

DIN CEN ISO/TS 23302

ICS 07.120

Ersatz für
DIN CEN/TS 17010
(DIN SPEC 52413):2017-05

**Nanotechnologien –
Anforderungen und Empfehlungen zur Identifizierung von Messgrößen zur
Charakterisierung von Nanoobjekten und von Werkstoffen, die welche
enthalten (ISO/TS 23302:2021);
Deutsche Fassung CEN ISO/TS 23302:2022**

Nanotechnologies –
Requirements and recommendations for the identification of measurands that characterise
nano-objects and materials that contain them (ISO/TS 23302:2021);
German version CEN ISO/TS 23302:2022

Nanotechnologies –
Exigences et recommandations pour l'identification des mesurandes qui caractérisent les
nano-objets et les matériaux les contenant (ISO/TS 23302:2021);
Version allemande CEN ISO/TS 23302:2022

Gesamtumfang 99 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO/TS 23302:2021 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 229 „Nanotechnologies“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als CEN ISO/TS 23303:2022 durch das Technische Komitee CEN/TC 352 „Nanotechnologies“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 062-08-17-02 UA „Prüfverfahren“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1628-1	siehe	DIN EN ISO 1628-1
ISO 2884-1	siehe	DIN EN ISO 2884-1
ISO 2884-2	siehe	DIN EN ISO 2884-2
ISO 3219-1	siehe	DIN EN ISO 3219-1
ISO 3219-2	siehe	DIN EN ISO 3219-2
ISO 9276-1	siehe	DIN ISO 9276-1
ISO 9276-2	siehe	DIN ISO 9276-2
ISO 9276-4	siehe	DIN ISO 9276-4
ISO 9276-6	siehe	DIN ISO 9276-6
ISO 9277	siehe	DIN ISO 9277
ISO 10808	siehe	DIN EN ISO 10808
ISO 11357-1	siehe	DIN EN ISO 11357-1
ISO 11357-7	siehe	DIN EN ISO 11357-7
ISO 11358-1	siehe	DIN EN ISO 11358-1
ISO 11885	siehe	DIN EN ISO 11885
ISO 12058-1	siehe	DIN EN ISO 12058-1
ISO 13067	siehe	DIN ISO 13067
ISO 13138	siehe	DIN EN ISO 13138
ISO 13320	siehe	DIN ISO 13320
ISO 14577-1	siehe	DIN EN ISO 14577-1
ISO 14577-2	siehe	DIN EN ISO 14577-2
ISO 14577-3	siehe	DIN EN ISO 14577-3
ISO 14577-4	siehe	DIN EN ISO 14577-4
ISO 16014-5	siehe	DIN EN ISO 16014-5
ISO 16242	siehe	DIN ISO 16242
ISO 17200	siehe	DIN EN ISO 17200
ISO 17294-1	siehe	DIN EN ISO 17294-1
ISO 18115-1	siehe	DIN ISO 18115-1
ISO 19749	siehe	DIN EN ISO 19749
ISO 21363	siehe	DIN EN ISO 21363
ISO 21432:2019	siehe	DIN EN ISO 21432:2021-05
ISO 22412	siehe	DIN ISO 22412
ISO 23210	siehe	DIN EN ISO 23210
ISO 24173	siehe	DIN ISO 24173
ISO/TR 11811	siehe	DIN CEN ISO/TR 11811
ISO/TR 13014	siehe	DIN ISO/TR 13014 (DIN SPEC 13014) (zurückgezogen)
ISO/TS 12025	siehe	DIN CEN ISO/TS 12025
ISO/TS 19590	siehe	DIN CEN ISO/TS 19590
ISO/TS 21356-1	siehe	DIN CEN ISO/TS 21356-1

ISO/TS 21357	siehe	DIN CEN ISO/TS 21357
ISO/TS 21362	siehe	DIN CEN ISO/TS 21362
ISO/TS 80004-1:2015	siehe	DIN CEN ISO/TS 80004-1:2016-04
ISO/TS 80004-2:2015	siehe	DIN CEN ISO/TS 80004-2:2017-09
ISO/TS 80004-6:2021	siehe	DIN CEN ISO/TS 80004-6:2021-09

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Das Dokument enthält Nationale Fußnoten.

Änderungen

Gegenüber DIN CEN/TS 17010 (DIN SPEC 52413):2017-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Nummer geändert;
- b) Unterabschnitt 6.5.13 „Feld-Fluss-Fraktionierung“ hinzugefügt;
- c) Unterabschnitt 6.5.14 „Maßgebende Norm“ hinzugefügt;
- d) Unterabschnitt 6.5.15 „Einzelpartikel-ICP-MS“ hinzugefügt;
- e) Unterabschnitt 6.5.16 „Maßgebende Norm“ hinzugefügt;
- f) Tabelle 6 „Messgrößen im Zusammenhang mit der chemischen Oberflächenanalyse von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten“ ergänzt;
- g) Unterabschnitt 7.2.15 „Niederenergetische Ionenstreuung“ hinzugefügt;
- h) Unterabschnitt 7.3.2 „Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC)“ herausgenommen;
- i) Unterabschnitt 10.8 „Dynamische Differenz-Thermoanalyse“ überarbeitet;
- j) Unterabschnitt 11.2 inklusive Tabelle 13 „Messgrößen für optische Eigenschaften“ ergänzt;
- k) Tabelle 15 „Messgrößen im Zusammenhang mit magnetischen Eigenschaften von festen Nanoverbundmaterialien“ ergänzt;
- l) Unterabschnitt 14.3 „Maßgebende Norm“ hinzugefügt;
- m) Beschreibungen der einzelnen Verfahren abgeändert und in größerer Detailtiefe dargestellt;
- n) redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN CEN/TS 17010 (DIN SPEC 52413): 2017-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN CEN ISO/TR 11811, *Nanotechnologien — Leitfaden für nano-und mikrotribologische Messverfahren*

DIN CEN ISO/TS 12025, *Nanomaterialien — Quantifizierung der Freisetzung von Nanoobjekten aus Pulvern durch Aerosolerzeugung*

DIN CEN ISO/TS 19590, *Nanotechnologien — Größenverteilung und Konzentration anorganischer Nanopartikel in wässrigen Medien durch Massenspektrometrie an Einzelpartikeln mit induktiv gekoppeltem Plasma*

DIN CEN ISO/TS 21356-1, *Nanotechnologien — Strukturelle Charakterisierung von Graphen — Teil 1: Graphen aus Pulvern und Dispersionen*

DIN CEN ISO/TS 21357, *Nanotechnologien — Ermittlung der mittleren Größe von Nanoobjekten in flüssigen Dispersionen mit Hilfe von statischer Mehrfachlichtstreuung (SMLS)*

DIN CEN ISO/TS 21362, *Nanotechnologien — Analyse von Nanoobjekten mit Hilfe von Asymmetrischer-Fluss-Feldflussfraktionierung und zentrifugaler Feldflussfraktionierung*

DIN CEN ISO/TS 80004-1:2016-04, *Nanotechnologien — Fachwörterverzeichnis — Teil 1: Kernbegriffe (ISO/TS 80004-1:2015); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 80004-1:2015*

DIN CEN ISO/TS 80004-2:2017-09, *Nanotechnologien — Fachwörterverzeichnis — Teil 2: Nanoobjekte: Nanopartikel, Nanofaser und Nanoplättchen (ISO/TS 80004-2:2015); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 80004-2:2015*

DIN CEN ISO/TS 80004-6:2021-09, *Nanotechnologien — Fachwörterverzeichnis — Teil 6: Charakterisierung von Nanoobjekten (ISO/TS 80004-6:2021); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 80004-6:2021*

DIN EN ISO 1628-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Viskosität von Polymeren in verdünnter Lösung durch ein Kapillarrisikosimeter — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

DIN EN ISO 2884-1, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Viskosität mit Rotationsviskosimetern — Teil 1: Kegel-Platte-Viskosimeter bei hohem Geschwindigkeitsgefälle*

DIN EN ISO 2884-2, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Viskosität mit Rotationsviskosimetern — Teil 2: Scheiben- oder Kugelviskosimeter bei festgelegter Geschwindigkeit*

DIN EN ISO 3219-1, *Rheologie — Teil 1: Begriffe und Formelzeichen für die Rotations- und Oszillationsrheometrie*

DIN EN ISO 3219-2, *Rheologie — Teil 2: Allgemeine Grundlagen der Rotations- und Oszillationsrheometrie*

DIN EN ISO 10808, *Nanotechnologien — Charakterisierung von Nanopartikeln in Inhalationskammern zur Prüfung auf Toxizität nach Inhalation*

DIN EN ISO 11357-1, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

DIN EN ISO 11357-7, *Kunststoffe — Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC) — Teil 7: Bestimmung der Kristallisationskinetik*

