

# ISO 14644-1

---

## Cleanrooms en aanverwante cleanroomgebieden

*Cleanrooms en aanverwante cleanroomgebieden - Deel 1: Classificatie van luchtzuiverheid op basis van deeltjesconcentratie*

*ISO 14644-1 Salles propres et environnements maîtrisés apparentés [la liste de contrôle].*

*ISO 14644-1 Cleanrooms en bijbehorende cleanroomruimten - Deel 1: Classificatie van luchtzuiverheid gebaseerd op deeltjesconcentratie [Controlelijst].*

ISO 14644-1 Cleanrooms en aanverwante gecontroleerde omgevingen is ontworpen om vervuiling in de lucht en op oppervlakken te reguleren, zodat ze voldoen aan de noodzakelijke normen voor verschillende gevoelige activiteiten. Deze omgevingen zijn cruciaal in sectoren zoals ruimtevaart, micro-elektronica, farmaceutica, gezondheidszorg, voeding en medische apparatuur, om de integriteit van producten of processen te waarborgen.

ISO 14644-1 beschrijft de categorieën van luchtzuiverheid op basis van deeltjesconcentratie. Het voorziet in de officiële testmethode om deze classificaties te bepalen en behandelt hoe bemonsteringslocaties geselecteerd moeten worden en hoe de verzamelde gegevens geïnterpreteerd moeten worden. In deze versie, na een uitgebreide herziening en rekening houdend met feedback van experts en gebruikers wereldwijd, is de titel bijgewerkt tot "Classificatie van luchtzuiverheid op basis van deeltjesconcentratie". De term (ACP) wordt geïntroduceerd om de reinheid van luchtdeeltjes te onderscheiden van andere metingen, zoals oppervlaktereinheid door deeltjesconcentratie (SCP). Er zijn negen ISO reinheidsklassen met kleine aanpassingen. ISO 14644-1 geeft details over de deeltjesconcentratie voor deze negen klassen. Dit zorgt voor een duidelijkere afbakening van de deeltjesgroottes die geschikt zijn voor elke klasse. Bovendien wordt een vergelijking in ISO 14644-1 gebruikt om concentraties te definiëren voor deeltjesgroottes die niet in de lijst staan. Deze versie behoudt het concept van de macrodeeltjesdescriptor, maar overwegingen met betrekking tot nanodeeltjes worden nu behandeld in ISO 14644-12.

Een belangrijke update is de consistente statistische benadering van de selectie van de bemonsteringslocatie en de beoordeling van gegevens. De hypergeometrische verdeling is nu het geaccepteerde statistische model bij het willekeurig trekken van monsters uit een specifieke groep zonder vervanging. Hiermee kan elke locatie afzonderlijk worden geanalyseerd met 95% zekerheid dat ten minste 90% van de cleanroom zal voldoen aan de maximale deeltjesconcentratie van de aangewezen luchtreinheidsklasse. Bijgevolg verschillen de minimaal vereiste bemonsteringslocaties van de versie uit 1999. ISO 14644-1 beschrijft de benodigde monsterlocaties. In deze methode worden cleanrooms verdeeld in gelijke secties, met een monsternamelocatie die representatief is voor elk segment.

De methodologie achter ISO 14644-1:2016 is gebaseerd op willekeurige steekproeven uit een gespecificeerde groep. Met het nieuwe concept van 'representatieve' steekproeflocaties kunnen deze locaties statisch, gelijkmatig verspreid of dynamisch zijn en willekeurig worden gekozen, afhankelijk van specifieke behoeften. Extra locaties kunnen aan het basisaantal worden toegevoegd. In tegenstelling tot de versie uit 1999 wordt er niet uitgegaan van een uniforme verdeling van het aantal deeltjes over een ruimte. Het vertrouwen is niet gebaseerd op typische verdelingsintervallen maar eerder op het bemonsteringsproces. Bemonsteringslocaties moeten worden gekozen rekening houdend met verschillende factoren, zoals de indeling van de ruimte, de plaatsing van apparatuur, de opstelling van de luchtstroom en nog veel meer. Het uiteindelijke doel is een onbevooroordeelde bemonstering die geen enkel kamergedeelte bevoordeelt.

In dit bemonsteringsmodel gaan we uit van een eindige verzameling. Om van ontelbare potentiële locaties een eindige groep voor sampling te maken, wordt lokale homogeniteit in deeltjesconcentratie verondersteld. Het aantal locaties correleert met de oppervlakte van elke cleanroom, waardoor 95% zekerheid wordt verkregen dat 90% van alle locaties voldoet aan de klassenormen. Specifiek vertegenwoordigt een sample site zijn directe omgeving. Dit is de basis voor het minimum aantal sample sites in ISO 14644-1.

De bijlagen zijn gereorganiseerd in ISO 14644-1 voor een betere samenhang en delen van de inhoud over testen en instrumenten uit ISO 14644-3:2005 zijn opgenomen. In sommige gevallen kunnen specifieke regelgevende instanties meer of andere eisen stellen. Daarom moeten testmethoden mogelijk worden aangepast. De bijgewerkte versie ISO 14644-1 behandelt alle onderwerpen die te maken hebben met de classificatie van luchtzuiverheid op basis van deeltjesconcentratie. ISO 14644-2 gaat nu alleen over het monitoren van deze parameter.

Bovendien kunnen cleanrooms worden gedefinieerd aan de hand van andere attributen dan luchtzuiverheid door deeltjesconcentratie (ACP). Andere maatregelen, zoals chemische concentratie (ACC) en levensvatbare concentratie (ACV), kunnen worden gecontroleerd. Deze metingen alleen zijn echter niet voldoende om een cleanroom of zone te classificeren.

ISO 14644-1 definieert de criteria voor luchtzuiverheid binnen cleanrooms, ontsmette gebieden en gespecialiseerde apparaten, waarbij de nadruk uitsluitend ligt op de deeltjesdichtheid in de lucht. De classificatie kijkt uitsluitend naar deeltjesgroepen met cumulatieve verdelingen die worden bepaald door een drempelwaarde, in het bijzonder de deeltjesafmetingen van 0,1  $\mu\text{m}$  tot 5  $\mu\text{m}$ . In de volgende secties van deze tekst zullen we het acroniem ACP gebruiken om de luchtzuiverheid op basis van deeltjesdichtheid weer te geven, of het nu gaat om een cleanroom, een ontsmette ruimte of een gespecialiseerd apparaat.

De basis voor het meten van de dichtheid van deeltjes in de lucht die gelijk zijn aan of groter zijn dan de gedefinieerde afmetingen op bepaalde bemonsteringspunten, is het gebruik van lichtverstrooiende deeltjestellers in de lucht (LSAPC).

