

**KATEGORIE 2 — WERKSTOFFBEARBEITUNG****2A Systeme, Ausrüstung und Bestandteile**

Anmerkung: Geräuscharme Lager: siehe Liste für Waffen, Munition und Rüstungsmaterial.

**2A001 Wälzlager und Lagersysteme wie folgt und Bestandteile hierfür:**

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2A101.

Anmerkung: Nummer 2A001 erfasst nicht Kugeln mit einer vom Hersteller spezifizierten Toleranz gemäß ISO 3 290 Grad 5 oder schlechter.

## 2A001 (Fortsetzung)

- a) Kugel- und Rollenlager mit allen vom Hersteller spezifizierten Toleranzen gemäß ISO 492 Klasse 4 (oder vergleichbaren nationalen Normen) oder besser, und bei denen sowohl ‚Ringe‘ als auch ‚Wälzkörper‘ aus Monel-Metall oder Beryllium sind;

Anmerkung: Unternummer 2A001a erfasst nicht Kegellager.

Technische Anmerkungen:

1. ‚Ring‘ – ringförmiges Teil eines Radialwälzlagers mit einer oder mehreren Laufbahnen (ISO 5593:1997).
2. ‚Wälzkörper‘ – Kugel oder Rolle, die zwischen Laufbahnen abwälzt (ISO 5593:1997).

- b) nicht belegt,

- c) aktive Magnetlagersysteme mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. Einsatz von Materialien mit einer magnetischen Flussdichte größer/gleich 2,0 T und einer Streckgrenze größer als 414 MPa,
2. Verwendung von vollelektromagnetischen 3D homopolar vormagnetisierten Konstruktionen für Aktuatoren oder
3. Verwendung von Hochtemperatur(450 K (177 °C) und höher)-Positionssensoren.

2A101 Kugellager für Radialbelastungen, die nicht von Nummer 2A001 erfasst sind, mit Toleranzwerten gemäß ISO 492 Toleranzklasse 2 (oder ANSI/ABMA Std 20 mit der Toleranzklasse ABEC-9 oder vergleichbaren nationalen Normen) oder besser und mit allen folgenden Kenndaten:

- a) Durchmesser der Bohrung zwischen 12 mm und 50 mm,
- b) äußerer Durchmesser zwischen 25 mm und 100 mm und
- c) Maß für die Breite zwischen 10 mm und 20 mm.

2A225 Tiegel aus Materialien, die gegen flüssige Aktiniden-Metalle resistent sind, wie folgt:

- a) Tiegel mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Fassungsvermögen von 150 cm<sup>3</sup> bis 8 000 cm<sup>3</sup> und
2. hergestellt aus oder ausgekleidet mit einem der folgenden Materialien oder einer Kombination der folgenden Materialien mit einem Anteil an Verunreinigungen von kleiner/gleich 2 Gew.-%:
  - a) Calciumfluorid (CaF<sub>2</sub>),
  - b) Calciummetazirkonat (CaZrO<sub>3</sub>),
  - c) Cersulfid (Ce<sub>2</sub>S<sub>3</sub>),
  - d) Erbiumoxid (Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),
  - e) Hafniumoxid (HfO<sub>2</sub>),
  - f) Magnesiumoxid (MgO),
  - g) nitridhaltige Niob-Titan-Wolfram-Legierungen (etwa 50 % Nb, 30 % Ti, 20 % W),
  - h) Yttriumoxid (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), oder
  - i) Zirkondioxid (ZrO<sub>2</sub>);

- b) Tiegel mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Fassungsvermögen von 50 cm<sup>3</sup> bis 2 000 cm<sup>3</sup> und
2. hergestellt aus oder ausgekleidet mit Tantal der Reinheit größer/gleich 99,9 Gew.-%;

- c) Tiegel mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Fassungsvermögen von 50 cm<sup>3</sup> bis 2 000 cm<sup>3</sup>
2. hergestellt aus oder ausgekleidet mit Tantal der Reinheit größer/gleich 98 Gew.-% und
3. beschichtet mit Tantalkarbid, Tantalnitrid oder Tantalborid oder jeder Kombination hieraus.

2A226 Ventile mit allen folgenden Eigenschaften:

- a) "Nennweite" größer/gleich 5 mm,
- b) mit Federbalgabdichtung und
- c) ganz aus Aluminium, Aluminiumlegierungen, Nickel oder Nickellegierungen mit mehr als 60 Gew.-% Nickel hergestellt oder damit ausgekleidet.

Technische Anmerkung:

Bei Ventilen mit unterschiedlichem Einlass- und Auslassdurchmesser bezieht sich die in Nummer 2A226 genannte 'Nennweite' auf den kleineren der beiden Durchmesser.

**2B Prüf-, Test- und Herstellungseinrichtungen**

Technische Anmerkungen:

1. In der Summe der bahnsteuerungsfähigen Achsen werden zweite parallele, bahnsteuerungsfähige Achsen nicht gezählt, z. B. die W-Achse in Horizontal-Bohrwerken oder ein zweiter Rundtisch, dessen Mittelpunktslinie parallel zu der des ersten Rundtisches verläuft. Als Rundachsen werden auch solche Achsen bezeichnet, die nicht 360° drehen können. Eine Rundachse kann von Linearsystemen angetrieben werden, z. B. einer Schraube oder einem Zahnrad und einer Zahnstange.
2. Im Sinne der Nummer 2B sind als Achsen zur simultanen „Bahnsteuerung“ nur die Achsen zu zählen, entlang deren oder um welche während der Bearbeitung des Werkstücks simultane und in Wechselbeziehung stehende Bewegungen zwischen Werkstück und Werkzeug durchgeführt werden. Nicht mitzuzählen sind weitere Achsen, entlang deren oder um welche andere Relativbewegungen innerhalb der Maschine durchgeführt werden, z. B.:
  - a) Schleifscheiben-Abrichtsysteme in Schleifmaschinen,
  - b) parallele Rundachsen, konstruiert zur separaten Aufspannung von Werkstücken,
  - c) Achsen von Gegenspindeln zur Handhabung eines Werkstücks beim Einspannen in ein Futter an unterschiedlichen Werkstückseiten.
3. Die Achsenbezeichnungen entsprechen der Internationalen Norm ISO 841:2001, Industrielle Automatisierungssysteme und Integration – Numerische Steuerung von Maschinen – Koordinatensysteme und Bewegungsrichtungen.
4. Im Sinne der Nummern 2B001 bis 2B009 zählt eine „Schwenkspindel“ als Rundachse.
5. Als Alternative zu individuellen Testprotokollen können für jedes Werkzeugmaschinenmodell 'amtliche Werte für die "einseitige Wiederholgenauigkeit"' herangezogen und folgendermaßen bestimmt werden:
  - a) Auswahl von fünf Maschinen eines zu bewertenden Modells;
  - b) Messung der einseitigen Wiederholgenauigkeit entlang der Linearachse ( $R \uparrow$ ,  $R \downarrow$ ) nach ISO 230-2:2014 und Berechnung der "einseitigen Wiederholgenauigkeit" für jede Achse von allen fünf Maschinen;
  - c) Bestimmung des arithmetischen Mittelwerts für die "einseitige Wiederholgenauigkeit" für die jeweiligen Achsen, wobei alle fünf Maschinen zusammengefasst werden. Diese arithmetischen Mittelwerte der „einseitigen Wiederholgenauigkeit“ ( $|UPR|$ ) stellen den amtlichen Wert für jede Achse des Modells dar ( $|UPR|_x$ ,  $|UPR|_y$ , ...);
  - d) Da sich die Liste der Kategorie 2 auf jede Linearachse bezieht, gibt es für jede Linearachse einen entsprechenden amtlichen Wert der "einseitigen Wiederholgenauigkeit";

## 2B 5. (Fortsetzung)

e) Hat eine Achse eines Maschinenmodells, das nicht von den Unternehmern 2B001a bis 2B001c erfasst wird, einen 'amtlichen Wert für die "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner/gleich der spezifizierten "einseitigen Wiederholgenauigkeit" jedes Werkzeugmaschinenmodells zuzüglich 0,7 µm, ist der Hersteller aufgefordert, den Genauigkeitswert alle 18 Monate zu bestätigen.

6. Im Sinne der Unternehmern 2B001a bis 2B001c ist die Messunsicherheit für die "einseitige Wiederholgenauigkeit" von Werkzeugmaschinen nach der Definition in der Internationalen Norm ISO 230-2:2014 oder entsprechenden nationalen Normen nicht zu berücksichtigen.

7. Im Sinne der Unternehmern 2B001a bis 2B001c ist die Vermessung der Achsen nach den Prüfverfahren gemäß ISO 230-2:2014, Abschnitt 5.3.2 vorzunehmen. Prüfungen für Achsen mit einer Länge von mehr als 2 Metern sind an 2 m langen Abschnitten vorzunehmen. Mehr als 4 m lange Achsen erfordern mehrere Prüfungen (z. B. zwei Prüfungen bei Achsen mit einer Länge von mehr als 4 m und höchstens 8 m, drei Prüfungen bei Achsen mit einer Länge von mehr als 8 m und höchstens 12 m), welche jeweils an 2 m-Abschnitten vorzunehmen sind und mit gleichen Abständen über die Achslänge verteilt sein müssen. Die Prüfabschnitte müssen gleichmäßig über die gesamte Achslänge angeordnet sein, wobei die überständige Länge gleichmäßig auf den Bereich vor den Prüfabschnitten, zwischen ihnen und dahinter zu verteilen ist. Es ist der kleinste Wert der "einseitigen Wiederholgenauigkeit" aller Prüfabschnitte zu melden.

2B001 Werkzeugmaschinen und eine beliebige Kombination von diesen, für das Abtragen (oder Schneiden) von Metallen, Keramiken oder "Verbundwerkstoffen", die gemäß den technischen Spezifikationen des Herstellers mit elektronischen Geräten zur "numerischen Steuerung" ausgerüstet werden können, wie folgt:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B201.

Anmerkung 1: Nummer 2B001 erfasst keine speziellen Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung von Zahnrädern. Für diese Maschinen siehe Nummer 2B003.

Anmerkung 2: Nummer 2B001 erfasst keine speziellen Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung eines der folgenden Teile:

- a) Kurbelwellen oder Nockenwellen,
- b) Schneidwerkzeuge,
- c) Extruderschnecken,
- d) Gravierteile oder Juwelierwaren oder
- e) Zahnprothesen.

Anmerkung 3: Eine Werkzeugmaschine, die mindestens zwei der drei Bearbeitungsverfahren Drehen, Fräsen oder Schleifen kombiniert (z. B. eine Drehmaschine mit Fräsfunktion), muss nach jeder der zutreffenden Unternehmern 2B001a, b oder c geprüft werden.

Anmerkung: Für Maschinen zur optischen Endbearbeitung (finishing), siehe Nummer 2B002

a) Werkzeugmaschinen für Drehbearbeitung mit zwei oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung" mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 0,9 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg von weniger als 1,0 m oder
2. "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 1,1 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg größer gleich 1,0 m;

Anmerkung 1: Anmerkung 1: Unternummer 2B001a erfasst keine Drehmaschinen, besonders konstruiert für die Herstellung von Kontaktlinsen mit allen folgenden Eigenschaften:

2B001

a. Anmerkung 1: (Fortsetzung)

a) Maschinensteuerung beschränkt auf die Verwendung ophthalmischer Software für die Dateneingabe zur Teileprogrammierung und

b) ohne Vakuum-Spannfutter.

Anmerkung 2: Nummer 2B001a erfasst nicht Drehautomaten (Swissturn) ausschließlich zur Bearbeitung von Stangen (bar feed thru), bei Stangendurchmessern gleich/kleiner 42 mm und ohne Möglichkeit zur Verwendung von Drehfuttern. Werkzeugmaschinen können mit Bohr- und/oder Fräsfunktion zur Bearbeitung von Teilen mit einem Durchmesser kleiner 42 mm ausgestattet sein.

b) Werkzeugmaschinen für Fräsbearbeitung mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. drei Linearachsen plus einer Rundachse zur simultanen "Bahnsteuerung" mit einer der folgenden Eigenschaften:

a) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 0,9 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg von weniger als 1,0 m oder

b) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 1,1 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg größer gleich 1,0 m;

2. fünf oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung" mit einer der folgenden Eigenschaften:

a) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 0,9 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg von weniger als 1,0 m,

b) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 1,4 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg größer gleich 1 m und kleiner als 4 m; oder

c) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 6,0 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg größer gleich 4 m,

d) nicht belegt,

3. "einseitige Wiederholgenauigkeit" für Lehrenbohrmaschinen kleiner (besser)/gleich 1,1 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen oder

4. Schlagfräsmaschinen (fly cutting machines) mit allen folgenden Eigenschaften:

a) Spindel-"Rundlaufabweichung" und Spindel-"Planlaufabweichung" kleiner (besser) 0,0004 mm Gesamtmessuhrausschlag (TIR) und

b) Winkelabweichung der Schlittenbewegung (Gieren, Stampfen und Rollen) kleiner (besser) 2 Bogensekunden Gesamtmessuhrausschlag (TIR) über einen Verfahrensweg von 300 mm;

c) Werkzeugmaschinen für Schleifbearbeitung mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. mit allen folgenden Eigenschaften:

a) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 1,1 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen und

b) drei oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung" oder

2. fünf oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung" mit einer der folgenden Eigenschaften:

a) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 1,1 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg von weniger als 1 m,

b) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich 1,4 µm entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg größer gleich 1 m und kleiner als 4 m oder

## 2B001 c. 2. (Fortsetzung)

- c) "einseitige Wiederholgenauigkeit" kleiner (besser)/gleich  $6,0 \mu\text{m}$  entlang einer oder mehrerer Linearachsen mit einem Verfahrensweg größer gleich  $4 \text{ m}$ .

