

REIN IN DEN REINRAUM!

Entwicklung und Produktion von
reinraumtauglichen Produkten und
Baugruppen wie z.B. Spann-,
Greif- und Handhabungstechnik

EIN PRAXISLEITFADEN



INHALT

GRUNDLAGEN DES REINRAUMS	4
GRUNDLAGEN DER REINRAUMTAUGLICHEN FERTIGUNG	10
REINRAUMTAUGLICHE PRODUKTE VON RÖHM	16
PROJEKTPLANUNG UND PROZESSABLAUF	20
REINRAUMWERKSTOFFE BEI RÖHM	24
PROZESSABLAUF BEIM HAUPTWERKSTOFF ROSTBESTÄNDIGER STAHL	28
REINRAUM-ABC	34



GRUNDLAGEN DES REINRAUMS

*Schutzkleidung – eine von vielen
Anforderungen beim Arbeiten
im Reinraum*



REINRÄUME – WOZU, FÜR WEN UND WIE?

Reinräume werden für Produktionsprozesse gebraucht, in denen Strukturen im Mikro- und Nanometerbereich erzeugt werden bzw. wo mit Materialien in diesen Größenordnungen gearbeitet wird. Die Größe luftgetragener Teilchen (Stäube, Mikroben) und von einzelnen unerwünschten Gas- und Flüssigkeitsmolekülen (AMC*) liegt im gleichen Bereich, nämlich unterhalb von 5 µm. Sie würden solche Prozesse also stören, schlimmstenfalls sogar die Produkte zerstören.

Früher war Reinraumproduktion eine Domäne von Mikroelektronik und Pharmaindustrie. Inzwischen aber dringen Mikro- und Nanoelektronik in sämtliche Technologiebereiche vor. Auch in der Werkstoff- und Verfahrenstechnik kommen zunehmend Nanotechnologien zur Anwendung.

Das führt im Interesse der Produktqualität dazu, dass die Reinraumproduktion inzwischen in Bereiche wie Feinmechanik, Optik, Medizintechnik und sogar Automobiltechnik Einzug gehalten hat. Hier betrifft sie die Endfertigung sensibler Produkte und die Montage entsprechender Baugruppen.

Raum im Raum

Der Reinraum ist ein speziell konstruierter Funktionsraum im Produktionsraum, von der Umgebung mittels Schleusen hermetisch abgegrenzt – zumeist getrennt für Personen und Materialien. Einem Reinraum höherer Klasse ist stets einer von niedriger Klasse vorgeschaltet, zumindest aber der sogenannte Sauberraum. Er bildet den Übergang zur normalen Umgebung.

Was rein soll, muss rein sein

Die Baustruktur des Reinraums sowie alles, was in ihn hinein soll, müssen dem angestrebten Reinheitsgrad entsprechen: Rohstoffe, Bauteile, Werkzeuge, Mobiliar und sonstige Hilfsmittel. Sämtliche Gegenstände gelangen nur in spezieller doppelter Verpackung ins Innere. Die erste Verpackung wird im Sauberraum entfernt, die zweite im Reinraum. Menschen dürfen Reinräume nur in geeigneter

Schutzkleidung betreten. Als biologische Wesen stellen sie das höchste Verunreinigungsrisiko überhaupt dar. Einen Reinraum höchster Klasse dürfen Menschen deswegen nicht betreten. Hier kann nur mit Manipulatoren und Robotern gearbeitet werden.

„Als Reinraum wird ein Raum bezeichnet, der eine extrem geringe Konzentration luftgetragener Teilchen aufweist. Als luftgetragene Teilchen bezeichnet man alle Partikel und Stoffe, die in der Luft schweben und mit dem bloßen Auge zum größten Teil gar nicht wahrgenommen werden können. Derart saubere Räume werden überall dort benötigt, wo in der Umgebungsluft vorhandene Partikel die Arbeit stören würden.“

*Kathrin Schäfer: Was ist ein Reinraum?
Devicemed.de, 3.12.2018*

WICHTIGSTE MERKMALE EINES REINRAUMS

- Hermetisch von der Umgebung abgegrenzter Indoor-Raum mit Schleusen
- Innen leichter Überdruck mit permanenter Be- und Entlüftung, zumeist als Laminar flow*
- Alternativ: Vakuum (Reinräume höchster Klasse)
- Permanent arbeitende Luftfilter (Partikelfilter HEPA* und ULPA* für Staub und Mikroben, Chemisorptionsfilter* für AMC)
- Permanent arbeitende Partikelmesstechnik; Einstellung konstanter Lufttemperatur und konstanter Luftfeuchtigkeit im Interesse exakter Messbedingungen
- Reinraumfähige Wände, Decken, Fußböden, Leuchtkörper, Möbel und Arbeitsmittel

*) Erklärungen s. Reinraum-ABC auf S. 34

NICHT RAUM, SONDERN RAUMKONZEPT

Mehr noch als eine Architektur ist ein Reinraum ein Arbeitskonzept. Nur mittels akribisch eingehaltener Prozeduren bei Produktion und Reinigung entfaltet sich seine Wirkung. Das konzeptionelle Rückgrat bildet die Einteilung der Reindräume in Klassen.

Branchenübergreifend standardisiert

Die Klassifizierung von Reindräumen ist international normiert. Für die Herstellung von Lebensmitteln, Kosmetik und Arzneimitteln gilt der GMP*-Leitfaden EU. Für alles andere und somit auch für den größten Teil des Maschinen- und Anlagenbaus gelten EN ISO 14644-1 und -2. Als Durchführungsbestimmung für letztere gilt in Deutschland die sehr ausführliche VDI 2083 Blatt 1. Mit zwei Ausnahmen: In der Halbleiterindustrie regelt das Branchenregelwerk ITRS* die Anwendungspraxis; in der Luft- und Raumfahrttechnik ECSS-Q-ST-70-01. Was jedoch die Praxis der Reinraumtechnik im Detail angeht, so hat beinahe jedes Unternehmen, sei es nun Anlagenhersteller oder Anlagenbetreiber, seine eigenen Werksnormen entwickelt, die Zulieferer einhalten müssen.

GMP und ISO

GMP und ISO bilden jeweils eigene Reinraumklassen-Systeme, die sich aus den für ein bestimmtes Luftvolumen erlaubten Größen und Mengen luftgetragener Partikel ableiten. Beide Standards haben ihren historischen Ursprung im US Federal Standard 209E, der mit Kubikfuß und Gallonen rechnet – deswegen sind die auf Kubikmeter umgerechneten Partikelzahlen in GMP und ISO so auffällig „krumm“. Eine der häufigsten Reinraumklassen ist ISO 7. Sie entspricht in etwa GMP C. Die Brücken zwischen beiden Standards sind allerdings nicht offiziell.



Reinraum nach ISO oder GMP?
Es hängt davon ab, was hier produziert wird

Das obere und das untere Ende

Je kleiner die ISO-Zahl, desto höher die Reinraumklasse. Das obere Ende der Anforderungen markieren daher die Klassen ISO 4 bis 1. Sie betreffen vor allem die Fertigung von Halbleiter- und Sensortechnik, inzwischen aber auch die der Optik. Hier geht es zumeist um Vakuum-Reindräume, die von Menschen nicht betreten werden können.