DIN EN ISO 11358-1, *Kunststoffe — Thermogravimetrie (TG) von Polymeren — Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

DIN EN ISO 11885, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung von ausgewählten Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ICP-OES)*

DIN EN ISO 12058-1, *Kunststoffe — Bestimmung der Viskosität mit einem Kugelfall-Viskosimeter — Teil 1: Verfahren mit geneigtem Rohr*

DIN EN ISO 13138, *Luftbeschaffenheit — Probenahmekonventionen für die Abscheidung luftgetragener Partikel im menschlichen Atmungssystem*

DIN EN ISO 14577-1, *Metallische Werkstoffe — Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 14577-2, *Metallische Werkstoffe — Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter — Teil 2: Überprüfung und Kalibrierung der Prüfmaschinen*

DIN EN ISO 14577-3, *Metallische Werkstoffe — Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter — Teil 3: Kalibrierung von Referenzproben*

DIN EN ISO 14577-4, *Metallische Werkstoffe — Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter — Teil 4: Prüfverfahren für metallische und nichtmetallische Schichten*

DIN EN ISO 16014-5, *Kunststoffe — Bestimmung der durchschnittlichen Molmasse und der Molmassenverteilung von Polymeren mittels Gelpermeationschromatographie — Teil 5: Lichtstreuendetektionsverfahren*

DIN EN ISO 17200, *Nanotechnologien — Nanopartikel in Pulverform — Eigenschaften und Messung*

DIN EN ISO 17294-1, *Wasserbeschaffenheit — Anwendung der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) — Teil 1: Allgemeine Anleitung*

DIN EN ISO 19749, *Nanotechnologien — Messung der Partikelgrößenverteilung und Partikelformverteilung mit Rasterelektronenmikroskopie*

DIN EN ISO 21363, *Nanotechnologien — Messungen von Partikelgrößen- und Partikelformverteilungen mittels Transmissionselektronenmikroskopie*

DIN EN ISO 21432:2021-05, *Zerstörungsfreie Prüfung — Standardprüfverfahren zur Bestimmung von Eigenspannungen durch Neutronenbeugung (ISO 21432:2019); Deutsche Fassung EN ISO 21432:2020*

DIN EN ISO 23210, *Emissionen aus stationären Quellen — Ermittlung der Massenkonzentration von PM₁₀/PM_{2,5} im Abgas — Messung bei niedrigen Konzentrationen mit Impaktoren*

DIN ISO 9276-1, *Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen — Teil 1: Grafische Darstellung*

DIN ISO 9276-2, *Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen — Teil 2: Berechnung von mittleren Partikelgrößen/-durchmessern und Momenten aus Partikelgrößenverteilungen*

DIN ISO 9276-4, *Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen — Teil 4: Charakterisierung eines Trennprozesses*

DIN ISO 9276-6, *Darstellung der Ergebnisse von Partikelgrößenanalysen — Teil 6: Deskriptive und quantitative Darstellung der Form und Morphologie von Partikeln*

DIN ISO 9277, *Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Festkörpern mittels Gasadsorption — BET-Verfahren*

DIN ISO 13067, *Mikrobereichsanalyse — Elektronenrückstreubeugung — Messung der mittleren Korngröße*

DIN ISO 13320, *Partikelgrößenanalyse — Laserbeugungsverfahren*

DIN ISO 16242, *Chemische Oberflächenanalyse — Aufnahme und Wiedergabe von Daten bei der Augerelektronenspektroskopie*

DIN ISO 18115-1, *Chemische Oberflächenanalyse — Vokabular — Teil 1: Allgemeine Begriffe und Begriffe für die Spektroskopie*

DIN ISO 22412, *Partikelgrößenanalyse — Dynamische Lichtstreuung*

DIN ISO 24173, *Mikrobereichsanalyse — Leitfaden zur Messung der Orientierung mit Elektronenrückstreuungsfaktometrie*

DIN ISO/TR 13014 (DIN SPEC 130114), *Nanotechnologien — Leitfaden zur physikalisch-chemischen Charakterisierung von industriell hergestellten nanoskaligen Materialien für toxikologische Bewertungen*

Deutsche Fassung

Nanotechnologien —
Anforderungen und Empfehlungen zur Identifizierung von
Messgrößen zur Charakterisierung von Nanoobjekten und
von Werkstoffen, die welche enthalten (ISO/TS 23302:2021)

Nanotechnologies —
Requirements and recommendations for the
identification of measurands that characterise
nano-objects and materials that contain them
(ISO/TS 23302:2021)

Nanotechnologies —
Exigences et recommandations pour l'identification des
mesurandes qui caractérisent les nano-objets et les
matériaux les contenant (ISO/TS 23302:2021)

Diese Technische Spezifikation (CEN/TS) wurde vom CEN am 5. September 2022 als eine künftige Norm zur vorläufigen Anwendung angenommen.

Die Gültigkeitsdauer dieser CEN/TS ist zunächst auf drei Jahre begrenzt. Nach zwei Jahren werden die Mitglieder des CEN gebeten, ihre Stellungnahmen abzugeben, insbesondere über die Frage, ob die CEN/TS in eine Europäische Norm umgewandelt werden kann.

Die CEN Mitglieder sind verpflichtet, das Vorhandensein dieser CEN/TS in der gleichen Weise wie bei einer EN anzukündigen und die CEN/TS verfügbar zu machen. Es ist zulässig, entgegenstehende nationale Normen bis zur Entscheidung über eine mögliche Umwandlung der CEN/TS in eine EN (parallel zur CEN/TS) beizubehalten.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
3.1 Allgemeine Kernbegriffe	10
3.2 Begriffe bezüglich Messgrößen	12
4 Abkürzungen	16
5 Ansätze für die Identifizierung von Messgrößen zur Charakterisierung von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten sowie Materialien, die Nanoobjekte beinhalten	19
5.1 Verfahrensablauf	19
5.2 Arten von Messgrößen	20
5.3 Zustand von Nanoobjekten	20
6 Messgrößen im Zusammenhang mit Größen- und Formmessung von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten	21
6.1 Allgemeines	21
6.2 Messgrößen im Zusammenhang mit der Größen- und Formmessung	22
6.2.1 Übersicht	22
6.2.2 Allgemeine maßgebende Normen	22
6.3 Messgrößen im Zusammenhang mit Größen- und Formmessung in Aerosolen	23
6.3.1 Übersicht	23
6.3.2 Allgemeine maßgebende Normen	25
6.3.3 Elektrische Niedrigdruckimpaktion	25
6.3.4 Kaskadenimpaktoren	25
6.3.5 Differentielles Mobilitätsanalysator-System	26
6.3.6 Maßgebende Normen	26
6.3.7 Optische Partikelzähler	26
6.3.8 Maßgebende Normen	27
6.3.9 Aerodynamische Partikelgrößenmessung	27
6.3.10 TEM in Kombination mit TEM-Gitterprobenehmern	27
6.3.11 Maßgebende Normen	28
6.3.12 Rasterelektronenmikroskopie	28
6.3.13 Maßgebende Normen	29
6.4 Messgrößen im Zusammenhang mit der Größen- und Formmessung bei Pulvern	29
6.4.1 Übersicht	29
6.4.2 Maßgebende Normen	30
6.4.3 Rasterelektronenmikroskopie	30
6.4.4 Maßgebende Normen	30
6.4.5 Gasadsorption, das BET-Verfahren	31
6.4.6 Maßgebende Norm	31
6.4.7 Laserbeugung	31
6.4.8 Maßgebende Norm	32

