

## DIN EN ISO 14644-13



ICS 13.040.35

Einsprüche bis 2016-04-26

**Entwurf**

**Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche –  
Teil 13: Reinigung von Oberflächen zur Erreichung definierter  
Reinheitsgrade hinsichtlich Partikel- und Chemikalienklassifikationen  
(ISO/DIS 14644-13:2016);  
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 14644-13:2016**

Cleanrooms and associated controlled environments –  
Part 13: Cleaning of surfaces to achieve defined levels of cleanliness in terms of particle and  
chemical classifications (ISO/DIS 14644-13:2016);  
German and English version prEN ISO 14644-13:2016

Salles propres et environnements maîtrisés apparentés –  
Partie 13: Nettoyage des surfaces afin d'obtenir des niveaux de propreté par rapport aux  
classifications particulaire et chimique (ISO/DIS 14644-13:2016);  
Version allemande et anglaise prEN ISO 14644-13:2016

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-02-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und  
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes  
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter [www.entwuerfe.din.de](http://www.entwuerfe.din.de) bzw. für Norm-Entwürfe  
der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort  
wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nhrs@din.de](mailto:nhrs@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im  
Internet unter [www.din.de/stellungnahme](http://www.din.de/stellungnahme) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter  
[www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRs),  
10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten  
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 85 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRs)  
DIN-Normenausschuss Medizin (NAMED)

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14644-13:2016) wurde im Technischen Komitee ISO/TC 209 „Cleanrooms and associated controlled environments“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 243 „Reinraumtechnologie“, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, erarbeitet.

Zuständig für die Deutsche Fassung ist der Arbeitsausschuss NA 041-02-21 AA „Reinraumtechnik (SpA CEN/TC 243 und ISO/TC 209)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 14644-13 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

## **Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche — Teil 13: Reinigung von Oberflächen zur Erreichung definierter Reinheitsgrade hinsichtlich Partikel- und Chemikalienklassifikationen (ISO/DIS 14644-13:2016)**

*Salles propres et environnements maîtrisés apparentés — Partie 13 : Nettoyage des surfaces afin d'obtenir des niveaux de propreté par rapport aux classifications particulaire et chimique (ISO/DIS 14644-13:2016)*

*Cleanrooms and associated controlled environments — Part 13: Cleaning of surfaces to achieve defined levels of cleanliness in terms of particle and chemical classification (ISO/DIS 14644-13:2016)*

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm  
Dokument-Untertyp:  
Dokumentstufe: parallele Umfrage  
Dokumentsprache: D

STD Version 2.7g

## Inhalt

|                                                                                                      | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                                                                           | 4     |
| Vorwort .....                                                                                        | 5     |
| Einleitung .....                                                                                     | 6     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                            | 7     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                       | 8     |
| 3 Begriffe .....                                                                                     | 8     |
| 4 Allgemeine Methodik .....                                                                          | 11    |
| 4.1 Überblick .....                                                                                  | 11    |
| 4.2 Methodik .....                                                                                   | 11    |
| 5 Objektbeschreibung .....                                                                           | 13    |
| 6 Reinheitsspezifikationen .....                                                                     | 14    |
| 7 Bestimmung des anfänglichen Kontaminationsgrades .....                                             | 14    |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                                | 14    |
| 7.2 Bestimmung des anfänglichen Kontaminationsgrades mit Bezug zur<br>Partikelkonzentration .....    | 15    |
| 7.3 Bestimmung des anfänglichen Kontaminationsgrades mit Bezug zur chemischen<br>Konzentration ..... | 15    |
| 8 Andere Anforderungen .....                                                                         | 15    |
| 9 Auswahl einer Reinigungsmethodik .....                                                             | 15    |
| 9.1 Auswahlverfahren .....                                                                           | 15    |
| 9.2 Reinigungsmethodiken .....                                                                       | 16    |
| 9.2.1 Reinigungsverfahren .....                                                                      | 16    |
| 9.2.2 Kategorien von Reinigungstechniken .....                                                       | 16    |
| 9.3 Reinigungsprozess .....                                                                          | 16    |
| 10 Überprüfung der Werkstoffkompatibilität .....                                                     | 17    |
| 11 Validierung der Reinigung .....                                                                   | 17    |
| 11.1 Allgemeines .....                                                                               | 17    |
| 11.2 Wirkungsgrad der Reinigung .....                                                                | 19    |
| 11.2.1 Beurteilung .....                                                                             | 19    |
| 11.2.2 Wirkungsgrad der Reinigung mit Bezug zur Partikelkonzentration .....                          | 19    |
| 11.2.3 Wirkungsgrad der Reinigung mit Bezug zur chemischen Kontamination .....                       | 20    |
| 11.3 Wirksamkeit der Reinigung .....                                                                 | 21    |
| 11.3.1 Bewertung .....                                                                               | 21    |
| 11.3.2 Wirksamkeit der Reinigung mit Bezug zur Partikelkonzentration .....                           | 21    |
| 11.3.3 Wirksamkeit der Reinigung mit Bezug zur chemischen Konzentration .....                        | 21    |
| 12 Messverfahren .....                                                                               | 22    |
| 12.1 Allgemeines .....                                                                               | 22    |
| 12.2 Direkte Messverfahren .....                                                                     | 22    |
| 12.2.1 Direkte Messverfahren mit Bezug zur SCP .....                                                 | 23    |
| 12.2.2 Direkte Messverfahren mit Bezug zur SCC .....                                                 | 23    |
| 12.3 Indirekte Messverfahren .....                                                                   | 23    |

|                                                                           |                                                                  |    |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|
| 12.3.1                                                                    | Indirekte Messverfahren mit Bezug zur SCP .....                  | 23 |
| 12.3.2                                                                    | Indirekte Messverfahren mit Bezug zur SCC .....                  | 24 |
| 13                                                                        | Dokumentation .....                                              | 24 |
| Anhang A (informativ) Aspekte von Reinigung.....                          |                                                                  | 25 |
| Anhang B (informativ) Reinigungsverfahren .....                           |                                                                  | 26 |
| B.1                                                                       | Allgemeines .....                                                | 26 |
| B.2                                                                       | Mechanische Reinigung.....                                       | 26 |
| B.2.1                                                                     | Wischen.....                                                     | 26 |
| B.2.2                                                                     | Bürsten/Fegen.....                                               | 26 |
| B.2.3                                                                     | Abkratzen/Abschaben.....                                         | 27 |
| B.2.4                                                                     | Schleifen.....                                                   | 27 |
| B.3                                                                       | Strömungstechnische Reinigung .....                              | 27 |
| B.3.1                                                                     | Waschen/Spülen/Trocknen.....                                     | 27 |
| B.3.2                                                                     | Reinigung durch Druckgas.....                                    | 27 |
| B.3.3                                                                     | Unterdruckreinigung.....                                         | 28 |
| B.3.4                                                                     | Schallreinigung .....                                            | 28 |
| B.3.5                                                                     | Sprühreinigung .....                                             | 28 |
| B.4                                                                       | Strahlreinigungstechniken .....                                  | 29 |
| B.4.1                                                                     | Allgemeines .....                                                | 29 |
| B.4.2                                                                     | Gasbestrahlung .....                                             | 29 |
| B.4.3                                                                     | Flüssigkeitsbestrahlung.....                                     | 30 |
| B.5                                                                       | Chemische Reinigung.....                                         | 31 |
| B.5.1                                                                     | Allgemeines .....                                                | 31 |
| B.5.2                                                                     | Ätzen .....                                                      | 31 |
| B.5.3                                                                     | Chemische Reaktion .....                                         | 31 |
| B.5.4                                                                     | Dampfreinigung .....                                             | 31 |
| B.5.5                                                                     | Plasmareinigung.....                                             | 31 |
| B.5.6                                                                     | Ozonreinigung .....                                              | 31 |
| B.6                                                                       | Arbeitsbereiche der beschriebenen Reinigungstechniken .....      | 32 |
| Anhang C (informativ) Werkstoffkompatibilität mit Reinigungsmitteln ..... |                                                                  | 34 |
| Anhang D (informativ) Reinheitsmessung.....                               |                                                                  | 36 |
| D.1                                                                       | Allgemeines .....                                                | 36 |
| D.2                                                                       | Sichtprüfung.....                                                | 36 |
| D.3                                                                       | Direkte Messung der Oberflächenreinheit .....                    | 36 |
| D.4                                                                       | Indirekte Messung der Oberflächenreinheit durch Extraktion ..... | 36 |
| D.4.1                                                                     | Extraktionstechnik .....                                         | 36 |
| D.4.2                                                                     | Extraktion aus dem Objekt .....                                  | 37 |
| D.4.3                                                                     | Extraktion aus dem Wischtuch.....                                | 37 |
| D.5                                                                       | Messverfahren.....                                               | 37 |
| D.5.1                                                                     | Einleitung .....                                                 | 37 |
| D.5.2                                                                     | Messverfahren für Partikel.....                                  | 37 |
| D.5.3                                                                     | Messverfahren für chemische Kontamination .....                  | 39 |
| Literaturhinweise.....                                                    |                                                                  | 41 |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 14644-13:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 209 „Cleanrooms and associated controlled environments“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 243 „Reinraumtechnologie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 14644-13:2016 wurde vom CEN als prEN ISO 14644-13:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://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.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/209 „Cleanrooms and associated controlled environments“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 243 „Reinraumtechnologie“.