Ab Reinraumklasse ISO 9 aufwärts geht der Reinraum in den Sauberraum über. Physisch ist er genauso beschaffen wie ein Reinraum, nur ist das Reinraumkonzept weniger scharf. Eng damit verbunden ist der Begriff der Technischen Sauberkeit* von Bauteilen. Der Sauberraum hat seinen Ursprung in der Automobilindustrie. Andere Industrien mit vergleichbaren Anforderungen orientieren sich daran.

Reinraumklassen nach EN ISO 14644-1

Klasse	Maximale Partikelzahl je m ³					
	≥ 0,1 µm	≥ 0,2 µm	≥ 0,3 µm	≥ 0,5 µm	≥ 1,0 µm	≥ 5,0 µm
ISO 1	10	–	–	–	–	–
ISO 2	100	24	10	–	–	–
ISO 3	1.000	237	102	35	–	–
ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	–
ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	–
ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO 7	–	–	–	352.000	83.200	2.930
ISO 8	–	–	–	3.520.000	832.000	29.300
ISO 9	–	–	–	35.200.000	8.320.000	293.000



GRUNDLAGEN DER REINRAUM- TAUGLICHEN FERTIGUNG

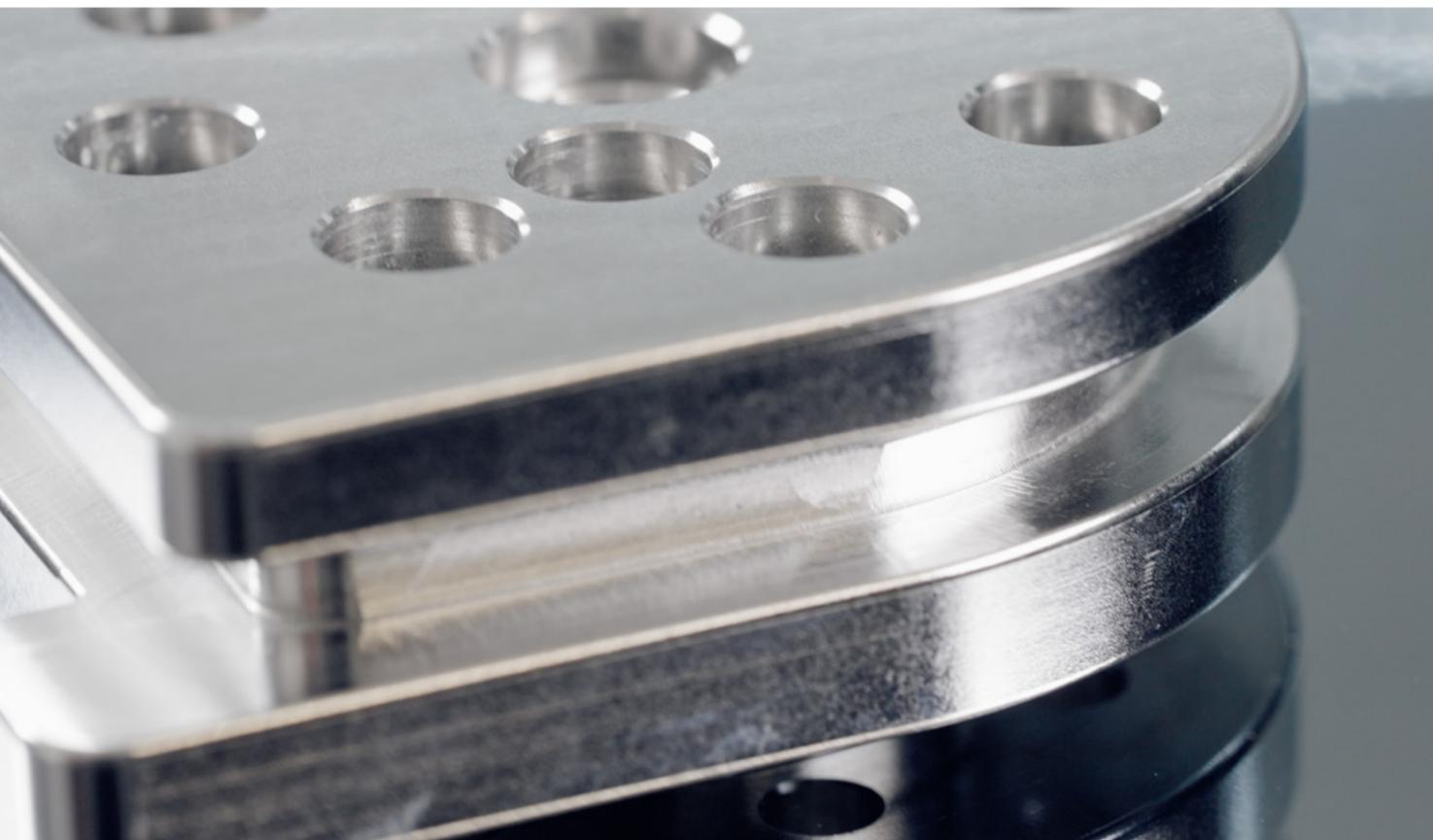
*Qualitätskontrolle eines
reinraumtauglich gefertigten
Bauteils bei RÖHM*

SPEZIELLE WERKSTOFFE, SPEZIELL VERARBEITET

Bauteile oder Baugruppen, überhaupt alle Betriebsmittel, die im Reinraum Verwendung finden sollen, müssen anders konstruiert und hergestellt werden als herkömmliche. Die Unterschiede beginnen bei der Werkstoffwahl und enden bei der Oberflächenqualität.

Die wichtigsten Anforderungen an reinraumtaugliche Werkstoffe sind: Abriebfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, minimale elektrische Aufladung und minimale Ausgasung – hier geht es insbesondere um VOC*. Das schränkt die Palette möglicher Werkstoffe stark ein. Die Hauptgruppe bilden rostbeständige Stähle. Korrosionsbeständigkeit ist zwingend, um die Bildung von Korrosionsprodukten und damit von losen Partikeln zu unterbinden.

Hinzu kommen einige Aluminiumlegierungen sowie spezielle Kunststoffe. Cadmium, Magnesium und Zink gelten hingegen als nicht reinraumfähig. Kupfer ist insbesondere im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik verboten, weil es die Halbleitereigenschaften zerstört.



Reinraumtaugliches Bauteil der Spann-, Greif- und Handhabungstechnik aus rostbeständigem Stahl. Typisch: die abgerundeten Kanten

Geschlossene Oberflächen

Reinraumtaugliche Bauteile oder Baugruppen müssen geschlossener ausgeführt werden als konventionelle. Trennfugen, Sicken, Hinterschneidungen und Hohlräume sind zu vermeiden. Sie alle stellen potentielle Partikelfänger dar und erschweren die Reinigung. Aus diesem Grund ist auch einer monolithischen Ausführung der Vorzug gegenüber einer Montage aus Einzelteilen zu geben.