6.4.9	Röntgenbeugung.....	32
6.4.10	Maßgebende Normen.....	32
6.4.11	Raman-Spektroskopie	32
6.5	Messgrößen im Zusammenhang mit der Messung von Größe und Form von Nanoobjekten in Flüssigkeitsdispersionen	32
6.5.1	Übersicht	32
6.5.2	Zentrifugale Flüssigkeitssedimentation	34
6.5.3	Maßgebende Normen.....	35
6.5.4	Dynamische Lichtstreuung	35
6.5.5	Maßgebende Normen.....	35
6.5.6	Laserbeugung.....	36
6.5.7	Maßgebende Norm.....	36
6.5.8	Röntgenkleinwinkelstreuung	36
6.5.9	Maßgebende Norm.....	36
6.5.10	Partikel-Tracking-Analyse.....	36
6.5.11	Maßgebende Normen.....	37
6.5.12	Elektronenmikroskopie.....	37
6.5.13	Feld-Fluss-Fraktionierung	37
6.5.14	Maßgebende Norm.....	39
6.5.15	Einzelpartikel-ICP-MS.....	39
6.5.16	Maßgebende Norm.....	39
6.6	Messgrößen im Zusammenhang mit der Größen- und Formmessung auf Oberflächen (Mikroskopietechniken).....	39
6.6.1	Übersicht	39
6.6.2	Rasterelektronenmikroskopie.....	40
6.6.3	Rasterkraftmikroskopie	40
6.6.4	Maßgebende Normen.....	41
7	Messgrößen im Zusammenhang mit der chemischen Analyse von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten	41
7.1	Allgemeines	41
7.2	Messgrößen im Zusammenhang mit der chemischen Oberflächenanalyse von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten	42
7.2.1	Messgrößen	42
7.2.2	Augerelektronenspektroskopie.....	43
7.2.3	Maßgebende Normen.....	44
7.2.4	Elektronenenergieverlustspektroskopie.....	44
7.2.5	Maßgebende Norm.....	44
7.2.6	Sekundärionen-Massenspektrometrie	44
7.2.7	Maßgebende Normen.....	45
7.2.8	Röntgenfluoreszenzspektroskopie.....	45
7.2.9	Maßgebende Normen.....	46
7.2.10	Röntgenbeugung.....	46
7.2.11	Maßgebende Norm.....	46
7.2.12	Röntgenphotoelektronenspektroskopie	46
7.2.13	Maßgebende Normen.....	47
7.2.14	Energiedispersive Röntgenspektrometrie	47
7.2.15	Niederenergetische Ionenstreuung.....	48
7.3	Messgrößen im Zusammenhang mit der chemischen Analyse von Nanoobjekten als Volumenproben	48
7.3.1	Messgrößen	48
7.3.2	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie.....	50
7.3.3	Maßgebende Normen.....	50
7.3.4	Thermische Analyse mit Emissionsgasanalysator plus FTIR oder QMS	51
7.3.5	Maßgebende Normen.....	51
7.3.6	Spektroskopie mit ultravioletttem sichtbarem Licht.....	51

7.3.7	Maßgebende Normen.....	51
7.3.8	Raman-Spektroskopie	51
7.3.9	Techniken mit induktiv gekoppeltem Plasma.....	52
7.3.10	Maßgebende Normen.....	52
7.3.11	Kontaktwinkel	52
8	Messgrößen im Zusammenhang mit Masse und Dichte	52
8.1	Allgemeines	52
8.2	Aerosole	53
8.2.1	Messgrößen	53
8.2.2	Maßgebende Normen.....	53
8.2.3	Aerosolpartikelmassenanalysator	53
8.2.4	Flugzeitmassenspektrometrie.....	54
8.3	Pulver.....	54
8.3.1	Messgrößen	54
8.3.2	Pyknometrie.....	54
8.3.3	Maßgebende Normen.....	54
8.4	Flüssigdispersionen.....	54
8.4.1	Messgrößen	54
8.4.2	Maßgebende Normen.....	55
8.4.3	Zentrifugale Flüssigkeitssedimentation (isopyknisches Verfahren).....	56
8.4.4	Statische Lichtstreuung.....	56
8.4.5	Resonanzmassenmessung.....	56
9	Messgrößen im Zusammenhang mit Ladung — Flüssigkeitsdispersionen.....	56
9.1	Messgrößen	56
9.2	Maßgebende Normen.....	57
9.3	Elektrophoretische Lichtstreuung	57
9.4	Messungen elektroakustischer Phänomene.....	57
10	Messgrößen im Zusammenhang mit Kristallinität	58
10.1	Messgrößen	58
10.2	Röntgenkleinwinkel-/-weitwinkelstreuung	60
10.3	Röntgenbeugung.....	60
10.4	Hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie	60
10.5	Elektronenrückstreubeugung.....	60
10.6	Neutronenbeugung	61
10.7	Beugung hochenergetischer Elektronen bei Reflexion und Beugung niederenergetischer Elektronen.....	61
10.8	Dynamische Differenz-Thermoanalyse.....	61
10.9	Maßgebende Normen.....	61
10.10	Festkörper-Kernmagnetresonanz-Kristallographie	61
10.11	Raman-Kristallographie.....	62
10.12	Maßgebende Normen.....	62
11	Messgrößen optischer Eigenschaften	62
11.1	Allgemeines	62
11.2	Messgrößen	62
11.3	Spektroskopie-Techniken	63
11.4	Maßgebende Normen.....	64
12	Elektrische und elektronische Messgrößen	64
12.1	Messgrößen	64
12.2	Techniken.....	66
12.2.1	2- oder 4-Punkt-Leitfähigkeitsmessungen.....	66
12.2.2	Winkelaufgelöste Ultraviolett-Photoemissionsspektroskopie	66
12.2.3	Rastertunnelmikroskopie	66
12.2.4	Leitfähigkeits-Rasterkraftmikroskopie	67

12.2.5	Piezokraftmikroskopie	67
13	Magnetische Messgrößen	67
13.1	Allgemeines	67
13.2	Messgrößen	67
13.3	Techniken.....	69
13.3.1	Supraleitendes Quanteninterferenzgerät	69
13.3.2	Vibrationsmagnetometer	69
13.3.3	Mößbauer-Spektroskopie	69
13.3.4	Paramagnetische Elektronenresonanz-Spektroskopie	70
13.3.5	Magnetooptischer Kerr-Effekt.....	70
13.3.6	Magnetkraftmikroskopie	70
13.3.7	Raster-Hall-Effekt-Mikroskopie.....	70
13.3.8	Spinpolarisierte Rastertunnelmikroskopie	70
13.3.9	Maßgebende Normen.....	71
14	Thermische Messgrößen	71
14.1	Messgrößen	71
14.2	Techniken.....	72
14.2.1	Messung der spezifischen Wärmekapazität.....	72
14.2.2	Thermische Rastermikroskopie	72
14.3	Maßgebende Norm.....	72
15	Weitere leistungsbezogene Messgrößen	72
15.1	Allgemeines	72
15.2	Pulver — Staubungsverhalten	72
15.2.1	Messgrößen	72
15.2.2	Maßgebende Normen.....	73
15.3	Flüssigdispersionen.....	73
15.3.1	Messgrößen	73
15.3.2	Viskosität.....	74
15.3.3	Dispergierbarkeit.....	76
15.3.4	Maßgebende Norm.....	76
15.3.5	Löslichkeit und Auflösungsrate	76
15.3.6	Maßgebende Normen.....	78
15.4	Mechanische Eigenschaften.....	78
15.4.1	Allgemeines	78
15.4.2	Messung elastischer Konstanten mit statischen Verfahren	79
15.4.3	Maßgebende Normen.....	79
15.4.4	Messung elastischer Konstanten mit dynamischen Verfahren	79
15.4.5	Maßgebende Normen.....	80
15.4.6	Messung elastischer und plastischer Eigenschaften mit instrumentierten Eindringverfahren	80
15.4.7	Maßgebende Normen.....	80
15.4.8	Messung von Oberflächeneigenschaften und Abnutzung.....	81
15.4.9	Maßgebende Norm.....	81
	Literaturhinweise.....	82

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO/TS 23302:2021 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 229 „Nanotechnologies“^{N1} der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als CEN ISO/TS 23302:2022 durch das Technische Komitee CEN/TC 352 „Nanotechnologies“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt CEN/TS 17010:2016.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/TS 23302:2021 wurde von CEN als CEN ISO/TS 23302:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

^{N1} Nationale Fußnote: Im CEN-Vorwort steht fälschlicherweise ISO/TC 299 „Robotics“, richtig ist ISO/TC 229 „Nanotechnologies“.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 229, *Nanotechnologies*, und IEC/TC 113, *Nanotechnology for electrotechnical products and systems* erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Der Begriff „Nanoobjekt“ bezieht sich auf Materialien mit einem, zwei oder drei Außenmaßen im Nanobereich (also im Bereich von etwa 1 nm bis 100 nm). Spezifische größenabhängige Eigenschaften zeigen sich üblicherweise in diesem Größenbereich, selbst wenn sie nicht plötzlich außerhalb dieser Grenzen verschwinden. Nanoobjekte, entweder natürlich oder gefertigt, können in Form von Nanoplättchen (eine Dimension im Nanobereich), Nanofasern (zwei Dimensionen oder der Durchmesser im Nanobereich) und Nanopartikeln (drei Dimensionen im Nanobereich) vorgefunden werden. Nanoobjekte zeigen höhere spezifische Oberflächen als größere Objekte. Sie sind aufgrund von anziehenden Wechselwirkungen während ihres Lebenszyklus besonders anfällig für Phänomene der Aggregation und Agglomeration.