ISO 14644-1 sluit classificaties uit voor deeltjesgroepen die niet binnen het bereik van 0,1  $\mu\text{m}$  tot 5  $\mu\text{m}$  vallen. Ultrafijne deeltjesdichtheden (onder 0,1  $\mu\text{m}$ ) worden behandeld in ISO 14644-12, die zich richt op luchtzuiverheid met betrekking tot nanodeeltjes. Voor grotere deeltjes groter dan 5  $\mu\text{m}$  wordt een M descriptor (zie Bijlage C in ISO 14644-1) gebruikt om deze macrodeeltjesgroepen te kwantificeren.

Houd er rekening mee dat ISO 14644-1 niet geschikt is voor het identificeren van de fysieke, chemische, radiologische of levende eigenschappen van zwevende deeltjes.

Onder de brede categorie "Cleanrooms en gecontroleerde omgevingen" valt ISO 14644:

- Deel 1: Luchtzuiverheidsclassificatie op basis van aantal deeltjes
- Deel 2: Op bewijs gebaseerde bewaking van cleanroomprestaties met betrekking tot het aantal deeltjes in de lucht
- Deel 3: Testmethoden
- Deel 4: Ontwerp, montage en opstarten
- Deel 5: Behandelingsprocedures
- Deel 7: Afzonderlijke apparatuur (bijv. afzuigkappen met schone lucht, handschoencompartimenten en isolatie-eenheden)
- Deel 8: Luchtzuiverheidscategorisering naar chemisch volume
- Deel 9: Rangschikking oppervlaktereinheid naar deeltjesvolume
- Deel 10: Classificatie van oppervlaktereinheid via chemische inhoud
- Deel 12: Luchtzuiverheidsclassificatie op basis van deeltjes op nanoschaal

- Deel 13: Oppervlaktereiniging om specifieke reinheidsniveaus te bereiken in deeltjes- en chemicaliëncategorieën
- Deel 14: Beoordeling van de geschiktheid van apparatuur voor de concentratie van luchtdeeltjes
- Deel 15: Beoordeling van de geschiktheid van gereedschappen en materialen op basis van de chemische concentratie in de lucht en aan het oppervlak.

Dit document bevat een checklist die door alle gebruikers van cleanrooms kan worden gebruikt om te controleren of ze voldoen aan de ISO 14644-1 norm. Let op: dit document is GEEN document dat is uitgegeven door ISO (International Standard Organization), dus wees voorzichtig bij het evalueren van uw systeem ten opzichte van de norm.

## 1. Aantonen dat het voldoet aan ISO 14644-1

1. Is de naleving van de door de klant gespecificeerde vereisten voor luchtzuiverheid (ISO-klasse) gecontroleerd?
2. Werden de testprocedures uitgevoerd in overeenstemming met de ISO 14644-1 normen?
3. Is er documentatie over de resultaten en voorwaarden van de tests volgens ISO 14644-1?
4. Hoe vaak wordt de classificatie uitgevoerd? Is dit gebaseerd op een risicoanalyse en gebeurt dit gewoonlijk jaarlijks?
5. Wordt ISO 14644-2 gebruikt voor het monitoren van cleanrooms, schone zones en scheidingsapparaten, zoals voorgeschreven door ISO 14644-1?
6. Als de installatie gebruik maakt van instrumentatie voor continue of frequente monitoring, worden de intervallen tussen de classificaties dan verlengd op basis van de monitoringresultaten en de ISO 14644-1 richtlijnen?
7. Wordt de referentietestmethode uit bijlage A gebruikt om overeenstemming met ISO 14644-1 aan te tonen?
8. Als er alternatieve methoden of instrumenten worden gebruikt, zijn deze dan vergelijkbaar met de ISO 14644-1 normen?
9. Worden de tests uitgevoerd met gekalibreerde instrumenten die voldoen aan ISO 14644-1 op het moment van testen?
10. Voldoet de deeltjesconcentratie in de lucht na voltooiing van de test aan de grenswaarden in tabel 1 of afgeleid uit vergelijking (F.1) zoals beschreven in ISO 14644-1?
11. Als er meerdere monsters worden genomen, wordt de concentratie dan gemiddeld en vergeleken met de gestelde limieten van ISO 14644-1?
12. Worden de deeltjesconcentraties die worden gebruikt voor het bepalen van de naleving consistent gemeten voor alle maten volgens ISO 14644-1?
13. Is er een uitgebreid testrapport voor elke cleanroom of schone zone, zoals vereist door ISO 14644-1?
14. Bevat het testrapport de naam, het adres en de datum van de test van de testorganisatie?
15. Vermeldt het rapport het nummer en jaar van publicatie van ISO 14644-1?

16. Is er een duidelijke identificatie van de fysieke locatie van de cleanroom of schone zone, inclusief verwijzing naar aangrenzende gebieden en specifieke aanduidingen voor alle monsterlocaties?
17. Bevat het rapport gedetailleerde informatie over de specifieke criteria voor het aanwijzen van de cleanroom of schone zone, inclusief ISO-classificatie, de relevante bezettingstoestand(en) en de in aanmerking genomen deeltjesgrootte(n) volgens ISO 14644-1?
18. Worden er details van de testmethode gegeven, inclusief speciale voorwaarden of afwijkingen van de methode, in overeenstemming met ISO 14644-1?
19. Bevat het testrapport gegevens over de deeltjesconcentratie voor alle bemonsteringslocaties, zoals gespecificeerd door ISO 14644-1?
20. Als macrodeeltjesconcentraties worden gekwantificeerd, is de relevante informatie uit Bijlage C dan opgenomen in het testrapport, volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
21. Wordt er een instrument voor het tellen van discrete deeltjes gebruikt voor het bepalen van de deeltjesconcentratie in de lucht volgens ISO 14644-1?
22. Worden er aangewezen monsternemingslocaties gebruikt voor deeltjesconcentratiemetingen volgens ISO 14644-1?
23. Geeft het instrument voor deeltjestelling de telling en grootte van afzonderlijke deeltjes weer of registreert het deze in overeenstemming met ISO 14644-1?
24. Kan het instrument voor deeltjestelling de totale deeltjesconcentratie detecteren binnen de juiste groottebereiken voor de klasse in kwestie, zoals gespecificeerd in ISO 14644-1?
25. Worden LSAPC's (Light Scattering Air Particle Counters) gebruikt in overeenstemming met de aanbeveling van ISO 14644-1?
26. Heeft de deeltjesteller een geldig kalibratiecertificaat?
27. Is de kalibratie van de deeltjesteller gebaseerd op geaccepteerde praktijken zoals gespecificeerd in ISO 21501-4 en in overeenstemming met ISO 14644-1?
28. Kunnen sommige deeltjestellers niet worden gekalibreerd voor alle vereiste tests in ISO 21501-4 en is dit in overeenstemming met de richtlijnen van ISO 14644-1?
29. Wordt vóór het testen de integriteit van de cleanroom of schone zone geverifieerd volgens ISO 14644-1?
30. Functioneren alle relevante aspecten van de cleanroom of schone zone in overeenstemming met de prestatiespecificatie?
31. Is er zorg besteed aan het bepalen van de volgorde voor het uitvoeren van ondersteunende tests voor cleanroomprestaties in de context van ISO 14644-1?
32. Wordt de controlelijst ISO 14644-3 Annex A gebruikt om de prestaties van cleanrooms volgens ISO 14644-1 te garanderen?
33. Zijn de monsternemingslocaties afgeleid op basis van de richtlijnen van ISO 14644-1 met behulp van tabel A.1?
34. Geeft tabel A.1 het aantal monsterlocaties gerelateerd aan het gebied van elke te classificeren cleanroom of cleanzone, waarbij 95% zekerheid is dat 90% van alle locaties de klassengrenzen niet overschrijdt?
35. Is bij het vaststellen van monsterlocaties volgens ISO 14644-1 het minimum aantal monsterlocaties A/L afgeleid van tabel A.1?
36. Is de hele cleanroom of schone zone verdeeld in sectoren met gelijke oppervlakken?
37. Wordt er in elke sector een steekproeflocatie gekozen die de kenmerken van die sector vertegenwoordigt, in overeenstemming met ISO 14644-1?