ISO 14644 besteht unter dem allgemeinen Titel *Cleanrooms and associated controlled environments* aus den folgenden Teilen

- *Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*
- *Part 2: Monitoring to provide evidence of cleanroom performance related to air cleanliness by particle concentration*
- *Part 3: Test methods*
- *Part 4: Design, construction and start-up*
- *Part 5: Operations*
- *Part 7: Separative devices (clean air hoods, gloveboxes, isolators and mini-environments)*
- *Part 8: Classification of air cleanliness by chemical concentration (ACC)*
- *Part 9: Classification of surface cleanliness by particle concentration*
- *Part 10: Classification of surface cleanliness by chemical concentration*
- *Part 12: Classification of air cleanliness by nanoscale particle concentration*
- *Part 13: Cleaning of surfaces to achieve defined levels of cleanliness in terms of particle and chemical classification*
- *Part 14: Assessment of suitability for use of equipment by airborne particle concentration*
- *Part 15: Assessment of suitability for use of equipment and materials by airborne chemical concentration*

Ebenfalls wird verwiesen auf ISO 14698, *Cleanrooms and associated controlled environments — Biocontamination control*:

- *Part 1: General principles and methods*
- *Part 2: Evaluation and interpretation of biocontamination data*

## Einleitung

„Oberfläche“ bezieht sich auf die Schnittstelle zwischen zwei Phasen. Für die Anwendung dieses Dokuments ist die Oberfläche ein Feststoff, bei dem eine oder mehrere der Kontaminationskategorie(n) (Partikel, Chemikalie) durch Reinigung/Dekontaminierung unter Kontrolle gebracht werden. Der Reinheitsgrad ist in den entsprechenden Klassifizierungen der Oberflächenreinheit (ISO 14644-9:2012, *Surface cleanliness by particle concentration (SCP)*; ISO 14644-10:2013, *Surface cleanliness by chemical concentration (SCC)*) festgelegt. Abhängig vom geforderten Reinheitsgrad (Reinheitsklasse) sind unterschiedliche Reinigungsverfahren notwendig. Diese Norm gibt eine Anleitung zur Auswahl von Reinigungsverfahren, um festgelegte Reinheitsgrade zu erreichen. Beim Auswahlverfahren sind die Aspekte in Bezug auf Oberflächenbeschreibung, Reinheitsspezifikationen, Kontaminationsarten, Reinigungstechniken, Werkstoffkompatibilität sowie Methodik zur Bewertung zu berücksichtigen. Die meisten Verfahren sind zur gleichzeitigen Entfernung von mehr als einer Kontaminationskategorie geeignet, deshalb ist eine allgemeine Norm für die Auswahl eines Reinigungsverfahrens sowohl für eine Kontamination durch Partikel als auch durch Chemikalien erforderlich.

## 1 Anwendungsbereich

Die Norm behandelt die Reinigung von Reinraumboberflächen, Oberflächen der Ausrüstung in einem Reinraum und Oberflächen von Materialien in einem Reinraum bis zu einem festgelegten Grad. Sie gibt Anleitungen zur Bewertung von Reinigungsverfahren zum Erreichen der geforderten Klassen der partikulären Oberflächenreinheit (SCP, en: surface cleanliness by particle concentration) und der chemischen Oberflächenreinheit (SCC, en: surface cleanliness by chemical concentration) und in Bezug darauf, welche Techniken zum Erreichen dieser festgelegten Grade berücksichtigt werden sollten.

Die Wirksamkeit von Reinigungstechniken wird auf die Reinheitsklassen und die damit verbundenen Prüfverfahren aus ISO 14644-9:2012 und ISO 14644-10:2013 verweisen.

Die folgenden Aspekte der allgemeinen Anleitung werden vorausgesetzt:

- die erwarteten Oberflächenreinheitsgrade;
- die Eignung der Reinigungsverfahren;
- die Kompatibilität von Oberflächen mit der Reinigungstechnik;
- die Bewertung der Reinigungswirksamkeit.

Das Folgende wird in dieser Norm nicht berücksichtigt:

- die Klassifizierung von Reinigungsverfahren;
- das innerhalb eines Reinraum hergestellte Produkt;
- die spezifische Oberfläche in Bezug auf die Reinigungsverfahren;
- die detaillierte Beschreibung von Reinigungsmechanismen, -verfahren sowie Verfahrensweisen von verschiedenen Reinigungsverfahren;
- die detaillierten Materialkenngößen;
- die Beschreibung von Mechanismen hinsichtlich von Schäden durch die Reinigungsprozesse und zeitabhängige Auswirkungen;
- Verweisungen auf interaktive Bindungskräfte zwischen den Kontaminanten und Oberflächen oder Generierungsprozesse, die üblicherweise zeit- und prozessabhängig sind;
- weitere Kenngrößen von Partikeln, beispielsweise elektrostatische Ladung, Ionenladungen usw.;
- die chemischen Reaktionen zwischen molekularen Kontaminanten und Oberflächen;
- die mikrobiologischen Aspekte der Oberflächenreinheit;
- die radioaktiven Aspekte der Kontamination;
- die Aspekte des Gesundheitsschutzes und der Arbeitssicherheit;
- die Umweltaspekte, beispielsweise Abfallentsorgung, Emissionen usw.;
- die Auswahl und Anwendung von statistischen Verfahren.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 14644-8:2013, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 8: Classification of air cleanliness by chemical concentration (ACC)*

ISO 14644-9:2012, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 9: Classification of surface cleanliness by particle concentration*

ISO 14644-10:2013, *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 10: Classification of surface cleanliness by chemical concentration*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. Dabei wurde ein Begriff in allen Teilen von ISO 14644 definiert und die folgenden gelten:

**3.1  
Reinheit (einer festen Oberfläche)**  
Zustand einer festen Oberfläche, wobei das Ausmaß der Kontamination (partikulär, chemisch, lebensfähig) bis zu einem festgelegten Grad kontrolliert wird

**3.2  
Wirksamkeit der Reinigung**  
das Verhältnis zwischen der notwendigen Reinheit und der erreichten Reinheit unter kontrollierten Bedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Unter realen Betriebsbedingungen oder Überwachung wird der Begriff Wirkungsgrad der Reinigung verwendet.

**3.3  
Wirkungsgrad der Reinigung**  
der Anteil von spezifischen Kontaminationen, der durch einen Reinigungsprozess von der Oberfläche entfernt wird; der Anteil wird bestimmt durch die erreichte Oberflächenreinheit bezüglich der anfänglichen Oberflächenreinheit

**3.4  
Kontamination**  
unerwünschtes Material an einem unerwünschten Ort

**3.5  
chemische Kontamination**  
chemische (nicht-partikuläre) Stoffe, die eine schädliche Wirkung auf das Produkt, das Verfahren oder die Ausrüstung haben können

**3.6  
Deskriptor für festgelegte Partikelgrößenbereiche**  
Differentialdeskriptor, der den SCP-Grad innerhalb festgelegter Partikelgrößenbereiche angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Deskriptor kann auf Bereiche der Partikelgröße angewendet werden, die von besonderem Interesse sind, oder auf die Partikelgrößenbereiche, die außerhalb des Bereichs des Klassifizierungssystems liegen; er kann sowohl unabhängig als auch als Ergänzung zu den SCP-Klassen festgelegt werden.

### 3.7

#### **direktes Messverfahren**

die zu bestimmende Kontamination wird ohne jegliche Zwischenschritte beurteilt

### 3.8

#### **indirektes Messverfahren**

die zu bestimmende Kontamination wird mit Zwischenschritten beurteilt

### 3.9

#### **Partikel**

kleines Teil Materie mit physikalisch definierten Abgrenzungen

### 3.10

#### **partikuläre Kontamination**

Partikel mit dem Potential, den Prozess, das Produkt, das Personal oder die Einrichtungen zu beeinträchtigen

### 3.11

#### **Partikelgröße**

Längenabmessung, die die Größe eines dreidimensionalen Partikels beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Partikelgröße ist abhängig vom Messverfahren.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es können verschiedene Verfahren eingesetzt werden, um die Partikelgröße zu bestimmen, z. B. größte Abmessung, äquivalenter Durchmesser, kleinster geschlossener Behälter.

