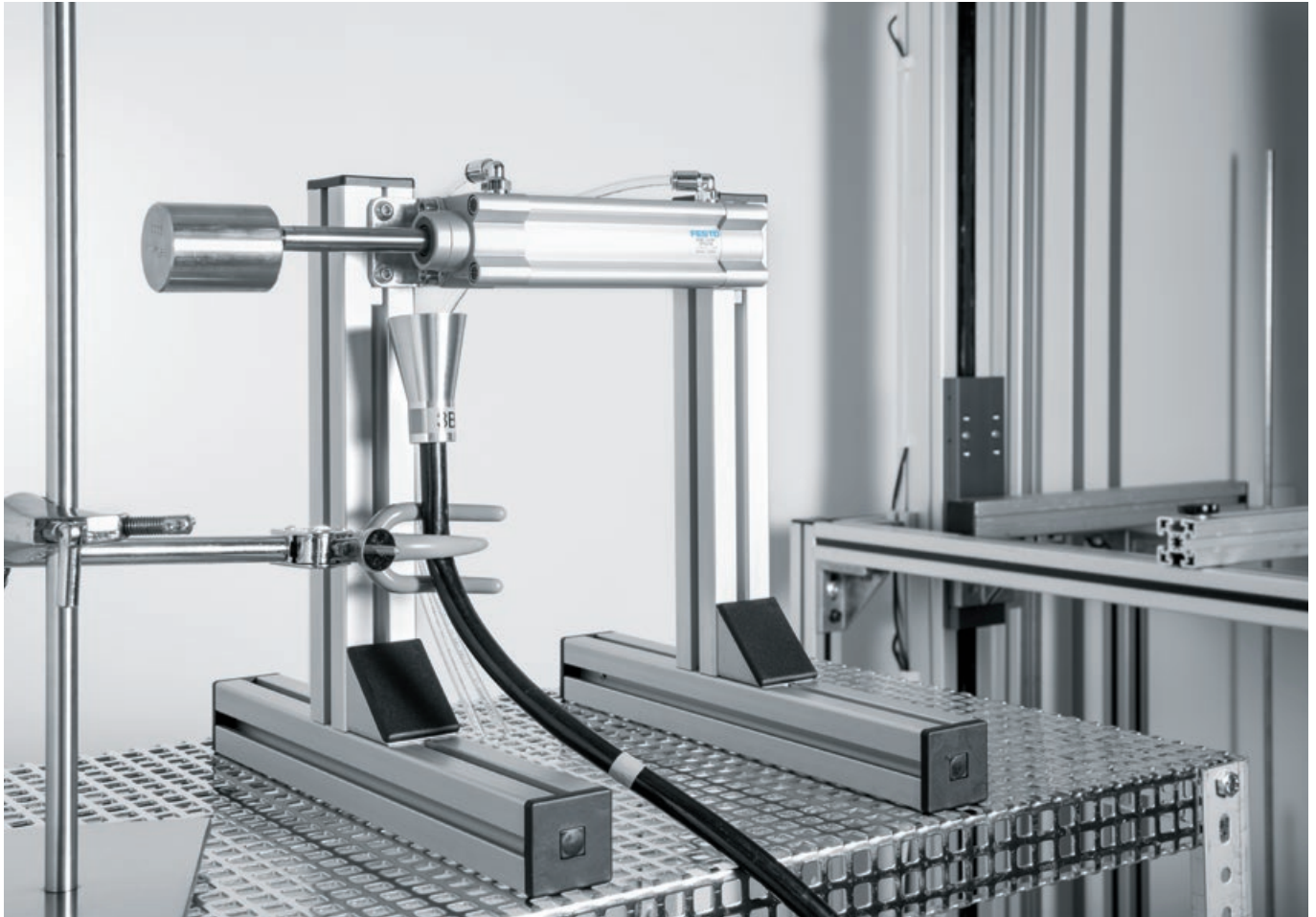


White Paper

Serienprodukte für den Reinraum



Immer mehr Branchen müssen ihre Produkte unter reinen Bedingungen herstellen. Waren vor 50 Jahren die aufkommende Halbleiterindustrie, die Weltraumtechnik und vielleicht noch die Atomindustrie die Nutzer von Reinräumen, gibt es heute eine Vielzahl von Industrie-segmenten, die "saubere" oder zumindest "kontrollierte" Umgebungsbedingungen für ihre Fertigungen benötigen. Diese Reinräume müssen mit geeigneten Produktionsmitteln ausgerüstet sein. Dazu gehören selbstverständlich alle Komponenten, die in den Maschinen und Anlagen im Reinraum verbaut sind. Bei pneumatischen und elektrischen Handhabungskomponenten sind oftmals katalogübliche Serienkomponenten absolut ausreichend. Letztendlich muss jeder Lieferant von Maschinenelementen und Bauteilen den Nachweis erbringen, dass seine Produkte zum Einsatz in einem Reinraum geeignet sind.