38. Is de sonde van de deeltjester op elke bemonsteringslocatie in het vlak van de werkactiviteit geplaatst?
39. Worden er extra monsternemingslocaties overwogen voor kritieke gebieden op basis van risicoanalyse, zoals geleid door ISO 14644-1?
40. Zijn er extra sectoren en bijbehorende monsterlocaties opgenomen om een gelijke sectorindeling mogelijk te maken?
41. Zijn de monsterlocaties zo geplaatst dat ze niet direct onder niet-verspreide toevoerluchtbronnen in niet-unidirectionele luchtstroom cleanrooms of schone zones liggen?
42. Wordt voor cleanrooms of schone zones groter dan 1000 m<sup>2</sup> de vergelijking uit ISO 14644-1 gebruikt om het minimumaantal monsterlocaties te bepalen?
43. Is op elke bemonsteringslocatie het volume van de bemonsterde lucht voldoende om minstens 20 deeltjes te detecteren als de deeltjesconcentratie zich op de klassegrens voor de aangewezen ISO-klasse volgens ISO 14644-1 zou bevinden?
44. Wordt het volume van het enkelvoudige monster (Vs) per bemonsteringslocatie bepaald met behulp van de vergelijking in ISO 14644-1?
45. Zijn de monstervolumes op elke locatie consistent, tenzij de optionele sequentiële bemonsteringsprocedure van ISO 14644-1 wordt toegepast?
46. Is het volume dat op elke locatie wordt bemonsterd minstens 2 liter?
47. Is er een minimale bemonsteringstijd van 1 minuut voor elk monster op elke locatie, zoals gespecificeerd door ISO 14644-1?
48. Als de optionele sequentiële bemonsteringsprocedure wordt gebruikt, is dit dan in overeenstemming met de vermindering van zowel het vereiste monstervolume als de monsternametijd volgens ISO 14644-1?
49. Wordt er bij grotere monstervolumes rekening gehouden met de mogelijk aanzienlijke bemonsteringstijd, in overeenstemming met de aanbevelingen van ISO 14644-1?
50. Wordt in situaties waarin Vs aanzienlijk groot is, de tijd die nodig is voor het nemen van monsters beschouwd in de context van de ISO 14644-1 richtlijnen?
51. Zijn alle aspecten van de cleanroom of schone zone die bijdragen aan de integriteit ervan compleet voor het testen?
52. Kan het gebruikte instrument voor deeltjestelling onderscheid maken in grootte om de totale deeltjesconcentratie voor de beschouwde klasse te detecteren?
53. Wordt er gebruikgemaakt van lichtverstrooiende (discrete) luchtdeeltjestellers (LSAPC), zoals algemeen aanbevolen in ISO 14644-1?
54. Is de deeltjester gekalibreerd volgens de praktijken die zijn gespecificeerd in ISO 21501-4, zoals vermeld in ISO 14644-1?
55. Zijn alle relevante onderdelen van de cleanroom of schone zone gecontroleerd op integriteit, in overeenstemming met ISO 14644-1, voordat wordt begonnen met het testen van het aantal deeltjes?
56. Is er een volgorde vastgesteld voor het uitvoeren van ondersteunende tests voor cleanroomprestaties volgens ISO 14644-1?
57. Wordt de controlelijst uit ISO 14644-3 Annex A gebruikt om te zorgen dat de deeltjesaantaltest goed wordt voorbereid?
58. Voldoen de afgeleide monsterlocaties aan de gebiedsgerelateerde richtlijnen uit tabel A.1, zoals aangegeven in ISO 14644-1?