Anmerkung: Unternummer 2B001c erfasst nicht folgende Schleifmaschinen:

- a) Außen-, Innen-, Außen-/Innen-Rundschleifmaschinen mit allen folgenden Eigenschaften:
1. Begrenzung auf Rundschleifen und
  2. maximaler Arbeitsbereich von  $150 \text{ mm}$  Außendurchmesser oder Länge,
- b) Maschinen, besonders konstruiert als Koordinatenschleifmaschinen, die keine Z- oder W-Achse mit einer "einseitigen Wiederholgenauigkeit" von kleiner (besser) als  $1,1 \mu\text{m}$  haben,
- c) Flachsleifmaschinen.
- d) Funkenerosionsmaschinen (EDM) — Senkerodiermaschinen — mit zwei oder mehr Drehachsen, die für eine "Bahnsteuerung" simultan koordiniert werden können;
- e) Werkzeugmaschinen zum Abtragen von Metallen, Keramiken oder "Verbundwerkstoffen" mit allen folgenden Eigenschaften:
1. zum Abtragen von Material mittels:
    - a) Wasser oder anderen Flüssigkeitsstrahlen, einschließlich solcher, die abrasive Zusätze enthalten,
    - b) Elektronenstrahlen oder
    - c) "Laser"strahlen und
  2. mit mindestens zwei Drehachsen mit allen folgenden Eigenschaften:
    - a) Drehachsen koordinierbar zur simultanen "Bahnsteuerung" und
    - b) Positionier"genauigkeit" kleiner (besser) als  $0,003^\circ$ ;
- f) Tiefloch-Bohrmaschinen und Drehmaschinen, hergerichtet zum Tieflochbohren, mit einer maximalen Bohrtiefe über  $5 \text{ m}$ .

## 2B002 Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen zur optischen Endbearbeitung (finishing), ausgelegt zum selektiven Materialabtrag zur Fertigung von nichtsphärischen Oberflächen mit allen folgenden Eigenschaften:

- a) Endbearbeitung der Form kleiner (besser) als  $1,0 \mu\text{m}$ ,
- b) Endbearbeitung der Rautiefe kleiner (besser) als  $100 \text{ nm rms}$ ,
- c) vier oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung" und
- d) Verwendung eines der folgenden Verfahren:
  1. magnetorheologische Endbearbeitung ('MRF'),
  2. elektrorheologische Endbearbeitung ('ERF'),

- 0B001 d. (Fortsetzung)
3. Endbearbeitung mittels 'energetischen Partikelstrahls',
  4. Endbearbeitung mittels 'aufblasbaren Membranwerkzeugs'oder
  5. Endbearbeitung mittels 'Flüssigkeitsstrahls'.

Technische Anmerkungen:

Im Sinne der Nummer 2B002

1. ist 'MRF' (magnetorheological finishing) ein Materialabtragsverfahren, das eine abrasive magnetische Flüssigkeit verwendet, deren Viskosität durch ein magnetisches Feld gesteuert wird;
2. ist 'ERF' (electrorheological finishing) ein Materialabtragsverfahren, das eine abrasive Flüssigkeit verwendet, deren Viskosität durch ein elektrisches Feld gesteuert wird;
3. wird bei der Endbearbeitung mittels 'energetischen Partikelstrahls' ein reaktives Atomplasma (RAP) oder ein Ionenstrahl zum selektiven Materialabtrag verwendet;
4. ist die Endbearbeitung mittels 'aufblasbaren Membranwerkzeugs' (inflatable membrane tool finishing) ein Verfahren, das eine druckbeaufschlagte, verformbare Membran verwendet, welche das Werkstück nur in einem kleinen Bereich berührt;
5. ist die Endbearbeitung mittels 'Flüssigkeitsstrahls' (jet finishing) ein Verfahren, das einen Flüssigkeitsstrahl zum Materialabtrag verwendet.

2B003 "Numerisch gesteuerte" oder manuell bedienbare Werkzeugmaschinen und besonders konstruierte Bestandteile, Steuerungen und Zubehör hierfür, besonders konstruiert für Schabradbearbeitung, Feinbearbeitung, Schleifen oder Honen von gehärteten ( $R_c = 40$  oder mehr) geradverzahnten, schrägverzahnten und pfeilverzahnten Rädern mit einem Teilkreisdurchmesser größer als 1 250 mm und einer Zahnbreite von 15 % oder mehr des Teilkreisdurchmessers, fein bearbeitet mit einer Qualität AGMA 14 oder besser (entsprechend ISO 1 328 Klasse 3).

2B004 Heiß"isostatische Pressen" mit allen folgenden Eigenschaften und besonders konstruierte Bestandteile und Zubehör hierfür:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMERN 2B104 UND 2B204.

- a) mit geregelter thermischer Umgebung innerhalb des geschlossenen Kammerraums und Innendurchmesser (lichte Weite) des Kammerraums von 406 mm oder mehr und
- b) mit einer der folgenden Eigenschaften:
  1. maximaler Arbeitsdruck größer als 207 MPa,
  2. geregelte thermische Umgebung größer als 1 773 K (1 500 °C) oder
  3. mit einer Einrichtung zum Imprägnieren mit Kohlenwasserstoffen und zur Entfernung entstehender gasförmiger Reaktionsprodukte.

Technische Anmerkung:

Die lichte Weite des Kammerraums bezieht sich auf die Kammer, in der sowohl die Arbeitstemperatur als auch der Arbeitsdruck erreicht werden, und schließt Spannvorrichtungen nicht mit ein. Sie ist die Abmessung der kleineren Kammer, entweder die lichte Weite der Druckkammer oder die lichte Weite der isolierten Ofenkammer, je nachdem, welche der beiden Kammern sich innerhalb der anderen befindet.

Anmerkung: Für besonders konstruierte Formen, Gesenke und Werkzeuge siehe Nummer 1B003, 9B009 und Liste für Waffen, Munition und Rüstungsmaterial.

2B005 Ausrüstung, besonders konstruiert für die Abscheidung, Bearbeitung und Verfahrenskontrolle von anorganischen Auflageschichten, sonstigen Schichten und oberflächenverändernden Schichten, wie folgt, auf Substrate aus Spalte 2 durch Verfahren aus Spalte 1, die in der nach Unternummer 2E003f aufgeführten Tabelle dargestellt sind, und besonders konstruierte Bauteile zur automatischen Handhabung, Positionierung, Bewegung und Regelung hierfür:

## 2B005 (Fortsetzung)

- a) Herstellungsausrüstung für die chemische Beschichtung aus der Gasphase (CVD = chemical vapour deposition) mit allen folgenden Eigenschaften:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B105.

1. Verwendung eines für eine der folgenden Beschichtungsarten abgeänderten Verfahrens:

- a) CVD-Beschichten bei pulsierendem Druck,
- b) thermische Beschichtung mit geregelter Keimbildung (CNTD = controlled nucleation thermal deposition) oder
- c) plasmaverstärktes oder -unterstütztes CVD-Beschichten und

2. mit einer der folgenden Eigenschaften:

- a) mit rotierenden Hochvakuumdichtungen (Druck kleiner/gleich 0,01 Pa) oder
- b) mit Schichtdickenüberwachung in der Anlage;

- b) Herstellungsausrüstung für die Ionenimplantation mit Strahlströmen größer/gleich 5 mA;

- c) Herstellungsausrüstung für die physikalische Beschichtung aus der Dampfphase (PVD = physical vapour deposition) mittels Elektronenstrahl (EB-PVD) mit einer Stromversorgungsanlage von mehr als 80 kW Nennleistung und mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. mit eingebautem "Laser"-Regelsystem für den Stand des Flüssigkeitsbads, das die Zufuhrgeschwindigkeit des Schichtwerkstoffs genau regelt, oder
2. mit eingebautem Monitor zur rechnergesteuerten Überwachung der Abscheiderate bei einer Schicht aus zwei oder mehreren Elementen, wobei das Verfahren auf dem Prinzip der Fotolumineszenz der ionisierten Atome im Dampfstrahl beruht;

- d) Herstellungsausrüstung für das Plasmaspritzen mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. Betrieb in geregelter Schutzgasatmosphäre bei verringertem Druck (kleiner/gleich 10 kPa, gemessen oberhalb des Spritzdüsenaustritts und innerhalb eines Umkreises von 300 mm um den Austritt) in einer Vakuumkammer, in der der Druck vor dem Spritzvorgang auf 0,01 Pa reduziert werden kann, oder
2. mit Schichtdickenüberwachung in der Anlage;

- e) Herstellungsausrüstung für die Kathodenzerstäubungs-(Sputter-)Beschichtung, geeignet für Stromdichten von 0,1 mA/mm<sup>2</sup> oder höher bei einer Beschichtungsrate größer/gleich 15 µm/h;

- f) Herstellungsausrüstung für die Bogenentladungs-Kathodenzerstäubungs-Beschichtung (cathodic arc deposition), die über ein Gitter aus Elektromagneten zur Steuerung des Auftreffpunkts des Lichtbogens auf der Kathode verfügt;

- g) Herstellungsausrüstung zur Ionenplattierung, geeignet um in der Anlage eine der folgenden Eigenschaften zu messen:

1. Schichtdicke auf dem Substrat und Abscheidegeschwindigkeit oder
2. optische Eigenschaften.

Anmerkung: Nummer 2B005 erfasst nicht Ausrüstung für chemische Beschichtung aus der Gasphase, Bogenentladungs-Kathodenzerstäubungs-Beschichtung, Kathodenzerstäubungs-Beschichtung, Ionenplattierung oder Ionenimplantation, besonders konstruiert für Schneidwerkzeuge oder für Werkzeuge zur spanenden Bearbeitung.

## 2B006 Messmaschinen oder -systeme, Ausrüstung und "elektronische Baugruppen" wie folgt:

- a) rechnergesteuerte oder "numerisch gesteuerte" Koordinatenmessmaschinen (CMM = Coordinate Measuring Machines), mit einer dreidimensionalen (volumetrischen) Längenmessabweichung ( $E_{0,MPE}$  = maximum permissible error of length measurement) an einem Punkt innerhalb des Arbeitsbereiches der Maschine (d. h. innerhalb der Achslängen) kleiner (besser)/gleich  $(1,7 + L/1000)$  µm (L ist die Messlänge in mm), gemäß ISO 10360-2:2009;



2B006 a. (Fortsetzung)

Technische Anmerkung:

Die dreidimensionale (volumetrische) Längenmessabweichung ( $E_{0,MPE}$ ) der genauesten Konfiguration einer Koordinatenmessmaschine (CMM), spezifiziert durch den Hersteller (z. B. das Beste des Folgenden: Tastsystem, Taststiftlänge, Vorschubparameter, Umgebungsbedingungen) und mit "allen verfügbaren Kompensationen", ist mit dem Grenzwert von  $(1,7 + L/1000) \mu\text{m}$  zu vergleichen.

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B206.

b) Längen- und Winkelmesseinrichtungen wie folgt:

1. 'Längenmess'einrichtungen mit einer der folgenden Eigenschaften:

Anmerkung: Interferometer und optische Messwertgeber für die Längenmessung, die einen "Laser" enthalten, werden nur von den Unternehmern 2B006b1 und 2B206c erfasst.

Technische Anmerkung:

Im Sinne der Unternummer 2B006b1 bedeutet 'Längenmessung' die Änderung des Abstandes zwischen der Messeinrichtung und dem zu messenden Objekt.

a) berührungslose Messsysteme mit einer "Auflösung" kleiner (besser)/gleich  $0,2 \mu\text{m}$  in einem Messbereich bis zu  $0,2 \text{ mm}$ ;

b) Linear variable Differenzialtransformator-Systeme (LVDT) mit allen folgenden Eigenschaften:

1. mit einer der folgenden Eigenschaften:

a) "Linearität" kleiner (besser)/gleich  $0,1 \%$  gemessen von 0 zum 'vollen Arbeitsbereich', für LVDT mit einem 'vollen Arbeitsbereich' bis einschließlich  $\pm 5 \text{ mm}$  oder

b) "Linearität" kleiner (besser)/gleich  $0,1 \%$  gemessen von 0 bis  $5 \text{ mm}$  für LVDT mit einem 'vollen Arbeitsbereich' größer  $\pm 5 \text{ mm}$  und

2. Drift kleiner (besser)/gleich  $0,1 \%$  pro Tag bei Standardumgebungstemperatur im Prüfraum  $\pm 1 \text{ K}$ ;

Technische Anmerkung:

Im Sinne der Unternummer 2B006b1b bedeutet 'voller Arbeitsbereich' die Hälfte der gesamten möglichen Längsverschiebung des LVDT. LVDT mit einem 'vollen Arbeitsbereich' bis einschließlich  $\pm 5 \text{ mm}$  können z. B. eine gesamte mögliche Längsverschiebung von  $10 \text{ mm}$  messen.

c) Messsysteme mit allen folgenden Eigenschaften:

1. sie enthalten einen "Laser"

2. "Auflösung" von  $0,200 \text{ nm}$  oder kleiner (besser) über den vollen Messbereich und

3. geeignet zum Erreichen einer "Messunsicherheit" kleiner (besser)/gleich  $(1,6 + L/2000) \text{ nm}$  (L ist die Messlänge in  $\text{mm}$ ) an einem beliebigen Punkt innerhalb des Messbereichs, bei Kompensation des Brechungsindex von Luft und Messung über einen Zeitraum von 30 Sekunden bei einer Temperatur von  $20 \pm 0,01 \text{ }^\circ\text{C}$  oder

d) "elektronische Baugruppen", besonders konstruiert zur Positionsrückmeldung in Systemen, die von Unternummer 2B006b1c erfasst werden.