### 3.12

#### **Partikelgrößenverteilung**

Summenhäufigkeitsverteilung der Partikelkonzentration, dargestellt als Funktion der Partikelgröße [ISO 14644-9:2012]

### 3.13

#### **feste Oberfläche**

Grenzfläche zwischen der festen und einer zweiten Phase

### 3.14

#### **Oberfläche**

Abgrenzung zwischen zwei Phasen; eine von denen ist für gewöhnlich eine Festphase und die andere ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein anderer Feststoff

### 3.15

#### **Oberflächenpartikel**

feste und/oder flüssige Materie, die an einer betrachteten Oberfläche haftet und diskontinuierlich über diese verteilt ist, mit der Ausnahme filmartiger Materie, die die gesamte Oberfläche bedeckt. Ihre Haftung an der Oberfläche erfolgt durch chemische und/oder physikalische Wechselwirkungen

### 3.16

#### **Klassifizierung der partikulären Oberflächenreinheit**

##### **SCP-Klassifizierung**

Grad (oder Prozess der Festlegung oder Bestimmung des Grades) der die höchstens zulässige Oberflächenkonzentration, in Partikel je Quadratmeter, für die jeweils betrachtete Partikelgröße darstellt, und als ISO-SCP-Klasse *N* angegeben wird [ISO 14644-9:2012]

### 3.17

#### **Klasse der partikulären Oberflächenreinheit**

##### **SCP-Klasse**

Einstufungszahl zur Angabe der höchstens zulässigen Oberflächenkonzentration, in Partikel je Quadratmeter, für die betrachtete Partikelgröße (SCP-Klassen 1 bis 8)

### 3.18

#### **Partikelkonzentration der Oberfläche**

Anzahl einzelner Partikel je Flächeneinheit der betrachteten Oberfläche

### 3.19

#### **Oberflächenreinheit anhand der chemischen Konzentrationsklasse (SCC)**

gebräuchlicher Logarithmus (zur Basis 10) der chemischen Konzentration auf einer Oberfläche in Gramm je Quadratmeter ( $\text{g/m}^2$ ) [ISO 14644-10:2013]

Die Angabe der SCC-Klasse muss immer entsprechend eines chemischen Stoffs oder einer Gruppe von chemischen Stoffen (x) festgelegt sein.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Format von SCC ist SCC-Klasse  $N(x)$ .

## 4 Allgemeine Methodik

### 4.1 Überblick

Für die Reinigung müssen mehrere Aspekte berücksichtigt werden. Bild 1 gibt einen Überblick über die Faktoren, die zu der Eignung von Reinigungsverfahren beitragen, eine festgelegte Stufe von Oberflächenreinheit zu erreichen. Für weitere Einzelheiten, siehe Anhang A.

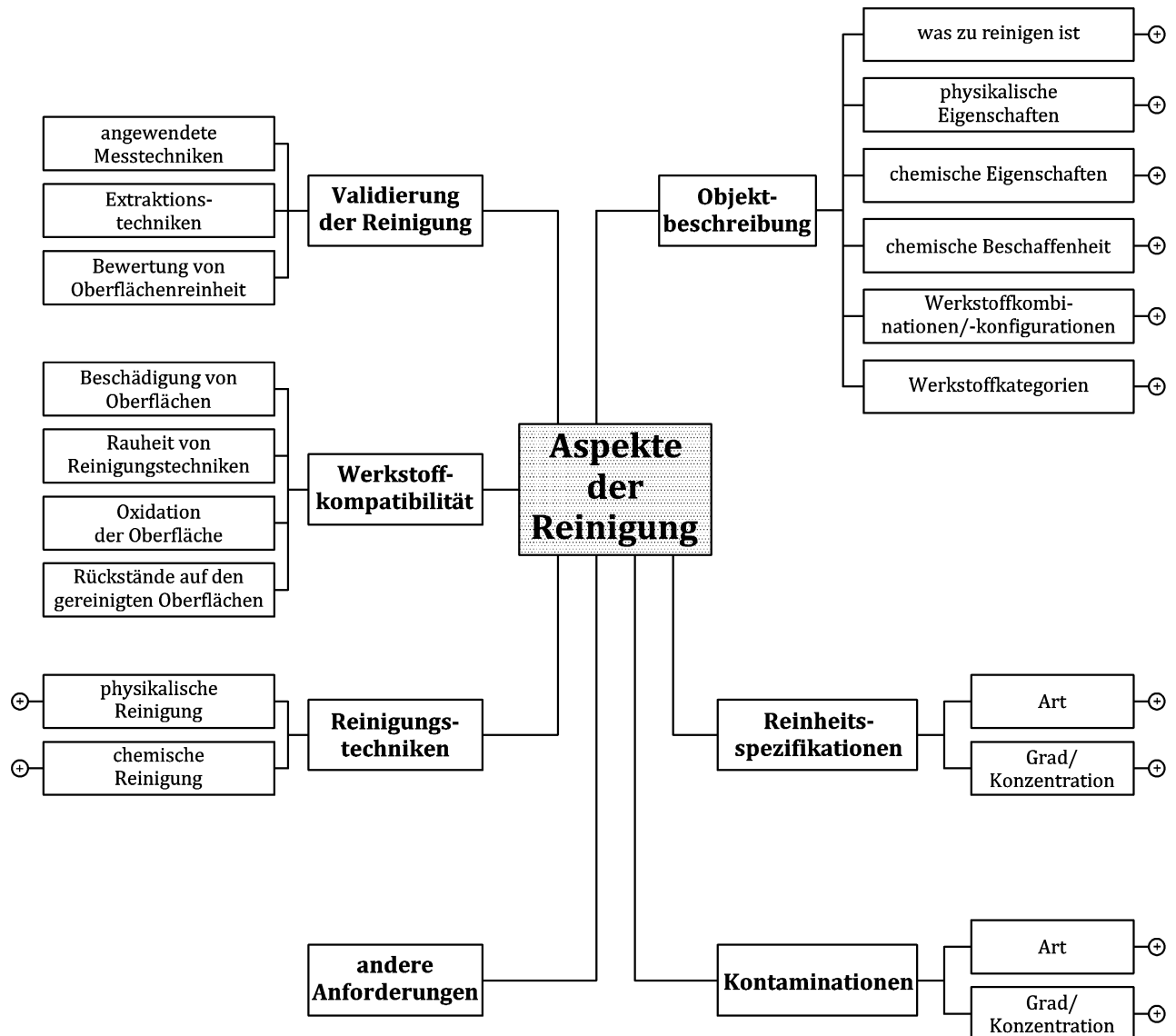


Bild 1 — Überblick über Reinigungsaspekte

### 4.2 Methodik

Die Wirksamkeit einer Reinigungstechnik für eine Anwendung hängt von vielen Faktoren ab. Für komplexe Objekte ist es ratsam, der nachstehend beschriebenen Reihenfolge und dem Entscheidungsbaum (Bild 2) zu folgen. Durch Anwendung dieses Verfahrens kann sichergestellt werden, dass alle wichtigen Themen abgedeckt sind. Für einfache Objekte und Oberflächen sind Abweichungen von dem Ablauf zulässig, sofern die wesentlichen Informationen dokumentiert sind.

Der Ansatz beginnt mit der Beschreibung des zu reinigenden Objekts. Die Beschreibung sollte unter anderem Werkstoffe und Oberflächenbehandlung sowie Gestaltungsfaktoren wie geometrische Komplexität und Größe abdecken (Schritt 1). Im zweiten Schritt ist das Ziel des Reinigungsverfahrens hinsichtlich der gewünschten Reinheit des Objekts festzulegen. Als Ausgangspunkt sollte der Kontaminationsgrad bewertet werden (Schritt 3), und andere Anforderungen müssen aufgeführt werden (Schritt 4). Auf Grundlage der Art der Kontaminationen und des geforderten Entfernungswirkungsgrades kann eine Reinigungstechnik oder eine Kombination von Techniken ausgewählt werden (Schritt 5). Die Reinigungsmethodik muss gegenüber den Werkstoffen aus dem ersten Schritt überprüft werden, um Probleme mit der Werkstoffkompatibilität zu vermeiden (Schritt 6). In dem letzten Schritt muss ein Validierungsverfahren durchgeführt werden (Schritt 7). Die Validierung muss mindestens Verfahren zur Bestimmung der Reinigungsleistung und Werkstoffkompatibilität umfassen. Die Reinigungsleistung muss in Bezug zur Spezifikation überprüft werden.