Zunehmend werden Nanoobjekte in Forschung und Entwicklung, der Industrie und kommerziellen Anwendungen verwendet. Die Charakterisierung von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten (NOAAs, en: nano objects, their agglomerates and aggregates) spielt eine wesentliche Rolle in der grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung durch Verfahrens- und Produktqualitätskontrollen und Kommerzialisierung des Gesundheits- und Umweltschutzes. Die Charakterisierung von Nanoobjekten ist der Schlüssel zur Bestimmung ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften, Leistung und Lebensdauer. Die verfügbaren Verfahren zur Charakterisierung von höherskaligen Materialien sind oft schwierig auf Nanoobjekte anzuwenden, was mitunter an den Beschränkungen des Prüfsystems liegt (z. B. niedrige Empfindlichkeit, ungeeignete Auflösung der Geräte). Dies hat zur Entwicklung neuer und zur Anpassung vorhandener Techniken geführt.

Die Wahl des Verfahrens wird oftmals stark von dessen anfänglichen Kosten sowie der Verfügbarkeit, Dauer und Probenverträglichkeit beeinflusst. Ein leicht vergessener Gesichtspunkt ist jedoch, ob das gewählte Verfahren wirklich auf die Bestimmung der physikalischen oder chemischen Eigenschaft abzielt, die gemessen werden soll („die Messgröße“). Dies kann belanglos klingen, aber in der Praxis können unzureichende Kenntnisse oder eine ungenügende Berücksichtigung des tatsächlichen Messprinzips und/oder der gemessenen Eigenschaft eine korrekte Bewertung der Messergebnisse erschweren.

Messtechniken und -verfahren werden üblicherweise nach den Materialeigenschaften, die sie messen können, klassifiziert. Eine Definition von „Messgröße“, die in vielen ISO-Normen verwendet wird, ist die „zu messende Größe“. Im Bereich der Nanotechnologien können gängige Materialeigenschaften, die oft als diese „vorgesehene Messgröße“ betrachtet werden, die Größe, Form, chemische Zusammensetzung und Oberflächenladung sein. In der Realität können sich jedoch mit verschiedenen Techniken erzielte Ergebnisse für eine gewöhnliche Materialeigenschaft aufgrund ihrer unterschiedlichen zugrunde liegenden physikalischen Messgrundsätze beträchtlich unterscheiden. Die logische Begründung dafür ist, dass diese verschiedenen Techniken nicht die vorgesehene Messgröße messen, sondern andere Messgrößen, welche für die Technik spezifisch, aber eng mit der vorgesehenen Messgröße verbunden sind.

Bei einem vorgesehenen Verwendungszweck in biologischen Systemen und für therapeutische Zwecke ist möglicherweise eine zusätzliche Charakterisierung erforderlich, die über die in diesem Dokument beschriebene hinausgeht.

Dieses Dokument beschreibt Messgrößen, die für die Charakterisierung von Nanoobjekten, deren Agglomeraten und Aggregaten angewendet werden. Dieses Dokument ist in 10 Hauptabschnitte aufgeteilt, die Folgendes abdecken:

- Abschnitt 6: Messgrößen für Größe und Form;
- Abschnitt 7: Messgrößen im Zusammenhang mit der chemischen Analyse;
- Abschnitt 8: Masse und Dichte;
- Abschnitt 9: Messgrößen für die Ladung;

- Abschnitt 10: Messgrößen für die Kristallinität;
- Abschnitt 11: Messgrößen im Zusammenhang mit optischen Eigenschaften;
- Abschnitt 12: elektrische und elektronische Messgrößen;
- Abschnitt 13: magnetische Messgrößen;
- Abschnitt 14: thermische Messgrößen;
- Abschnitt 15: weitere Messgrößen im Zusammenhang mit der Leistung.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen und Empfehlungen für die Identifizierung von Messgrößen zur Charakterisierung von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten fest, und für die Bewertung spezifischer Eigenschaften, die für die Leistung von Materialien maßgebend sind, welche diese enthalten. Es stellt Empfehlungen für relevante Messungen zur Verfügung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 20579-4, *Surface chemical analysis — Guidelines to sample handling, preparation and mounting — Part 4: Reporting information related to the history, preparation, handling and mounting of nano-objects prior to surface analysis*

ISO/TS 80004-1:2015, *Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core terms*

ISO/TS 80004-2:2015, *Nanotechnologies — Vocabulary — Part 2: Nano-objects*

ISO/TS 80004-6:2021, *Nanotechnologies — Vocabulary — Part 6: Nano-object characterization*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/TS 80004-1:2015, ISO/TS 80004-2:2015 und ISO/TS 80004-6:2021 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1 Allgemeine Kernbegriffe

3.1.1

Nanomaßstab

nanoskalig

Längenbereich von etwa 1 nm bis 100 nm

Anmerkung 1 zum Begriff: Eigenschaften, die nicht von einer größeren Größe extrapoliert sind, zeigen sich vorwiegend in diesem Längenbereich.

[QUELLE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.1]

3.1.2

Nanoobjekt

einzelnes Stück Material mit einem, zwei oder drei Außenmaß(en) im *Nanomaßstab* (3.1.1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Das zweite und dritte Außenmaß sind sowohl zueinander als auch zum ersten Außenmaß orthogonal.

[QUELLE: ISO/TS 80004-1:2015, 2.5]

3.1.3

Agglomerat

Ansammlung von schwach gebundenen *Partikeln* (3.1.5) oder *Aggregaten* (3.1.4) oder Gemischen der beiden, in der die resultierende äußere Oberfläche ähnlich der Summe der Oberflächen der einzelnen Bestandteile ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die ein Agglomerat zusammenhaltenden Kräfte sind schwache Kräfte, z. B. Van-der-Waals-Kräfte, oder einfache physikalische Verhakungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Agglomerate werden auch als Sekundärpartikel bezeichnet und die ursprünglichen Ausgangspartikel werden als *Primärpartikel* (3.1.6) bezeichnet.

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 3.10]

3.1.4

Aggregat

Partikel (3.1.5) aus fest gebundenen oder verschmolzenen Partikeln, bei dem die resultierende äußere Oberfläche möglicherweise wesentlich kleiner als die Summe der Oberflächen der einzelnen Bestandteile ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die ein Aggregat zusammenhaltenden Kräfte sind starke Kräfte, z. B. kovalente Bindungen oder solche, die auf Sintern oder komplexen physikalischen Verhakungen beruhen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Aggregate werden auch als Sekundärpartikel bezeichnet und die ursprünglichen Ausgangspartikel werden *Primärpartikel* (3.1.6) genannt.

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 3.11]

3.1.5

Partikel

kleines Teil Materie mit definierten physikalischen Grenzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine physikalische Grenze kann auch als Grenzfläche beschrieben werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Partikel kann sich als eine Einheit bewegen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese allgemeine Partikeldefinition gilt für *Nanoobjekte* (3.1.2).

[QUELLE: ISO 26824:2013, 1.1]

3.1.6

Primärpartikel

Ausgangspartikel (3.1.5) von *Agglomeraten* (3.1.3) oder *Aggregaten* (3.1.4) oder Gemischen der beiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Bestandteil-Partikel von Agglomeraten oder Aggregaten in einem bestimmten Istzustand können Primärpartikel sein, aber oft sind die Bestandteile Aggregate.

Anmerkung 2 zum Begriff: Agglomerate und Aggregate werden auch als Sekundärpartikel bezeichnet.

[QUELLE: ISO 26824:2013, 1.4]

3.1.7

Baustein-Partikel

konstituierendes Teilchen

Bestandteil-Partikel

identifizierbarer, integrierter Bestandteil eines größeren Partikels (3.1.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Struktur des Baustein-Partikels kann aus *Primärpartikeln* (3.1.6) oder Sekundärpartikeln bestehen.

[QUELLE: ISO/TS 80004-2:2015, 3.3]

3.2 Begriffe bezüglich Messgrößen

3.2.1

Messgröße

zu messende Größe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Spezifikation einer Messgröße erfordert das Wissen hinsichtlich der Art der Größe, Beschreibung des Zustands des Phänomens, des Körpers, oder der Substanz, die die Menge trägt, einschließlich jeglicher relevanter Komponenten sowie der involvierten chemischen Einheiten.

Anmerkung 2 zum Begriff: In der zweiten Ausgabe des VIM und in IEC 60050-300:2001 wird die Messgröße definiert als „bestimmte Größe, die einer Messung unterliegt“.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Messung einschließlich des Messsystems sowie der Bedingungen, unter denen die Messung ausgeführt wird, könnte das Phänomen, den Körper oder die Substanz so verändern, dass die gemessene Größe sich von der festgelegten Messgröße unterscheiden kann. In diesem Fall ist eine angemessene Korrektur notwendig.

BEISPIEL 1 Der Potentialunterschied zwischen den Klemmen einer Batterie kann sich bei Verwendung eines Spannungsmessers mit signifikantem inneren Leitwert zur Durchführung der Messung verringern. Der Potentialunterschied des offenen Stromkreises kann aus den Innenwiderständen der Batterie und des Spannungsmessers berechnet werden.