59. Zijn de monsterlocaties zo geplaatst dat ze representatieve gegevens opleveren voor elke sector van de cleanroom of schone zone?
60. Is voor cleanrooms of schone zones groter dan 1000 m<sup>2</sup> de specifieke vergelijking uit ISO 14644-1 toegepast om monsterlocaties te bepalen?
61. Is het bemonsterde volume op elke locatie in overeenstemming met ISO 14644-1, voldoende om een deeltjesconcentratie op de aangewezen ISO-klassegrens te detecteren?
62. Wordt het monstervolume voor elke locatie bepaald op basis van de vergelijking uit ISO 14644-1?
63. Is het bemonsterde volume op elke locatie minstens 2 liter, conform ISO 14644-1?
64. Duurt elke bemonsteringssessie minimaal 1 minuut op elke locatie, in overeenstemming met ISO 14644-1?
65. Als de optionele sequentiële bemonsteringsprocedure wordt toegepast, is dit dan in overeenstemming met ISO 14644-1 om zowel de bemonsteringstijd als het volume te verminderen?
66. Worden er speciale overwegingen gemaakt voor grotere monstervolumes om de langere tijdsvereisten te beheren, volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
67. Zijn er aanvullende monsterlocaties, afgeleid uit risicoanalyses, gepositioneerd om gegevens van kritieke gebieden vast te leggen?
68. Zijn de monsternemingslocaties voor schone zones met een niet-unidirectionele luchtstroom strategisch geplaatst om niet-verspreide toevoerluchtbronnen te vermijden, in overeenstemming met ISO 14644-1?
69. Als de sequentiële bemonsteringsprocedure wordt gebruikt, voldoet deze dan aan de ISO 14644-1 richtlijnen om effectieve en efficiënte bemonstering te garanderen?
70. Zijn de kalibratiefrequentie en -methode van het instrument gebaseerd op de huidige geaccepteerde praktijken in overeenstemming met ISO 14644-1?
71. Is de apparatuur voor deeltjestellers ingesteld in overeenstemming met ISO 14644-1 en volgens de instructies van de fabrikant?
72. Is er bij het instellen van de deeltjesteller voor ISO 14644-1 normen rekening gehouden met de geometrie van elke monsterlocatie?
73. Is de bemonsteringssonde in de luchtstroom geplaatst, volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
74. Is in het geval van een ongecontroleerde of onvoorspelbare luchtstroom (bijv. niet-unidirectionele luchtstroom) de inlaat van de bemonsteringssonde verticaal omhoog gericht, volgens ISO 14644-1?
75. Zijn de normale omstandigheden voor de geselecteerde bezettingstoestand vastgesteld vóór de bemonstering, in overeenstemming met ISO 14644-1?
76. Is het volume van de bemonsterde lucht bepaald volgens Sectie A.4.4. in ISO 14644-1 voor elke bemonsteringslocatie?
77. Als er een telling wordt gevonden die buiten de specificatie valt en die te wijten is aan een probleem met de testmeting, wordt deze dan weggegooid en als zodanig vermeld in het testrapport, in overeenstemming met de aanbevelingen van ISO 14644-1?
78. In het geval van technische storingen die een out-of-specification telling veroorzaken, is de oorzaak geïdentificeerd en zijn er corrigerende maatregelen genomen volgens ISO 14644-1?
79. Zijn er nieuwe tests uitgevoerd op de defecte sector, de direct omliggende sectoren en andere betrokken sectoren volgens ISO 14644-1?

80. Worden de resultaten van elke monstermeting geregistreerd als het aantal deeltjes voor elk afzonderlijk monstervolume, in overeenstemming met ISO 14644-1?
81. Wanneer meerdere monstervolumes op een locatie in aanmerking worden genomen, wordt het gemiddelde aantal deeltjes per locatie dan berekend met behulp van de vergelijking (A.3) uit ISO 14644-1?
82. Worden de resultaten in termen van ISO 14644-1 geïnterpreteerd om te bepalen of de cleanroom of schone zone voldoet aan de gespecificeerde luchtzuiverheidsclassificatie?
83. Voldoet de gemiddelde deeltjesconcentratie, gemeten op elke bemonsteringslocatie, aan de concentratiegrenzen uit tabel A.1, zoals vermeld in ISO 14644-1?
84. Als er tussenliggende klassen of deeltjesgroottes worden gebruikt, zijn de limieten die zijn afgeleid van tabel F.1 of vergelijking (F.1) dan in overeenstemming met ISO 14644-1?
85. Als de telling buiten de specificatie valt, worden het resultaat en de verbeteractie dan vermeld in het testrapport, zoals ISO 14644-1 voorschrijft?
86. Is het testrapport, in de context van ISO 14644-1, volledig, met vermelding van eventuele afwijkende resultaten en daaropvolgende acties?
87. Wordt elk monstervolume volgens de richtlijnen van ISO 14644-1 op de juiste manier geregistreerd om het aantal deeltjes weer te geven?
88. Zijn de bemonsteringslocaties en -procedures in overeenstemming met de ISO 14644-1 normen?
89. Zijn de bemonsteringsprocedures voor cleanrooms met niet-unidirectionele luchtstroom aangepast aan en afgestemd op de richtlijnen van ISO 14644-1?
90. Komt de aanpak bij het verwerken van resultaten overeen met de methodologieën en overwegingen in ISO 14644-1?
91. Worden afwijkende tellingen, indien gevonden tijdens de audit, aangepakt en gedocumenteerd in overeenstemming met de ISO 14644-1 normen?
92. Worden de richtlijnen en vergelijkingen uit ISO 14644-1 gebruikt bij het berekenen van de gemiddelde concentratie van deeltjes?
93. Worden voor cleanrooms die geclassificeerd moeten worden, de gemiddelde deeltjesconcentraties vergeleken met de concentratielimieten die zijn gespecificeerd in ISO 14644-1?
94. Worden er in het geval van afwijkende resultaten corrigerende maatregelen genomen en duidelijk gedocumenteerd in het testrapport, volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
95. Voldoet de gehele bemonsteringsprocedure en de verwerking van de resultaten aan de ISO 14644-1 normen?

## 2. Tellen en meten van macrodeeltjes in de lucht

1. Is de maximaal toegestane concentratie van deeltjes in de lucht gespecificeerd op basis van de vereisten van ISO 14644-1?



2. Is de gekozen testmethode voor het controleren van de naleving overeengekomen tussen de klant en de leverancier?
3. Zijn de overwegingen voor testmethoden voor deeltjes groter dan 5 µm (macrodeeltjes) in overeenstemming met ISO 14644-1?
4. Zijn de gebruikte meetapparaten geschikt voor het beoordelen van verontreinigingsrisico's door deeltjes groter dan 5 µm?
5. Zijn de meetprocedures in overeenstemming met de specificaties van ISO 14644-1?
6. Wordt er in de testomgeving rekening gehouden met factoren die de deeltjes losmaken, zoals dichtheid, vorm, volume en aerodynamisch gedrag?
7. Is er een focus op specifieke componenten van de totale populatie in de lucht, zoals vezels?
8. Is de M-descriptor gespecificeerd en uitgedrukt volgens ISO 14644-1?
9. Beschrijft de testmethode de meting van zwevende deeltjes met een diameter groter dan 5 µm?
10. Worden de metingen uitgevoerd in een van de drie aangewezen bezettingstoestanden volgens ISO 14644-1?
11. Wordt de nadruk gelegd op het op de juiste manier verkrijgen en hanteren van monsters om verlies van macrodeeltjes te minimaliseren?
12. Zijn het aantal monsterlocaties, de locatieselectie en de gegevensvereisten in overeenstemming met clausule 5 en Bijlage A van ISO 14644-1?
13. Als er een alternatieve methode wordt gebruikt, is deze dan wederzijds overeengekomen tussen de klant en de leverancier?
14. Zijn er overwegingen voor monsterbehandeling om nauwkeurig werken met macrodeeltjes te garanderen?
15. Zijn er twee algemene categorieën van meetmethoden voor macrodeeltjes?
16. Is er een correlatie tussen verschillende meetmethoden vastgesteld?
17. Zijn er in situ meetprocedures met time-of-flight deeltjestellers of een LSAPC conform ISO 14644-1?
18. Wordt bij de LSAPC-metingen rekening gehouden met de deeltjesgrootte op basis van equivalente optische diameter?
19. Zijn er verzamelmethode door filtratie of traagheidseffecten gevolgd door microscopische metingen?
20. Is het proces van optische meting van macrodeeltjes in de lucht zonder ze te verzamelen vastgesteld volgens ISO 14644-1?
21. Zijn de procedures die gebruikmaken van een lichtverstrooiende deeltjesteller (LSAPC) in overeenstemming met bijlage A van ISO 14644-1 voor het tellen van deeltjes in de lucht?
22. Voldoet de LSAPC-opstelling aan de vereisten voor monsternamen, zoals een inlaat die groot genoeg is voor isokinetische monsternamen en een locatie met de monsterinlaat verticaal omhoog gericht?
23. Zijn de LSAPC zo ingesteld dat alleen macropartikels worden gedetecteerd?
24. Is de time-of-flight meetmethode voor deeltjesgrootte aanwezig?
25. Zijn de procedures voor de time-of-flight-apparatuur consistent met die voor de LSAPC?
26. Worden macrodeeltjes gemeten door deeltjes uit de lucht te verzamelen zoals beschreven in ISO 14644-1?
27. Is het proces voor het verzamelen van filters en microscopische metingen vastgesteld volgens de meegeleverde tekst?