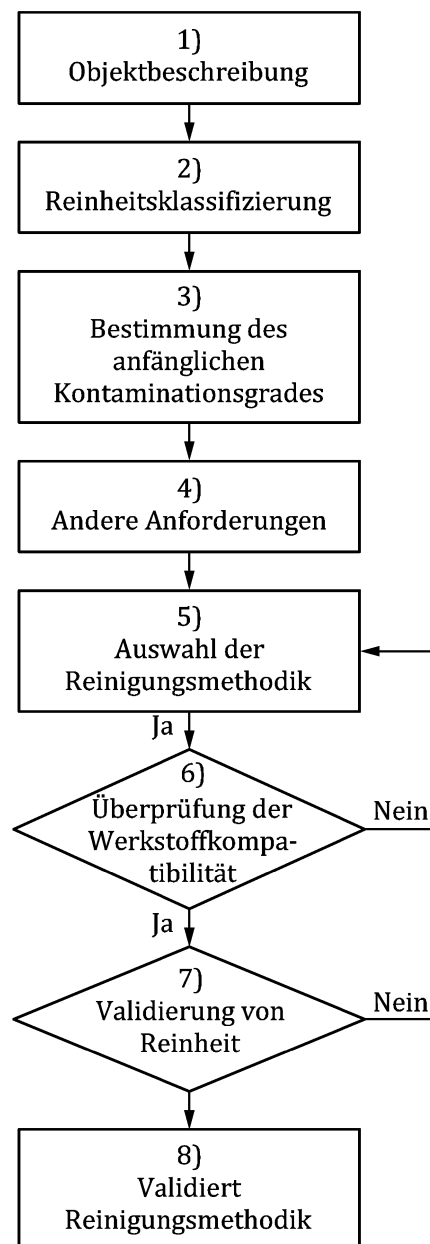


Bild 2 — Entscheidungsbaum

## 5 Objektbeschreibung

Bei der Objektbeschreibung müssen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

### Physikalische Eigenschaften des Objekts:

- physikalische Abmessungen;
- Form/Gestalt/Komplexität des Objekts;
- kritische Oberflächen.

Es muss eine allgemeine Beschreibung des Objekts angegeben werden. Größe, Gestalt, Komplexität und Identifikation der kritischen Oberflächen setzen viele Randbedingungen für ein Reinigungsverfahren.

### Oberfläche(n):

- Werkstoffzusammensetzung der Oberfläche(n) des Objekts;
- Komplexität;
- Werkstoffe/kritische Werkstoffe (empfindlich gegenüber Reinigungsmitteln);
- dünne/ atomare Oberflächenschichten (z. B. Schutzschichten);
- andere physikalische Eigenschaften (z. B. elektrostatische)

Die Zusammensetzung des Objekts könnte einfach (ein oder mehrere ähnliche Werkstoff(e)) oder ein System sein, das aus einer Reihe unterschiedlicher Werkstoffe (z. B. Zusammensetzung aus Metall/Kunststoff/Glass) besteht. Jeder einzelne Werkstoff sollte bei der Auswahl eines Reinigungsverfahrens mit berücksichtigt werden. Einige Werkstoffkombinationen können sehr schwer zu reinigen sein, da ein Reinigungsverfahren für einen Werkstoff geeignet sein kann, aber nicht für einen anderen. Mit Auswahl des Reinigungsverfahrens muss der beste Kompromiss aus minimaler Beschädigung der Werkstoffe bei maximalem Wirkungsgrad der Reinigung erreicht werden.

### Chemische Eigenschaften der Oberfläche(n):

- chemische Zusammensetzung;
- Zustand der Oberfläche (hydrophob, hydrophil, lyophob, lyophil, usw.);
- energetischer Zustand der Oberfläche (Zeta-Potential).

Physikalische und chemische Eigenschaften einer Oberfläche haben einen großen Einfluss auf die Auswahl eines Reinigungsverfahrens. Die Auswahl eines Verfahrens muss alle beteiligten Werkstoffe/chemische Zusammensetzung der Oberfläche(n) sowie die Kombination zu reinigender Werkstoffe berücksichtigen.

Die Aktivität der Oberfläche wird durch die chemische Konfiguration der atomaren Oberschicht bestimmt. Dies ist ein wichtiger Parameter bei der Auswahl eines Verfahrens. Diese Schichten können hydrophil (wasserbenetzbar – lyophil) oder hydrophob (wasserabweisend aber fettbenetzbar – lyophob) sein. Das Reinigungsverfahren kann die Oberflächenaktivität beeinflussen. Die Oberflächenaktivität beeinflusst auch die elektrostatischen Eigenschaften eines Werkstoffes – eine hydrophile Oberfläche wird weniger dazu neigen, sich elektrisch aufzuladen.

### **Morphologie:**

Reinigung wird durch die morphologischen Aspekte einer Oberfläche wie Gestalt, Größe, Struktur, Oberflächenrauheit oder -porosität beeinflusst. Morphologische Aspekte können zudem die Reinigung aufgrund der Zugänglichkeit der zu reinigenden Oberflächen und durch Ablagerung von Reinigungsmitteln und Materialien, die zur Reinigung verwendet werden, erschweren.

### **Objektspezifische Anforderungen:**

- vorgesehener Verwendungszweck des Objekts;
- Umweltbedingungen, sowohl vor als auch nach der Reinigung;
- kritische Oberflächen – Oberflächen, die entweder von hoher Bedeutung für die Anwendung oder empfindlich gegenüber Reinigung sind.

## **6 Reinheitsspezifikationen**

Die Begründung für die Bestimmung der Wirksamkeit des Reinigungsverfahrens sollte die interessierenden Kontaminanten sowie akzeptable Kontaminationsgrade für die Anwendung umfassen.

Die geforderte Reinheit muss hinsichtlich der Partikelkonzentration nach ISO 14644-9:2012 und/oder hinsichtlich der Konzentration einer spezifischen Gruppe von Chemikalien nach ISO 14644-10:2013 festgelegt werden.

Die zu erzielende Reinheitsklasse kann auf verschiedene Arten festgelegt werden:

- durch den Kunden geforderte Reinheitsklasse;
- übliche Reinheitsklasse, die für ähnliche Objekte gefordert wird;
- durch Analyse der Auswirkung von Kontamination der Oberfläche auf die (zukünftige) Funktion eines Produkts oder eines Prozesses, wenn in der/denen bzw. in denen die gereinigte Oberfläche verwendet werden wird;
- durch Prüfungen oder Simulationen mit verschiedenen Reinheitsklassen der betroffenen Oberfläche und/oder;
- durch Analyse der Kontamination, die Ausfall oder Qualitätsverlust verursachte.

## **7 Bestimmung des anfänglichen Kontaminationsgrades**

### **7.1 Allgemeines**

Um das Reinigungsverfahren für das Erreichen eines geforderten Reinheitsgrades auszuwählen, muss die anfängliche Oberflächenreinheit festgelegt werden. Die anfängliche Oberflächenreinheit anhand der Partikelkonzentration und/oder chemischen Konzentration muss für die betrachteten Oberflächen bestimmt werden. Sie kann qualitativ oder quantitativ bestimmt werden.

Qualitative Beurteilung ist eine nichtnumerische Bewertung (z. B. Sichtprüfung).

Im Fall, dass die quantitative Oberflächenreinheit bestimmt wird, kann sie auf den Wirkungsgrad des Reinigungsverfahrens hinsichtlich der geforderten Oberflächenreinheit anhand der Partikelkonzentration und/oder chemischen Konzentration bezogen werden. Die quantifizierte Kontamination (partikulär und/oder chemisch) muss auf die Fläche der repräsentativen Oberfläche bezogen werden. Auf diese Weise kann die anfängliche Reinheitsklasse angegeben werden.

## **7.2 Bestimmung des anfänglichen Kontaminationsgrades mit Bezug zur Partikelkonzentration**

Die anfängliche partikuläre Oberflächenreinheit muss für die verschiedenen Oberflächen bestimmt werden. In Abhängigkeit von der geforderten Reinheitsklasse kann eine qualitative Bewertung des anfänglichen Reinheitsgrades ausreichen. Bei quantitativer Bewertung muss die Anzahl und Größe von Partikeln durch ein Messverfahren, wie in Abschnitt 12 beschrieben, charakterisiert werden. Die Klassifizierung der Oberflächenreinheit muss nach ISO 14644-9:2012 erfolgen.

Die quantifizierte Partikelkonzentration muss auf die Fläche der repräsentativen Oberfläche bezogen werden. Auf diese Weise kann die anfängliche Reinheitsklasse angegeben werden.