BEISPIEL 2 Die Länge eines Stahlstabs im Gleichgewicht mit der Umgebungstemperatur in Celsius von 23 °C unterscheidet sich von der Länge bei der festgelegten Temperatur von 20 °C, welche die Messgröße ist. In diesem Fall ist eine Korrektur notwendig.

Anmerkung 4 zum Begriff: In der Chemie wird der Begriff „Analyt“ oder der Name einer Substanz oder einer Mischung mitunter für „Messgröße“ verwendet. Diese Verwendung ist falsch, da sich diese Begriffe nicht auf Größen beziehen.

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.3]

3.2.2

Partikelgröße

lineares Maß eines *Partikels* (3.1.5), bestimmt durch ein festgelegtes Messverfahren und unter festgelegten Messbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Verschiedene Analyseverfahren beruhen auf der Messung verschiedener physikalischer Eigenschaften. Unabhängig von der tatsächlich gemessenen Eigenschaft des Partikels kann die Partikelgröße als lineares Maß, z. B. als äquivalenter Kugeldurchmesser, angegeben werden.

[QUELLE: ISO 26824:2013,1.5]

3.2.3

Partikelgrößenverteilung

Verteilung der Menge von *Partikeln* (3.1.5) in Abhängigkeit von der *Partikelgröße* (3.2.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Partikelgrößenverteilung kann als kumulative Verteilung oder als Verteilungsdichte (Verteilung der Materialfraktion in einer Partikelgrößenklasse, geteilt durch die Breite dieser Klasse) angegeben werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Menge kann z. B. in Form einer Anzahl, Masse oder eines Volumens angegeben sein.

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.1.2]

3.2.4

Partikelform

äußere geometrische Form eines *Partikels* (3.1.5)

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.1.3]

3.2.5

Seitenverhältnis

Verhältnis der Länge eines *Partikels* (3.1.5) zu seiner Breite

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.1.4]

3.2.6

Äquivalentdurchmesser

Durchmesser einer Kugel, die bei einem bestimmten Messverfahren zur Partikelgrößenbestimmung ein Ansprechverhalten zeigt, das dem erhaltenen Ansprechverhalten des gemessenen *Partikels* (3.1.5) äquivalent ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die physikalischen Eigenschaften sind zum Beispiel die gleiche Absetzgeschwindigkeit oder das verdrängte Elektrolytlösungsvolumen oder die Projektionsfläche unter einem Mikroskop. Die physikalische Eigenschaft, auf die sich der Äquivalentdurchmesser bezieht, sollte durch einen geeigneten Index (siehe ISO 9276-1:1998) angegeben werden, z. B.: Index „V“ für den Volumen-Äquivalentdurchmesser und Index „S“ für den Oberflächen-Äquivalentdurchmesser.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Lichtstreuungsmessgeräten zur diskreten Partikelzählung wird der optische Äquivalentdurchmesser verwendet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zur Berechnung des Äquivalentdurchmessers, wie des Stokes-Durchmessers oder Sedimentations-Äquivalentdurchmessers, werden andere Parameter wie z. B. die effektive Dichte des Partikels in einer Flüssigkeit verwendet. Die für die Berechnung verwendeten Parameter sollten im Bericht zusätzlich angegeben werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Bei Messgeräten nach dem Trägheitsprinzip wird der *aerodynamische Durchmesser* (3.2.9) verwendet. Der aerodynamische Durchmesser ist der Durchmesser einer Kugel mit einer Dichte von $1\,000\text{ kg m}^{-3}$, die die gleiche Sedimentationsgeschwindigkeit wie das betreffende Partikel hat.

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.1.5]

3.2.7

Lichtstreuung

Änderung der Lichtausbreitung an der Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.2.5]

3.2.8

hydrodynamischer Durchmesser

Äquivalentdurchmesser (3.2.6) eines *Partikels* (3.1.5) in einer Flüssigkeit, das denselben Diffusionskoeffizienten wie ein kugelförmiges Partikel ohne Grenzschicht in dieser Flüssigkeit hat

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Praxis können aufgelöste Nanopartikel nicht kugelförmig, dynamisch und solvatisiert sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Partikel in einer Flüssigkeit weist eine Grenzschicht auf. Dabei handelt es sich um eine dünne Schicht aus Flüssigkeit oder Adsorbaten nahe der festen Oberfläche, in der Scherspannungen einen maßgeblichen Einfluss auf die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit haben. Die Strömungsgeschwindigkeit variiert von null an der festen Oberfläche bis zur Geschwindigkeit der ungestörten Strömung in einiger Entfernung von der festen Oberfläche.

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.2.6]

3.2.9

aerodynamischer Durchmesser

Durchmesser einer Kugel mit der Dichte 1 g/cm^3 und der gleichen Sinkgeschwindigkeit in ruhender Luft wie die *Partikel* (3.1.5) unter den herrschenden Bedingungen bezüglich Temperatur, Druck und relativer Feuchte

Anmerkung 1 zum Begriff: Abgeleitet aus ISO 7708:1995, 2.2.

[QUELLE: ISO 23210:2009, 3.1.1]

3.2.10

Mobilitätsdurchmesser

Partikelmobilitätsdurchmesser

äquivalenter Partikelmobilitätsdurchmesser

äquivalenter Mobilitätsdurchmesser

Durchmesser einer Kugel, die eine einzige Elementarladung trägt, mit der gleichen Driftgeschwindigkeit in einem elektrischen Feld wie das *Partikel* (3.1.5) unter den vorherrschenden Temperatur- und Druckbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Mobilitätsdurchmesser eines Partikels hängt von dessen Größe, Form und elektrischem Ladungszustand ab (der vom Ladevorgang seiner involvierten Kapazität abhängt, d. h. von dessen Fähigkeit, durch bipolare Luftionen elektrisch aufgeladen zu werden), jedoch nicht von dessen Dichte.

[QUELLE: EN 16966:2018]

3.2.11

massenspezifische Oberfläche

absolute Oberfläche der Probe, dividiert durch die Probenmasse

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit der massenspezifischen Oberfläche ist m^2/kg .

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.6.1]

3.2.12

Photolumineszenz

Lumineszenz, die durch Absorption optischer Strahlung entsteht

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 5.3]

3.2.13

Raman-Effekt

emittierte Strahlung im Zusammenhang mit Molekülen, die mit monochromatischer Strahlung bestrahlt werden, die durch einen Energieverlust oder -gewinn charakterisiert ist, der durch Rotations- oder Vibrationsanregung entsteht

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 5.9]

3.2.14

Gitterkonstanten

Längen- und Winkelmaße der kristallografischen Elementarzelle

[QUELLE: ISO 21432:2019, 3.19]

3.2.15

Streuwinkel

Winkel zwischen der Richtung des einfallenden *Partikels* (3.1.5) oder Photons und der Richtung, in die sich das Partikel oder Photon nach der Streuung bewegt

[QUELLE: ISO 18115-1:2013, 4.18]

3.2.16

Zeta-Potential

elektrokinetisches Potential

Unterschied zwischen dem elektrischen Potential auf der Scherebene und dem des Flüssigkeitskörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Das elektrokinetische Potential wird in Volt angegeben.

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 6.4.5]

3.2.17

Fluoreszenz

Erscheinung, bei der Licht einer bestimmten Wellenlänge von einem Stoff absorbiert und anschließend bei einer längeren Wellenlänge wieder emittiert wird

[QUELLE: ISO/TS 80004-6:2021, 4.5.12]

3.2.18

Curie-Temperatur

Temperatur, bei der ein ferromagnetisches Material vom ferromagnetischen Zustand in den paramagnetischen Zustand übergeht oder umgekehrt

[QUELLE: ISO 11358-1:2014, 3.3]

3.2.19

Temperaturleitfähigkeit

Verhältnis der thermischen Leitfähigkeit zur spezifischen Wärmekapazität je Masseneinheit, das die Geschwindigkeit beschreibt, mit der die Wärme durch ein Material fließt, ausgedrückt in m^2/s

[QUELLE: ISO 13826:2013, 2.1]

3.2.20

Löslichkeit

Höchstmasse eines Nanomaterials, die in einem vorgegebenen Volumen eines bestimmten Lösemittels unter festgelegten Bedingungen löslich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Löslichkeit wird in Gramm je Liter des Lösemittels angegeben.

[QUELLE: ISO/TS 12901-2:2014, 3.17]

3.2.21

Dispergierbarkeit

qualitative(s) oder quantitative(s) Eigenschaft oder Merkmal eines partikelförmigen Ausgangsmaterials, mit der/dem bewertet wird, wie leicht sich das besagte Material innerhalb einer kontinuierlichen Phase verteilen lässt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die räumlich gleichmäßige Verteilung (Homogenität) der dispergierten Phase wird als fester Bestandteil des gewünschten Endpunkts betrachtet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die *Partikelgröße* (3.2.2) oder *Partikelgrößenverteilung* (3.2.3) wird oftmals als Endpunkt in Bezug auf festgelegte Kriterien verwendet, die für die Anwendung spezifisch sind.

