Groesse max. 90µm x 90µm x 3000µm zulaessig.

Hard particles(*1) ≤ 600 µm x 90 µm Soft particles(*2) ≤ 2000 µm x 90 µm The maximum dirt quantity <0.05 mg	Hard particles ≤ 600 µm x 90 µm Soft particles ≤ 2000 µm x 90 µm The maximum dirt quantity <0.05 mg		1 times / Year		Cleanliness Test Laboratory
---	---	---	----------------	---	-----------------------------

*1 Hard particles are e.g. ferrous and non-ferrous materials, hard elastomers (>90 Shore A), polymers, plastics, fibre-reinforced Teflon, polyamides.

*2 Soft particles are e.g. elastomers (<90 Shore A), paper, brush hairs, textiles. Abrasive particles such as quartz, sand, corundum, glass etc. are not permitted.

MIKROSKOPISCHE AUSWERTUNG IN DER VDA 19.1

Was die lichtoptische Partikelanalyse leisten kann ... und was nicht

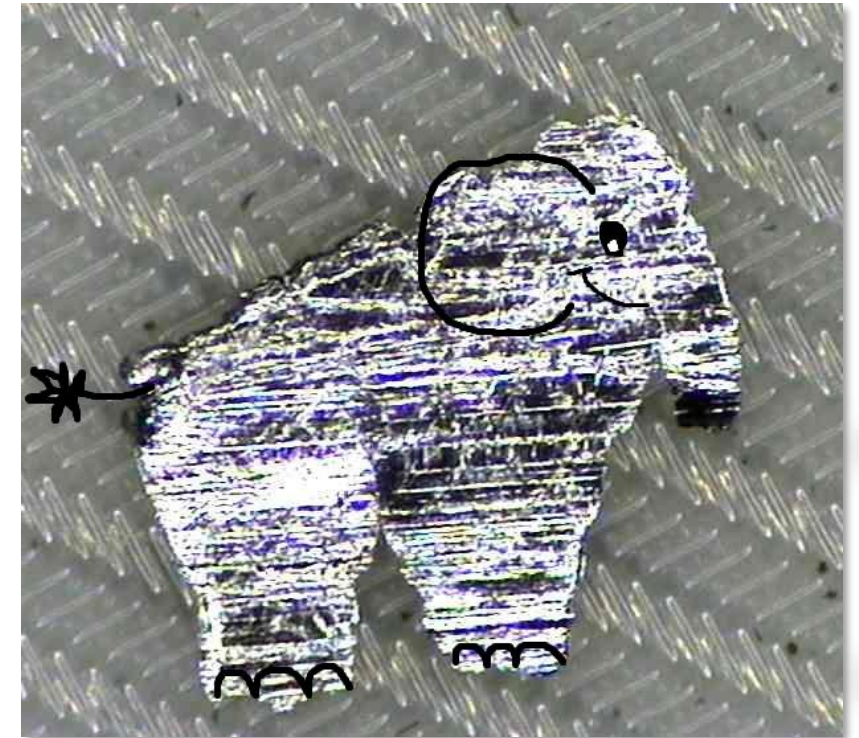
	#1 (Mica/Glimmer-Partikel)	#2 (SiC-Partikel)
Hellbild		
Bild mit gekreuztem Polarisator		
Bemerkung	Obenstehende nicht metallische Partikel zeigen im Hellbild einen gewissen Glanz und sind im Bild mit gekreuzten Polarisatoren tiefschwarz und werden somit im Rahmen der automatisierten Auswertung mit hoher Wahrscheinlichkeit als metallisch glänzend erkannt, sind aber mineralischen Ursprungs.	



Morgen geht's weiter ...

Abbildung 8-23: Beispiele für nicht metallische Partikel, die metallisch glänzend erscheinen

Bei aller Standardisierung: der/die Mikroskopierende macht den Unterschied!





Haben Sie Fragen zu dem Vortrag?



Chat



Wortmeldung



E-Mail



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Dr. Nils Rotthowe

Vertriebsingenieur
Sales Engineer

Phone +49 74 65 / 92 96 78-16
n.rotthowe@cleancontrolling.de

Gehrenstr. 11a
D-78576 Emmingen-Liptingen
www.cleancontrolling.de