## **7.3 Bestimmung des anfänglichen Kontaminationsgrades mit Bezug zur chemischen Konzentration**

Die anfängliche chemische Oberflächenreinheit muss für die verschiedenen Oberflächen bestimmt werden. In Abhängigkeit von der spezifischen Anwendung kann eine qualitative Bewertung (z. B. Wasserablaufprüfung) des anfänglichen Reinheitsgrades ausreichen. Bei quantitativer Bewertung der Masse und Beschaffenheit der chemischen Kontaminanten muss eine Messtechnik nach Abschnitt 12 und ISO 14644-10:2013 angewendet werden.

Die quantifizierte Kontamination durch Chemikalien muss auf die Fläche der repräsentativen Oberfläche bezogen werden. Auf diese Weise kann die anfängliche Reinheitsklasse angegeben werden.

## **8 Andere Anforderungen**

Neben Anforderungen an die Wirksamkeit der Reinigung und Produktintegrität beeinflussen viele andere Teilaspekte die Anwendbarkeit des Reinigungsverfahrens. In Schritt 5 des Entscheidungsbaums (siehe Bild 2) müssen diese anderen Aspekte aufgeführt und Anforderungen festgelegt werden. Die Inhalte dieser Anforderungen hängen eng mit dem Objekt oder der Oberfläche und ihrer Anwendung zusammen.

Typische Beispiele für andere Anforderungen sind: verfügbare Zeit für die Reinigung, Anzahl von Gegenständen, die gereinigt werden, verfügbare Stellfläche, Abfall, Investitions- und Personalkosten, Fähigkeit der Bedienungsperson und Umweltaspekte.

## **9 Auswahl einer Reinigungsmethodik**

### **9.1 Auswahlverfahren**

In den Abschnitten 5 bis 8 sind Anforderungen für die Reinigung festgelegt. Im Auswahlprozess für die Reinigungsmethodik muss die beste Übereinstimmung zwischen diesen Anforderungen und den Eigenschaften einer Reinigungsmethodik ermittelt werden.

Die endgültige Entscheidung über die Auswahl eines Reinigungsverfahrens muss auf einer Kombination aller Aspekte, die technisch und finanziell optimale und wirksamste Lösung zu finden, beruhen. Der Verbraucher, der Lieferant der Reinraumtechnologie und der Prozessverantwortliche der zu reinigenden Oberfläche/des Objekts/der Komponente sollten an diesem Auswahlprozess beteiligt sein. Die Entscheidung optimiert die verschiedenen Parameter und muss die spezifizierte Oberflächenqualität sicherstellen. Die Tabellen in Anhang A können den Auswahlprozess unterstützen.

## 9.2 Reinigungsmethodiken

### 9.2.1 Reinigungsverfahren

Eine Reinigungsmethodik besteht aus einer Reinigungstechnik (z.B. Wischen, Plasmareinigung und Ultraschallreinigung) und einem Reinigungsprozess. Der Reinigungsprozess ist mit der Reinigungstechnik verbunden und umfasst den mechanischen Aufwand, die chemische Energie, die Temperatur und die Prozesszeit. Durch die Anwendung einer ausgewogenen Kombination dieser vier Prozessparameter kann das optimale Reinigungsergebnis erreicht werden. Die endgültige Reinheit kann durch die Beschädigung des Substrats und/oder den in Abschnitt 8 „Andere Anforderungen“ festgelegten Auswahlkriterien eingeschränkt sein.

Der geforderte Reinheitsgrad und der anfängliche Reinheitsgrad der Partikel- und/oder chemischen Konzentration führen zu einer Auswahl von Reinigungsverfahren. Im Fall einer hohen anfänglichen Reinheitsklasse und einer niedrigen geforderten Reinheitsklasse kann eine Kombination von Verfahren erforderlich sein.

### 9.2.2 Kategorien von Reinigungstechniken

Die Reinigungstechniken können, in Abhängigkeit vom bestimmenden Reinigungsmechanismus, in physikalische und chemische Reinigung unterteilt werden, die zusätzlich in Nass- und Trockenreinigungstechniken unterteilt werden könnten. Ob ein Prozess als physikalisch/chemisch oder als nass/trocken eingestuft wird, hängt von dem bestimmenden Mechanismus ab, der für die Reinigung verwendet wird. Eine unvollständige Liste physikalischer Reinigungstechniken kann Anhang B.2 (mechanische Reinigung), Anhang B.3 (strömungstechnische Reinigung) und Anhang B.4 (Strahlreinigungstechniken) entnommen werden. Eine Liste chemischer Reinigungstechniken kann Anhang B.5 (chemische Reinigung) entnommen werden. Verweisungen auf die Kategorien von Reinigungstechniken sind in Tabelle 1 angegeben.

**Tabelle 1 — Kategorisierung von Reinigungstechniken, wie in Anhang B beschrieben**

| Reinigungstechnik | Physikalisch     | Chemisch    |
|-------------------|------------------|-------------|
| Trocken           | B.2, B.4 trocken | B.5 trocken |
| Nass              | B.3, B.4 nass    | B.5 nass    |

Die Nummern der Unterabschnitte verweisen auf Anhang B, in dem eine kurze Beschreibung der wesentlichen Reinigungstechniken angegeben ist.

Tabelle B.1 und Tabelle B.2 unterstützen die Auswahl einer geeigneten Reinigungstechnik (physikalisch/chemisch), die die Reinheitsspezifikationen erfüllt. Mit Hilfe von Eignungsprüfungen der Werkstoffkompatibilität (siehe Abschnitt 10) und empirischen Werten/Beurteilung muss die am besten geeignete Technik für die Validierung (siehe Abschnitt 11) ausgewählt werden.

## 9.3 Reinigungsprozess

In Tabelle B.1 und Tabelle B.2 ist ein Überblick über die Arbeitsbereiche für unterschiedliche Reinigungstechniken angegeben. In diesen Bereichen wird von optimalen Prozessbedingungen ausgegangen. Da Werkstoffeigenschaften und andere Anforderungen zur Verwendung weniger optimierter Bedingungen zwingen könnten, könnte der tatsächliche Wirkungsgrad und die Wirksamkeit der Reinigung geringer sein. Die Prozesseinstellungen müssen entweder durch eine experimentelle Untersuchung oder aufgrund von Erfahrung festgelegt werden.

## 10 Überprüfung der Werkstoffkompatibilität

Die Kompatibilität von Werkstoffen mit Reinigungsmitteln muss berücksichtigt werden. Diese Reinigungsmittel (z. B. Chemikalien, Lösemittel, Hochdruckgas oder -flüssigkeit) müssen bezüglich ihrer Kompatibilität mit den zu reinigenden Werkstoffen oder Gegenständen und ihres Wirkungsgrades, unterschiedliche Arten von Kontaminanten: Partikel oder chemische Kontaminanten, zu entfernen, ausgewählt werden.

Schädliche Wirkungen auf Oberflächen können durch Reinigungsmittel und/oder die Reinigungstechnik verursacht werden. Die chemische Beschaffenheit der Oberflächenwerkstoffe sollten in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Oberfläche einzeln oder in Kombination technisch beurteilt werden.

Solche direkten, indirekten oder langfristigen Wirkungen sind nachfolgend beschrieben:

- Direkte Wirkungen sind Veränderungen intrinsischer Werkstoffeigenschaften (physikalisch und/oder chemisch) als Folge der Wechselwirkung mit einem Prozessparameter der Reinigungstechnik: chemische Beschaffenheit eines Lösemittels, Dauer der Aussetzung, Temperatur.

**BEISPIEL 1** Die Veränderung der chemischen Oberflächenstruktur kann das physikalische Verhalten stark verändern. Die Veränderung der hydrophilen Eigenschaft der atomaren Oberschicht durch den Reinigungsprozess in hydrophob kann das physikalische Verhalten der gereinigten Oberfläche verändern d.h. Benetzbarkeit und elektrostatische Ladung. Eine hydrophobe Oberfläche ist nicht benetzbar und leicht aufzuladen, was Partikel anziehen kann.

**BEISPIEL 2** Veränderung der Oberflächenrauheit.

- Indirekte Wirkungen können aufgrund unterschiedlicher physikalisch-chemischer Mechanismen als Folge sekundärer Wechselwirkungen entstehen (z. B. chemische Reaktionen mit spezifischen Verbindungen des Substrats) oder aufgrund der Wechselwirkung mit einem Nicht-Prozessparameter (späterer Abbau oder Oxidation durch O<sub>2</sub> aus der Luft, Ablagerungen von Rückständen als neue Kontamination)

**ANMERKUNG** Eine indirekte Wirkung könnte nicht unmittelbar zu beobachten sein.

- Langfristige Wirkungen entstehen aus einem langsamen Prozess (z. B. durch chemische Umwandlung eingeleitete Korrosion nach chemischer Reinigung, Alterung, Schwächung).

