

KLEINE PARTIKEL UND DIE UNTERE NACHWEISGRENZE

Dustlight erfasst Partikel im Größenbereich von **0,3 bis 10 µm**. Kleinere Partikel – insbesondere Nanopartikel unter 100 nm – werden nicht detektiert. Das ist keine Frage der Kalibrierung oder der Firmware, sondern eine **physikalische Eigenschaft** aller optischen Streulichtverfahren. Für die überwiegende Mehrheit der Arbeitsplatzstäube ist diese Grenze ohne praktische Bedeutung, weil sowohl die Staubmasse als auch die geltenden Grenzwerte oberhalb dieser Schwelle liegen. Bei gezielten Tätigkeiten mit Nanomaterialien ergänzen andere Messverfahren Dustlight – sie ersetzen es nicht.

ZIELGRUPPE

Fachkräfte für
Arbeitssicherheit, EHS-
Verantwortliche, Fachhandel

THEMA

Untere Nachweisgrenze
optischer Staubmessung

GILT FÜR

Dustlight-Gerät

STAND

August 2026

01 WIE DUSTLIGHT MISST

Im Inneren von Dustlight erzeugt eine Laserdiode einen Lichtstrahl (Wellenlänge 660 nm, also rotes Licht). Ein Lüfter zieht Luft durch diesen Strahl. Trifft ein Staubpartikel auf den Laser, streut es einen Teil des Lichts zur Seite; eine Fotodiode registriert diese kurze Reflexion.

Das Prinzip kennt jeder aus dem Alltag: Staub in einem Sonnenstrahl wird sichtbar, weil die Körnchen Licht streuen. Aus der Helligkeit der Reflexion berechnet der Sensor die Partikelgröße, aus der Anzahl der Reflexionen die Konzentration. Daraus entstehen die Massenkonzentrationen, die Dustlight anzeigt.

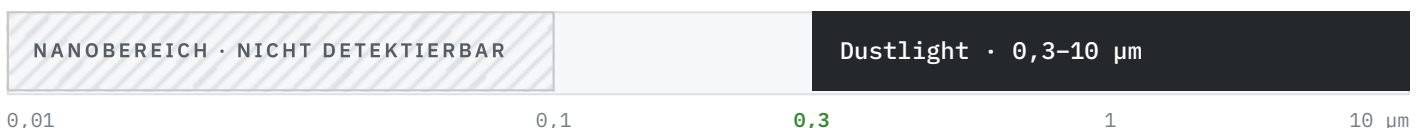
MESSPRINZIP · STREULICHT

Laserwellenlänge **660 nm**

Messbereich **0,3–10 µm**

Ausgabe **Massenkonzentration**

WO DUSTLIGHT MISST – UND WO NICHT



Logarithmische Größenskala. Unterhalb von 0,3 µm liegt der Nanobereich, der optisch nicht erfassbar ist.

02 WARUM ES NACH UNTEN EINE GRENZE GIBT

Entscheidend ist das Verhältnis zwischen Partikelgröße und Lichtwellenlänge.

Ist ein Partikel deutlich größer als die Wellenlänge, streut es viel Licht – es ist gut sichtbar. Wird es kleiner als etwa ein Sechstel der Wellenlänge, bricht die Streuung dramatisch ein. In diesem Bereich (dem sogenannten **Rayleigh-Regime**) skaliert das Signal mit der **sechsten Potenz** des Durchmessers.