Vakuumtauglichkeit

In den höchsten Reinraumklassen geht es um Vakuumtauglichkeit. Hier ist absolute Freiheit von Ausgasungen gefordert. Das schränkt die Palette der Werkstoffe weiter ein und stellt bei den verbleibenden die höchsten Anforderungen an die Herstellung – bei den Stählen beispielsweise an die Erschmelzungsart. Bei Bauteilen zur Anwendung im Vakuum müssen zudem Sacklochbohrungen mit zusätzlichen Entlüftungsbohrungen versehen sein, um vollständige Evakuierung zu ermöglichen.



Rostbeständige Stähle – die wichtigsten Werkstoffe im Reinraum

Abriebarme Verbindungen, abgerundete Kanten

Davon abgesehen, verursachen Werkstoffpaarungen, etwa Schraubverbindungen, Abrieb. Lassen sie sich nicht vermeiden, müssen sie so ausgeführt werden, dass der Abrieb bereits bei der Montage auf ein absolutes Minimum reduziert wird. Bei weniger hohen Anforderungen genügt es, Schrauben zu versilbern oder zu vergolden. Sind jedoch hohe Kräfte im Spiel oder soll die Schraubverbindung lösbar sein, muss auf gleitfähigen Spezialstahl zurückgegriffen werden. Auch abgerundete Kanten sind wichtig: Sie binden weniger Mikropartikel, produzieren selbst weniger Abrieb als scharfe und stören zudem die Luftströmung im Reinraum weniger – so weit vorhanden.

Reinraumtaugliches Bauteil der Spann-, Greif- und Handhabungstechnik. Kombination aus rostbeständigem Stahl und Kunststoff, vergoldete Gewindebohrung



Kaum schmieren

Viele Bauteile oder Baugruppen müssen Bewegungen ausführen. Auch das bedeutet: Reibpaarung. Dabei dürfen nur reinraumtaugliche Spezialschmiermittel zur Anwendung kommen, beispielsweise solche auf Basis perfluorierter Polyetheröle und PTFE („Teflon“). In den höchsten Reinraumklassen sind Schmiermittel gänzlich ausgeschlossen. Die Reibpaarung muss also trocken funktionieren. Leider neigen gerade rostbeständige Stähle zum Kaltverschweißen („Fressen“).

Wenig bewegen

Im Reinraum gilt daher als Konstruktionsprinzip: Jede vermeidbare Bewegung muss vermieden werden. Wenn, dann müssen Bewegungen so geringfügig als möglich gestaltet und sowohl werkstoffseitig als auch konstruktiv so ausgeführt werden, dass möglichst kein Abrieb entsteht. Hat man die Wahl zwischen rotierender und linearer Bewegung, so ist der rotierenden der Vorzug zu geben. Zur Werkstoffpaarung werden Kunststoffe mit speziellen Gleiteigenschaften eingesetzt. Wo das nicht ausreicht, kommen entsprechende Spezialstähle zum Einsatz. Alle Reibpaarungen sind einzukapseln.

Beste Oberfläche

Um einerseits die Ablagerung von Mikropartikeln zu verhindern und andererseits beste Reinigungsfähigkeit zu gewährleisten, müssen reinraumtaugliche Bauteile und Baugruppen glatte geschlossene Oberflächen besitzen. Zumindest ist vorgeschrieben, dass sie frei von Poren, Kratzern, Riefen und Dellen sind. Zumeist müssen sie aber zusätzlich poliert und mit versiegelnden Oberflächenschichten versehen werden.

Praxis-Richtschnur

Eine praxisnahe Richtschnur für die komplexen Anforderungen an reinraumtaugliche Werkstoffe, Bauteiloberflächen und für die damit verbundene Qualitätsprüfung bilden die Vorschläge des Industrieverbundes CSM*. Sie haben inzwischen Eingang in den Entwurf der VDI-Richtlinie 2083 Blätter 9.1 und 17 (Reinheitstauglichkeit von Betriebsmitteln und raumlufttechnischen Komponenten) gefunden.

ANFORDERUNGEN AN REINRAUMTAUGLICHE WERKSTOFFE UND BAUTEILE LT. CSM:

- Gute Abriebfestigkeit
- Gute mechanische Beständigkeit
- Gute chemische Beständigkeit
- Geringe Ausgasung
- Glatte porenfreie Oberfläche
- Gute Reinigungsfähigkeit
- Hohe Ableitfähigkeit
- Beständigkeit gegen Desinfektionsmittel (Medizintechnik)
- Biostatische bzw. mikrobizide Wirkung (Medizintechnik)

Quelle: Fraunhofer IPA



REINRAUM- TAUGLICHE PRODUKTE VON RÖHM

*Reinraumtaugliche Bauteile
von RÖHM im Ultraschall-
Reinigungsbad*



SPANN-, GREIF- UND HANDHABUNGSTECHNIK. FÜR REINRÄUME

Seit mehr als 110 Jahren produziert RÖHM Spann-, Greif- und Handhabungstechnik. Viele große Maschinen- und Anlagenbauer weltweit führen uns als Standardlieferant für Bohr- und Drehfutter, Spitzen, Roboter-Greiftechnik oder Spannvorrichtungen. Gemeinsam mit den Unternehmen, die es beliefert, ist RÖHM inzwischen in den Reinraum gegangen.



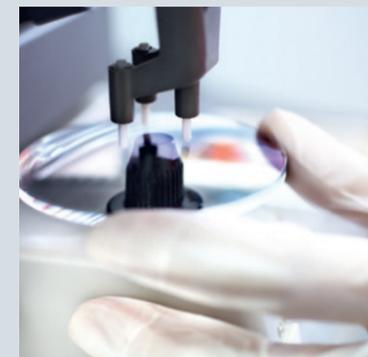
Reinraumtaugliches Bauteil der Spann-, Greif- und Handhabungstechnik aus Kunststoff, mit Gewindebohrungen aus Spezialstahl

Unsere Produkte sind bekannt für ihre außergewöhnliche Kombination aus Robustheit, Präzision sowie intelligenter Kraft- und Bewegungsführung. Im Reinraum ist sie besonders gefragt. Mehr als in normaler Produktionsumgebung geht es hier darum, mit einem Minimum an Bewegung und Kraftaufwand sicher ans Ziel zu kommen.