Anhang C gibt einen Überblick der Kompatibilität mit chemischen Lösemitteln; es ist eine unvollständige Liste. Im Fall fehlender Informationen zu einem spezifischen Reinigungslösemittel muss der chemische Widerstand des Werkstoffs durch eine geeignete Prüfung bewertet werden.

## 11 Validierung der Reinigung

### 11.1 Allgemeines

Um die Eignung eines ausgewählten Reinigungsverfahrens zu bewerten, sollten die Wirksamkeit der Reinigung und der Wirkungsgrad der Reinigung berücksichtigt werden.

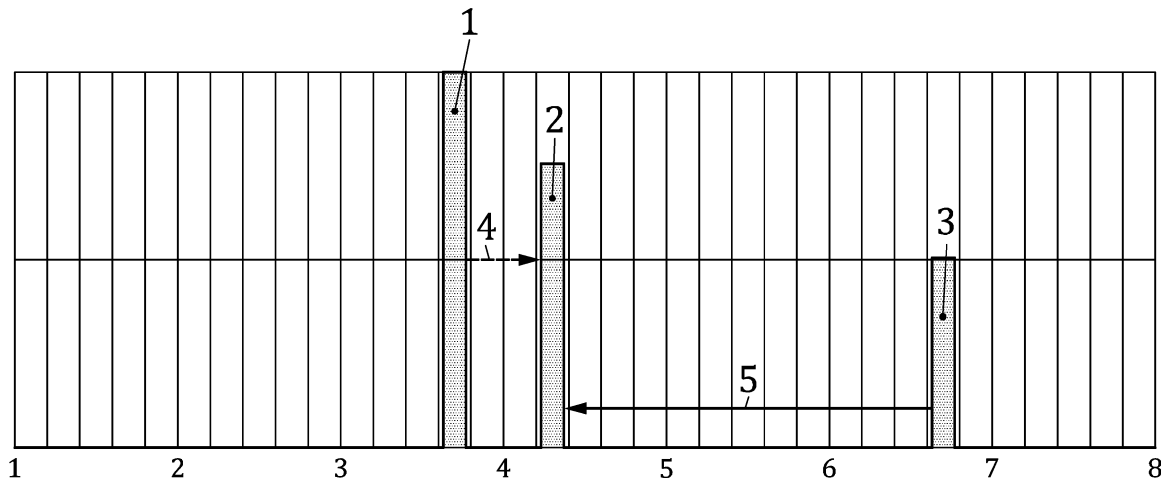
Um zu validieren, ob ein Reinigungsprozess die geforderte Oberflächenreinheit bezüglich der Partikelkonzentration und/oder chemischen Konzentration erzielt, sollten die erreichten SCP- und/oder SCC-Reinheitsklassen der Oberfläche bestimmt werden.

Andere leistungsbezogene Aspekte wie Wiederholbarkeit, Reproduzierbarkeit oder Einflüsse von Bedienungspersonen müssen ebenfalls berücksichtigt werden. In Abschnitt 8 werden eine Reihe von Anforderungen festgelegt, die in keinem Zusammenhang mit der Reinigungsleistung stehen. Obwohl diese Anforderungen bei der Auswahl des Reinigungsverfahrens berücksichtigt werden, muss im Validierungsprozess verifiziert werden, dass diese Anforderungen erfüllt sind.

Die Bilder 3 und 4 sind Abbildungen der Begriffe Wirkungsgrad der Reinigung und Wirksamkeit der Reinigung.

Wirkungsgrad der Reinigung =  $1 - \text{Endgültige Reinheit} / \text{Anfängliche Reinheit}$  (ausgedrückt in Prozent)

Wirksamkeit der Reinigung =  $\text{Geforderte Reinheit} / \text{Endgültige Reinheit}$



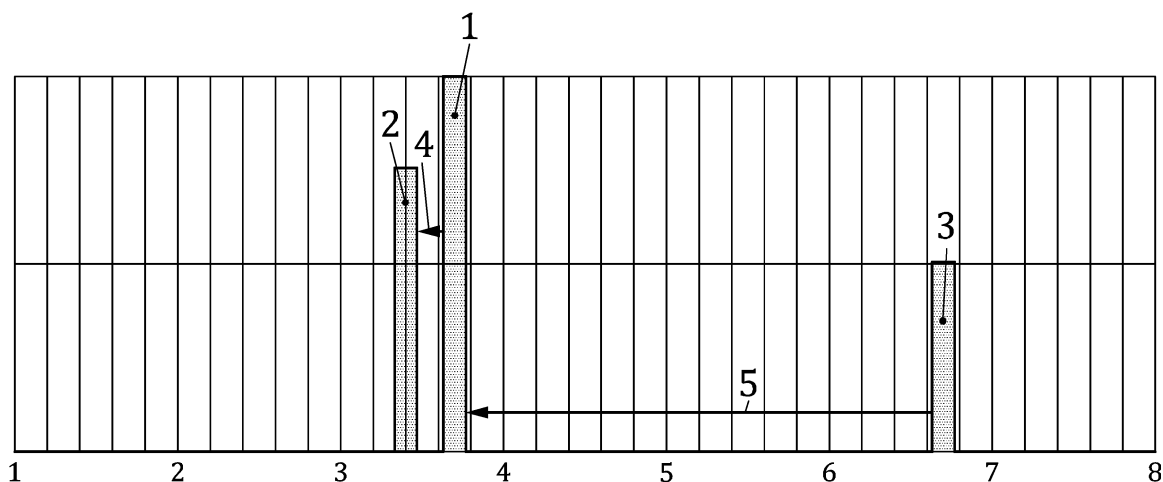
#### Legende

- 1 Geforderte Reinheit
- 2 Endgültige Reinheit A
- 3 Anfängliche Reinheit
- 4 Wirksamkeit der Reinigung A
- 5 Wirkungsgrad der Reinigung A

**Bild 3 — Reinigung A**

Wirkungsgrad der Reinigung = 99,6 %

Wirksamkeit der Reinigung = 0,25. Das Reinigungsergebnis erfüllt die Mindestanforderung an die Reinheit nicht.



#### Legende

- 1 Geforderte Reinheit
- 2 Endgültige Reinheit B
- 3 Anfängliche Reinheit
- 4 Wirksamkeit der Reinigung B
- 5 Wirkungsgrad der Reinigung B

**Bild 4 — Reinigung B**

Wirkungsgrad der Reinigung = 99,95 %

Wirksamkeit der Reinigung = 2. Das Reinigungsergebnis übertrifft die Mindestanforderung an die Reinheit.

## 11.2 Wirkungsgrad der Reinigung

### 11.2.1 Beurteilung

Für die Beurteilung des Wirkungsgrads der Reinigung eines Reinigungsprozesses bezüglich der Partikelkonzentration und/oder chemischen Konzentration sollte das Verhältnis zwischen der anfänglichen Oberflächenreinheit der SCP und/oder SCC-Klasse (Schritt 3 in Bild 2) und der endgültigen Oberflächenreinheit der SCP und/oder SCC-Klasse bestimmt werden.

### 11.2.2 Wirkungsgrad der Reinigung mit Bezug zur Partikelkonzentration

Der Wirkungsgrad der Reinigung bezüglich Partikeln wird bestimmt durch die Partikelkonzentration  $C(D)_{fin}$  (endgültig) nach der Reinigung zu einer gegebenen anfänglichen Oberflächenreinheit durch Partikelkonzentration  $C(D)_{ini}$  (anfänglich):

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{10^{SCP\ N_{fin}}}{10^{SCP\ N_{ini}}} \quad [1]$$

dabei ist

$D$  = Partikelgröße ( $\mu\text{m}$ )

$C(D)_{fin}$  = Partikelkonzentration (endgültig)

$C(D)_{ini}$  = Partikelkonzentration (anfänglich)

Die Beziehung zwischen der Anzahl der Partikelkonzentration und der Klasse der Oberflächenreinheit ist nach ISO 14644-9:2012 angegeben durch:

$$C(D) = \frac{10^{SCP\ N}}{D} \quad [2]$$

Die Kombination der Gleichungen[1] und[2] ergibt den Wirkungsgrad der Reinigung hinsichtlich der SCP:

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{C(D)_{fin}}{C(D)_{ini}} \quad [3]$$

Dabei ist

$D$  = Partikelgröße ( $\mu\text{m}$ )

$N$  = SCP Klassifizierungsnummer

$SCP\ N_{fin}$  = Oberflächenreinheit von Partikeln nach Klassifizierungsnummer (endgültig)

$SCP\ N_{ini}$  = Oberflächenreinheit von Partikeln nach Klassifizierungsnummer (anfänglich)

ANMERKUNG Der Wirkungsgrad der Reinigung kann auch in Prozent (%) ausgedrückt werden.