RAYLEIGH-REGIME

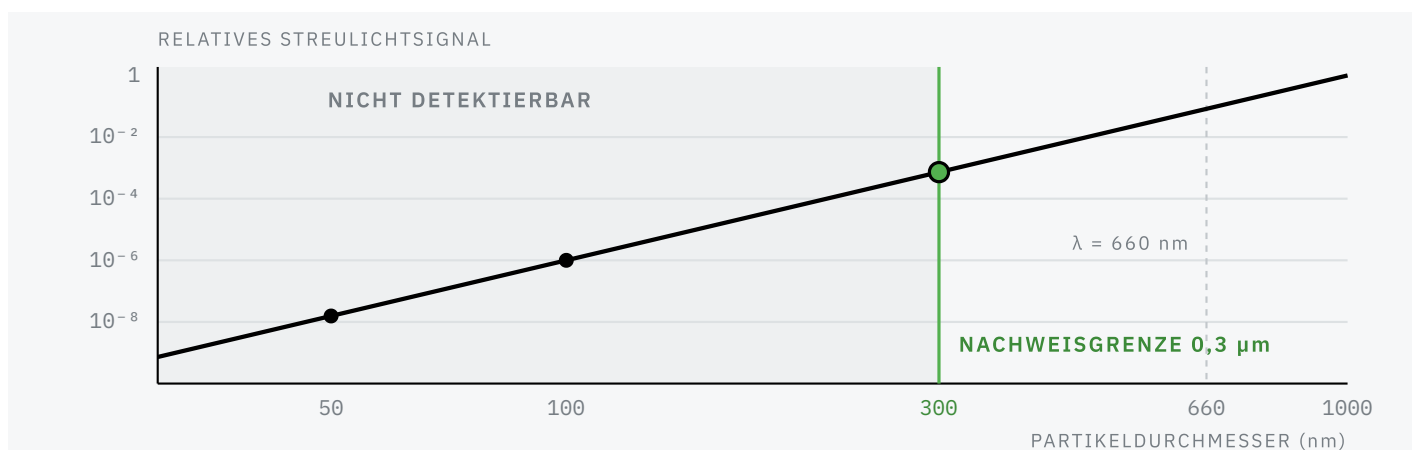
$$\text{Signal} \propto d^6$$

Durchmesser halbiert 1/64

Durchmesser gezehntelt 1/1.000.000

Ein Partikel von 50 nm liefert also gegenüber einem Partikel von 300 nm nur noch rund ein Hunderttausendstel des Signals. Dieses Signal verschwindet im optischen Grundrauschen der Messkammer – vergleichbar mit dem Versuch, eine Kerze neben einem Flutlicht zu erkennen.

Deshalb liegt die untere Nachweisgrenze optischer Partikelzähler herstellerunabhängig seit Jahrzehnten bei etwa 0,3 µm. Geräte, die kleinere Partikel erfassen, arbeiten nach einem grundsätzlich anderen Messprinzip (siehe Abschnitt 05).



Doppelt logarithmische Darstellung: Jede Halbierung der Partikelgröße kostet den Faktor 64 – zwischen 300 und 50 nm liegen rund fünf Größenordnungen.

03 WARUM DIE GRENZE IN DER PRAXIS MEIST UNKRITISCH IST

Massenkonzentration und Partikelanzahl verhalten sich völlig unterschiedlich. Die Masse eines Partikels wächst mit der dritten Potenz seines Durchmessers – kleine Partikel sind zahlreich, tragen aber kaum Masse bei.

FÜR 1 µg/m³ NÖTIG

8.500 Partikel/cm³

bei 50 nm Durchmesser, Dichte ca. 1,8 g/cm³

Selbst eine hohe Anzahlkonzentration bleibt damit in der Massenbilanz nahezu unsichtbar. Das ist deshalb relevant, weil die geltenden Arbeitsplatzgrenzwerte – Allgemeiner Staubgrenzwert, alveolengängige (A-)Staubfraktion, stoffspezifische Grenzwerte etwa für Quarzfeinstaub – **massebezogen** definiert sind. Sie beziehen sich auf genau jenen Größenbereich, den Dustlight abdeckt.

Typische Arbeitsplatzstäube liegen ebenfalls dort: Quarz- und Mineralstaub, Holzstaub, Zement- und Gipsstaub, Schleif- und Abrasivstäube, Metallstäube. Für diese Anwendungen stellt die untere Grenze von 0,3 µm keine Einschränkung dar.

04 NANOSKALIGE UND FASERFÖRMIGE MATERIALIEN

Für die Beurteilung technisch hergestellter Nanomaterialien sind zwei Punkte kurz festzuhalten.

FASERFORM

Eine gestreckte Form kompensiert den kleinen Durchmesser nicht. Optische Verfahren bewerten jedes Partikel als volumenäquivalente Kugel. Ein faserförmiges Objekt mit 50 nm Durchmesser und 500 nm Länge entspricht einer Kugel von etwa 120 nm und bleibt damit unterhalb der Nachweisgrenze. Zusätzlich hängt die Streuantwort faserförmiger Partikel von ihrer Ausrichtung im Laserstrahl ab und lässt sich nicht sinnvoll in eine Größe umrechnen.