Anmerkung 3 zum Begriff: Dispergierbarkeit bezieht sich auf einen spezifischen Dispergierungsprozess und eine spezifische Prozessdauer.

Anmerkung 4 zum Begriff: Obwohl Dispersionsstabilität eine verbundene Erscheinung ist, sollte diese nicht mit *Dispergierbarkeit* verwechselt werden.

[QUELLE: ISO/TS 22107:2021, 3.6]

4 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

In der nachstehenden Auflistung abgekürzter Begriffe ist zu beachten, dass in Abhängigkeit vom Zusammenhang der letzte Buchstabe „M“, für „Mikroskopie“ stehend, gleichermaßen als „Mikroskop“ angesehen werden darf und „S“, für „Spektroskopie“ stehend, gleichermaßen als „Spektrometer“ angesehen werden darf.

1D	eindimensional
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
AES	Augerelektronenspektroskopie, en: Auger electron spectroscopy
AFM	Rasterkraftmikroskopie, en: atomic force microscopy
AGFM	alternierendes Gradientenfeldmagnetometer, en: alternating gradient-field magnetometer
APM	Aerosolpartikelmassenanalysator, en: aerosol particle mass analyser
APS	aerodynamische Partikelgrößenmessung, en: aerodynamic particle sizing
ARPES	winkelaufgelöste Ultraviolett-Photoemissionsspektroskopie, en: angle-resolved ultraviolet photoemission spectroscopy
ATR	abgeschwächte Totalreflexion, en: attenuated total reflectance
BET-Verfahren	Verfahren nach Brunauer, Emmett und Teller
CLS	zentrifugale Flüssigkeitssedimentation, en: centrifugal liquid sedimentation
CPC	Kondensationspartikelzähler, en: condensation particle counter
CVC	kolloidaler Schwingungsstrom, en: colloid vibration current
DC	Gleichstrom, en: direct current
DCS	differentielle zentrifugale Sedimentation, en: differential centrifugal sedimentation
DEMC	differentieller elektrischer Mobilitätsklassierer, en: differential electrical mobility classifier
DLS	dynamische Lichtstreuung, en: dynamic light scattering
DMAS	differentielles Mobilitätsanalysator-System, en: differential mobility analysis system
DRIFT	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie mit diffuser Reflexion, en: diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy
DSC	dynamische Differenz-Thermoanalyse, en: differential scanning calorimetry
EBSD	Elektronenrückstreubeugung, en: electron backscatter diffraction

EDX	energie-dispersive Röntgenspektrometrie, en: energy dispersive X-ray spectroscopy
	ANMERKUNG EDS ist eine weitere Abkürzung für dieses Verfahren.
EELS	Elektronenenergieverlustspektroskopie, en: electron energy loss spectroscopy
EGA	Emissionsgasanalysator, en: evolved gas analyser
EL	Elektrolumineszenz, en: electroluminescence
ELPI	elektrische Niederdruckimpaktion, en: electrical low pressure impaction
EPR	paramagnetische Elektronenresonanz, en: electron paramagnetic resonance
ESA	elektrokinetische Schallamplitude, en: electrokinetic sonic amplitude
ESR	Elektronenspinresonanz, en: electron spin resonance
FFF	Feld-Fluss-Fraktionierung, en: field-flow fractionation
FIB	Ionenfeinstrahl, en: focused ion beam
FTIR	Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie, en: Fourier transform infrared spectroscopy
HRTEM	hochauflösende Transmissionselektronenmikroskopie, en: high-resolution transmission electron microscopy
LD	Laserbeugung, en: laser diffraction
ICP	induktiv gekoppeltes Plasma, en: inductively coupled plasma
ICP-AES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma, en: inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy
ICP-OES	optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma, en: inductively coupled plasma optical emission spectroscopy
ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma, en: inductively coupled plasma mass spectrometry
IR	infrarot, en: infrared
LALS	Niedrigwinkellichtstreuung, en: low angle light scattering
LEED	Beugung niederenergetischer Elektronen, en: low-energy electron diffraction
LEIS	niederenergetische Ionenstreuung, en: low-energy ion scattering
MALS	Mehrwinkel-Lichtstreuung, en: multi-angle light scattering
MFM	Magnetkraftmikroskopie, en: magnetic force microscopy
MOKE	Magneto-optischer Kerr-Effekt, en: magneto-optical Kerr effect

NP	Nanopartikel, en: nanoparticle
NIR	Nah-Infrarot, en: near infrared
NMR	Kernmagnetresonanz, en: nuclear magnetic resonance
NOAA	Nanoobjekte und deren Agglomerate und Aggregate, en: nano-objects, and their agglomerates and aggregates
OPC	optischer Partikelzähler, en: optical particle counter
PAS	photoakustische Spektroskopie, en: photoacoustic spectroscopy
PFM	Piezokraftmikroskopie, en: piezoforce microscopy
PL	Photolumineszenz, en: photoluminescence
PSD	Partikelgrößenverteilung, en: particle size distribution
PTA	Partikel-Tracking-Analyse, en: particle tracking analysis
QMS	Quadrupol-Massenspektrometer, en: quadrupole mass spectrometer
RALS	rechtwinklige Lichtstreuung, en: right angle light scattering
RF	Hochfrequenz, en: radio frequency
RBM	radialer Beatungsmodus, en: radial breathing mode
RHEED	Beugung hochenergetischer Elektronen bei Reflexion, en: reflection high-energy electron diffraction
RLC	Widerstand, Spule und Kondensator, en: resistor, inductor and capacitor
RMM	Resonanzmassenmessung, en: resonant mass measurement
SAXS	Röntgenkleinwinkelstreuung, en: small angle X-ray scattering
SEM	Rasterelektronenmikroskopie, en: scanning electron microscopy
SIMS	Sekundärionen-Massenspektrometrie, en: secondary ion mass spectroscopy
SLS	statische Lichtstreuung, en: static light scattering
SMLS	statische Mehrfachlichtstreuung, en: static multiple light scattering
SMPS	Raster-Mobilitäts-Partikelgrößenspektrometer, en: scanning mobility particle spectrometer
sp-ICP-MS	Einzelpartikel-ICP-MS, en: single particle ICP-MS
SPR	Oberflächenplasmonenresonanz, en: surface plasmon resonance
SP-STM	spinpolarisierte Rastertunnelmikroskopie, en: spin polarized scanning tunnelling microscopy

SThM	thermische Rastermikroskopie, en: scanning thermal microscopy
STM	Rastertunnelmikroskopie, en: scanning tunnelling microscopy
STS	Rastertunnelspektroskopie, en: scanning tunnelling spectroscopy
SQUID	supraleitendes Quanteninterferenzgerät, en: superconducting quantum interference device
TEM	Transmissionselektronenmikroskopie, en: transmission electron microscopy
TGA	thermogravimetrische Analyse, en: thermogravimetric analysis
TOF	Flugzeit, en: time of flight
TXRF	Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz, en: total reflection X-ray fluorescence
UHV	Ultrahochvakuum, en: ultra-high vacuum
UV-Vis	Ultraviolett-sichtbar, en: ultraviolet-visible
USAXS	Ultrakleinwinkel-Röntgenstreuung, en: ultra-small angle X-ray scattering
VSM	Vibrationsmagnetometer, en: vibrating sample magnetometer
WAXS	Röntgenweitwinkelstreuung, en: wide angle X-ray scattering
XRD	Röntgenbeugung, en: X-ray diffraction
XRF	Röntgenfluoreszenzspektroskopie, en: X-ray fluorescence spectroscopy
XPS	Röntgenphotoelektronenspektroskopie, en: X-ray photoelectron spectroscopy

5 Ansätze für die Identifizierung von Messgrößen zur Charakterisierung von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten sowie Materialien, die Nanoobjekte beinhalten

5.1 Verfahrensablauf

Die Auswahl von Messgrößen zur Charakterisierung von NOAAs ist durch die Art und Qualität der vom Nutzer geforderten Informationen festgelegt. Für eine bestimmte Messgröße stehen gewöhnlich mehrere Verfahren oder Techniken zur Verfügung, weshalb das/die gewählte(n) Verfahren oder Technik(en) für den jeweiligen Zweck geeignet und mit dem Probenmaterial verträglich sein sollten.

In diesem Dokument werden Messgrößen aus verschiedenen Kategorien beschrieben. Es wird/werden eine oder mehrere Messgrößen zur Charakterisierung von NOAAs verwendet. Die Messgrößen, die verwendet werden müssen, sind abhängig von der Information, die der Nutzer benötigt. Sehr oft benötigt der Nutzer mehr als eine Messgröße, beispielsweise Größe, Form, Ladung und chemische Zusammensetzung, weshalb, sofern gefordert, Messgrößen aus verschiedenen Unterabschnitten dieses Dokuments ausgewählt werden sollten.