#### BEISPIEL

Die anfängliche Konzentration von Partikeln  $\geq 5 \mu\text{m}$  je  $\text{m}^2$  beträgt 600 000. Demnach ist die  $\text{SCP}_{\text{ini}} = {}^{10}\log(600\,000 \cdot 5) = 6,5$ .

Die anfängliche  $\text{SCP}_{\text{ini}} = 6,5$  für Partikel von mindestens  $5 \mu\text{m}$ .

Der Wirkungsgrad der Reinigung hinsichtlich der Partikelkonzentration  $= 1 - (1\,000 \cdot 5) / (600\,000 \cdot 5) = 1 - 1/600 = 0,998 \%$  oder  $99,8 \%$  für Partikel  $\geq 5 \mu\text{m}$ .

Nach der Reinigung beträgt die Konzentration von Partikeln  $\geq 5 \mu\text{m}$  je  $\text{m}^2$  1 000. Demnach ist die  $\text{SCP}_{\text{fin}} = {}^{10}\log(1\,000 \cdot 5) = 3,7$ .

Ähnlich ist der Wirkungsgrad der Reinigung bezüglich der SCP-Klassen  $= 1 - 10^{3,7/10^{6,5}} = 1 - 10^{3,7-6,5} = 1 - 10^{-2,8} = 0,9984 \%$  oder  $99,84 \%$  für Partikel  $\geq 5 \mu\text{m}$ .

### 11.2.3 Wirkungsgrad der Reinigung mit Bezug zur chemischen Kontamination

Die Wirksamkeit eines Reinigungsprozesses bezüglich Chemikalien wird durch die  $\text{Cm}_{\text{fin}}$  (endgültige) Klasse nach Reinigung mit gegebener anfänglicher  $\text{Cm}_{\text{ini}}$  (anfänglich) bestimmt:

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{\text{Cm}_{\text{fin}}}{\text{Cm}_{\text{ini}}} \quad [4]$$

Die Beziehung der chemischen Massenkonzentration und der Klasse der Oberflächenreinheit anhand der chemischen Konzentration (SCC) ist nach ISO 14644-10:2013 angegeben durch:

$$\text{Cm} = 10^{\text{SCC}} \quad [5]$$

Die Kombination der Gleichungen [4] und [5] ergibt die Reinigungseffizienz hinsichtlich der SCP:

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{10^{\text{SCC}_{\text{fin}}}}{10^{\text{SCC}_{\text{ini}}}} \quad [6]$$

ANMERKUNG Der Wirkungsgrad der Reinigung kann auch in Prozent (%) ausgedrückt werden.

#### BEISPIEL

Die anfängliche der Konzentration der Kohlenwasserstoffe beträgt  $50 \text{ mg je m}^2$  für Kohlenwasserstoffe.

Demnach ist die  $\text{SCC}_{\text{ini}} = {}^{10}\log(50 \cdot 10^{-3}) = -1,3$  für Kohlenwasserstoffe.

Nach der Reinigung beträgt die Konzentration der Kohlenwasserstoffe  $10 \mu\text{g je m}^2$ . Demnach ist die  $\text{SCC}_{\text{fin}} = {}^{10}\log(10 \cdot 10^{-6}) = -5,0$ .

Der Wirkungsgrad der Reinigung hinsichtlich chemischer Konzentration  $= 1 - 10 \cdot 10^{-6} / 50 \cdot 1.000 \cdot 10^{-6} = 1 - 1/50\,000 = 0,99998 \%$  oder  $99,998 \%$  für Kohlenwasserstoffe.

Ähnlich ist der Wirkungsgrad der Reinigung bezüglich der SCC-Klassen  $= 1 - 10^{-5,0/10^{-1,3}} = 1 - 10^{-5,0+1,3} = 1 - 10^{-4,7} = 0,99998 \%$  oder  $99,998 \%$  für Kohlenwasserstoffe.

### 11.3 Wirksamkeit der Reinigung

#### 11.3.1 Bewertung

Für die Bewertung der Wirksamkeit der Reinigung sollte die endgültige (fin) Reinheitsklasse der gereinigten Oberfläche  $SCP_{fin}$  und/oder  $SCC_{fin}$  bestimmt und mit der geforderten (req) Reinheitsklasse verglichen werden:  $SCP_{req}$  oder  $SCC_{req}$ .

#### 11.3.2 Wirksamkeit der Reinigung mit Bezug zur Partikelkonzentration

Die Wirksamkeit der Reinigung ist das Verhältnis der geforderten Oberflächenreinheit anhand der Partikelkonzentration  $C(D)_{req}$  (gefordert) unter kontrollierten Bedingungen zu der Partikelkonzentration nach Reinigung  $C(D)_{fin}$  (endgültig):

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{C(D)_{req}}{C(D)_{fin}} \quad [7]$$

Die Anzahl der Partikelkonzentration wird durch Gleichung [2] angegeben.

Die Kombination der Gleichungen [7] und [2] ergibt die Wirksamkeit der Reinigung hinsichtlich der SCP:

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{10^{SCP_{req}}}{10^{SCP_{fin}}} \quad [8]$$

Beträgt die Wirksamkeit der Reinigung weniger als 1, war das ausgewählte Reinigungsverfahren nicht geeignet. Beträgt die Wirksamkeit der Reinigung mindestens 1, war das ausgewählte Reinigungsverfahren geeignet und führt zu einer Oberfläche der geforderten Reinheitsklasse.

#### BEISPIEL

Die geforderte  $SCP_{req} = 4,0$  für Partikel von mindestens  $10 \mu m$ .

Das bedeutet, dass  $C(10 \mu m)_{req} = 10\,000/10 = 1\,000$ .

Nach der Reinigung beträgt die Konzentration von Partikeln  $\geq 10 \mu m$   $C(10 \mu m)_{fin}$  je  $m^2$  1 250.

Wirksamkeit der Reinigung =  $1\,000/1\,250 = 0,8$  was 80 % für Partikel  $\geq 10 \mu m$  sind

Hinsichtlich der SCP:

$$SCP_{fin} = \log_{10} 12\,500 = 4,1$$

Die Wirksamkeit der Reinigung =  $10^{4,0}/10^{4,1} = 10^{(4,0-4,1)} = 10^{-0,1} = 0,8$  oder 80 %.

Die Wirksamkeit der Reinigung erfüllt die Anforderungen nicht.

#### 11.3.3 Wirksamkeit der Reinigung mit Bezug zur chemischen Konzentration

Die Wirksamkeit der Reinigung ist das Verhältnis der geforderten Oberflächenreinheit anhand der chemischen Massenkonzentration  $Cm_{req}$  unter kontrollierten Bedingungen zu der chemischen Massenkonzentration nach Reinigung  $Cm_{fin}$ :

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{Cm_{req}}{Cm_{fin}} \quad [9]$$

Die chemische Massenkonzentration wird durch Gleichung [5] angegeben.

Kombination der Gleichungen [9] und [5] ergibt die Wirksamkeit der Reinigung hinsichtlich der SCC:

$$\text{Wirkungsgrad der Reinigung} = 1 - \frac{10^{SCC_{req}}}{10^{SCC_{fin}}} \quad [10]$$

Beträgt die Wirksamkeit der Reinigung weniger als 1, war das ausgewählte Reinigungsverfahren nicht geeignet.

Beträgt die Wirksamkeit der Reinigung mindestens 1, war das ausgewählte Reinigungsverfahren geeignet und führt zu einer Oberfläche der geforderten Reinheitsklasse.

#### BEISPIEL

Die geforderte  $SCC_{req} = -4,0$  für Kohlenwasserstoffe.  $C_{m_{req}} = 10^{-4} \text{ g/m}^2 = 100 \text{ } \mu\text{g/m}^2$ .

Nach der Reinigung beträgt die Konzentration der Kohlenwasserstoffe  $70 \text{ } \mu\text{g je m}^2$ .

Wirksamkeit der Reinigung =  $100/70 = 1,43$ , was 143 % sind.

Hinsichtlich der SCC:

$$SCC_{fin} = {}^{10}\log(70 \cdot 10^{-6}) = -4,15.$$

Die Wirksamkeit der Reinigung =  $10^{-4,0} / 10^{-4,15} = 10^{(-4,0+4,15)} = 10^{0,15} = 1,41$ , was 141 % sind.