AGGLOMERATE

Luftgetragene Nanomaterialien liegen meist agglomeriert vor. Feldmessungen in Betrieben, die Carbon Nanotubes und Nanofasern verarbeiten, zeigen, dass das luftgetragene Material überwiegend als Agglomerate von mehreren Mikrometern auftritt. Solche Agglomerate liegen im Messbereich von Dustlight und werden als Masse erfasst, sodass Freisetzungseignisse und Staubmaxima sichtbar werden. Stoffliche Identifikation und Faserzählung liegen außerhalb der Möglichkeiten jedes optischen Verfahrens.

Die Regulierung spiegelt das: Exposition gegenüber Nanomaterialien wird über Orientierungswerte und Laborverfahren adressiert, nicht über echtzeitfähig überprüfbare Grenzwerte. In Deutschland fallen Tätigkeiten mit Nanomaterialien unter TRGS 527; für faserförmige Nanomaterialien nennt das IFA/DGUV einen vorläufigen Beurteilungswert von 10.000 Fasern/m³, hält aber ausdrücklich fest, dass es für die betriebliche Überwachung an nachgewiesenen geeigneten Sammel- und Analysenverfahren mangelt.

Die praktische Konsequenz: Die Quantifizierung einer Nanofraktion ist Laborarbeit. Die Kontrolle massebezogener Exposition und der Wirksamkeitsnachweis technischer Schutzmaßnahmen sind die Domäne der personengetragenen Echtzeitmessung.

05 WELCHE VERFAHREN DEN BEREICH UNTER 0,3 µm ABDECKEN

MESSAUFGABE	VERFAHREN	BEREICH / ANMERKUNG
Partikelanzahl im Nanobereich	Kondensationspartikelzähler (CPC)	ab ca. 10 nm, keine Größeninformation
Größenverteilung	SMPS / DMAS nach ISO 15900	ca. 10–500 nm, Referenzverfahren, stationär
Personengetragene Nanomessung	Diffusionsauflader (LDSA)	ca. 10–300 nm, Oberflächenmetrik statt Masse
Ruß / elementarer Kohlenstoff	thermisch-optische Filteranalytik, Absorptionsmessung	massebezogen, größenunabhängig
Faseridentifikation und -zählung	REM / TEM nach Filterprobenahme	nur laborgestützt

Die europäische Norm EN 17058 beschreibt hierfür einen gestuften Ansatz: von der Informationsbeschaffung über orientierende Messungen mit direkt anzeigenden Geräten bis zur aufwendigen Expertenmessung. Die Verfahren stehen also nicht in Konkurrenz, sondern bauen aufeinander auf.

06 ENTSCHEIDUNGSHILFE

DUSTLIGHT IST DAS PASSENDE WERKZEUG, WENN ...

- die Exposition gegenüber A-Staub oder stoffspezifischen Feinstäuben zu beurteilen ist,
- Staubereignisse in Echtzeit sichtbar gemacht werden sollen, um Ursachen und Verhalten zu adressieren,
- die Wirksamkeit von Absaugung, Kapselung oder Nassverfahren zu prüfen ist,
- personengetragen und über eine ganze Schicht gemessen werden soll.

ERGÄNZENDE VERFAHREN SIND NÖTIG, WENN ...

- gezielt mit Nanomaterialien gearbeitet wird und die Nanofraktion selbst zu bewerten ist,
- eine Exposition gegenüber faserförmigen Materialien beurteilt werden muss,
- Ruß beziehungsweise Dieselmotoremissionen die dominierende Belastung darstellen,
- ein stoffspezifischer Nachweis nach einem genormten Referenzverfahren gefordert ist.

QUELLEN

Sensirion, Datasheet SEN5x, Version 2 (März 2022) – Größenbereiche, Laserwellenlänge, Kalibrier aerosol

Atmospheric Measurement Techniques 13 (2020) 6343 – Einfluss von Brechungsindex und Absorption auf optische Partikelsensoren

NIOSH Current Intelligence Bulletin 65 – Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers

EN 17058:2018 – Exposition am Arbeitsplatz: Beurteilung der inhalativen Exposition gegenüber Nano-Objekten

Aerosol and Air Quality Research – zur unveränderten unteren Nachweisgrenze optischer Partikelzähler bei etwa 300 nm

IFA/DGUV – Maßstäbe zur Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen gegen Nanomaterialien

Annals of Work Exposures and Health 59 (2015) 705 – CNT/CNF-Expositionsbewertung an 14 Standorten

TRGS 527 – Tätigkeiten mit Nanomaterialien