Anmerkung: Unternummer 2B006b1 erfasst keine „Laser“-Interferometermesssysteme mit einem automatischen Kontrollsystem ohne Rückmeldetechniken zur Messung der Verfahrbewegungsfehler von Werkzeugmaschinen, Messmaschinen oder ähnlicher Ausrüstung.

2B006 b. (Fortsetzung)

2. Winkelmesseinrichtungen mit einer Winkelpositions“genauigkeit“ kleiner (besser)/gleich  $0,00025^\circ$ ;

Anmerkung: Unternummer 2B006b2 erfasst nicht optische Geräte, z. B. Autokollimatoren, die ausgeblendetes Licht (z. B. “Laser“-Licht) benutzen, um die Winkelverstellung eines Spiegels festzustellen.

c) Ausrüstung zur Messung von Oberflächenrauheit (einschließlich Oberflächenfehler) mittels optischer Streuung mit einer Empfindlichkeit kleiner (besser)/gleich 0,5 nm.

Anmerkung: Nummer 2B006 schließt Werkzeugmaschinen ein, die nicht von Nummer 2B001 erfasst werden und auch als Messmaschinen verwendet werden können, wenn sie die für Messmaschinenfunktionen festgelegten Kriterien erreichen oder überschreiten.

2B007 “Roboter“ mit einer der folgenden Eigenschaften sowie besonders konstruierte Steuerungen und “Endeffektoren“ hierfür:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B207.

a) geeignet zur Verarbeitung oder Auswertung von vollständigen dreidimensionalen Bilddaten in Echtzeit, um “Programme“ und numerische Programmdateien zu erzeugen oder zu verändern;

Technische Anmerkung:

Die Begrenzung der 'Bildauswertung' schließt nicht die Annäherung an die dritte Dimension durch Wahl eines bestimmten Blickwinkels oder eine begrenzte Grauwert-Interpretation zur Wahrnehmung von Tiefe und Struktur für die jeweils vorgesehenen Aufgaben ein (2 1/2 D).

b) besonders konstruiert zur Erfüllung nationaler Sicherheitsvorschriften für potenziell explosionsgefährliche Munitions-Umgebungen;

Anmerkung: Unternummer 2B007b erfasst nicht “Roboter“, besonders konstruiert für Farbspritzkabinen.

c) besonders konstruiert oder ausgelegt als strahlungsgehärtet, um ohne Funktionseinbuße einer Strahlendosis von  $5 \times 10^3$  Gy (Silizium) standhalten zu können, oder

Technische Anmerkung:

Der Ausdruck Gy (Silizium) bezieht sich auf die in Joule pro Kilogramm ausgedrückte Energie, die von einer ionisierender Strahlung ausgesetzten Probe von nicht abgeschirmtem Silizium absorbiert wird.

d) besonders konstruiert für Betriebsfähigkeit in Höhen über 30 000 m.

2B008 Baugruppen oder Baueinheiten, besonders konstruiert für Werkzeugmaschinen oder Koordinatenmessmaschinen oder Messsysteme und Messeinrichtungen, wie folgt:

a) lineare Positions-Rückmeldeeinheiten mit einer Gesamt“genauigkeit“ kleiner (besser)  $(800 + (600 \times L/1000))$  nm (L ist die nutzbare Länge in mm);

Anmerkung: “Laser“-Systeme: siehe auch Unternummern 2B006b1c, 2B006b1d und 2B206c.

b) Winkel-Positions-Rückmeldeeinheiten mit einer “Genauigkeit“ kleiner (besser)  $0,00025^\circ$ ;

Anmerkung: „Laser“-Systeme: siehe auch Anmerkung zu Unternummer 2B006b2.

Anmerkung: Die Unternummern 2B008a und 2B008b erfassen Baueinheiten, konstruiert zur Bestimmung der Positionsangaben zur Rückmeldesteuerung, z. B. induktive Geber, Maßskalen, Infrarotsysteme oder “Laser“-Systeme.

c) „kombinierte Schwenk-Rundtische“ und „Schwenkspindeln“, die nach Spezifikation des Herstellers Werkzeugmaschinen auf oder über das in Nummer 2B angegebene Niveau verbessern können.

2B009 Drück- und Fließdruckmaschinen, die nach der technischen Beschreibung des Herstellers mit "numerischen Steuerungen" oder Rechnersteuerungen ausgerüstet werden können, und mit allen folgenden Eigenschaften:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMERN 2B109 UND 2B209.

- a) drei oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung"und
- b) mit einer Supportkraft größer als 60 kN.

Technische Anmerkung:

Im Sinne der Nummer 2B009 werden Maschinen mit kombinierter Drück- und Fließdruckfunktion als Fließdruckmaschinen betrachtet.

2B104 "Isostatische Pressen", die nicht von Nummer 2B004 erfasst werden, mit allen folgenden Eigenschaften:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B204.

- a) maximaler Arbeitsdruck größer/gleich 69 MPa;
- b) konstruiert, um eine geregelte thermische Umgebung größer/gleich 873 K (600 °C) zu erreichen und aufrechtzuerhalten, und
- c) lichte Weite des Kammerraums (Innendurchmesser) größer/gleich 254 mm.

2B105 Öfen zur chemischen Beschichtung aus der Gasphase (CVD), die nicht von Unternummer 2B005a erfasst werden, konstruiert oder geändert für die Verdichtung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-"Verbundwerkstoffen".

2B109 Fließdruckmaschinen, die nicht von Nummer 2B009 erfasst werden, und besonders konstruierte Bestandteile wie folgt:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B209.

- a) Fließdruckmaschinen mit allen folgenden Eigenschaften:
  - 1. die nach der technischen Spezifikation des Herstellers mit einer "numerischen Steuerung" oder einer Rechnersteuerung ausgerüstet werden können, auch wenn sie zum Zeitpunkt der Lieferung nicht damit ausgestattet sind, und
  - 2. die über mehr als zwei Achsen verfügen, die simultan für die "Bahnsteuerung" koordiniert werden können;
- b) besonders konstruierte Bestandteile für Fließdruckmaschinen, die von Nummer 2B009 oder Unternummer 2B109a erfasst werden.

Anmerkung: Nummer 2B109 erfasst nur Maschinen, die zur Herstellung von Antriebskomponenten und -ausrüstung (z. B. Motorgehäuse und Stufenverbindungen) für von Nummer 9A005, Unternummer 9A007a oder 9A105a erfasste Systeme geeignet sind.

Technische Anmerkung:

Maschinen mit kombinierter Fließdruck- und Drückfunktion werden im Sinne der Nummer 2B109 als Fließdruckmaschinen betrachtet.

2B116 Vibrationsprüfsysteme, Ausrüstung und Bestandteile hierfür, wie folgt:

- a) Vibrationsprüfsysteme mit Rückkopplungs- oder Closed-Loop-Technik mit integrierter digitaler Steuerung, geeignet für Vibrationsbeanspruchungen des Prüflings mit einer Beschleunigung größer/gleich 10 g rms zwischen 20 Hz und 2 kHz bei Übertragungskräften größer/gleich 50 kN, gemessen am 'Prüftisch';
- b) digitale Steuerungen in Verbindung mit besonders für Vibrationsprüfung entwickelter "Software", mit einer 'Echtzeit-Bandbreite' größer/gleich 5 kHz und konstruiert zum Einsatz in den von Unternummer 2B116a erfassten Systemen;

2B116 b. (Fortsetzung)

Technische Anmerkung:

In Unternummer 2B116b bezeichnet ‚Echtzeit-Bandbreite‘ die maximale Rate, bei der eine Steuerung vollständige Zyklen der Abtastung, Verarbeitung der Daten und Übermittlung von Steuersignalen ausführen kann.

- c) Schwingerreger (Shaker units) mit oder ohne zugehörige Verstärker, geeignet für Übertragungskräfte von größer/gleich 50 kN, gemessen am 'Prüftisch', und geeignet für die von Unternummer 2B116a erfassten Systeme;
- d) Prüflingshaltevorrichtungen und Elektronikeinheiten, konstruiert, um mehrere Schwingerreger zu einem Schwingerregersystem, das Übertragungskräfte größer/gleich 50 kN, gemessen am 'Prüftisch', erzeugen kann, zusammenzufassen, und geeignet für die von Unternummer 2B116a erfassten Systeme.

Technische Anmerkung:

Ein 'Prüftisch' im Sinne der Nummer 2B116 ist ein flacher Tisch oder eine flache Oberfläche ohne Aufnahmen oder Halterungen.

2B117 Ausrüstung und Prozesssteuerungen, die nicht von Nummer 2B004, Unternummer 2B005a, Nummer 2B104 oder 2B105 erfasst werden, konstruiert oder geändert zur Verdichtung und Pyrolyse von Raketendüsen und Bugspitzen von Wiedereintrittskörpern aus Struktur-"Verbundwerkstoffen".

2B119 Auswuchtmaschinen und zugehörige Ausrüstung, wie folgt:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMER 2B219.

a) Auswuchtmaschinen mit allen folgenden Eigenschaften:

1. nicht geeignet zum Auswuchten von Rotoren/Baugruppen mit einer Masse größer als 3 kg,
2. geeignet zum Auswuchten von Rotoren/Baugruppen bei Drehzahlen größer als 12 500 U/min
3. geeignet zur Korrektur von Unwuchten in zwei oder mehr Ebenen und
4. geeignet zum Auswuchten bis zu einer spezifischen Restunwucht von 0,2 gmm/kg der Rotormasse;

Anmerkung: Unternummer 2B119a erfasst nicht Auswuchtmaschinen, konstruiert oder geändert für zahnmedizinische oder andere medizinische Ausrüstung.

b) Messgeräte (indicator heads/balancing instrumentation), konstruiert oder geändert für den Einsatz in Maschinen, erfasst von Unternummer 2B119a.

Technische Anmerkung:

Indicator heads werden auch als balancing instrumentation bezeichnet.

2B120 Bewegungssimulatoren oder Drehtische mit allen folgenden Eigenschaften:

a) zwei oder mehr Achsen.

b) konstruiert oder geändert für den Einbau von Schleifringen oder integrierten kontaktlosen Geräten, geeignet zur Übertragung von elektrischer Energie, von Signalen oder von beidem, und

c) mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. mit allen folgenden Eigenschaften für jede einzelne Achse:

a) geeignet für Drehraten (rate) größer/gleich 400°/s oder kleiner/gleich 30°/s und

b) Auflösung der Drehrate (rate resolution) kleiner/gleich 6°/s und Genauigkeit kleiner/gleich 0,6°/s,

2. Mindeststabilität der Drehrate (worst-case rate stability) besser (kleiner)/gleich  $\pm 0,05$  %, gemittelt über einen Bereich größer/gleich 10 °oder

3. Positionier"genauigkeit" kleiner (besser)/gleich 5 Bogensekunden.

2B120 (Fortsetzung)

Anmerkung 1: Nummer 2B120 erfasst nicht Drehtische, konstruiert oder geändert für Werkzeugmaschinen oder für medizinische Ausrüstung. Zur Erfassung von Rundtischen für Werkzeugmaschinen: siehe Nummer 2B008.

Anmerkung 2: Bewegungssimulatoren oder Drehtische, die von Nummer 2B120 erfasst werden, sind erfasst, unabhängig davon, ob Schleifringe oder integrierte kontaktlose Geräte eingebaut sind oder nicht.

2B121 Positioniertische (Ausrüstung, geeignet für Präzisionsteilung in jeder Achse), die nicht von Nummer 2B120 erfasst werden, mit allen folgenden Eigenschaften:

- a) zwei oder mehr Achsen und
- b) Positionier"genauigkeit" kleiner (besser)/gleich 5 Bogensekunden.

Anmerkung: Nummer 2B121 erfasst nicht Drehtische, konstruiert oder geändert für Werkzeugmaschinen oder für medizinische Ausrüstung. Zur Erfassung von Rundtischen für Werkzeugmaschinen: siehe Nummer 2B008.

2B122 Zentrifugen, die Beschleunigungen größer als 100 g erzeugen können, konstruiert oder geändert für den Einbau von Schleifringen oder integrierten kontaktlosen Geräten, geeignet zur Übertragung von elektrischer Energie, von Signalen oder von beidem.

Anmerkung: Zentrifugen, die von Nummer 2B122 erfasst werden, sind erfasst, unabhängig davon, ob Schleifringe oder integrierte kontaktlose Geräte eingebaut sind oder nicht.

2B201 Werkzeugmaschinen und eine beliebige Kombination von diesen, die nicht von Nummer 2B001 erfasst werden, wie folgt, für das Abtragen oder Schneiden von Metallen, Keramiken oder "Verbundwerkstoffen", die gemäß den technischen Spezifikationen des Herstellers mit elektronischen Geräten zur simultanen "Bahnsteuerung" in zwei oder mehr Achsen ausgerüstet werden können:

Technische Anmerkung:

Als Alternative zu individuellen Testprotokollen können für jedes Werkzeugmaschinenmodell amtliche Werte für die Positioniergenauigkeit herangezogen werden, die nach folgenden Verfahren aus Messungen nach ISO 230-2:1988<sup>(1)</sup> oder entsprechenden nationalen Normen hergeleitet werden, sofern die amtlichen Werte den nationalen Behörden vorgelegt und von ihnen akzeptiert werden. Bestimmung der amtlichen Werte für die Positioniergenauigkeit:

- a) Auswahl von fünf Maschinen eines zu bewertenden Modells;
- b) Messung der Genauigkeiten entlang der Linearachse nach ISO 230-2:1988<sup>1</sup>;
- c) Bestimmung der Genauigkeitswerte (A) für jede Achse jeder Maschine. Das Verfahren für die Berechnung des Genauigkeitswertes ist in der Norm ISO 230-2:1988<sup>1</sup> beschrieben;
- d) Bestimmung der mittleren Genauigkeitswerte für jede Achse. Dieser Mittelwert wird der amtliche Wert der Positioniergenauigkeit für jede Achse des Modells ( $\bar{A}_x \bar{A}_y \dots$ );
- e) Da sich Nummer 2B201 auf jede Linearachse bezieht, gibt es für jede Linearachse einen entsprechenden amtlichen Wert der Positioniergenauigkeit;
- f) Beträgt bei einer von den Unternummern 2B201a, 2B201b und 2B201c nicht erfassten Werkzeugmaschine der amtliche Wert der Positioniergenauigkeit einer Achse bei Rundschleifmaschinen und bei Fräs- und Drehmaschinen jeweils nach ISO 230-2:1988<sup>1</sup> 6 µm oder besser (weniger) bzw. 8 µm oder besser (weniger), ist der Hersteller aufgefordert, den Genauigkeitswert alle 18 Monate zu bestätigen.