REINRAUMTAUGLICHE PRODUKTE DER SPANN-, GREIF- UND HANDHABUNGSTECHNIK VON RÖHM

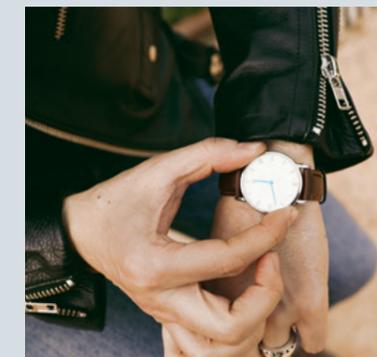
- Schwenkvorrichtungen
- Aufrüstvorrichtungen
- Abrüstvorrichtungen
- Zustellmodule
- Trägerrahmen
- Handling-Vorrichtungen
- Handlingrahmen
- Transportwagen
- Transportvorrichtungen
- Pufferlagereinsätze
- Absorberplatten
- Dichtstopfen
- Spannköpfe
- Aufnahmevorrichtungen (Chucks)
- Auflagestifte (Pins)
- Mechanische Baugruppen

ERFAHRUNGEN MIT VERSCHIEDENEN BRANCHEN



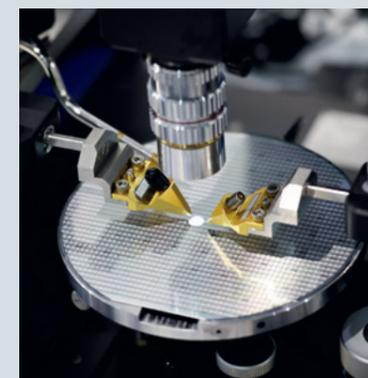
OPTIK

Aufspannungen zur Endbearbeitung und Montage von Präzisionsoptik-Baugruppen



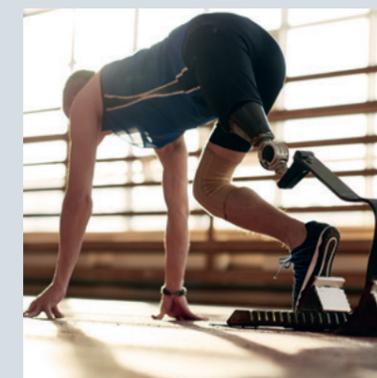
FEINMECHANIK

Spann- und Greifwerkzeuge zur mechanischen Bearbeitung von Gehäusen für hochwertige Uhren



HALBLEITERFERTIGUNG

Mechanische Baugruppen für Anlagen- und Prozesslösungen



MEDIZINTECHNIK

Spannwerkzeuge zur Endbearbeitung von Implantaten



PROJEKTPLANUNG UND PROZESS- ABLAUF

*Endreinigung der Produkte im
Dunkelraum mit Partikelmesstechnik*

SAUBERE PLANUNG, REINE FERTIGUNG

Bei Spann-, Greif- und Handhabungstechnik für den Reinraum geht es stets um kundenspezifische Produkte. RÖHM bringt Know-how sowohl in der reinraumtauglichen Fertigung als auch in der eigentlichen Reinraumfertigung mit.

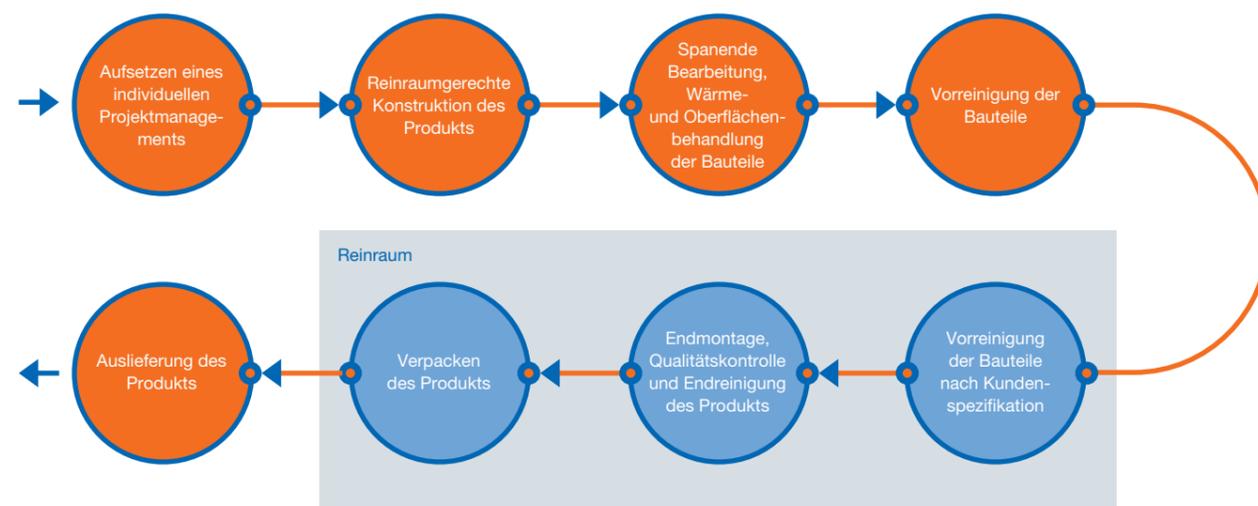
Zunächst wird für jedes Projekt gemeinsam mit dem Kunden ein individuelles Prozessmanagement aufgesetzt – abhängig von der konkreten Aufgabe und der angestrebten Reinraumklasse. Auf Wunsch berücksichtigt RÖHM hierbei Vorgaben zu den Werkstoffen und ihrer Verarbeitung sowie zur Auswahl von Zulieferern.

Eigenes Reinraumdesign

Das reinraumtaugliche Design und die konstruktive Auslegung der Produkte werden von uns ausgeführt. Die Ergebnisse werden über vereinbarte Zwischenschritte mit dem Kunden abgestimmt. Auf Wunsch fertigt RÖHM auch nach Zeichnung.

Eigene reinraumtaugliche Fertigung

Für die Fertigung reinraumtauglicher Produkte hat RÖHM aus der Erfahrung heraus ein sicheres Procedere entwickelt. Die meisten Fertigungsschritte erfolgen im eigenen Haus. Spezielle einzelne Schritte, beispielsweise zur Wärmebehandlung von Stählen, oder zur Vorbereitung für höchste Reinraumklassen, werden ausschließlich von bewährten Zulieferern ausgeführt.



Eigene Reinraumproduktion

Sofern das Produkt in einer Reinraumklasse nicht höher als ISO 7 eingesetzt werden soll, führt RÖHM soweit erforderlich anschließend die Endfertigung und Montage im hauseigenen Reinraumzelt aus. Für höhere Reinraumklassen (< ISO 7) werden kundenspezifische Vereinbarungen getroffen – inklusive der Auswahl geeigneter Zulieferer für die entscheidenden letzten Schritte von Reinigung und Verpackung der Produkte.



Montage im Reinraumzelt von RÖHM

DAS REINRAUMZELT VON RÖHM

Planung und Einrichtung	MCRT, Heuchelheim
Reinraumklasse	ISO 7
Maximal handhabbares Bauteilvolumen	ca. 2 m ³
Maximal handhabbare Bauteilmasse	1.000 kg
Vorgeschalteter Sauberraum	mit Material und Personenschleuse, mit Reinigungsbädern für ein- und ausgehende Gegenstände
Sonstige Merkmale	ESD-Schutz-Fußboden, Dunkelraum mit Partikelmesstechnik





REINRAUM- WERKSTOFFE BEI RÖHM

*Glatt, hart und korrosionsbeständig –
reinraumtauglich sind nur Werkstoffe,
die das Einstellen maximaler
Oberflächenqualität erlauben*

SCHMALE PALETTE, ZERTIFIZIERTE HERKUNFT

Die Palette der von RÖHM regulär verwendeten Reinraumwerkstoffe ist schmal. Sie orientiert sich an den hohen Anforderungen, wie sie beispielsweise die Optikindustrie stellt. Hier geht es teils um Fertigung in Reinraumklassen unterhalb von ISO 5, also um Vakuum-Reinräume, zumindest aber um ISO 7.