Dieses White Paper gibt Antwort auf die Fragen:

- Was versteht man unter einem Reinraum (Definition, Normen, Standards)?
- Wie werden Produkte auf Reinraumtauglichkeit geprüft?
- In welchen Bereichen und bei welchen Anwendungen sind Reinräume notwendig?
- Unter welchen Bedingungen sind Serienprodukte geeignet für den Reinraum?

Was versteht man unter einem Reinraum?

Reinräume halten mit einer ausgeklügelten Lüftungstechnik den Grad der luftgetragenen Partikel in einer definierten Grenze. Das dafür zugrunde gelegte Regelwerk ist die ISO 14644 Normenreihe. Die ISO 14644-1: 1999 war die erste und grundlegende Norm in diesem Regelwerk. Ursprünglich basierte diese Norm auf dem US Federal Standard 209 E aus dem Jahr 1988 und wurde nach der ersten Veröffentlichung ständig überarbeitet und erweitert. Zuständig für die Normung ist das technische Komitee ISO 209 "Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche".

Auch heute wird noch gerne die "alte" Klassifizierung nach dem US Federal Standard 209 zitiert. Diese Norm war fast zwei Jahrzehnte lang das maßgebliche Werk. Es zeichnet sich durch die anschauliche Darstellung der Partikelkonzentration in der Referenzgröße von 0,5 µm aus. Im Jahr 2001 wurde der US Federal Standard 209 dann zurückgezogen, um der neuen ISO 14644-1 Platz zu machen.

Klassifizierung nach ISO 14644-1	Höchstwert der Partikelkonzentrationen (Partikel je Kubikmeter Luft)						Klassifizierung nach US Federal Standard 209 E
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm	
ISO 1	10	2	-	-	-	-	-
ISO 2	100	24	10	4	-	-	-
ISO 3	1000	237	102	35	8	-	1
ISO 4	10000	2370	1020	352	83	-	10
ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29	100
ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293	1000
ISO 7	-	-	-	352000	83200	2930	10000
ISO 8	-	-	-	3520000	832000	29300	100000
ISO 9	-	-	-	35200000	8320000	293000	-

Abbildung 1: ISO 14644-1 Norm im Vergleich zum US Federal Standard 209 E

Wie werden Produkte auf ihre Reinraumtauglichkeit geprüft?

Stand heute gibt es noch keine international anerkannte Prüf- oder Qualifizierungsmethodik. Bei der Klassifizierung von Betriebsmitteln kann sich jeder Hersteller eine eigene Testmethode zurechtlegen und die damit gewonnenen Daten veröffentlichen. Solange die Hersteller ihre individuellen Methoden darstellen und erläutern, spricht auch nichts gegen diese Praxis. Mit einer Einschränkung: Die Reinraumtauglichkeit von Produkten zu vergleichen, ist damit kaum möglich.

Um diesen Wildwuchs einzudämmen und für mehr Transparenz zu sorgen, erarbeitet das Technische Komitee ISO 209 seit 2012 eine international gültige Vorgehensweise, die in den nächsten zwei Jahren in der ISO 14644-14 "Assessment of suitability for use of equipment by airborne particle concentration" festgelegt werden soll. Diese Ergänzung der ISO 14644 wird sich voraussichtlich sehr stark an die deutsche Richtlinie VDI 2083-9.1 anlehnen.

Es ist also nur eine Frage der Zeit, bis eine einheitlich anwendbare Qualifizierungsmethodik zur Verfügung steht.

Wenn also Komponenten in die unterschiedlichen ISO-14644-1 Reinraumklassen eingeordnet werden, wird eine Aussage über die Eignung der betreffenden Komponenten für eine bestimmte Reinraumklasse getroffen. Das bedeutet, dass die jeweilige Komponente im Betrieb die bezifferte Reinraumklasse einhält und der Grad der luftgetragenen Partikel das definierte Maß nicht überschreitet.