- a) Werkzeugmaschinen für Fräsbearbeitung mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. Positioniergenauigkeit mit "allen verfügbaren Kompensationen" von kleiner (besser)/gleich 6 µm nach ISO 230-2:1988<sup>1</sup> oder entsprechenden nationalen Normen entlang der Linearachse,

(<sup>1</sup>) Hersteller, die ihre Positioniergenauigkeit nach ISO 230-2:1997 oder 2006 ermitteln, sollten sich mit der zuständigen Behörde in dem Mitgliedstaat ins Benehmen setzen, in dem sie niedergelassen sind.

2B201 a. (Fortsetzung)

2. zwei oder mehr bahnsteuerfähige Rundachsen oder
3. fünf oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung";

Anmerkung: Unternummer 2B201a erfasst keine Fräsmaschinen mit allen folgenden Eigenschaften:

- a) *Verfahrweg der x-Achse größer als 2 m und*
- b) *Gesamtpositioniergenauigkeit der x-Achse größer (schlechter) als 30 µm.*

b) Werkzeugmaschinen für Schleifbearbeitung mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. Positioniergenauigkeit mit "allen verfügbaren Kompensationen" von kleiner (besser)/gleich 4 µm nach ISO 230-2:1988<sup>1</sup> oder entsprechenden nationalen Normen entlang der Linearachse,
2. zwei oder mehr bahnsteuerfähige Rundachsen oder
3. fünf oder mehr Achsen zur simultanen "Bahnsteuerung";

Anmerkung: Unternummer 2B201b erfasst nicht folgende Schleifmaschinen:

- a) *Außen-, Innen- und Außen-/Innen-Rundschleifmaschinen mit allen folgenden Eigenschaften:*
  1. *maximaler Arbeitsbereich von 150 mm Außendurchmesser oder Länge und*
  2. *Begrenzung auf die Achsen x, z und c;*
- b) *Koordinatenschleifmaschinen, die keine z-Achse oder w-Achse mit einer Gesamt-Positioniergenauigkeit von kleiner (besser) 4 µm nach ISO 230-2:1988<sup>1</sup> oder entsprechenden nationalen Normen haben;*

c) Werkzeugmaschinen für Drehbearbeitung mit einem besseren (niedrigeren) Wert der Positioniergenauigkeit mit "allen verfügbaren Kompensationen" als 6 µm nach ISO 230-2:1988<sup>1</sup> entlang einer Linearachse (Gesamtpositionierung) für Maschinen, die Werkstücke mit einem Durchmesser von mehr als 35 mm bearbeiten können;

Anmerkung: Nummer 2B201c erfasst nicht Drehautomaten (Swisturn) ausschließlich zur Bearbeitung von Stangen (bar feed thru), bei Stangendurchmessern gleich/kleiner 42 mm und ohne Möglichkeit zur Verwendung von Drehfuttern. Werkzeugmaschinen können mit Bohr- und/oder Fräsfunktion zur Bearbeitung von Teilen mit einem Durchmesser kleiner 42 mm ausgestattet sein.

Anmerkung 1: Nummer 2B201 erfasst keine speziellen Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung eines der folgenden Teile:

- a) Zahnräder,
- b) Kurbelwellen oder Nockenwellen,
- c) Schneidwerkzeuge,
- d) Extruderschnecken.

Anmerkung 2: Eine Werkzeugmaschine, die mindestens zwei der drei Bearbeitungsverfahren Drehen, Fräsen oder Schleifen kombiniert (z. B. eine Drehmaschine mit Fräsfunktion), muss nach jeder der zutreffenden Unternummern 2B201a, b oder c geprüft werden.

Anmerkung 3: Die Nummern 2B201a3 und 2B201b3 schließen Maschinen mit einer parallel-linearen Kinematik (z. B. Hexapoden) ein, die 5 oder mehr Achsen haben, von denen keine eine Rundachse ist.

2B204 "Isostatische Pressen", die nicht von Nummer 2B004 oder 2B104 erfasst werden, und zugehörige Ausrüstung, wie folgt:

a) "isostatische Pressen", mit allen folgenden Eigenschaften:

1. einem maximalen Arbeitsdruck größer/gleich 69 MPa und
2. einer Druckkammer mit einer lichten Weite (Innendurchmesser) größer als 152 mm;

b) besonders konstruierte Gesenke, Formen oder Steuerungen für "isostatische Pressen", erfasst von Unter-  
nummer 2B204a.

Technische Anmerkung:

*In Nummer 2B204 bezieht sich die lichte Weite des Kammerraums auf die Kammer, in der sowohl die Arbeitstemperatur als auch der Arbeitsdruck erreicht werden, und schließt Spannvorrichtungen nicht mit ein. Sie ist die Abmessung der kleineren Kammer, entweder die lichte Weite der Druckkammer oder die lichte Weite der isolierten Ofenkammer, je nachdem, welche der beiden Kammern sich innerhalb der anderen befindet.*

2B206 Messmaschinen oder Systeme, die nicht von Nummer 2B006 erfasst werden, wie folgt:

a) rechnergesteuerte oder numerisch gesteuerte Koordinatenmessmaschinen (CMM = Coordinate Measuring Machines) mit einer der folgenden Eigenschaften:

1. nur zwei Achsen und einer maximal zulässigen Längenmessabweichung in jeder Achse (eindimensional), bezeichnet als eine Kombination von  $E_{0x,MPE}$ ,  $E_{0y,MPE}$  oder  $E_{0z,MPE}$ , kleiner (besser)/gleich  $(1,25 + L/1000) \mu\text{m}$  (L ist die Messlänge in mm) an einem Punkt innerhalb des Arbeitsbereiches der Maschine (d. h. innerhalb der Achslängen), gemäß ISO 10360-2:2009 oder
2. drei oder mehr Achsen und einer dreidimensionalen (volumetrischen) maximal zulässigen Längenmessabweichung ( $E_{0,MPE}$  = maximum permissible error of length measurement) kleiner (besser)/gleich  $(1,7 + L/800) \mu\text{m}$  (L ist die Messlänge in mm) an einem Punkt innerhalb des Arbeitsbereichs der Maschine (d. h. innerhalb der Achslängen) gemäß ISO 10360-2:2009;

Technische Anmerkung:

*Die  $E_{0,MPE}$  der genauesten Konfiguration einer Koordinatenmessmaschine (CMM), nach ISO 10360-2:2009 spezifiziert durch den Hersteller (z. B. das Beste des Folgenden: Tastsystem, Taststiftlänge, Vorschubparameter, Umgebungsbedingungen) und mit allen verfügbaren Kompensationen, ist mit dem Grenzwert von  $1,7 + L/800 \mu\text{m}$  zu vergleichen.*

b) Systeme zum simultanen Messen von Linear- und Winkelkoordinaten von Halbkugeln mit allen folgenden Eigenschaften:

1. "Messunsicherheit" in jeder Achse kleiner (besser)/gleich  $3,5 \mu\text{m}$  auf 5 mm und
2. "Winkelpositionsabweichung" kleiner/gleich  $0,02^\circ$ .

c) 'Längenmess'systeme mit allen folgenden Eigenschaften:

Technische Anmerkung:

*Im Sinne der Unternummer 2B206c bedeutet 'Längenmessung' die Änderung des Abstandes zwischen der Messeinrichtung und dem zu messenden Objekt.*

1. sie enthalten einen "Laser"und
2. sie behalten über mindestens 12 Stunden bei einer Temperatur von  $\pm 1 \text{ K}$  bei Standardtemperatur und Standarddruck alle folgenden Eigenschaften bei:
  - a) "Auflösung" von  $0,1 \mu\text{m}$  oder kleiner (besser) über den vollen Messbereich und
  - b) eine "Messunsicherheit" kleiner(besser)/gleich  $(0,2 + L/2000) \mu\text{m}$  (Messlänge L in mm).



2B206 c. (Fortsetzung)

Anmerkung: Die Unternummer 2B206c erfasst keine "Laser"-Interferometermesssysteme ohne Rückmeldetechniken zur Messung der Verfahrbewegungsfehler von Werkzeugmaschinen, Messmaschinen oder ähnlicher Ausrüstung.

Anmerkung 1: Werkzeugmaschinen, die auch als Messmaschinen verwendet werden können, werden erfasst, wenn sie die für Werkzeugmaschinen- oder Messmaschinenfunktionen festgelegten Kriterien erreichen oder überschreiten.

Anmerkung 2: Eine in Nummer 2B206 genannte Maschine wird erfasst, wenn sie die Erfassungsschwelle innerhalb ihres Arbeitsbereiches überschreitet.

Technische Anmerkungen:

Alle Parameter für die Messwerte unter Nummer 2B206 lassen positive und negative Abweichungen zu, d. h. sie stellen nicht die gesamte Bandbreite dar.

2B207 „Roboter“, „Endeffektoren“ und Steuerungen, die nicht von Nummer 2B007 erfasst werden, wie folgt:

- a) „Roboter“ oder „Endeffektoren“, besonders konstruiert zur Einhaltung nationaler Sicherheitsnormen für die Handhabung hochexplosiver Stoffe (z.B. Einhaltung elektrischer Kenndaten bei hochexplosiven Stoffen);
- b) besonders konstruierte Steuerungen für einen der „Roboter“ oder „Endeffektoren“, erfasst von Unternummer 2B207a.

2B209 Fließdruckmaschinen und Drückmaschinen mit Fließdruckfunktion, die nicht von Nummer 2B009 oder 2B109 erfasst werden, und Dorne, wie folgt:

- a) Maschinen, mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. drei oder mehr Rollen (Drückrollen oder Führungsrollen) und
  2. nach der technischen Spezifikation des Herstellers mit „numerischer Steuerung“ oder Rechnersteuerung ausrüstbar;
- b) Dorne zum Formen von zylindrischen Rotoren mit einem Innendurchmesser zwischen 75 mm und 400 mm.

Anmerkung: Unternummer 2B209a schließt Maschinen ein, die nur eine einzige Rolle zur Verformung des Metalls und zwei Hilfsrollen aufweisen, die den Dorn abstützen, am Verformungsprozess aber nicht direkt beteiligt sind.

2B219 Rotierende Mehrebenenauswuchtmaschinen, festinstalliert oder beweglich, horizontal oder vertikal, wie folgt:

- a) rotierende Mehrebenenauswuchtmaschinen, konstruiert zum Auswuchten von flexiblen Rotoren mit einer Länge größer/gleich 600 mm, mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. Rotor- oder Zapfen-Durchmesser größer als 75 mm,
  2. Tragfähigkeit von 0,9 bis 23 kg und
  3. nutzbare Auswuchtdrehzahl größer als 5 000 U/min;
- b) rotierende Mehrebenenauswuchtmaschinen, konstruiert zum Auswuchten von hohlzylindrischen Rotorteilen, mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. Aufnahme-Durchmesser größer als 75 mm,
  2. Tragfähigkeit von 0,9 bis 23 kg,
  3. Mindestwert der erzielbaren Restunwucht kleiner/gleich  $10 \text{ g} \times \text{mm/kg}$  pro Auswuchtebene und
  4. Riemenantriebsausführung.



2B225 Fernlenk-Manipulatoren, die für ferngesteuerte Tätigkeiten bei radiochemischen Trennprozessen oder in Heißen Zellen eingesetzt werden können, mit einer der folgenden Eigenschaften:

- a) Eignung zur Durchdringung der Wand einer Heißen Zelle mit einer Dicke größer/gleich 0,6 m (Durchdie-Wand-Modifikation) oder
- b) Eignung zur Überbrückung der Wand einer Heißen Zelle mit einer Dicke größer/gleich 0,6 m (Überdie-Wand-Modifikation).

Technische Anmerkung:

*Fernlenk-Manipulatoren ermöglichen die Übertragung der Bewegungen einer Bedienungsperson auf einen ferngelenkten Funktionsarm und eine Endhalterung. Sie können über 'Master-Slave-Steuerung', Steuerknüppel oder Tastatur bedient werden.*

2B226 Mit kontrollierter Atmosphäre (Vakuum oder Schutzgas) betriebene Induktionsöfen, die nicht von Nummer 9B001 und 3B001 erfasst werden, und Netzgeräte hierfür, wie folgt:

Anmerkung: SIEHE AUCH NUMMERN 3B001 UND 9B001.

- a) Öfen mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. geeignet für Betriebstemperaturen größer 1 123 K (850 °C),
  2. ausgerüstet mit Induktionsspulen mit einem Innendurchmesser kleiner/gleich 600 mm und
  3. konstruiert für Eingangsleistungen größer/gleich 5 kW;
- b) Netzgeräte, besonders konstruiert für von Unternummer 2B226a erfasste Öfen, mit einer angegebenen Ausgangsleistung größer/gleich 5 kW.

Anmerkung: Unternummer 2B226a erfasst keine Öfen zur Bearbeitung von Halbleiterwafern.