Hauptkonstruktionswerkstoffe sind rostbeständige Stähle. In der Ausprägung ihrer Eigenschaften sind sie sehr verschieden. Den idealen Stahl gibt es nicht. Bei der Auswahl ist stets zwischen Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit (inklusive Abriebfestigkeit), Magnetisierungsverhalten (in dem Fall: Neigung zum Anziehen von Partikeln) und Verarbeitbarkeit abzuwägen. Hinzu kommt u.U. die Anforderung der Vakuumtauglichkeit.

Zumindest oberflächenhart

Zum Einsatz kommen vor allem austenitische (nichtmagnetische) Stähle. Sie besitzen in der Regel gute Korrosionsbeständigkeit, sind aber relativ weich und müssen daher oft oberflächengehärtet bzw. beschichtet werden, um Reinraumtauglichkeit zu erreichen. Beispiele hierfür sind die Stähle 1.4301 oder 1.4404. Stehen hohe Anforderungen an die Festigkeit über den gesamten Bauteilquerschnitt im Vordergrund, wird hingegen auf den naturharten Duplexstahl 1.4462 oder den Werkzeugstahl 1.4112 zurückgegriffen. Dieser wird jedoch ebenfalls im naturharten Zustand eingesetzt, weil klassisches Härten die Korrosionsneigung im Sinne der Reinraumtauglichkeit unzulässig erhöhen würde. Für Vakuumanforderungen ist der martensitischhärtende 1.4548 geeignet (Luftfahrtzulassung). Abstriche beim Magnetisierungsverhalten oder der Bearbeitbarkeit werden dabei in Kauf genommen.

Höchste metallurgische Güte

Sämtliche Stähle kommen von Herstellern, die höchste metallurgische Güte anbieten. Im Interesse der Vakuumtauglichkeit müssen sie die Stähle beispielsweise umschmelzen, um die Gefahr von Ausgasungen von vornherein zu minimieren.

Für Reibpaarungen mit höchsten Anforderungen – Gewindehülsen und Gleitlager – wird Nitronic 60 eingesetzt, ein Sonderstahl des US-Herstellers Armco mit sehr guten Gleiteigenschaften.

Ergänzend: Aluminium und Kunststoff

Für mechanisch und thermisch geringer beanspruchte Bauteile und in mittlerer Reinraumklasse werden ergänzend zwei Aluminiumlegierungen verwendet, die insbesondere mit eloxierter Oberfläche sehr gut reinraumtauglich werden. Dies hilft die Konstruktion zu entlasten. Unter ähnlichen Einsatzbedingungen werden auch spezielle abriebfreie Kunststoffe eingesetzt. Das ist vor allem dort der Fall, wo es um sanfte Handhabung oder um Reibpaarungen geht, also um schmiermittelfreie Gleitlager. Zugelassen sind lediglich Kunststoffe ausgesuchter Hersteller. Für geringfügige bis mittlere Beanspruchungen genügen oft PTFE oder PEEK. Eine Sonderstellung nehmen, ihrer einzigartigen Gleiteigenschaften auch noch bei höherer mechanischer Beanspruchung wegen, die Kunststoffe der Familie Iglidur des Herstellers Igus ein. Wo zusätzlich mit höheren Einsatztemperaturen gerechnet werden muss, treten POM oder das äußerst beständige PBI auf den Plan.

ALUMINIUM- LEGIERUNGEN

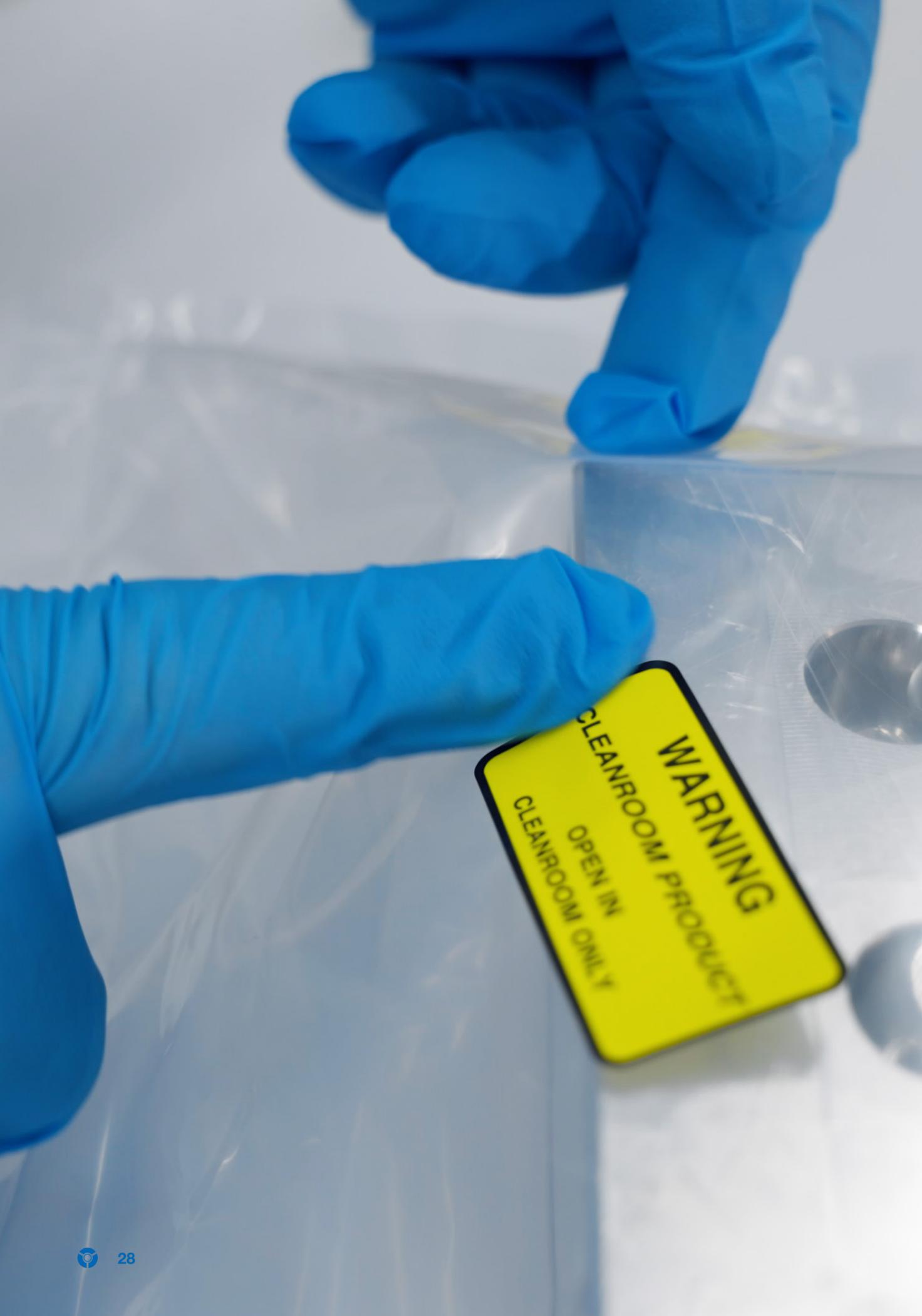
- AlZnMgCu1,5 F45 (AW-7075)
- AlMg4,5Mn (AW-5083)