Der Nutzer sollte „Messgröße“ nicht mit „Verfahren“ verwechseln, denn letzteres ist ein Mittel, um ersteres zu erhalten. Dem Nutzer sollte auch bewusst sein, dass verschiedene Verfahren, die dem Namen nach die gleiche Art von Informationen bereitstellen, beispielsweise die Größe, aufgrund des verfahrensabhängigen Unterschiedes und weiterer Faktoren tatsächlich zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Daher sollte, falls Verfahrensabhängigkeiten bekannt sind oder vermutet werden, bei der Messgrößen-Bestimmung sofern praktisch durchführbar ein orthogonaler Ansatz (Verwendung mehrerer orthogonaler Verfahren) angewendet werden. Falls demgegenüber verschiedene Verfahren auf genau dieselbe Messgröße abzielen, sollten die Ergebnisse, sofern diese Messgröße beispielsweise nach grundlegenden oder strukturellen Grundsätzen speziell festgelegt ist, stets vergleichbar und unabhängig vom angewendeten Verfahren sein, vorausgesetzt, die Verfahren sind ordnungsgemäß kalibriert.

5.2 Arten von Messgrößen

Um den Nutzer bei der Auswahl von Messgrößen und spezifischen Verfahren oder Techniken zu unterstützen, beschreibt dieses Dokument die Messgrößen zur Charakterisierung von Nanoobjekten auf der Grundlage häufig angewendeter Techniken und trennt nach verschiedenen „Arten“ von Messgrößen. Tabellen und Text in jedem Unterabschnitt beschreiben:

- a) übergeordnete Messgröße: dies ist die Messgröße, deren Messung beabsichtigt ist, üblicherweise als abschließendes Ergebnis.
- b) für das Verfahren spezifische Messgrößen: dies sind die Messgrößen, die vom Gerät gemessen werden und mit der übergeordneten Messgröße in Zusammenhang stehen. Die mit verschiedenen Techniken erhaltenen Ergebnisse können sich aufgrund von Unterschieden bei den den Techniken zugrunde liegenden physikalischen Messgrundsätzen beträchtlich voneinander unterscheiden.
- c) Bereich und Auflösung von bestimmten Techniken: diese werden in Einheiten angegeben, die von der jeweiligen Messgröße abhängen, und sind für derzeit handelsübliche Geräte bestimmt. Forschungsinstrumente auf dem neuesten Stand der Technik können eine höhere Auflösung als die angegebenen Geräte haben. Die Auflösung jeder Messgröße und Technik ist verschieden und wird auf unterschiedliche Weise berechnet. In Abhängigkeit von der Technik kann es sich dabei um einen prozentualen Anteil der Größe der Messgröße, die Fähigkeit, zwei Peaks aufzulösen oder um die höchstmögliche Leistung eines Gerätes handeln. Die Auflösung wird lediglich als Leitlinie bereitgestellt und hier nicht detailliert diskutiert.
- d) Einschränkungen und Verweisungen: Verweisungen auf ISO-Normen werden, sofern vorhanden, angegeben. Diese sollten für detaillierte Informationen hinzugezogen werden. Einschränkungen beziehen sich auf die Einschränkungen der Technik.

5.3 Zustand von Nanoobjekten

Nanoobjekte gibt es in einer Reihe verschiedener Zustände, die in Tabelle 1 zusammengefasst werden. Für eine Analyse erfordern unterschiedliche Techniken, dass die Nanoobjekte in verschiedenen Formen oder dispergierten Phasen vorliegen.

Das geprüfte Material kann vollständig aus Nanoobjekten bestehen oder es kann einen prozentualen Anteil an Nanoobjekten enthalten, wobei der prozentuale Anteil über verschiedene Messgrößen, wie beispielsweise Anzahl oder Masse, und folglich mit verschiedenen Techniken gemessen werden kann. Der Grad und die Art der Dispersion der Nanoobjekte ist ebenfalls wichtig und sollte berücksichtigt werden, siehe Abschnitt 15.

Tabelle 1 — Unterschiedliche Zustände von Nanoobjekten

Kontinuierliche Phase	Dispergierte Phase		
	Feststoff	Flüssigkeit	Gas
Feststoff	Nanoverbundstoff, Nano-(strukturiertes) Pulvergemisch	nanoporöses Material	nanoporöses Material fester Nanoschaum
Flüssigkeit	Nanosuspension/Kolloid	Nanoemulsion	flüssiger Nanoschaum
Gas	Nanoaerosol (Feststoff)	Nanoaerosol (Flüssigkeit)	(nicht zutreffend)

Weitere Faktoren, die zu betrachten sind, schließen die Probenvorbereitung ein. Hierbei kann der Zustand der Nanoobjekte vor, während und nach der Probenvorbereitung sowie vor der Analyse beträchtlich schwanken und sich auf die Messergebnisse auswirken. Beispiele schließen die Art und Dauer der Beschallung sowie Extraktions- und Abscheidungsparameter und -verfahren ein.

6 Messgrößen im Zusammenhang mit Größen- und Formmessung von Nanoobjekten und deren Agglomeraten und Aggregaten

6.1 Allgemeines

Die Form, mittlere Größe und Partikelgrößenverteilung von NOAA haben einen starken Einfluss auf deren intrinsische Eigenschaften oder die Eigenschaften von Verbundmaterialien, die diese enthalten. Polymere und Elastomere, die durch Nanofüllstoffe verstärkt werden, sind Beispiele.

Während ihrer Lebensdauer müssen Nanoobjekte und die Materialien, die diese enthalten, charakterisiert werden. Es können mehrere zeitlich abgrenzbare Schritte bestimmt werden, bei denen eine Charakterisierung angemessen sein kann. Diese schließen den Zeitpunkt nach der Synthese, nach dem Versenden, nach der Lagerung und die Verarbeitung vor der Verwendung ein. Diese Charakterisierung ermöglicht eine Überprüfung, ob die Nanoobjekte und Materialien die Eigenschaften aufweisen, für die sie ausgelegt sind. Dies ist selbst dann der Fall, wenn der Zusammenhang zwischen intrinsischen Eigenschaften der Nanoobjekte und der gewünschten Eigenschaft der Anwendung (z. B. optisch, elektrisch und mechanisch) nicht vollständig verstanden wird. Hinsichtlich Größe und Form sollte deren Charakterisierung in trockener Form oder in flüssiger Dispersion, abhängig von der angewendeten Analysetechnik, durchgeführt werden.

Aufgrund der Möglichkeit von toxikologischen Auswirkungen einiger Nanoobjekte, können Messverfahren in der Luftmatrix, entweder am Arbeitsplatz oder in der Umgebungsluft in der unmittelbaren Umgebung einer Produktionsanlage nützlich sein. In diesem Fall werden Messungen an Ort und Stelle und in Echtzeit bevorzugt, da diese es ermöglichen, die Emissionsfluktuationen zu überwachen, während klassische Labortechniken nach Probenahme auf geeigneten Trägern angewendet werden. Während der Nutzung eines Materials, das Nanoobjekte enthält, können einige von diesen infolge mechanischer oder atmosphärischer Abnutzung, zum Beispiel Schneiden oder Bohren von Baustoffen, Verschleiß von Farben oder Lacken, aus dem Material freigesetzt werden. Messungen in der Luft werden in diesem Fall auch benötigt. Nanoobjekte können auf Oberflächen aufgetragen werden, damit sich zum Beispiel antibakterielle, optische oder selbstreinigende Eigenschaften ergeben. Dann werden spezifische Messungen der Größen- und Formparameter auf der Oberfläche von Materialien benötigt.

Übergeordnete und spezifische Messgrößen unterscheiden sich entsprechend den angewendeten Techniken und der kontinuierlichen Phase, in der sich die Nanoobjekte befinden. Diese Messgrößen und die Techniken, die angewendet werden, um diese zu bewerten, werden nachstehend vorgestellt.

6.2 Messgrößen im Zusammenhang mit der Größen- und Formmessung

6.2.1 Übersicht

PSD ist eine Liste von numerischen Werten, die die relative oder, in seltenen Fällen, die absolute Anzahl von Partikeln darstellen, die in unterschiedlichen Größenklassen oder Losen von der kleinsten zur größten Partikelgröße vorhanden sind. Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Mengenevaluatoren (Arten), von denen folgende die maßgeblichsten sind:

- a) die Anzahl der Partikel in einer Größenklasse;
- b) die Gesamtoberfläche der Partikel in einer Größenklasse;
- c) das Gesamtvolumen der Partikel in einer Größenklasse;
- d) die Masse der Partikel in einer Größenklasse.