2B227 Vakuum- oder Schutzgas-Metallschmelz- und Metallgießöfen und zugehörige Ausrüstung wie folgt:

- a) Lichtbogenöfen (Schmelz-, Umschmelz- und Gießöfen) mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. Abschmelzelektrodenvolumen zwischen 1 000 cm<sup>3</sup> und 20 000 cm<sup>3</sup> und
  2. geeignet für den Betrieb bei Schmelztemperaturen über 1 973 K (1 700 °C);
- b) Elektronenstrahlschmelzöfen und Plasma-Schmelz- oder Plasma-Zerstäubungsschmelzöfen mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. Leistung größer/gleich 50 kW und
  2. geeignet für den Betrieb bei Schmelztemperaturen über 1 473 K (1 200 °C);
- c) Rechnersteuerungs- und Überwachungssysteme, besonders entwickelt für von Unternummer 2B227a oder 2B227b erfasste Öfen;
- d) Plasmabrenner, besonders konstruiert für von Unternummer 2B227b erfasste Öfen, mit allen folgenden Eigenschaften:
  1. Betriebsleistung größer als 50 kW und
  2. geeignet für den Betrieb bei Temperaturen über 1 473 K (1 200 °C);
- e) Elektronenstrahlkanonen, besonders konstruiert für von Nummer 2B227b erfasste Öfen, mit einer Betriebsleistung größer als 50 kW.

2B228 Rotorfertigungs- oder Rotormontageausrüstung, Rotorrichtausrüstung, Dorne zur Sickenformung und Gesenke hierfür, wie:

- a) Rotormontageausrüstung für den Zusammenbau von Gaszentrifugenteilrohren, Scheiben und Enddeckeln;

- 2B228 a. (Fortsetzung)
- Anmerkung: Unternummer 2B228a schließt Präzisionsdorne, Haltevorrichtungen und Einschrumpfvorrichtungen ein.
- b) Rotorrichtausrüstung zum Ausrichten von Gaszentrifugenteilrohren auf eine gemeinsame Achse;
- Technische Anmerkung:
- Im Sinne von Unternummer 2B228b besteht diese Ausrüstung üblicherweise aus Präzisionsmesssonden, die mit einem Rechner verbunden sind, der die Funktion, z. B. der pneumatisch betriebenen Backen zum Ausrichten der Teilrohre, steuert.
- c) Dorne zur Sickenformung und Gesenke zur Herstellung von Einfachsicken.
- Technische Anmerkung:
- Sicken gemäß Unternummer 2B228c besitzen alle folgenden Eigenschaften:
1. Innendurchmesser zwischen 75 mm und 400 mm,
  2. Länge größer/gleich 12,7 mm,
  3. Sickenhöhe größer als 2 mm und
  4. hergestellt aus hochfesten Aluminiumlegierungen, martensitaushärtendem Stahl oder hochfesten "faser- oder fadenförmigen Materialien".
- 2B230 Jede Art von 'Druckmessgeräten' (pressure transducers), geeignet zum Messen von Absolutdrücken, mit allen folgenden Eigenschaften:
- a) Drucksensoren (pressure sensing elements), die aus Aluminium, Aluminiumlegierungen, Aluminiumoxid (Korund oder Saphir), Nickel oder Nickellegierungen mit mehr als 60 Gew.-% Nickel oder aus perfluorierten Kohlenwasserstoffpolymeren hergestellt oder damit geschützt sind,
- b) Dichtungen, falls vorhanden, die zur Abdichtung des Drucksensors notwendig sind und in direktem Kontakt mit dem Prozessmedium stehen, hergestellt aus oder geschützt mit Aluminium, Aluminiumlegierungen, Aluminiumoxid (Saphir), Nickel oder Nickellegierungen mit mehr als 60 Gew.-% Nickel oder aus perfluorierten Kohlenwasserstoffpolymeren und
- c) mit einer der folgenden Eigenschaften:
1. Messbereich kleiner als 13 kPa und 'Messgenauigkeit' kleiner (besser) als  $\pm 1\%$  vom Skalenendwert oder
  2. Messbereich größer/gleich 13 kPa und 'Messgenauigkeit' kleiner (besser) als  $\pm 130$  Pa, gemessen bei 13 kPa.
- Technische Anmerkungen:
1. Ein 'Druckmessgerät' (pressure transducer) im Sinne der Nummer 2B230 ist ein Gerät, das eine Druckmessung in ein Signal umwandelt.
  2. 'Messgenauigkeit' im Sinne der Nummer 2B230 schließt Nichtlinearität, Hysterese und Reproduzierbarkeit bei Umgebungstemperatur ein.
- 2B231 Vakuumpumpen mit allen folgenden Eigenschaften:
- a) Ansaugdurchmesser größer/gleich 380 mm;
- b) Saugvermögen größer/gleich  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  und
- c) geeignet zur Erzeugung eines Endvakuumdrucks kleiner als 13 mPa.
- Technische Anmerkungen:
1. Das Saugvermögen wird am Messpunkt mit Stickstoffgas oder Luft bestimmt.
  2. Der Endvakuumdruck wird an der geschlossenen Saugseite der Pumpe bestimmt.
- 2B232 Hochgeschwindigkeitsbeschleunigungssysteme (treibgasgetriebene, gasbetriebene, spulenartige, elektromagnetische und elektrothermische Typen und andere fortgeschrittene Systeme), die Projektile auf Geschwindigkeiten größer/gleich 1,5 km/s beschleunigen können.
- Anmerkung: SIEHE AUCH LISTE FÜR WAFFEN, MUNITION UND RÜSTUNGSMATERIAL.

2B233 Federbalgabdichtete Scroll-Kompressoren und federbalgabdichtete Scroll-Vakuumpumpen, mit allen folgenden Eigenschaften:

Anmerkung: SIEHE AUCH UNTERNUMMER 2B350i

- a) geeignet für einen Ansaugvolumenstrom größer/gleich  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- b) geeignet für ein Druckverhältnis größer/gleich 2:1 und
- c) alle Oberflächen, die mit dem Prozessgas in Kontakt kommen, sind aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien:
  1. Aluminium oder Aluminiumlegierung,
  2. Aluminiumoxid,
  3. rostfreier Stahl,
  4. Nickel oder Nickellegierung,
  5. Phosphorbronze oder
  6. Fluorpolymere.

2B350 Chemische Herstellungseinrichtungen, Apparate und Bestandteile wie folgt:

- a) Reaktionsbehälter oder Reaktoren, mit oder ohne Rührer, mit einem inneren (geometrischen) Gesamtvolumen größer als  $0,1 \text{ m}^3$  (100 l) und kleiner als  $20 \text{ m}^3$  (20 000 l), bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:
  1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
  2. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
  3. Glas oder Email,
  4. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
  5. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
  6. Titan oder Titan-'Legierungen',
  7. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen'oder
  8. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';
- b) Rührer, konstruiert für die Verwendung in den von Unternummer 2B350a erfassten Reaktionskesseln oder Reaktoren sowie für solche Rührer konstruierte Rührflügel, Rührblätter oder Rührwellen, bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:
  1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
  2. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
  3. Glas oder Email,
  4. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
  5. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
  6. Titan oder Titan-'Legierungen',
  7. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen'oder
  8. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';

2B350 (Fortsetzung)

- c) Lagertanks, Container oder Vorlagen mit einem inneren (geometrischen) Gesamtvolumen größer als  $0,1 \text{ m}^3$  (100 l), bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:
1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
  2. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
  3. Glas oder Email,
  4. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
  5. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
  6. Titan oder Titan-'Legierungen',
  7. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen'oder
  8. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';
- d) Wärmetauscher oder Kondensatoren mit einer Wärmeaustauschfläche größer als  $0,15 \text{ m}^2$  und kleiner als  $20 \text{ m}^2$  sowie für solche Wärmetauscher oder Kondensatoren konstruierte Rohre, Platten, Coils oder Blöcke, bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:
1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
  2. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
  3. Glas oder Email,
  4. Grafit oder 'Carbon-Grafit',
  5. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
  6. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
  7. Titan oder Titan-'Legierungen',
  8. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen'
  9. Siliziumkarbid,
  10. Titankarbid oder
  11. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';
- e) Destillations- oder Absorptionskolonnen mit einem inneren Durchmesser größer als 0,1 m sowie für solche Destillations- oder Absorptionskolonnen konstruierte Flüssigkeitsverteiler, Dampfverteiler oder Flüssigkeitssammler, bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:
1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
  2. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
  3. Glas oder Email,
  4. Grafit oder 'Carbon-Grafit',
  5. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
  6. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
  7. Titan oder Titan-'Legierungen',
  8. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen'oder
  9. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';

2B350 (Fortsetzung)

f) fernbedienbare Abfülleinrichtungen, bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:

1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom, oder
2. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,

g) Ventile und Bestandteile wie folgt:

1. Ventile mit den beiden folgenden Eigenschaften:

- a) 'Nennweite' größer als 10 mm (3/8 Zoll) und
- b) alle medienberührenden Flächen bestehen aus 'korrosionsbeständigen Werkstoffen oder Materialien',

2. Ventile, die nicht von Unternummer 2B350g1 erfasst werden, mit allen folgenden Eigenschaften:

- a) 'Nennweite' größer/gleich 25,4 mm (1 Zoll) und kleiner/gleich 101,6 mm (4 Zoll),
- b) Ventilgehäuse oder vorgeformte Gehäuseauskleidungen,
- c) Verschlusselement, austauschbar konstruiert und
- d) alle medienberührenden Flächen des Ventilgehäuses oder der vorgeformten Gehäuseauskleidung bestehen aus 'korrosionsbeständigen Werkstoffen oder Materialien',

3. Bestandteile, konstruiert für in Unternummer 2B350g1 oder Unternummer 2B350g2 erfasste Ventile, bei denen alle medienberührenden Flächen aus 'korrosionsbeständigen Werkstoffen oder Materialien' bestehen, wie folgt:

- a) Ventilgehäuse,
- b) vorgeformte Gehäuseauskleidungen;

Technische Anmerkungen:

1. 'Korrosionsbeständige Werkstoffe oder Materialien' im Sinne der Unternummer 2B350g sind:

- a) Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
- b) 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
- c) Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
- d) Glas oder Email,
- e) Tantal oder Tantal-Legierungen,
- f) Titan oder Titan-Legierungen,
- g) Zirkonium oder Zirkonium-Legierungen,
- h) Niob (Columbium) oder Niob-Legierungen; oder
- i) keramische Materialien wie folgt:

1. Siliziumkarbid mit einer Reinheit größer (besser)/gleich 80 Gew.-%,
2. Aluminiumoxid mit einer Reinheit größer (besser)/gleich 99,9 Gew.-%,
3. Zirkondioxid.,

2. Bei unterschiedlichem Einlass- und Auslassdurchmesser ist die 'Nennweite' als der kleinere der beiden Durchmesser definiert.

2B350 (Fortsetzung)

h) mehrwandige Rohre mit Leckdetektor-Anschluss, bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:

1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
2. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
3. Glas oder Email,
4. Grafit oder 'Carbon-Grafit',
5. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
6. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
7. Titan oder Titan-'Legierungen',
8. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen'oder
9. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';

i) Unter Nummer 2B233 nicht aufgeführte Pumpen mit Mehrfachdichtung und dichtungslose Pumpen mit einer vom Hersteller angegebenen maximalen Förderleistung größer als 0,6 m<sup>3</sup>/h oder Vakuumpumpen mit einer vom Hersteller angegebenen maximalen Förderleistung größer als 5 m<sup>3</sup>/h (jeweils unter Standard-Bedingungen von 273 K [0 C] und 101,3 kPa) sowie für solche Pumpen konstruierte Pumpengehäuse, vorgeformte Gehäuseauskleidungen, Laufräder, Rotoren oder Strahlpumpendüsen, bei denen alle medienberührenden Flächen aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:

1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,
2. Keramik,
3. Ferrosiliziumguss (hochlegiertes Ferrosilizium),
4. Fluorpolymere (polymere oder elastomere Materialien mit mehr als 35 Gew.-% Fluor),
5. Glas oder Email,
6. Grafit oder 'Carbon-Grafit',
7. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,
8. Tantal oder Tantal-'Legierungen',
9. Titan oder Titan-'Legierungen',
10. Zirkonium oder Zirkonium-'Legierungen' oder
11. Niob (Columbium) oder Niob-'Legierungen';

Technische Anmerkung:

*Der Begriff Dichtung in Unternummer 2B350i bezieht sich ausschließlich auf medienberührende Dichtungen, die eine Dichtfunktion ausüben, wo eine Rotations- oder Hubkolbenantriebswelle durch das Pumpengehäuse führt.*

j) Verbrennungseinrichtungen, entwickelt zur Vernichtung der in Nummer 1C350 genannten Substanzen, mit besonders entwickelten Abfall-Zuführungssystemen, speziellen Handhabungseinrichtungen und einer durchschnittlichen Brennraumtemperatur größer als 1 273 K (1 000°C), wobei alle medienberührenden Flächen des Zuführungssystems aus einem der folgenden Werkstoffe oder Materialien bestehen:

1. 'Legierungen' mit mehr als 25 Gew.-% Nickel und 20 Gew.-% Chrom,

2B350 j. (Fortsetzung)

2. Keramik, oder

3. Nickel oder Nickel-'Legierungen' mit mehr als 40 Gew.-% Nickel,

Anmerkung: Im Sinne der Nummer 2B350 bestimmen die für Dichtungen, Füllstoffe, Verschlüsse, Schrauben, Unterlegscheiben verwendeten Werkstoffe und Materialien sowie andere Werkstoffe oder Materialien, die eine Dichtfunktion ausüben, nicht den Kontrollstatus, sofern diese Bestandteile austauschbar konstruiert sind.

Technische Anmerkungen:

1. ‚Carbon-Grafit‘ besteht aus amorphem Kohlenstoff und Grafit, wobei der Grafitgehalt 8 Gew.-% oder mehr beträgt.