28. Wordt er gebruikgemaakt van cascade-inslag en -metingen?
29. Is de monsterinvoersonde van het gekozen apparaat correct ingesteld?
30. Worden er metingen gedaan om minstens 20 macrodeeltjes te verzamelen op elk monsterpunt?
31. Is de M descriptorconcentratie berekend in het (de) gekozen deeltjesgroottebereik(ken)?
32. Worden er drie of meer metingen uitgevoerd op geselecteerde locaties als er informatie over de stabiliteit van de concentratie van macrodeeltjes nodig is?
33. Definieert het testrapport voor macrodeeltjesbemonstering de deeltjesgrootte waarop het apparaat reageert?
34. Bevat het testrapport de meetmethode volgens ISO 14644-1?
35. Specificeert het testrapport het type meting voor het bepalen van het M descriptorniveau of de limiet?
36. Vermeldt het testrapport de typeaanduidingen van elk meetinstrument en apparaat en de kalibratiestatus?
37. Wordt de reinheidsclassificatie van de installatie in het rapport vermeld?
38. Bevat het rapport (een) macrodeeltjesgroottebereik(ten) en de tellingen voor elk groottebereik?
39. Specificeert het rapport het inlaatmonsterdebiet van het apparaat en het debiet door het detectievolume?
40. Worden de monsterlocaties vermeld in het testrapport?
41. Staat er een bemonsteringsschema of bemonsteringsprotocol in het testrapport?
42. Vermeldt het rapport de staat(en) van bezetting?
43. Zijn andere relevante meetgegevens, zoals de stabiliteit van de concentratie van macrodeeltjes, opgenomen in het rapport?
44. Wordt er voldoende nadruk gelegd op het belang van zorgvuldige monsterafname en -behandeling voor macrodeeltjes?
45. Zorgen de LSAPC-instellingen voor het groottebereik ervoor dat alleen macrodeeltjes worden gedetecteerd?
46. Is er een registratie van de gegevens van een grootte onder 5  $\mu\text{m}$  om er zeker van te zijn dat er geen hoge concentratie van gedetecteerde deeltjes onder de macrodeeltjesgrootte is?
47. Worden bemonsteringsfouten tot een minimum beperkt, vooral door het grote verlies van deeltjes in bemonsteringssystemen?
48. Worden de afmetingen van macrodeeltjes nauwkeurig gemeten met time-of-flight-apparatuur?
49. Zijn de procedures voor time-of-flight apparaten consistent met die voor de LSAPC bij het vaststellen van deeltjesgroottebereiken?
50. Zijn macrodeeltjesmetingen met deeltjesverzameling aanwezig en consistent met ISO 14644-1 aanbevelingen?

### 3. Sequentiële bemonsteringsprocedure

1. Vereist de omgeving in kwestie classificatie voor zeer lage deeltjesconcentratie volgens ISO 14644-1?

2. Overweegt u het gebruik van sequentiële bemonstering in overeenstemming met de ISO 14644-1 richtlijnen voor omgevingen met een lage deeltjesconcentratie?
3. Wordt de sequentiële bemonsteringsprocedure gebruikt om de telsnelheid te meten om de uitkomst van de classificatie te voorspellen volgens ISO 14644-1?
4. Wijkt de bemonsterde lucht significant af van de gespecificeerde ISO 14644-1 klasseconcentratiegrens?
5. Is het doel van sequentiële bemonstering het verminderen van het monstervolume en de acquisitietijd in overeenstemming met ISO 14644-1?
6. Bent u bezig met het evalueren van de telling om te voorspellen of het systeem al dan niet zal slagen op basis van de ISO 14644-1-normen?
7. Zijn er voor omgevingen die dicht bij de gespecificeerde ISO 14644-1 concentratiegrens liggen, besparingen gerealiseerd door sequentiële bemonstering?
8. Is de luchtzuiverheid specifiek van ISO-klasse 4 of schoner, waardoor deze geschikt is voor sequentiële ISO 14644-1-bemonstering?
9. Leidt het kiezen van een deeltjesgrootte voor monsternamen in overeenstemming met ISO 14644-1 tot lage tellingen bij de klassengrens?
10. Heb je IEST-G-CC1004[4] of JIS B 682C:2C32[5] geraadpleegd voor aanvullende informatie over sequentiële bemonstering, zoals vermeld in ISO 14644-1?
11. Is de gekozen monstergrootte in overeenstemming met de aanbeveling van ISO 14644-1, waarbij een telling van 20 op de klassengrens voor de grootste deeltjesgrootte wordt gegarandeerd?
12. Omvat elke monstermeting aanvullende monitoring en gegevensanalyse zoals aanbevolen door ISO 14644-1?
13. Maak je gebruik van computergestuurde automatisering voor gegevensanalyse, in overeenstemming met de opmerking in ISO 14644-1 over de beperkingen van sequentiële steekproeven?
14. Erkent u dat de deeltjesconcentraties mogelijk niet zo nauwkeurig zijn vanwege het kleinere monstervolume volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
15. Is uw procedure gebaseerd op de vergelijking van real-time cumulatieve deeltjestellingen met referentiewaarden volgens ISO 14644-1?
16. Zijn de referentiewaarden afgeleid van vergelijkingen die boven- en ondergrenzen definiëren volgens ISO 14644-1?
17. Hebt u de grafische weergave van de ISO 14644-1 sequentiële bemonsteringsprocedure in afbeelding D.1 bekeken?
18. Vergelijkt u volgens ISO 14644-1 continu het totaal aantal deeltjes met het verwachte aantal voor de bemonsterde volumeverhouding?
19. Als de lopende telling lager is dan de ondergrens, stopt u dan met bemonsteren en erkent u dat de lucht voldoet aan de ISO 14644-1 gespecificeerde klassenlimiet?
20. Als de lopende telling de ISO 14644-1 bovengrens overschrijdt, stopt u dan met bemonsteren, aangezien u erkent dat de lucht niet voldoet aan de gespecificeerde klasse?
21. Gaat u door met bemonsteren als de lopende telling tussen de ISO 14644-1 boven- en ondergrenzen blijft?
22. Wordt de waargenomen telling vergeleken met de benchmark van 20 tellingen zoals gespecificeerd in ISO 14644-1?