Die Wirksamkeit der Reinigung erfüllt die Anforderungen nicht.

ANMERKUNG Bei der Anwendung des beurteilten Reinigungsverfahrens könnte sich der Wirkungsgrad von der gemessenen Wirksamkeit unterscheiden.

## 12 Messverfahren

### 12.1 Allgemeines

Die Partikelkonzentration und/oder chemische Konzentration auf einer gereinigten Oberfläche kann direkt oder indirekt gemessen werden. Die direkte Messung von Oberflächenreinheit kann in Situationen geeignet sein, in denen die Oberfläche zugänglich ist. Die untersuchte Oberfläche muss zu der Messeinrichtung gebracht werden oder die Einrichtung muss zu der Oberfläche gebracht werden.

Der für die Messung ausgewählte Bereich der Oberfläche muss sowohl für den gesamten bewerteten Bereich als auch für den vorliegenden Kontaminationsgrad durch Partikel und/oder Chemikalien repräsentativ sein.

Das ausgewählte Messverfahren der Oberflächenreinheit kann verwendet werden, um die anfängliche und/oder endgültige Reinheitsklasse der Oberfläche zu bestimmen.

Anwendbare Messverfahren sind in ISO 14644-9:2012 und ISO 14644-10:2013 beschrieben.

Siehe Anhang D für weitere Informationen zu Messverfahren.

### 12.2 Direkte Messverfahren

Ein direktes Messverfahren bestimmt die Oberflächenreinheit mit Bezug zur Partikelkonzentration oder chemischen Konzentration auf der betrachteten Oberfläche des gereinigten Objekts. Die sich ergebenden Konzentrationen von interessierenden Partikeln oder interessierenden Chemikalien müssen entweder als Konzentrationen oder als Klassen der Oberflächenreinheit (SCP und SCC) ausgedrückt werden.

### 12.2.1 Direkte Messverfahren mit Bezug zur SCP

Die Anzahl von Partikeln  $> D$  je Oberflächenbereich wird gezählt. Für  $D$ , könnte ein Satz unterschiedlich großer Behälter ( $D_i$  und  $D_{i+1}$ ) ausgewählt werden. Die kleinste Größe  $D_1$  muss gleich oder kleiner sein wie die interessierende Partikelgröße.

Durch eine bestimmte Vergrößerung, einer Lupe oder eines (stereo) Mikroskops, können kleinere Partikelgrößen gezählt werden, jedoch wird das Sichtfeld ebenfalls kleiner sein werden. Um einen repräsentativen Oberflächenbereich zu messen, kann es erforderlich sein, die Oberfläche abzutasten, wenn das Sichtfeld zu klein ist. Ein repräsentativer Bereich wird durch den Bereich bestimmt, der mindestens 20 Partikel der interessierenden Größe innerhalb der vorgesehenen SCP-Klasse aufweisen kann (siehe Gleichung 11).

$$A \geq 20 \times \frac{D}{10^{SCP}} \quad [11]$$

### 12.2.2 Direkte Messverfahren mit Bezug zur SCC

Es wird eine spektroskopische oder fortgeschrittene Technik der Oberflächenanalyse verwendet, um die interessierende chemische Kontamination auf der Oberfläche zu bestimmen.

In einem geschlossenen Heiz- oder Unterdrucksystem kann die SCC durch Messung der Ausgasung der Oberfläche durch Massenspektroskopie und zugehörige Techniken zur Analyse von Restgas bestimmt werden.

In einigen Fällen könnte ein Teil der Oberfläche von dem Objekt entfernt werden, um in ein fortgeschrittenes Messsystem zu passen.

## 12.3 Indirekte Messverfahren

Ein indirektes Verfahren sollte verwendet werden, wenn die zu messende Oberfläche nicht erreicht werden kann oder zu groß für das vorhandene Messsystem ist.

### 12.3.1 Indirekte Messverfahren mit Bezug zur SCP

Für dieses Verfahren sollten Partikel von der Oberfläche entweder in ein anderes Medium (Luft, Flüssigkeit) oder auf eine andere Oberfläche übertragen werden.

Der Wirkungsgrad der Übertragung muss mit einbezogen werden und wird von Übertragungsverfahren, Partikelgröße und Oberflächeneigenschaften abhängen.

Für Partikel, die in einer Flüssigkeit oder einem Gas gelöst sind, können entweder ein Filtrationsverfahren mit anschließender mikroskopischer Analyse oder ein diskretes Partikelzählverfahren verwendet werden. Für Übertragungsoberflächen kann ein direktes Messverfahren verwendet werden.

Die Anzahl von Partikeln  $> D$  je Oberflächenbereich wird gezählt. Für  $D$  könnte ein Satz unterschiedlich großer Behälter ( $D_i$  und  $D_{i+1}$ ) ausgewählt werden. Die kleinste Größe  $D_1$  muss gleich oder kleiner sein wie die interessierende Partikelgröße.

Um die ursprüngliche Oberflächenkontamination zu bestimmen, sollte die gemessene Anzahl von Partikeln durch die Fläche der Oberflächenfläche geteilt werden, von der die Partikel entnommen wurden.

Durch stärkere Vergrößerung können kleinere Partikelgrößen gezählt werden, jedoch wird das Sichtfeld ebenfalls kleiner werden. Um einen repräsentativen Oberflächenbereich zu messen kann es erforderlich sein, die Oberfläche abzutasten, wenn das Sichtfeld zu klein ist. Ein repräsentativer Bereich wird durch den Bereich bestimmt, der mindestens 20 Partikel der interessierenden Größe innerhalb der vorgesehenen SCP-Klasse aufweisen darf (siehe Gleichung 11).

### 12.3.2 Indirekte Messverfahren mit Bezug zur SCC

Um die Konzentration von interessierenden Chemikalien auf der Oberfläche eines Objekts zu messen, können die Chemikalien extrahiert werden, indem die chemische Kontamination in einem Lösemittel aufgelöst wird. Das Lösemittel, das die extrahierten Chemikalien enthält, kann dann durch geeignete chemische Analysetechniken analysiert werden. In einem Heiz- oder Unterdrucksystem können die chemischen Kontaminanten in einem Sorptionsmittel konzentriert werden und durch eine geeignete chemische Analysetechnik gemessen werden.

Der Wirkungsgrad der Übertragung sollte mit einbezogen werden und hängt vom Übertragungsverfahren, die interessierenden Chemikalien und Oberflächeneigenschaften ab.

Die Masse der interessierenden Chemikalien muss durch die Fläche der Oberfläche geteilt werden, von der die Chemikalien entnommen wurden, um die ursprüngliche Konzentration zu bestimmen.

## 13 Dokumentation

Die Ergebnisse aus jedem Schritt im Entscheidungsbaum (siehe Bild 2) müssen aufgezeichnet und als ein ausführlicher Bericht eingereicht werden, zusammen mit einer Angabe über die Übereinstimmung oder Nicht-Übereinstimmung mit den festgelegten Zielen, wie in den Abschnitten 5 bis 12 beschrieben. In einfachen Fällen dürfen Schritte zusammengefasst und in einem Dokument berichtet werden.

Der Bericht muss folgendes umfassen:

- a) Name und Adresse der ausführenden Organisation;
- b) Identifikation von Personal und das Datum, an dem Prüfungen durchgeführt oder Entscheidungen getroffen wurden;
- c) Verweisung auf diesen Teil von ISO 14644 d. h., ISO 14644-13:201X;
- d) festgelegte Kennzeichnungskriterien für das Objekt;
- e) Grenzbedingungen und Annahmen;
- f) angewendete Verfahren und Verfahrensweisen, z. B. ISO 14644-9:2012 für partikuläre Oberflächenreinheit und ISO 14644-8:2013 für die Klassifizierung von Luftreinheit durch Chemikalienkonzentration und ISO 14644-10:2013 chemische Oberflächenreinheit;
- g) angewendete Messeinrichtung und Nachweis von Kalibration;
- h) Ergebnisse, entweder aus Bewertungen/Auswahlverfahren oder experimentelle Ergebnisse. Für die Ergebnisse der Validierung von Reinigung müssen die Dokumentationsanforderungen nach ISO 14644-9:2012 und ISO 14644-8:2013 und/oder ISO 14644-10:2013 eingehalten werden;
- i) Bestätigung der Übergabe, um den nächsten Schritt zu beginnen.

ANMERKUNG Bewertungen, Auswahlverfahren und experimentelle Untersuchungen sind Teil des Entscheidungsbaums (Bild 2). Daher bezieht sich der Text auf die ausführende Organisation und Identifikation von Personal, statt auf die häufig verwendeten Begriffe „prüfende Organisation“ und „Identifikation von Bedienungsperson“.