2. Für das in den obigen Unternummern aufgeführte Material sind unter dem Begriff ‚Legierung‘, wenn dieser nicht in Verbindung mit einer bestimmten Elementkonzentration verwendet wird, diejenigen Legierungen zu verstehen, bei denen das identifizierte Metall einen höheren Gewichtsanteil aufweist als jedes andere Element.

2B351 Systeme zur Feststellung oder Überwachung toxischer Gase und dafür bestimmte Bestandteile zur Detektion, die nicht von Nummer 1A004 erfasst werden, wie folgt, sowie Detektoren, Ausrüstungen mit Sensoren und austauschbare Messsonden-Einsätze hierfür:

a) entwickelt für den kontinuierlichen Betrieb und verwendbar für die Detektion von chemischen Kampfstoffen oder den in Nummer 1C350 genannten Substanzen unterhalb einer Konzentration von 0,3 mg/m<sup>3</sup> oder

b) entwickelt für die Detektion Cholinesterase-hemmender Wirkung.

2B352 Ausrüstung, geeignet zur Handhabung biologischer Stoffe, wie folgt:

a) Sicherheitsbereiche und zugehörige Ausrüstung, wie folgt:

1. Vollständige Sicherheitsbereiche, die den Kriterien für die Sicherheitsstufen P3 oder P4 (BL3, BL4, L3, L4) gemäß der Definition im WHO-Handbuch Laboratory Biosafety (3. Auflage, Genf 2004) entsprechen;

2. Ausrüstung, die für eine feste Installation in den von Unternummer 2B352a erfassten Sicherheitsbereichen konstruiert ist, wie folgt:

a) Doppeltür-Durchreiche-Autoklaven für Dekontaminierung,

b) Dekontaminationsduschen für Atemschutzanzüge,

c) Durchgangsschleusen mit mechanischen oder aufblasbaren Dichtungen,

b) Fermenter und Bestandteile wie folgt:

1. Fermenter, geeignet zur Kultivierung von „Mikroorganismen“ oder lebenden Zellen zur Erzeugung von Viren oder Toxinen, ohne Aerosolfreisetzung, mit einer Gesamtkapazität größer/gleich 20 l;

2. Für Fermenter in Unternummer 2B352b1 konstruierte Bestandteile wie folgt:

a) Reaktionskammern, konstruiert für eine In-situ-Sterilisation oder In-situ-Desinfektion;

b) Haltevorrichtungen für die Reaktionskammer;

c) Prozesssteuerungen, geeignet zur simultanen Überwachung und Steuerung von zwei oder mehr Systemparametern der Fermentation (z. B. Temperatur, pH-Wert, Nährstoffgehalt, Badbewegung, gelöster Sauerstoff, Luftstrom, Schaumkontrolle);

Technische Anmerkung:

Fermenter im Sinne der Unternummer 2B352b schließen Bioreaktoren, Einwegbioreaktoren, Chemostate und kontinuierliche Fermentationssysteme ein.

c) Zentrifugalseparatoren, geeignet zur kontinuierlichen Trennung ohne Aerosolfreisetzung, mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Durchflussrate größer als 100 l/h,

2B352 c. (Fortsetzung)

2. Bestandteile aus poliertem Edelstahl oder Titan,
3. Ein- oder Mehrfachdichtung im Dampfsterilisationsbereich und
4. geeignet zur In-situ-Sterilisation im geschlossenen Zustand;

Technische Anmerkung:

Zentrifugalseparatoren schließen Dekanter ein.

d) Kreuz-(Tangential-)stromfilter-Ausrüstung und -Bestandteile, wie folgt:

1. Kreuz-(Tangential-)stromfilter-Ausrüstung, geeignet zur Abtrennung von „Mikroorganismen“, Viren, Toxinen oder Zellkulturen, mit allen folgenden Eigenschaften:

- a) Gesamtfilterfläche größer/gleich  $1 \text{ m}^2$  und
- b) mit einer der folgenden Eigenschaften:
  1. geeignet zur In-situ-Sterilisation oder zur In-situ-Desinfektion; oder
  2. Verwendung von Einweg- oder Einmalfiltern;

Technische Anmerkung:

Im Sinne von Unternummer 2B352d1b bezeichnet ‚Sterilisation‘ die Entfernung aller vermehrungsfähigen Mikroben von der Ausrüstung durch die Verwendung physikalischer (z. B. Dampf) oder chemischer Agenzien. ‚Desinfektion‘ bezeichnet die Zerstörung der potenziellen mikrobiellen Infektiosität der Ausrüstung durch die Verwendung chemischer Agenzien mit germiziden Effekten. Desinfektion und Sterilisation unterscheiden sich von der Sanitisation. Die Sanitisation bezieht sich auf Reinigungsoperationen, die entwickelt wurden, um die Menge des mikrobiellen Materials auf der Ausrüstung zu verringern ohne notwendigerweise deren völlige Infektiosität oder Vermehrungsfähigkeit zu beseitigen.

Anmerkung: Unternummer 2B352d erfasst nicht Umkehrosiose- und Hämodialyse-Ausrüstung gemäß Herstellerangaben.

2. Bestandteile von Kreuz-(Tangential-)stromfiltern (z. B. Module, Elemente, Kassetten, Kartuschen oder Platten) mit einer Filterfläche größer/gleich  $0,2 \text{ m}^2$  pro Bestandteil und konstruiert für die Verwendung in Kreuz-(Tangential-)stromfilter-Ausrüstung, die von Unternummer 2B352d erfasst wird;

e) mit Wasserdampf, Gas oder Dampf sterilisierbare Gefriertrocknungsanlagen mit einer Eiskapazität des Kondensators von größer/gleich 10 kg und kleiner als 1 000 kg in 24 Stunden;

f) Schutz- und Containment-Ausrüstungen wie folgt:

1. Voll- oder Halbschutzanzüge oder Hauben, die auf die Anbindung an eine externe Luftversorgung angewiesen sind und mit Überdruck betrieben werden,

Anmerkung: Anzüge, entwickelt für das Tragen mit unabhängigen Atemgeräten, werden von Unternummer 2B352f1 nicht erfasst.

2. Räume für biologisches Containment, Isolatoren oder biologische Sicherheitswerkbänke mit allen folgenden Eigenschaften für den Normalbetrieb:

- a) vollkommen geschlossener Arbeitsbereich, welcher vom Bedienpersonal durch eine physische Barriere getrennt ist;
- b) geeignet zum Unterdruckbetrieb;
- c) Vorrichtungen zur sicheren Handhabung von Arbeitsmaterialien im Arbeitsbereich;
- d) Zu- und Abluft des Arbeitsbereiches wird HEPA-gefiltert;

Anmerkung 1: Unternummer 2B352f2 schließt biologische Sicherheitswerkbänke der Klasse III ein, die wie in der neuesten Ausgabe des WHO-Handbuchs Laboratory Biosafety beschrieben oder gemäß nationalen Normen, Regelungen oder Leitlinien gebaut sind.



2B352 f. (Fortsetzung)

Anmerkung 2: Unternummer 2B352f2 umfasst keine Isolatoren, die speziell für die Krankenpflege in abgegrenzten Räumen (barrier nursing) oder zum Transport von infizierten Patienten konstruiert sind.

g) Aerosolinhalationsanlagen, die für Aerosoleignungsprüfungen von „Mikroorganismen“, Viren oder „Toxinen“ wie folgt konstruiert sind:

1. Ganzkörper-Expositions-kammern mit einem Volumen von mindestens 1 m<sup>3</sup>;

2. Geräte für die „Nose-only“-Exposition mit gerichtetem Aerosolfluss und einer Kapazität für die Exposition von einem der Folgenden:

a) 12 oder mehr Nagetieren oder

b) 2 oder mehr Tieren außer Nagetieren;

3. Geschlossene Restrainer, konstruiert für den Einsatz in Geräten für die „Nose-only“-Exposition mit gerichtetem Aerosolfluss;

h) Sprühtrocknungsanlagen, geeignet zur Trocknung von Toxinen oder pathogenen „Mikroorganismen“, mit allen folgenden Eigenschaften:

1. einer Wasserverdampfungskapazität von größer/gleich 0,4 kg/h und kleiner/gleich 400 kg/h

2. der Fähigkeit, eine mittlere Partikelgröße kleiner/gleich 10 µm mit der bestehenden Ausrüstung oder durch minimale Modifikation des Sprühtrockners mit Sprühdüsen, die die Erzeugung der gewünschten Partikelgröße erlaubt, zu erzeugen und

3. geeignet zur In-situ-Sterilisation oder In-situ-Desinfektion.

## 2C Werkstoffe und Materialien

Kein Eintrag.

## 2D Datenverarbeitungsprogramme (Software)

2D001 “Software”, andere als von Nummer 2D002 erfasst, wie folgt:

a) “Software”, besonders entwickelt oder geändert für die “Entwicklung” oder “Herstellung” von Ausrüstung, die von Nummer 2A001 oder 2B001 erfasst wird;

b) “Software”, besonders entwickelt oder geändert für die “Verwendung” von Ausrüstung, die von Unternummer 2A001c, Nummer 2B001 oder den Nummern 2B003 bis 2B009 erfasst wird.

Anmerkung: Nummer 2D001 erfasst keine Programmierungs-“Software” für Bauteile, die “numerische Steuerungs”codes für die Bearbeitung verschiedener Bauteile erzeugt.

2D002 “Software” für elektronische Bauteile, auch wenn sie in einem elektronischen Bauteil oder System dauerhaft gespeichert ist, die solche Bauteile oder Systeme zu Funktionen einer “numerischen Steuerung” befähigt, die mehr als vier interpolierende Achsen simultan zur “Bahnsteuerung” koordinieren kann.

Anmerkung 1: Nummer 2D002 erfasst keine “Software”, besonders entwickelt oder geändert zur Verwendung in nicht von Kategorie 2 erfassten Maschinen.

Anmerkung 2: Nummer 2D002 erfasst keine „Software“ für Maschinen, die von Nummer 2B002 erfasst werden. Zur Erfassung von “Software” für die von Nummer 2B002 erfassten Maschinen: siehe Nummer 2D001 und Nummer 2D003.

Anmerkung 3: Nummer 2D002 erfasst keine “Software”, die mit nicht von Kategorie 2 erfassten Maschinen ausgeführt wird und das erforderliche Minimum für den Betrieb dieser Maschinen ist.

2D003 “Software”, entwickelt oder geändert für den Betrieb von Ausrüstung, die von Nummer 2B002 erfasst wird, die Funktionen der optischen Gestaltung, der Werkstückvermessung und des Materialabtrags in “numerische Steuer“-Befehle umwandelt, um die gewünschte Form des Werkstücks zu erzielen.

2D101 "Software", besonders entwickelt oder geändert für die "Verwendung" von Ausrüstung, erfasst von Nummer 2B104, 2B105, 2B109, 2B116, 2B117 oder 2B119 bis 2B122.

*Anmerkung:* SIEHE AUCH NUMMER 9D004.

2D201 "Software", besonders entwickelt für die "Verwendung" von Ausrüstung, erfasst von Nummer 2B204, 2B206, 2B207, 2B209, 2B219 oder 2B227.

2D202 "Software", besonders entwickelt oder geändert für die "Entwicklung", "Herstellung" oder "Verwendung" von Ausrüstung, erfasst von Nummer 2B201.

*Anmerkung:* Nummer 2D202 erfasst keine Programmierungs-"Software" für Bauteile, die "numerische Steuerungs"befehlcodes erzeugt, aber keine direkte Verwendung der Ausrüstung für die Bearbeitung verschiedener Bauteile erlaubt.

2D351 "Software", die nicht von Nummer 1D003 erfasst wird, besonders entwickelt für die "Verwendung" der von Unternummer 2B351 erfassten Ausrüstung.

## **2E Technologie**

2E001 "Technologie" entsprechend der Allgemeinen Technologie-Anmerkung für die "Entwicklung" von Ausrüstung oder "Software", die von Nummer 2A, 2B oder 2D erfasst wird.

*Anmerkung:* Nummer 2E001 erfasst "Technologie" für die Integration von Tastsystemen in von Unternummer 2B006a erfasste Koordinatenmessmaschinen.

2E002 "Technologie" entsprechend der Allgemeinen Technologie-Anmerkung für die "Herstellung" von Ausrüstung, die von Nummer 2A oder 2B erfasst wird.

2E003 "Technologie" wie folgt:

a) "Technologie" für die „Entwicklung“ von interaktiver Grafik als integraler Bestandteil "numerischer Steuerungen" zur Vorbereitung oder Änderung von Teileprogrammen;

b) "Technologie" für metallbearbeitende Fertigungsverfahren wie folgt:

1. "Technologie" für den Entwurf von Werkzeugen, Gesenken oder Spannvorrichtungen, besonders entwickelt für eines der folgenden Verfahren:

a) "superplastisches Umformen",

b) "Diffusionsschweißen" oder

c) "hydrostatisches Umformen mit direkter Druckbeaufschlagung",

2. technische Daten, d. h. Verfahrensbeschreibungen oder Parameter, wie folgt, für die Verfahrenssteuerung:

a) „superplastisches Umformen“ von Aluminium-, Titan- oder „Superlegierungen“:

1. Oberflächenbehandlung,

2. Dehngeschwindigkeit,

3. Temperatur,

4. Druck,

b) „Diffusionsschweißen“ von „Superlegierungen“ oder Titanlegierungen:

1. Oberflächenbehandlung,

2. Temperatur,

3. Druck,

- 2E003 b. 2. (Fortsetzung)
- c) "hydrostatisches Umformen mit direkter Druckbeaufschlagung" von Aluminium- oder Titanlegierungen:
    - 1. Druck,
    - 2. Dauer des Arbeitsvorgangs;
  - d) „heißisostatisches Verdichten“ von Titan-, Aluminium- oder „Superlegierungen“:
    - 1. Temperatur,
    - 2. Druck,
    - 3. Dauer des Arbeitsvorgangs;
  - c) „Technologie“ für die „Entwicklung“ oder „Herstellung“ von hydraulischen Streckziehpressen und dazugehörigen Formwerkzeugen zur Fertigung von Bauelementen für Flugzeugzellen;
  - d) „Technologie“ für die „Entwicklung“ von Generatoren für die Erstellung von Steuerbefehlen für Werkzeugmaschinen (z. B. Teileprogramme) aus Konstruktionsdaten innerhalb der „numerischen Steuerungen“;
  - e) „Technologie“ für die „Entwicklung“ von Integrations-„Software“ zum Einfügen von „Expertensystemen“ in „numerische Steuerungen“ zur weit gehenden Unterstützung von Entscheidungen im maschinennahen Bereich;
  - f) "Technologie" für das Aufbringen von anorganischen Auflageschichten oder anorganischen, oberflächenverändernden Schichten (gemäß Spalte 3 der nachstehenden Tabelle) auf Substrate für nichtelektronische Anwendungen (gemäß Spalte 2 der nachstehenden Tabelle) durch die in Spalte 1 der nachstehenden Tabelle aufgeführten und in der Technischen Anmerkung definierten Verfahren.