23. Controleert u of het cumulatieve monstervolume overeenkomt met het minimale monstervolume van ISO 14644-1 waarbij de verwachte telling 20 is?
24. Hebt u de grenzen gecontroleerd die zijn vastgesteld in vergelijkingen (D.1) en (D.2) zoals beschreven in de ISO 14644-1-procedure?
25. Noteer je het totale aantal getelde deeltjes in de loop van de tijd, in overeenstemming met de richtlijnen voor sequentiële bemonstering van ISO 14644-1?
26. Berekent u het verwachte aantal volgens de procedure die wordt vermeld in D.2, vergelijking (D.5) van ISO 14644-1?
27. Komt de uitgezette totale telling versus de verwachte telling overeen met de weergave in ISO 14644-1 figuur D.1?
28. Vergelijkt u de getelde waarden met de bovenste en onderste grenslijnen van ISO 14644-1 zoals weergegeven in afbeelding D.1?
29. Als de waargenomen cumulatieve telling de bovenste lijn overschrijdt, stopt u dan met bemonsteren en rapporteert u een storing in de luchtkwaliteit volgens ISO 14644-1?
30. Als de cumulatieve waargenomen telling onder de onderste lijn komt, stopt u dan met het nemen van monsters en bevestigt u dat de luchtkwaliteit voldoet aan de ISO 14644-1 normen?
31. Ga je door met bemonsteren als de cumulatieve waargenomen telling tussen de gedefinieerde boven- en ondergrenzen van ISO 14644-1 blijft?
32. Als het totale aantal aan het einde van de bemonsteringsperiode 20 of minder is en de bovenste lijn niet is overschreden, is de lucht dan in overeenstemming met ISO 14644-1?
33. Zijn alle bemonsteringslocaties geïdentificeerd en gedocumenteerd in overeenstemming met de vereisten van ISO 14644-1?
34. Zijn de instrumenten die gebruikt worden voor monsternamen gekalibreerd en geschikt volgens de ISO 14644-1 normen?
35. Komt uw methode voor gegevensverzameling overeen met de nadruk die ISO 14644-1 legt op real-time cumulatieve deeltjestellingen?
36. Worden alle steekproefprocedures gecontroleerd of geaudit om ervoor te zorgen dat ze voldoen aan de normen van ISO 14644-1?
37. Is er een systeem om gebieden die aanvankelijk niet voldeden opnieuw te beoordelen of te bemonsteren op basis van de criteria van ISO 14644-1?
38. Worden alle bevindingen, goed of slecht, gedocumenteerd in een rapport dat voldoet aan de richtlijnen van ISO 14644-1?
39. Houdt u rekening met externe factoren of omstandigheden die van invloed kunnen zijn op het nemen van monsters, in overeenstemming met de bredere normen van ISO 14644-1?
40. Is er een proces voor de periodieke controle of herkalibratie van apparatuur die wordt gebruikt bij sequentiële bemonstering volgens de aanbevelingen van ISO 14644-1?
41. Heb je de vereiste training of certificering om sequentiële steekproeven uit te voeren in overeenstemming met ISO 14644-1?
42. Voldoen de geselecteerde deeltjesgroottes voor de sequentiële bemonsteringsmethode aan de aanbevelingen voor deeltjesgroottes in ISO 14644-1?
43. Hebt u een noodplan voor het geval dat bemonsteringsapparatuur niet goed werkt, zodat u voldoet aan de richtlijnen van ISO 14644-1?
44. Worden omgevingscondities zoals temperatuur en vochtigheid bewaakt en gecontroleerd als onderdeel van het ISO 14644-1 sequentiële bemonsteringsproces?

45. Voert u een voorafgaande beoordeling van de omgeving uit voordat u daadwerkelijk gaat bemonsteren om een idee te krijgen van de mogelijke verontreinigingsniveaus, zoals aanbevolen door ISO 14644-1?
46. Zijn de grenzen die zijn vastgelegd in uw bemonsteringsmethode duidelijk gedefinieerd en in overeenstemming met de sequentiële bemonsteringsprocedure van ISO 14644-1?
47. Gebruikt u geautomatiseerde systemen om te helpen bij de controle en zijn deze systemen gevalideerd volgens de ISO 14644-1 normen?
48. Houdt u in uw steekproefmethodologie rekening met feedback of inzichten van personeel op locatie of andere belanghebbenden, in overeenstemming met de bredere ISO 14644-1-normen?
49. Is er een proces voor continue verbetering van de sequentiële steekproefprocedures op basis van feedback en bevindingen volgens ISO 14644-1?
50. Zijn alle records, gegevens en documentatie met betrekking tot sequentiële steekproeven veilig opgeslagen en gemakkelijk toegankelijk voor ISO 14644-1 auditdoeleinden?

#### 4. Testinstrumenten

1. Hebt u de meetapparatuur bekeken die wordt aanbevolen voor tests in bijlagen A en D volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
2. Als we de tabellen G.1 tot G.3 voor ISO 14644-1 raadplegen, voldoen de instrumenten dan aan de minimaal vereiste vereisten voor elk apparaat?
3. Is de meetapparatuur in overeenstemming met ISO 14644-1 wederzijds overeengekomen tussen de klant en de leverancier?
4. Voldoet de geselecteerde apparatuur aan het informatieve karakter van de bijlage in ISO 14644-1, zodat verbeterde apparatuur kan worden gebruikt als deze beschikbaar komt?
5. Zijn alternatieve testinstrumenten die geschikt worden geacht overwogen en overeengekomen tussen de klant en leverancier volgens de richtlijnen van ISO 14644-1?
6. Zijn de definities die worden gebruikt voor de audit afgeleid van JCGM 200: 2008[6] in overeenstemming met de vereisten van ISO 14644-1?
7. Zorgt u er bij het meten voor dat de resolutie voldoet aan de definitie van ISO 14644-1: de kleinste verandering die een waarneembare verandering in indicatie veroorzaakt?
8. Is er inzicht in de factoren die de resolutie kunnen beïnvloeden, zoals ruis of de waarde van de te meten grootte, zoals gedefinieerd door ISO 14644-1?
9. Zijn, in overeenstemming met ISO 14644-1, de maximaal toelaatbare meetfouten geïdentificeerd en komen deze overeen met de bekende waarde van de referentiehoeveelheid?
10. Worden termen als "tolerantie" vermeden ten gunste van "maximaal toelaatbare fout" zoals aanbevolen door ISO 14644-1?
11. Wordt voor het tellen van deeltjes in de lucht een Light Scattering Airborne Particle Counter (LSAPC) gebruikt en voldoet deze aan de normen ISO 14644-1 en ISO 21501-4:2007?
12. Rapporteer de LSAPC maatgegevens in termen van equivalente optische diameter zoals voorgeschreven in ISO 14644-1?