Evaluatoren wie die Streulichtintensität werden verwendet, um PSDs in Techniken zu erhalten, bei denen die Streuung von Licht genutzt wird (z. B. DLS). Diese PSDs können in Anzahl- oder Volumen-PSDs unter Nutzung spezifischer mathematischer Modelle umgewandelt werden, wofür oftmals Annahmen hinsichtlich der sphärischen Form von Partikeln, einheitlicher Partikeldichte oder die Kenntnis weiterer physikalischer Parameter wie des Brechungsindex erforderlich sind. Hierbei bezieht sich der Begriff „Partikel“ auf NOAAs, da viele Techniken, die zur Größenmessung angewendet werden, nicht in der Lage sind, zwischen ihnen zu unterscheiden und separate PSDs für einzelne Nanoobjekte und deren Agglomerate und Aggregate zu erhalten.

Form ist die äußere geometrische Form eines Partikels. Werden direkte Beobachtungstechniken wie die Mikroskopie angewendet, können spezifischere Messgrößen in einer Bildanalysesoftware festgelegt werden, um die Form eines Objekts zu beschreiben. Häufig verwendete Messgrößen sind die Feret-Dehnung (das Verhältnis zwischen dem größten Feret-Durchmesser und dem Mindest-Feret-Durchmesser, wobei der Feret-Durchmesser der Abstand zwischen zwei parallelen tangentialen Linien in einer bestimmten Richtung ist), das Seitenverhältnis (das Verhältnis der Länge eines Partikels zu seiner Breite) und die Konvexität (das Verhältnis zwischen der projizierten Fläche des Objekts und der Fläche von dessen konvexer Hülle).

Partikelgrößenverteilungen, die die Menge von Partikeln in unterschiedlichen Formklassen enthalten, können durch eine Bildanalyse erhalten werden. Die Verteilungsmenge wird klassifiziert durch Partikelzahl, Oberfläche oder Volumen.

ANMERKUNG Bei der Anwendung der Festlegung eines Seitenverhältnisses (ein 2D-Parameter) auf Materialien mit anderer Form (die 3D sind), ist sorgfältig vorzugehen. Die maßgebenden Längen hängen von der Morphologie des Nanoobjekts ab, beispielsweise Partikel gegenüber Stab gegenüber Platte.

6.2.2 Allgemeine maßgebende Normen

ISO 9276-1, *Representation of results of particle size analysis — Part 1: Graphical representation*

ISO 9276-2, *Representation of results of particle size analysis — Part 2: Calculation of average particle sizes/diameters and moments from particle size distributions*

ISO 9276-3, *Representation of results of particle size analysis — Part 3: Adjustment of an experimental curve to a reference model*

ISO 9276-4, *Representation of results of particle size analysis — Part 4: Characterization of a classification process*

ISO 9276-5, *Representation of results of particle size analysis — Part 5: Methods of calculation relating to particle size analyses using logarithmic normal probability distribution*

ISO 9276-6, *Representation of results of particle size analysis — Part 6: Descriptive and quantitative representation of particle shape and morphology*

ISO 26824, *Particle characterization of particulate systems — Vocabulary*

ISO/TS 80004-6, *Nanotechnologies — Vocabulary — Part 6: Nano-object characterization*

6.3 Messgrößen im Zusammenhang mit Größen- und Formmessung in Aerosolen

6.3.1 Übersicht

Nanoobjekte neigen in allen Matrices, in denen sie verteilt werden, zu Aggregation und Agglomeration. Speziell der Fall ist dies bei Aerosolen, wo Aggregate und Agglomerate in den meisten Fällen vorhanden sind. Infolgedessen müssen Messtechniken nicht nur im Nanobereich, sondern auch für Partikel über 100 nm anwendbar sein.

Tabelle 2 liefert eine Zusammenfassung der Messgrößen und Verfahren, die angewendet werden, um die Größe und Form von Nanoobjekten in Aerosolen zu bestimmen. In dieser Tabelle und den anderen Tabellen, die in diesem Dokument folgen, bezieht sich der Begriff „übergeordnete Messgröße“ auf den physikalischen Parameter, der für die Messung mit dieser Technik gemessen werden soll. Der Begriff „Messgröße(n) speziell für das Verfahren“ bezieht sich auf den physikalischen Parameter, der tatsächlich mit der Technik gemessen wird. Beispielsweise ist beim elektrischen Einschlag die Trägheit der Partikel die spezifische Messgröße, da diese die Kurve der Partikel im Gerät bestimmt, daher die Platte, die diese sammelt. Diese Platte entspricht einer bestimmten äquivalenten aerodynamischen Durchmessergrößenklasse (die Menge der Partikel auf dieser Platte - und auf allen anderen - ergibt eine Partikelgrößenverteilung, die die übergeordnete Messgröße darstellt). Der Begriff „Auflösung“ bezieht sich nicht auf die durch die Technik erreichbare Mindestgröße (diese wird durch den Begriff „typischer Größenbereich“ angegeben), sondern auf die Fähigkeit, zwischen zwei unterschiedlichen Größen zu unterscheiden: deshalb ist er hauptsächlich mit der Anzahl der Messkanäle verknüpft, die die Geräte typischerweise enthalten.

„Einschränkung“ bezieht sich auf den hauptsächlichen Nachteil der Technik. Dies kann ein Konzentrationsbereich, eine Messdauer oder eine erreichbare Mindestgröße sein. Selbst wenn eine bestimmte Technik eine anzahlgewichtete PSD ergibt, wird der Konzentrationsbereich in Massenkonzentrationen angegeben, da dieser einfach vor der Messung bekannt ist, zum Beispiel durch Probenentnahme bei Filtern.

Tabelle 2 enthält Techniken, die mit Ausnahme von Kaskadenimpaktion, die die beiden mikroskopischen Techniken am Ende der Tabelle erfassen, in Echtzeit messen. Die Echtzeit-Techniken messen ausschließlich die Größe, wohingegen die mikroskopischen Techniken Form und Größe messen können.

Tabelle 2 — Messgrößen im Zusammenhang mit der Größen- und Formmessung in Aerosolen

Übergeordnete Messgröße	Für das Verfahren spezifische Messgröße	Verfahren	Größenbereich	Auflösung	Einschränkungen	Verweisungen
anzahlgewichtete Größenverteilung, wobei „Größe“ dem partikeläquivalenten aerodynamischen Durchmesser entspricht	elektrische Detektion aus Impaktion	ELPI	mittlerer äquivalenter aerodynamischer Durchmesser zwischen 6 nm und 10 µm	üblicherweise 13 bis 500 Größenklassen oder Lose, verteilt über den gesamten Größenbereich	Konzentrationsbereich: 10 µg/m ³ bis 100 mg/m ³ . Partikeldichte muss bekannt sein. Partikelsprung und Ladungsübertragungsprobleme.	[1]
massengewichtete Größenverteilung	Trägheit	Kaskadenimpaktion	10 nm bis 18 µm (abhängig von der spezifischen Auslegung)	üblicherweise 3 bis 14 Größenklassen oder Lose, verteilt über den Größenbereich		
anzahlgewichtete elektrische Mobilitätsverteilung	elektrische Mobilität	DMAS	3 nm bis 1 000 nm	Sub-nm-Bereich	Messungen dauern mindestens eine Minute — nicht geeignet für schnelle Phänomene.	[2]
anzahlgewichtete Größenverteilung, wobei „Größe“ dem äquivalenten optischen Durchmesser von Partikeln entspricht	Streuquerschnitt	OPC	0,5 µm bis 20 µm	0,1 µm	für NOAA, lediglich verwendbar für Aggregate und Agglomerate > 0,5 µm (Nanoplättchensachverhalt). Der Brechungsindex muss bekannt sein.	[3]
massengewichtete aerodynamische Größenverteilung	Geschwindigkeit	APS	0,5 µm bis 20 µm	0,1 µm	die Auflösung ist bei nicht sphärischen Partikeln niedriger.	[4]
Größe und Form von NOAA	2D-projizierte Größe und Form von NOAA. Anzahlgewichtete geometrische Größen- und Formverteilungen	Partikelprobenehmer mit TEM und Bildanalyse	1 nm bis 10 µm	0,2 nm	typische Probenahme-Effizienz hat einen Mindestwert (10 %) bei 20 nm bis 30 nm. TEM ist keine Echtzeit-Technik.	[5], [6]
Größe und Form von NOAA	2D-projizierte Größe und Form von NOAA. Anzahlgewichtete geometrische Größen- und Formverteilungen	SEM bei Filtern	5 nm bis 1 mm	5 nm	benötigt Probenvorbereitung auf einem Substrat. Langsame, einzelne Partikelmessung. SEM ist keine Echtzeit-Technik.	[7]