Anmerkung: Tabelle und Technische Anmerkung folgen nach Nummer 2E301.

Anmerkung: Diese Tabelle ist so zu lesen, dass die Technologie eines bestimmten Beschichtungsverfahrens nur dann erfasst ist, wenn die in Spalte 3 aufgeführte Beschichtung einem Absatz mit dem jeweiligen Substrat in Spalte 2 direkt zugeordnet ist. Beispiel: Technische Daten zur chemischen Beschichtung aus der Gasphase (CVD-Beschichten) sind erfasst bezüglich der Aufbringung von Siliciden auf Substrate aus Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-„Matrix“-„Verbundwerkstoffen“, aber nicht erfasst bezüglich der Aufbringung von Siliciden auf Substrate aus „gesintertem Wolframkarbid“ (16) und „Siliziumkarbid“ (18). Im zweiten Fall ist die Beschichtung nicht in dem Absatz der Spalte 3 aufgeführt, der dem Absatz der Spalte 2 mit dem Eintrag „gesintertes Wolframkarbid“ (16), „Siliziumkarbid“ (18) direkt zugeordnet ist.

- 2E101 "Technologie" entsprechend der Allgemeinen Technologie-Anmerkung für die "Verwendung" von Ausrüstung oder "Software", erfasst von Nummer 2B004, 2B009, 2B104, 2B109, 2B116, 2B119 bis 2B122 oder 2D101.
- 2E201 "Technologie" entsprechend der Allgemeinen Technologie-Anmerkung für die "Verwendung" von Ausrüstung oder "Software", erfasst von Nummer 2A225, 2A226, 2B001, 2B006, Unternummer 2B007b oder 2B007c, Nummer 2B008, 2B009, 2B201, 2B204, 2B206, 2B207, 2B209, 2B225 bis 2B233, 2D201 oder 2D202.
- 2E301 "Technologie" entsprechend der Allgemeinen Technologie-Anmerkung für die "Verwendung" von Waren, erfasst von Nummer 2B350 bis 2B352.

Tabelle

**Abscheidungsverfahren**

1. Beschichtungsverfahren (1) (*)	2. Substrat	3. Schichten
A. Chemische Beschichtung aus der Gasphase (CVD-Beschichten)	„Superlegierungen“	Aluminide für Innenbeschichtungen

1. Beschichtungsverfahren (1) (*)	2. Substrat	3. Schichten
	<p>Keramik (19) und Glas mit niedriger Wärmeausdehnung (14)</p> <p>Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix“-“Verbundwerkstoffe“</p> <p>Gesintertes Wolframkarbid (16), Siliziumkarbid (18)</p> <p>Molybdän und Molybdänlegierungen</p> <p>Beryllium und Berylliumlegierungen</p> <p>Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster (9)</p>	<p>Silicide Karbide Dielektrische Schichten (15) Diamant Diamantartiger Kohlenstoff (17)</p> <p>Silicide Karbide Hochschmelzende Metalle Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15) Aluminide Legierte Aluminide (2) Bornitrid</p> <p>Karbide Wolfram Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15)</p> <p>Dielektrische Schichten (15)</p> <p>Dielektrische Schichten (15) Diamant Diamantartiger Kohlenstoff (17)</p> <p>Dielektrische Schichten (15) Diamant Diamantartiger Kohlenstoff (17)</p>
<p>Physikalische Beschichtung aus der Gasphase (PVD-Beschichten) durch thermisches Verdampfen (TE-PVD)</p> <p>B.1. PVD-Beschichten: Elektronenstrahl (EB-PVD)</p>	<p>“Superlegierungen“</p> <p>Keramik (19) und Glas mit niedriger Wärmeausdehnung (14)</p> <p>Korrosionsbeständiger Stahl (7)</p> <p>Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix“-“Verbundwerkstoffe“</p> <p>Gesintertes Wolframkarbid (16), Siliziumkarbid (18)</p>	<p>Legierte Silicide Legierte Aluminide (2) MCrAlX (5) modifiziertes Zirkoniumdioxid (12) Silicide Aluminide Mischschichten daraus (4)</p> <p>Dielektrische Schichten (15)</p> <p>MCrAlX (5) modifiziertes Zirkoniumdioxid (12) Mischschichten daraus (4)</p> <p>Silicide Karbide Hochschmelzende Metalle Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15) Bornitrid</p> <p>Karbide Wolfram Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15)</p>

1. Beschichtungsverfahren (1) (*)	2. Substrat	3. Schichten
	Molybdän und Molybdänlegierungen	Dielektrische Schichten (15)
	Beryllium und Berylliumlegierungen	Dielektrische Schichten (15) Boride Beryllium
	Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster (9)	Dielektrische Schichten (15)
	Titanlegierungen (13)	Boride Nitride
B.2. Ionenunterstütztes PVD-Beschichten mittels Widerstandsheizung (PVD-Ionenplattieren)	Keramik (19) und Glas mit niedriger Wärmeausdehnung	Dielektrische Schichten (15) Diamantartiger Kohlenstoff (17)
	Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix“-“Verbundwerkstoffe“	Dielektrische Schichten (15)
	Gesintertes Wolframkarbid (16), Siliziumkarbid	Dielektrische Schichten (15)
	Molybdän und Molybdänlegierungen	Dielektrische Schichten (15)
	Beryllium und Berylliumlegierungen	Dielektrische Schichten (15)
	Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster (9)	Dielektrische Schichten (15) Diamantartiger Kohlenstoff (17)
B.3. PVD-Beschichten: “Laser“-Verdampfung	Keramik (19) und Glas mit niedriger Wärmeausdehnung (14)	Silicide Dielektrische Schichten (15) Diamantartiger Kohlenstoff (17)
	Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix“-“Verbundwerkstoffe“	Dielektrische Schichten (15)
	Gesintertes Wolframkarbid (16), Siliziumkarbid	Dielektrische Schichten (15)
	Molybdän und Molybdänlegierungen	Dielektrische Schichten (15)
	Beryllium und Berylliumlegierungen	Dielektrische Schichten (15)
	Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster (9)	Dielektrische Schichten (15) Diamantartiger Kohlenstoff

1. Beschichtungsverfahren (1) (*)	2. Substrat	3. Schichten
B.4. PVD-Beschichten: Kathodenzerstäubung durch Bogenentladung (Arc-Verdampfen)	<p>“Superlegierungen”</p> <p>Polymere (11) und “Verbundwerkstoffe” mit organischer “Matrix”</p>	<p>Legierte Silicide Legierte Aluminide (2) MCrAlX (5)</p> <p>Boride Karbide Nitride Diamantartiger Kohlenstoff (17)</p>
C. Pack-Beschichten [Pack-Beschichten ohne direkten Pulverkontakt (out-of-pack) (10); siehe oben unter A]	<p>Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix”-“Verbundwerkstoffe”</p> <p>Titanlegierungen (13)</p> <p>Hochschmelzende Metalle und Legierungen (8)</p>	<p>Silicide Karbide Mischschichten daraus (4)</p> <p>Silicide Aluminide Legierte Aluminide (2)</p> <p>Silicide Oxide</p>
D. Plasmaspritzen	<p>“Superlegierungen”</p> <p>Aluminiumlegierungen (6)</p> <p>Hochschmelzende Metalle und Legierungen (8)</p> <p>Korrosionsbeständiger Stahl (7)</p> <p>Titanlegierungen (13)</p>	<p>MCrAlX (5) modifiziertes Zirkoniumdioxid (12) Mischschichten daraus (4) Nickel-Grafit-Einlaufbeläge Ni-Cr-Al-haltige Einlaufbeläge Al-Si-Polyester-Einlaufbeläge Legierte Aluminide (2)</p> <p>MCrAlX (5) modifiziertes Zirkoniumdioxid (12) Silicide Mischschichten daraus (4)</p> <p>Aluminide Silicide Karbide</p> <p>MCrAlX (5) modifiziertes Zirkoniumdioxid (12) Mischschichten daraus (4)</p> <p>Karbide Aluminide Silicide Legierte Aluminide (2) Nickel-Grafit-Einlaufbeläge Ni-Cr-Al-haltige Einlaufbeläge Al-Si-Polyester-Einlaufbeläge</p>
E. Schlickerbeschichten	Hochschmelzende Metalle und Legierungen (8)	Aufgeschmolzene Silicide Aufgeschmolzene Aluminide, ausgenommen für Widerstandsheizelemente

1. Beschichtungsverfahren (1) (*)	2. Substrat	3. Schichten
	Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix“-“Verbundwerkstoffe“	Silicide Karbide Mischschichten daraus (4)
F. Kathodenzerstäubungsbeschichtung (Sputtern/Aufstäuben)	<p>“Superlegierungen“</p> <p>Keramik und Glas mit niedriger Wärmeausdehnung (14)</p> <p>Titanlegierungen (13)</p> <p>Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Keramik- und Metall-“Matrix“-“Verbundwerkstoffe“</p> <p>Gesintertes Wolframkarbid (16), Siliziumkarbid (18)</p> <p>Molybdän und Molybdänlegierungen</p> <p>Beryllium und Berylliumlegierungen</p> <p>Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster (9)</p> <p>Hochschmelzende Metalle und Legierungen (8)</p>	<p>Legierte Silicide Legierte Aluminide (2) Mit Edelmetallen modifizierte Aluminide (3) MCrAlX (5) modifiziertes Zirkoniumdioxid (12) Platin Mischschichten daraus (4)</p> <p>Silicide Platin Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15) Diamantartiger Kohlenstoff (17)</p> <p>Boride Nitride Oxide Silicide Aluminide Legierte Aluminide (2) Karbide</p> <p>Silicide Karbide Hochschmelzende Metalle Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15) Bornitrid</p> <p>Karbide Wolfram Mischschichten daraus (4) Dielektrische Schichten (15) Bornitrid</p> <p>Dielektrische Schichten (15)</p> <p>Boride Dielektrische Schichten (15) Beryllium</p> <p>Dielektrische Schichten (15) Diamantartiger Kohlenstoff (17)</p> <p>Aluminide Silicide Oxide Karbide</p>
G. Ionenimplantation	<p>Hochwarmfeste Lagerstähle</p> <p>Titanlegierungen (13)</p>	<p>Zusatz von Chrom, Tantal oder Niob (Columbium)</p> <p>Boride Nitride</p>

1. Beschichtungsverfahren (1) (*)	2. Substrat	3. Schichten
	Beryllium und Berylliumlegierungen	Boride
	Gesintertes Wolframkarbid (16)	Karbide Nitride

(\*) Die in Klammern gesetzten Ziffern verweisen auf nachstehende Anmerkungen zu dieser Tabelle.