ROSTBESTÄNDIGE STÄHLE

- X14CrMoS17 (1.4104)
- X2CrNiMo17-12-2 (1.4404, V4A, NIROSTA)
- X2CrNiMoN22-5-3 (1.4462)
- X5CrNiCuNb17-4-4 N700 (1.4548)
- X5CrNiTi18-10 (1.4301, V2A)
- X6CrNiMoTi17-12-2 (1.4571)
- X90CrMoV18 (1.4112)
- Nitronic 60

SPEZIAL- KUNSTSTOFF

- Iglidur J und C
- Polyamid (PA)
- Polybenzimidazol (PBI)
- Polyetheretherketon (PEEK)
- Polyoxymethylen (POM)
- Polytetrafluorethen (PTFE, Teflon)



PROZESSABLAUF BEIM HAUPT- WERKSTOFF ROSTBESTÄNDIGER STAHL

*Verpacken und Versiegeln eines
reinraumgerecht produzierten
Bauteils aus rostbeständigem Stahl*

VON DER SÄGE BIS IN DEN REINRAUM IN ZWEI VERSIONEN

Die reinraumtaugliche Fertigung bei RÖHM wird vom Prozessablauf der Bearbeitung rostbeständiger Stähle bestimmt. Dabei lassen sich zwei Versionen unterscheiden. Die Basisfertigung ist in beiden Fällen prinzipiell gleich; die Unterschiede zeigen sich in der Endfertigung.

Drei Oberflächenausführungen

Lediglich drei finale Oberflächenausführungen für rostbeständigen Stahl im Reinraum sind bei RÖHM zulässig: DLC-beschichtet* (Endfertigung Version 1) bzw. passiviert* oder elektropoliert* (Endfertigung Version 2).

Sägen

Rostbeständiger Stahl kommt von der Stange, muss also zuerst auf Länge gesägt werden. Um eine die Korrosionsbeständigkeit beeinträchtigende Querkontamination zwischen den Werkstoffen zu vermeiden, sind die hierfür verwendeten Sägen ausschließlich den Reinraumstählen vorbehalten. Sägeblätter werden ausschließlich für ein- und dieselbe Stahlsorte benutzt.

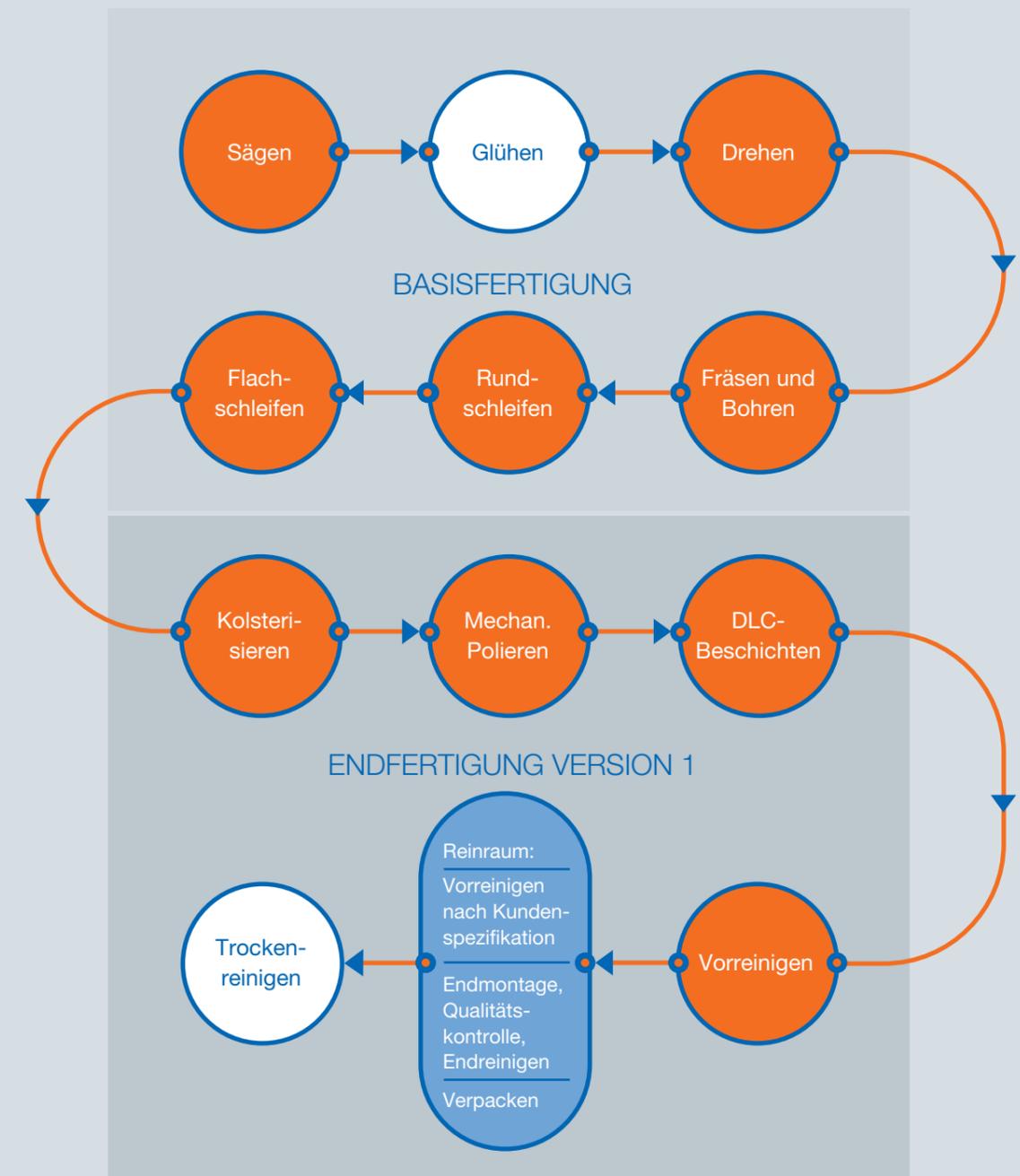
Glühen

Um die Stähle besser auf die Feinzerspannung (Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen) vorzubereiten, werden einige von ihnen nach dem Sägen geglüht. Die martensitischen Stähle 1.4104 und 1.4112 werden weichgeglüht. Die austenitischen Stähle 1.4404 und 1.4571 werden lediglich bei niedrigen Temperaturen spannungsarmgeglüht, ebenso der Duplexstahl 1.4462. Die anderen Stähle werden nicht geglüht.

Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen

Auch bei der Feinzerspannung gelten die bereits unter „Sägen“ erwähnten Regeln zur Vermeidung von Querkontamination. Beim Bearbeiten und bei der Handhabung insgesamt ist größte Behutsamkeit und Akribie gefordert, damit die bereits vorab genannten Vorgaben zur Oberflächenqualität erreicht werden. Zu besonders glatten Oberflächen führt Hochglanzfräsen*. In der letzten Prozessstufe muss mit Handschuhen gearbeitet werden. Eine akribische Reinigung der Werkstücke sofort nach der Zerspanung ist vorgeschrieben.

FERTIGUNGSPROZESS BEI ROSTBESTÄNDIGEM STAHL, VERSION 1



Kolsterisieren*

Nun gilt es die Werkstoffoberfläche in den für Reinraumzwecke optimalen Endzustand zu bringen. Als Vorstufe ist zunächst eine Oberflächenverfestigung wichtig. Sie soll die Verschleißbeständigkeit erhöhen, die Fressneigung vermindern und bei einer eventuell sich anschließenden Hartbeschichtung zwischen dieser und dem relativ weichen Untergrund vermitteln. Klassische Verfahren der Oberflächenverfestigung wie Oberflächenhärten oder Nitrieren scheiden aus: Sie würden die Korrosionsbeständigkeit im Sinne der Reinraumfähigkeit zu stark mindern – auch bei Stählen, die prinzipiell dafür geeignet sind. Bei allen von RÖHM für Reinraumzwecke verwendeten rostbeständigen Stählen wird daher ein spezielles Verfahren angewandt: das Kolsterisieren. Außerhalb solcher Anwendungen wird es zumeist nur für austenitische Stähle benutzt. Mit Kolsterisieren werden die oben genannten Ziele erreicht, ohne dass die Korrosionsgefahr steigt. Die Wärmebehandlung wird vom Partnerunternehmen Bodycote ausgeführt.

Entweder mechanisches Polieren und DLC-Beschichten*

Version 1 des nachfolgenden Fertigungsprozesses betrifft Anwendungen mit höchsten Reinraumforderungen. Dabei geht es zum einen um Vakuumtauglichkeit. Zum anderen geht es um bewegte Werkstoffpaarungen, die höchste Verschleißbeständigkeit und minimale Fressneigung erfordern. In beiden Fällen folgt dem Kolsterisieren ein mechanisches Polieren und anschließend die superharte DLC-Beschichtung. Das Polieren ist wichtig für die Haftfestigkeit der Beschichtung. Es kommt ein besonders sanftes Spezialverfahren zur Anwendung, das mit einem Granulat aus Walnusschalen als Poliermittel arbeitet.

Oder Passivieren beziehungsweise Elektropolieren

Sind die mechanischen Anforderungen weniger hoch, wird nach dem Kolsterisieren mit Version 2 des Fertigungsprozesses fortgesetzt: mit Passivieren oder Elektropolieren. Beide Prozesse sind miteinander verwandt.

Sie erzeugen eine dünne, nichtmetallische und besonders korrosionsbeständige Schutzschicht auf dem Stahl. Das ist nötig, weil auch rostbeständiger Stahl ohne solche Schicht nicht vollständig gegen Korrosion geschützt ist. Außerdem glätten beide Prozesse die Oberfläche zusätzlich und lösen lockere Einlagerungen aus der Stahloberfläche heraus – der finale Beitrag zur Minimierung der Partikelfreisetzung. Elektropolieren stellt die aggressivere Variante des Passivierens dar – für besonders filigrane Bauteile ist sie daher nicht immer geeignet.