13. Overweegt u het gebruik van Time-of-flight deeltjesmeetapparatuur en past dit binnen het kader van ISO 14644-1?
14. Meet het Time-of-flight apparaat voor het meten van deeltjes de aërodynamische diameter van deeltjes op basis van hun doorgangstijd na een verandering in de snelheid van de vloeistofstroom, in overeenstemming met de ISO 14644-1 richtlijnen?
15. Zijn alle testinstrumenten gevalideerd, gekalibreerd en gecontroleerd op nauwkeurigheid om er zeker van te zijn dat ze betrouwbare metingen leveren volgens de ISO 14644-1 normen?

## 5. Bijlage A

### Cleanroom beoordeling

1. Is de cleanroom geïdentificeerd en gecontroleerd op de concentratie zwevende deeltjes in de lucht?
2. Is de cleanroom ontworpen, geconstrueerd en bediend om het binnendringen, genereren en vasthouden van deeltjes te beheersen?
3. Is de klasse van de deeltjesconcentratie in de lucht gespecificeerd voor deze ruimte?
4. Zijn er specificaties en controles voor andere schoonheidsattributen, zoals chemische, levensvatbare of nanoschaalconcentraties in de lucht?
5. Zijn er specificaties en controles met betrekking tot oppervlaktereinheid in termen van deeltjes-, nanoschaal-, chemische en levensvatbare concentraties?
6. Worden andere relevante fysische parameters, zoals temperatuur, vochtigheid, druk, trillingen en elektrostatica, ook geregeld zoals vereist?

### Beoordeling schone zone

7. Is er een gedefinieerde ruimte waar de concentratie van deeltjes in de lucht wordt gecontroleerd en geclassificeerd?
8. Is deze ruimte gebouwd en wordt deze gebruikt om het binnenbrengen, genereren en vasthouden van verontreinigingen te beheersen?
9. Is de klasse van de deeltjesconcentratie in de lucht gespecificeerd voor deze zone?
10. Zijn er specificaties en controles voor andere schoonheidsattributen, zoals chemische, levensvatbare of nanoschaalconcentraties in de lucht voor deze zone?
11. Zijn er specificaties en controles met betrekking tot oppervlaktereinheid in termen van deeltjes-, nanoschaal-, chemische en levensvatbare concentraties in deze zone?
12. Kan deze schone zone een ruimte binnen een cleanroom zijn of door een apart apparaat worden gerealiseerd?

13. Als dit wordt bereikt door een apparaat, bevindt dit apparaat zich dan binnen of buiten een cleanroom?
14. Worden andere relevante fysische parameters, zoals temperatuur, vochtigheid, druk, trillingen en elektrostatica, ook geregeld zoals vereist in deze zone?

#### Beoordeling van afzonderlijke apparaten

15. Wordt de apparatuur gebruikt om een gegarandeerde scheiding te creëren tussen de binnen- en buitenkant van een gedefinieerd volume?
16. Kan deze apparatuur worden gebruikt als schone zone?
17. Zijn er industriespecifieke voorbeelden aanwezig, zoals clean air hoods, containment enclosures, handschoenkasten, isolatoren of mini-omgevingen?
18. Installatiebeoordeling
19. Zijn er bijbehorende structuren en luchtbehandelingssystemen aanwezig?
20. Is er een combinatie van een cleanroom of één of meerdere clean zones aanwezig?
21. Zijn er geschikte diensten en nutsvoorzieningen voor deze installaties?

## Bijlage B

### Classificatie en definitie

1. Is de classificatie gespecificeerd voor de cleanroom, cleanzone of gedefinieerde locatie?
2. Wordt de reinheid beoordeeld volgens de ISO-klasse?
3. Worden de niveaus uitgedrukt als maximaal toegestane concentraties van verontreinigende stoffen per volume-eenheid lucht?

## Deeltjes in de lucht

4. Is een deeltje duidelijk gedefinieerd als een minuscuul stukje materie met duidelijke fysieke grenzen?
5. Wordt de deeltjesgrootte bepaald op basis van de diameter van een bol die een gelijkwaardige respons oplevert door een bepaald instrument voor deeltjesmeting?
6. Is de gelijkwaardigheid van de respons duidelijk geschetst voor discrete-deeltjes lichtverstrooiingsinstrumenten?
7. Wordt de deeltjesconcentratie berekend als het aantal afzonderlijke deeltjes per volume-eenheid lucht?
8. Wordt de deeltjesgrootteverdeling gemeten op basis van de cumulatieve concentratiefunctie van de deeltjesgrootte?
9. Wordt een ultrafijn deeltje geïdentificeerd als een nano-object met alle drie de dimensies op nanoschaal?
10. Verwijst de term nanoschaal naar afmetingen van ongeveer 1 nm tot 100 nm?
11. Worden termen als nanorod of nanoplaat gebruikt in gevallen waarin de afmetingen van nano-objecten aanzienlijk verschillen?
12. Zijn er verwijzingen naar ISO 14644-12: of ISO 27687 beschikbaar voor aanvullende informatie over nanodeeltjes en nanoschaal?
13. Worden macropartikels geïdentificeerd als partikels met een equivalente diameter groter dan 5  $\mu\text{m}$ ?
14. Wordt de M descriptor gebruikt om de concentratie van macrodeeltjes per kubieke meter lucht te specificeren?
15. Wordt de M-descriptor beschouwd als een bovengrens voor gemiddelden op bemonsteringslocaties?
16. Wordt de unidirectionele luchtstroom gecontroleerd door de gehele doorsnede van een schone zone met constante snelheid en ongeveer parallelle luchtstromen?
17. Wordt bij een niet-unidirectionele luchtstroom rekening gehouden met het mengen van de toevoerlucht met de binnenlucht door inductie?