#### ANMERKUNGEN ZUR TABELLE - ABSCHIEDUNGSVERFAHREN

1. Die 'Beschichtungsverfahren' schließen das Ausbessern und Erneuern von Schichten ebenso ein wie die Originalbeschichtung.
2. 'Legierte Aluminid'-Beschichtung schließt das Beschichten nach Einzel- oder Mehrschrittverfahren ein, bei denen ein oder mehrere Elemente vor oder während des Aufbringens der Aluminid-Schicht abgeschieden werden, selbst wenn diese Elemente nach einem anderen Beschichtungsverfahren aufgebracht werden. Es schließt jedoch nicht die mehrfache Anwendung von Einzelschritt-Packbeschichtungsverfahren zur Erzielung von legierten Aluminid-Schichten ein.
3. 'Mit Edelmetallen modifizierte Aluminid'-Beschichtung schließt die Mehrschrittbeschichtungen ein, bei denen das Edelmetall oder die Edelmetalle vor der Aluminid-Schicht durch ein anderes Beschichtungsverfahren aufgebracht wird/werden.
4. Der Ausdruck 'Mischschichten daraus' schließt infiltrierte Werkstoff, abgestufte Zusammensetzungen, Simultanabscheidungen und Mehrschichten-Abscheidungen ein. Sie werden durch Anwendung eines oder mehrerer der in der Tabelle aufgeführten Beschichtungsverfahren hergestellt.
5. 'MCrAlX' bezieht sich auf eine Beschichtungslegierung, bei der 'M' für Cobalt, Eisen, Nickel oder Kombinationen aus diesen Elementen und 'X' für Hafnium, Yttrium, Silizium, Tantal in jeder gewünschten Menge oder für sonstige beabsichtigte Zusätze über 0,01 Masseprozent in unterschiedlichen Verhältnissen und Mischungen steht, ausgenommen:
  - a) CoCrAlY-Schichten, die weniger als 22 Masseprozent Chrom, weniger als 7 Masseprozent Aluminium und weniger als 2 Masseprozent Yttrium enthalten,
  - b) CoCrAlY-Schichten, die 22 bis 24 Masseprozent Chrom, 10 bis 12 Masseprozent Aluminium und 0,5 bis 0,7 Masseprozent Yttrium enthalten oder
  - c) NiCrAlY-Schichten, die 21 bis 23 Masseprozent Chrom, 10 bis 12 Masseprozent Aluminium und 0,9 bis 1,1 Masseprozent Yttrium enthalten.
6. 'Aluminiumlegierungen' beziehen sich auf Legierungen mit einer Zugfestigkeit von 190 MPa oder mehr, gemessen bei einer Temperatur von 293 K (20 °C).
7. 'Korrosionsbeständige Stähle' beziehen sich auf Stähle der AISI-Nummernreihe 300 (AISI = American Iron and Steel Institute) oder Stähle vergleichbarer nationaler Normen.
8. 'Hochschmelzende Metalle und Legierungen' schließen die folgenden Metalle und ihre Legierungen ein: Niob (Columbium), Molybdän, Wolfram und Tantal.
9. 'Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster' wie folgt: Aluminiumoxid, Silizium, Germanium, Zinksulfid, Zinkselenid, Galliumarsenid, Diamant, Galliumphosphid, Saphir und die folgenden Metallhalogenide: Werkstoffe oder Materialien für Sensorenfenster mit einem Durchmesser von mehr als 40 mm bei Zirkoniumfluorid und Hafniumfluorid.
10. Kategorie 2 erfasst nicht die „Technologie“ für das Pack-Beschichten im Einzelschrittverfahren von massiven Turbinenschaufelblättern.
11. 'Polymere' wie folgt: Polyimid, Polyester, Polysulfid, Polycarbonate und Polyurethane.
12. 'Modifiziertes Zirkoniumdioxid' bezieht sich auf Zirkoniumdioxid mit Zusätzen von anderen Metalloxiden (z. B. Calciumoxid, Magnesiumoxid, Yttriumoxid, Hafniumoxid, Seltenerdoxide) zur Stabilisierung bestimmter Kristallphasen und Phasenzusammensetzungen. Wärmedämmschichten aus Zirkoniumdioxid, das durch Mischung oder Verschmelzung mit Calciumoxid oder Magnesiumoxid modifiziert wurde, werden nicht erfasst.



13. 'Titanlegierungen' beziehen sich nur auf in der Luft- und Raumfahrt verwendete Legierungen, die über eine Zugfestigkeit von 900 MPa oder mehr verfügen, gemessen bei einer Temperatur von 293 K (20 °C).
14. 'Glas mit niedriger Wärmeausdehnung' bezieht sich auf Glas mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $1 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$  oder weniger, gemessen bei einer Temperatur von 293 K (20 °C).
15. 'Dielektrische Schichten' sind Mehrschichten aus Isolierstoffen, wobei die Interferenzeigenschaften eines Schichtsystems, das aus Werkstoffen oder Materialien mit unterschiedlichem Brechungsindex besteht, zur Reflexion, Transmission oder Absorption von Wellen verschiedener Längenbereiche verwendet werden. 'Dielektrische Schichten' bestehen aus mehr als vier dielektrischen Lagen oder mehr als vier Dielektrikum/Metall-"Verbundwerkstoff"-lagen.
16. 'Gesintertes Wolframkarbid' bezieht sich nicht auf Werkstoffe oder Materialien für Schneid- und Formwerkzeuge aus Wolframkarbid/(Cobalt, Nickel), Titankarbid/(Cobalt, Nickel), Chromkarbid/Nickel-Chrom und Chromkarbid/Nickel.
17. "Technologie" für das Abscheiden von diamantartigem Kohlenstoff auf den folgenden Gegenständen, unterliegt nicht der Ausfuhr genehmigungspflicht:
 

Festplatten und Festplattenköpfe, Ausrüstung für die Herstellung von Einwegartikeln, Ventile für Wasserhähne, Lautsprechermembranen, Teile für Automobilmotoren, spangebende Werkzeuge, Stanz- und Presswerkzeuge, Ausrüstung für Büroautomation, Mikrofone, medizinische Geräte oder Formen für das Gießen oder Spritzen von Plastik, wenn sie aus Legierungen hergestellt sind, die weniger als 5 % Beryllium enthalten.
18. 'Siliziumkarbid' schließt nicht Materialien für spanende und umformende Werkzeuge ein.
19. Keramiksubstrate, wie sie in dieser Position benutzt werden, beinhalten nicht Keramikmaterialien mit einem Anteil größer/gleich 5 Gew.-% an Lehm oder Bindemittel als separater Bestandteil oder als Kombination.

#### TECHNISCHE ANMERKUNGEN ZUR TABELLE - ABSCHIEDUNGSVERFAHREN

Die in Spalte 1 der Tabelle angegebenen Verfahren sind wie folgt definiert:

- a) Chemische Beschichtung aus der Gasphase (CVD-Beschichten) ist ein Verfahren zum Aufbringen von Auflageschichten oder oberflächenverändernden Schichten, bei dem ein Metall, eine Legierung, ein "Verbundwerkstoff", ein Dielektrikum oder Keramik auf einem erhitzten Substrat abgeschieden wird. Gasförmige Reaktanten werden im oberflächennahen Bereich eines Substrats zersetzt oder verbunden, wobei der gewünschte Schichtstoff als Element, Legierung oder Verbindung auf dem Substrat abgeschieden wird. Die für die Zersetzung oder chemische Reaktion benötigte Energie wird entweder durch die Hitze des Substrats, durch die elektrische Entladung in einem Glimmlichtplasma oder durch „Laser“-strahlen geliefert.

Anmerkung 1 Das CVD-Beschichten schließt folgende Verfahren ein: Abscheidung mittels gerichtetem Gasfluss ohne direkten Pulverkontakt des Substrats (out of pack), CVD-Beschichten mit pulsierendem Druck, thermische Zersetzung mit geregelter Keimbildung (CNTD), plasmaverstärktes oder -unterstütztes CVD-Beschichten.

Anmerkung 2 Pack-Beschichten bedeutet, dass ein Substrat in ein Pulvergemisch eingebettet wird.

Anmerkung 3 Die beim Out-of-Pack-Verfahren verwendeten gasförmigen Reaktanten werden mit denselben Hauptreaktionen und Parametern erzeugt wie beim Pack-Beschichten, mit der Ausnahme, dass das zu beschichtende Substrat keinen Kontakt mit dem Pulvergemisch hat.

- b) Physikalische Beschichtung aus der Gasphase durch thermisches Verdampfen (TE-PVD = thermal evaporation physical vapour deposition) ist ein Beschichtungsverfahren zur Herstellung von Auflageschichten in einem Vakuum bei einem Druck von weniger als 0,1 Pa, wobei Wärmeenergie zum Verdampfen des Schichtwerkstoffes eingesetzt wird. Bei diesem Verfahren wird das dampfförmige Beschichtungsmaterial durch Kondensation oder Abscheidung auf entsprechend positionierten Substraten aufgebracht.

Die Zufuhr von Gasen in die Vakuumkammer während des Beschichtungs Vorgangs zum Zwecke der Synthese von zusammengesetzten Schichten ist eine übliche Variante dieses Verfahrens.

Die Verwendung von Ionen- oder Elektronenstrahlen oder von Plasma zur Einleitung oder Förderung des Abscheidungs Vorgangs ist ebenfalls eine übliche Variante dieses Verfahrens. Der Einsatz von Monitoren zur Messung der optischen Eigenschaften und der Schichtdicke während des Beschichtungs Vorgangs kann ein Merkmal dieser Verfahren sein.

Spezifische TE-PVD-Verfahren sind folgende:

1. Beim PVD-Beschichten mittels Elektronenstrahl wird das Beschichtungsmaterial mittels Elektronenstrahl erhitzt und verdampft.

2. Beim PVD-Beschichten mittels ionenunterstützter Widerstandsheizung werden Heizquellen mit elektrischem Widerstand in Kombination mit auftreffendem(n) Ionenstrahl(en) verwendet, mit dem ein kontrollierter und gleichmäßiger Fluss aus verdampftem Beschichtungsmaterial erzeugt wird.
3. Bei der "Laser"-Verdampfung werden zum Verdampfen des Beschichtungsmaterials Impuls-"laser" oder Dauerstrich-"Laser" verwendet.
4. Bei der Kathodenzerstäubung durch Bogenentladung (Arc-Verdampfen) wird eine selbstverzehrende Kathode verwendet, die aus dem Beschichtungsmaterial besteht. Dabei wird durch den Momentkontakt einer geerdeten Zündelektrode auf der Kathodenoberfläche eine Lichtbogenentladung ausgelöst. Durch die kontrollierte Bewegung des Lichtbogens wird die Kathodenoberfläche abgetragen, wobei ein hochionisiertes Plasma entsteht. Als Anode kann entweder ein am Rande der Kathode über einem Isolator angebrachter Kegel oder die Kammer selbst verwendet werden. Bei nicht geradliniger Abscheidung wird an das Substrat eine Vorspannung angelegt.

*Anmerkung:* Diese Definition beinhaltet nicht die Kathodenzerstäubungsabscheidung mit unkontrollierter Bogenentladung und Substraten ohne Vorspannung.

5. Ionenplattieren ist eine spezielle Variante eines allgemeinen TE-PVD-Verfahrens, bei dem ein Plasma oder eine Ionenquelle zur Ionisierung des Beschichtungsmaterials verwendet und an das Substrat eine negative Vorspannung angelegt wird, um die Abscheidung des Beschichtungsmaterials aus dem Plasma zu fördern. Die Einbringung von reaktiven Stoffen, die Verdampfung von Feststoffen im Reaktionsbehälter und der Einsatz von Monitoren zur Messung der optischen Eigenschaften und der Schichtdicke während des Beschichtungsvorgangs sind übliche Varianten dieses Verfahrens.
- c) Pack-Beschichten ist ein Verfahren zur Herstellung von oberflächenverändernden Schichten oder Auflageschichten, bei dem das Substrat in ein Pulvergemisch eingebettet wird, das aus folgenden Stoffen besteht:
1. den Metallpulvern, die abgeschieden werden sollen (normalerweise Aluminium, Chrom, Silizium oder Gemische daraus),
  2. einem Aktivator (normalerweise einem Halogenid) und
  3. einem inerten Pulver, in der Regel Aluminiumoxid.

Das Substrat und das Pulvergemisch befinden sich in einer Retorte, die auf eine Temperatur zwischen 1 030 K (757 °C) und 1 375 K (1 102 °C) erhitzt wird, wobei die Haltezeit ausreichend bemessen sein muss, um die Beschichtung abzuschneiden.

- d) Plasmaspritzen ist ein Verfahren zur Herstellung von Auflageschichten, wobei mit einer Plasmaspritzpistole, die ein Plasma erzeugt und regelt, Spritzwerkstoffe in Pulver- oder Drahtform aufgenommen, aufgeschmolzen und auf die Oberfläche des Substrats geschleudert werden. Dabei entsteht auf dem Substrat eine homogene, gut haftende Schicht. Plasmaspritzen bezieht sich auf Niederdruckplasmaspritzen oder Hochgeschwindigkeitsplasmaspritzen.

*Anmerkung 1* Niederdruck bezeichnet einen Druck unterhalb des normalen Atmosphärendrucks.

*Anmerkung 2* Hochgeschwindigkeit bezieht sich auf eine Gasgeschwindigkeit am Düsenaustritt von mehr als 750 m/s bei einer Temperatur von 293 K (20 °C) und einem Druck von 0,1 MPa.

- e) Schlickerbeschichten (Aufbringen von Schichten durch Aufschlänmen) ist ein Verfahren zur Herstellung von oberflächenverändernden Schichten oder Auflageschichten, bei dem ein Metall- oder Keramikpulver zusammen mit einem organischen Binder in einer Flüssigkeit suspendiert und durch Aufspritzen, Tauchen oder Aufpinseln auf ein Substrat aufgebracht wird. Die gewünschte Schicht wird anschließend durch Luft- oder Ofentrocknung und Wärmebehandlung gebildet.
- f) Kathodenzerstäubungsbeschichtung (Sputtern/Aufstäuben) ist ein Verfahren zur Herstellung von Auflageschichten, das auf dem Prinzip der Impulsübertragung beruht. Dabei werden positiv geladene Ionen mit Hilfe eines elektrischen Feldes auf die Oberfläche eines Targets (Beschichtungsmaterial) geschossen. Die Bewegungsenergie der auftreffenden Ionen reicht aus, um Atome aus der Oberfläche des Targets herauszulösen, die sich auf einem entsprechend angebrachten Substrat niederschlagen.

*Anmerkung 1:* Die Tabelle bezieht sich ausschließlich auf das Abscheiden mittels Trioden- oder Magnetronanlagen oder reaktivem Aufstäuben, wodurch die Haftfestigkeit der Schicht und die Beschichtungsrate erhöht werden, sowie auf das beschleunigte Aufstäuben mittels einer am Target anliegenden HF-Spannung, wodurch nichtmetallische Schichtwerkstoffe zerstäubt werden können.

Anmerkung 2: Ionenstrahlen mit niedriger Energie (weniger als 5 keV) können verwendet werden, um die Abscheidung zu aktivieren.

- g) Ionenimplantation ist ein oberflächenveränderndes Beschichtungsverfahren, bei dem das zu legierende Element ionisiert, durch ein Spannungsgefälle beschleunigt und in die Oberfläche des Substrats implantiert wird. Dies schließt Verfahren ein, bei denen neben der Ionenimplantation gleichzeitig das PVD-Beschichten mittels Elektronenstrahl und das Sputtern/Aufstäuben zur Anwendung kommen.