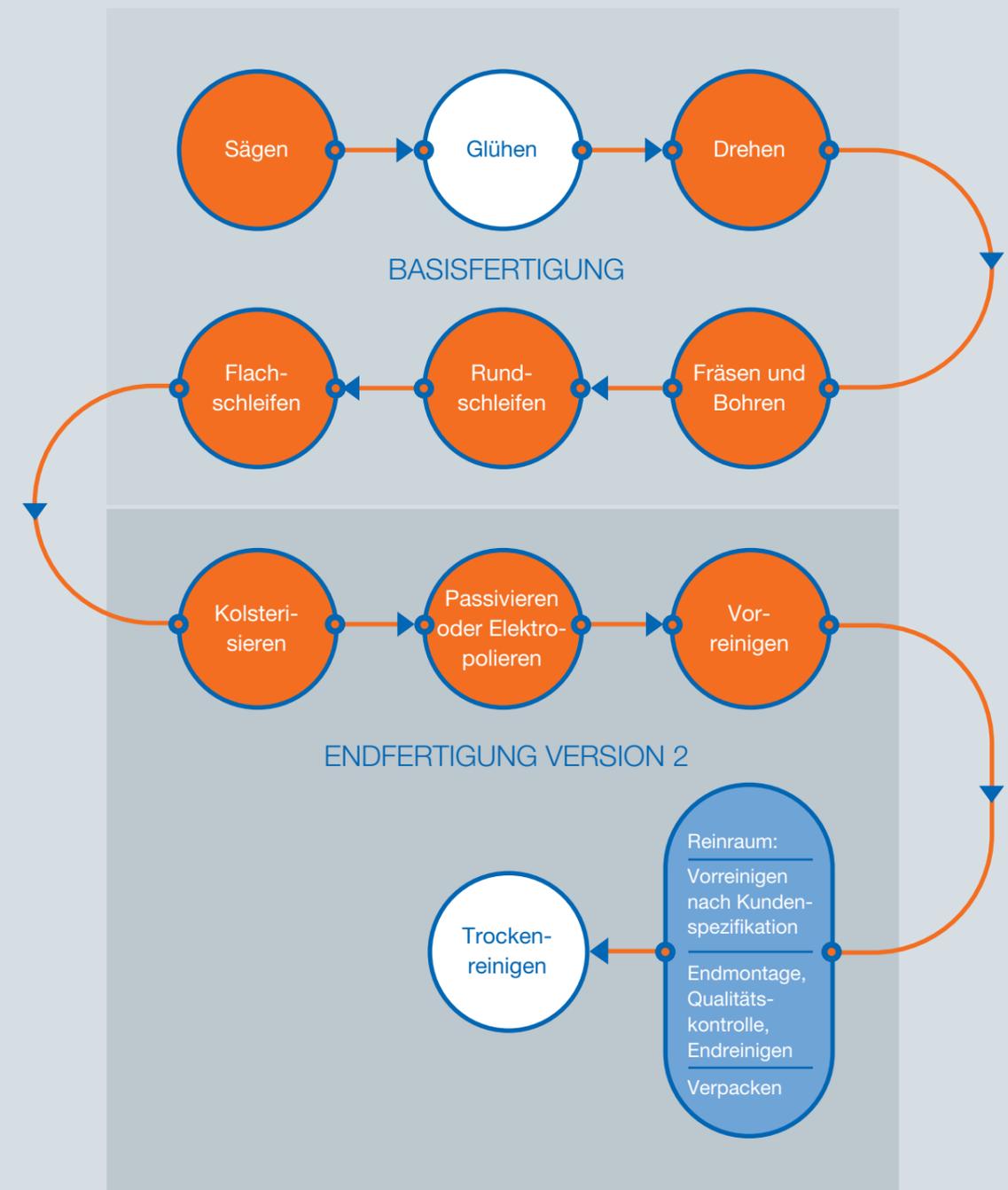
Nassreinigen und Montage im Reinraum

Das Nassreinigen der fertigen Bauteile und Baugruppen erfolgt in zwei Schritten in Ultraschallbädern im Sauberraum von RÖHM. Hierzu wird im ersten Schritt voll entsalztes Wasser (VE-Wasser) verwendet, dem ein spezielles Reinigungsmittel zugesetzt wird. Im zweiten Schritt – bei ca. 50 °C für ca. fünf Minuten – kommt reines VE-Wasser zum Einsatz. Die anschließende Trocknung erfolgt mit IPA-Tüchern. Damit sind die Produkte bereit für das Einschleusen in den Reinraum der Klasse ISO 7. Sofern noch Montagearbeit ausgeführt werden muss, findet sie dort statt. Im Reinraum erfolgt auch die Qualitätskontrolle der fertigen Produkte. Ihr schließt sich die Endreinigung im Dunkelraum mit Partikelmesstechnik an. Danach gehen die Produkte final verpackt an den Kunden.

Trockenreinigen

Sollen die Produkte in einem Reinraum höherer Klasse weiterverarbeitet werden, insbesondere im Vakuum-Reinraum, so schließt sich an die Nassreinigung noch eine Trockenreinigung an. Diese wird von einem Spezialanbieter ausgeführt. Dazu werden die Produkte bei höheren Temperaturen für mehrere Stunden oder Tage im Vakuum ausgelagert – so lange, bis die Messwerte der Ausgasung das geforderte Minimum erreicht haben. Anschließend gehen die Teile in reinraumtauglicher Verpackung direkt an den Kunden zur Weiterverarbeitung.

FERTIGUNGSPROZESS BEI ROSTBESTÄNDIGEM STAHL, VERSION 2



REINRAUM-ABC

AMC	„Airborne molecular contamination“ (luftgetragene molekulare Schmutzteilchen); Einzelmoleküle fremder Gase und Flüssigkeiten in der Reinraumluft
Chemisorptionsfilter	Filtertyp, der Moleküle von Gasen und Flüssigkeiten (→ AMC, →VOC) mittels Adsorption unter Beteiligung „pseudochemischer Bindungsvorgänge“ an der Filtermitteloberfläche (z.B. an Aktivkohle) abscheidet
CSM	„Cleanroom Suitable Materials“, Industrieverbund unter Leitung des Fraunhofer Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart. Erarbeitet Prüfmethode zur Reinraumtauglichkeit von Betriebsmitteln und entwickelt hierfür optimierte Produkte
DLC-Beschichten	„Diamond-like Carbon“, mittels Gasphasenabscheidung vor allem auf Stahloberflächen erzeugte Dünnschicht aus amorphem Kohlenstoff. Extrem hart, verschleißbeständig und gleitfähig. Vakuumtauglich
Elektropolieren	Elektrochemisches Abtragsverfahren mit Fremdstromquelle. Das Werkstück bildet die Anode einer elektrochemischen Zelle. Als Elektrolyte werden u.a. Mischungen aus Phosphor- und Schwefelsäure verwendet. Führt zu einer extrem glatten, besonders korrosionsbeständigen Oberfläche.
GMP	„Good Manufacturing Practice“ („Gute Herstellungspraxis“). Der EU-GMP-Leitfaden definiert Reinraumklassen in Pharma-, Lebensmittel- und Kosmetikerstellung. Die strengsten Vorschriften sind in Annex 1 definiert. Sie gelten für Arzneimittel, Medikamente und medizinische Wirkstoffe.
HEPA-Filter	„High-efficiency particulate air filter“, Partikelfilter, in der besten Klasse H14 mit einem Mindestabscheidegrad von 99,995 % für Partikel von 0,1 bis 0,3 µm Durchmesser
Hochglanzfräsen	Erzeugt durch Fräsen mit ultrahohen Drehzahlen eine spiegelnde Materialfläche ohne sichtbare Bearbeitungsspuren. Erreicht einen Mittenrauwert von 0,0145 µm und einen Maximalrauwert von 0,025 µm
ITRS	Die „International Technology Roadmap for Semiconductors“ beschreibt, wie die Vorgaben von ISO 14644 in den Prozessen der Halbleiterindustrie umzusetzen sind.
Kolsterisieren	Spezielles form-, farb- und maßfestes Oberflächen-Härteverfahren für rostbeständige Stähle, erfolgt unter 500 °C und ohne Abschrecken. Große Mengen an Kohlenstoffatomen werden dabei auf Zwischengitterplätzen des Kristallgitters an der Stahloberfläche eingelagert, wodurch dieses verzerrt und verfestigt wird. Ein klassisches Härtegefüge entsteht hingegen nicht. Eingetragene Marke von Bodycote.

Laminar Flow	Laminare Strömung, häufigste künstlich erzeugte Art der Luftströmung im Reinraum. Senkrechter Luftstrom; die Luft wird in der Decke eingeblasen und im Boden abgesaugt
Passivieren	Erzeugung einer nichtmetallischen Korrosionsschutzschicht auf einer metallischen Oberfläche durch Behandlung mit Salpeter- oder Citronensäure.
Technische Sauberkeit	Ein Bauteil gilt als technisch sauber, wenn die darauf befindlichen Restpartikel die korrekte Funktionsweise des Bauteils bzw. der Baugruppe nicht beeinträchtigen. Prüfung wird in ISO 16232 „Road vehicles – Cleanliness of components and systems“ und – praxisbezogen für Deutschland – in VDA-Band 19 „Prüfung der technischen Sauberkeit; Partikelverunreinigungen funktionsrelevanter Automobilteile“ beschrieben
ULPA-Filter	„Ultra-low penetration air filter“, Partikelfilter, in der besten Klasse U17 mit einem Mindestabscheidegrad von 99,999995 % für Partikel von 0,1 bis 0,3 µm Durchmesser
VOC	„Volatile organic compounds“, flüchtige organische Verbindungen, bspw. Ammoniak, Formaldehyd, Chlorwasserstoff oder Schwefelwasserstoff, die v.a. in Form von Ausgasungen aus Festkörpern die Reinraum-Atmosphäre bzw. das Reinraum-Vakuum beeinträchtigen; Unterform der → AMC.

Wenn Sie reinraumtaugliche Spann-, Greif- und Handhabungstechnik benötigen: Hier finden Sie den Kontakt zu uns. Was für den Reinraum ist, kommt niemals von der Stange. Die vorangegangenen Seiten haben es Ihnen bereits gezeigt. Was RÖHM für Ihr Reinraumprojekt tun kann, das finden Sie in einem ersten Gespräch mit uns schnell heraus. Die Details folgen.

VOLKER HIRSCH

Head of Sales (Cleanroom Technology)

+49 7325 16 865

volker.hirsch@roehm.biz