## Bezettingstoestanden

18. Is de 'as-built'-toestand gedefinieerd als de toestand waarin alle diensten zijn aangesloten en functioneren, maar zonder apparatuur, meubilair, materialen of personeel?
19. Wordt de toestand in rusttoestand gedefinieerd als de toestand waarin de apparatuur is geïnstalleerd en werkt zoals overeengekomen door klant en leverancier, maar zonder personeel?
20. Is de operationele toestand gedefinieerd als de toestand waarin de cleanroom of schone zone functioneert met het gespecificeerde aantal personeelsleden die op de overeengekomen manier werken?

## Classificatie

21. Is de luchtzuiverheidsklasse op basis van deeltjesconcentratie gedefinieerd in een of meer bezettingstoestanden - as-built, at-rest of operationeel?
22. Worden er één of meerdere drempeldeeltjesgrootten tussen 0,1  $\mu\text{m}$  en 5  $\mu\text{m}$  gebruikt om de deeltjesconcentratie voor luchtzuiverheid te bepalen voor classificatie?



23. Wordt de luchtzuiverheidsklasse door deeltjesconcentratie (ACP) aangeduid met een classificatienummer N?
24. Is de maximaal toegestane concentratie van deeltjes voor elke beschouwde deeltjesgrootte afgeleid van tabel 1 in ISO 14644-1?

## Bijlage C

1. Hoe wordt de deeltjesconcentratie in de lucht voor cleanrooms en schone zones bepaald?
2. Wordt het classificatienummer duidelijk uitgedrukt als "ISO Klasse N"?
3. Is de staat van bezetting waarop de classificatie van toepassing is, gespecificeerd?
4. Welke deeltjesgrootte(n) worden in aanmerking genomen voor de classificatie?
5. Zijn de gerelateerde klassengrenzen voor elke deeltjesgrootte bepaald volgens classificatietabel Tabel 1 in ISO 14644-1?
6. Vallen alle ondergrensdeeltjes binnen het bereik van 0,1  $\mu\text{m}$  tot 5  $\mu\text{m}$ ?
7. Zijn de deeltjesgrootte(n) voor concentratiemeting wederzijds overeengekomen door zowel de klant als de leverancier?
8. Als er metingen zijn over meerdere deeltjesgroottes, is elke grotere deeltjesdiameter (bijv. 0,2) dan ten minste 1,5 keer de volgende kleinere deeltjesdiameter?
9. Zijn er overwegingen voor tussenliggende decimale reinheidsklassen of drempelwaarden voor deeltjesgrootte?
10. Als tussenklassen of drempelwaarden voor deeltjesgrootte vereist zijn, is er dan een verwijzing naar informatieve Bijlage F in ISO 14644-1?

## ISO

De Internationale Organisatie voor Standaardisatie (ISO) is een wereldwijd consortium van nationale normalisatie-instellingen. Internationale normen worden voornamelijk ontwikkeld door gespecialiseerde technische panels van ISO. Elk land dat lid is en interesse heeft in een specifiek domein waarvoor een technische groep is gevormd, kan aan die groep deelnemen. Verschillende internationale entiteiten, zowel overheidsgesteunde als onafhankelijke, coördineren met ISO en dragen bij aan het standaardisatieproces. Bovendien is er een nauw samenwerkingsverband tussen ISO en de International Electrotechnical Commission (IEC) voor alle zaken op het gebied van elektrische standaardisatie.

Normen worden gemaakt op basis van richtlijnen in de ISO/IEC richtlijnen, deel 2. De primaire taak van deze technische panels is het formuleren van internationale normen. Deze ontwerpnormen worden na goedkeuring door de technische groepen ter stemming voorgelegd aan de aangesloten landen. Om als internationale norm te worden gepubliceerd, is een minimum van 75% positieve stemmen van de aangesloten landen nodig.

ISO 14644-1 is het werk van de ISO/TC 209-commissie en is gericht op cleanrooms en zones met gecontroleerde omgevingen. Deze bijgewerkte versie vervangt het origineel (ISO 14644-1:1999) vanwege technische updates.

## PDF

De PDF werd in 1993 geïntroduceerd door Adobe Systems, met als doel het vastleggen en bekijken van rijke informatie vanuit elke toepassing, op elke computer, met iedereen, overal. Dr. John Warnock, de medeoprichter van Adobe, had een systeem voor ogen waarmee documenten naadloos konden worden gedeeld tussen verschillende machines en besturingssystemen.

### *Belangrijkste kenmerken van PDF's*

Consistentie op verschillende platforms: Een van de opvallendste eigenschappen van een PDF is dat de opmaak van het document behouden blijft, ongeacht het apparaat, het besturingssysteem of de software die wordt gebruikt om het document te bekijken.

Beveiliging: PDF's kunnen worden gecodeerd, met een wachtwoord worden beveiligd en digitale handtekeningen hebben. Dit garandeert de authenticiteit en integriteit van een document.

Compressie: PDF's ondersteunen compressie van hoge kwaliteit waardoor grote documenten, vooral die met afbeeldingen en multimedia, kunnen worden verkleind zonder significant kwaliteitsverlies.

Integratie van multimedia: Hoewel PDF's voornamelijk worden gebruikt voor tekst, kunnen ze ook afbeeldingen, audio, video en hyperlinks bevatten.

Toegankelijkheid: Er kunnen functies aan PDF's worden toegevoegd om ze toegankelijker te maken voor mensen met een handicap, zoals het voorlezen van tekst.

### *De voordelen van het gebruik van PDF*

Universaliteit: Bijna elk apparaat en platform heeft een PDF-lezer beschikbaar, waardoor het een van de meest universeel geaccepteerde bestandsformaten is.

Behoud: PDF's behouden de originele lay-out, lettertypes, afbeeldingen en grafieken van een document. Dit zorgt ervoor dat een document er hetzelfde uitziet als het waar dan ook wordt geopend.

Compactheid: Met PDF's kunnen grote documenten effectief worden gecomprimeerd tot hanteerbare formaten, waardoor ze gemakkelijker kunnen worden gedeeld en opgeslagen.

Integratie: De mogelijkheid om verschillende multimedia-elementen te integreren in een enkel document maakt het een veelzijdige indeling.

Beveiliging: Voor gevoelige documenten zorgt de mogelijkheid om encryptie en digitale handtekeningen toe te voegen ervoor dat alleen bevoegd personeel toegang heeft.

### *PDF bewerken en software*

Adobe Acrobat is misschien wel de bekendste software in verband met PDF's, maar er zijn talloze andere tools beschikbaar voor het maken, bewerken en bekijken van PDF's. Enkele populaire alternatieven zijn Foxit Reader, PDF-XChange en Sumatra PDF. Veel online platforms bieden ook mogelijkheden voor het converteren en bewerken van PDF's.