Darüber hinaus verlangt der Einsatz von Produktionsmitteln im Reinraum entsprechendes Expertenwissen. So muss man beispielsweise beachten, dass eine aktive Komponente in Bewegung einen anderen Einfluss auf den Reinraum hat als eine ruhende Komponente.

Wie werden Produkte nach VDI 2083-9.1 qualifiziert?

Beim direkten Messverfahren nach VDI 2083-9.1 wird der Prüfling in einem sogenannten "mini environment" der ISO 14644-1 Klasse 3 mit einer Prüfsonde abgescannert, um die kritischen Bereiche zu lokalisieren. Dies sind die Stellen, an denen am meisten Partikel generiert werden.

Bei pneumatischen Zylindern ist dies z.B. der unmittelbare Bereich um die Kolbenstangendichtung. Durch die Hin-und-Her-Bewegung werden dort Partikel in die Umgebung freigesetzt. An diesem Punkt misst man über 100 Minuten hinweg die durchschnittliche Konzentration der Partikel. Dabei wird der Zylinder mit 80% seiner maximal zulässigen Belastung betrieben.

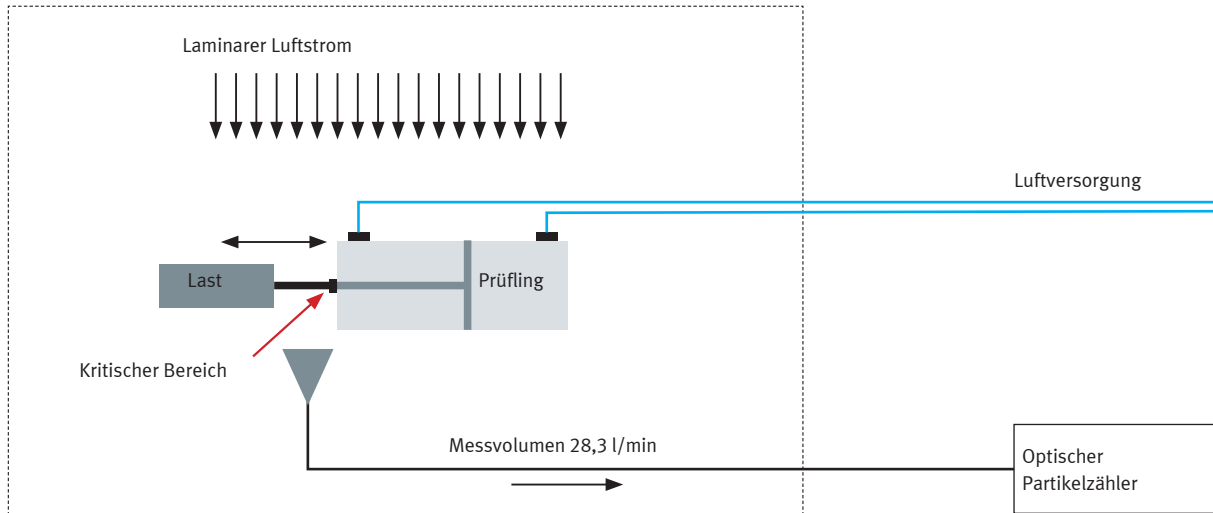


Abbildung 2: Das direkte Messverfahren nach VDI 2083-9.1



Abbildung 3: Messaufbau



Abbildung 4: Partikelsonde am Messaufbau



Abbildung 5: Optischer Partikelzähler

In welchen Bereichen und bei welchen Anwendungen sind Reinräume notwendig?

Kleiner, schneller, präziser: Diese Anforderungen an Produktionstechnologien und Produkte erzwingen eine konsequente Verfeinerung der Fertigungs- und Verfahrenstechniken. Zugleich müssen für eine wirtschaftliche Produktion Massenfertigung und Spitzenqualität Hand in Hand gehen. Staub- und keimfreie Reinraumkonditionen sind deshalb mittlerweile für viele Branchen unerlässlich.

Die Folge: Anwendungen in Reinraumtechnik nehmen seit Jahren überdurchschnittlich zu.

Klassische Beispiele dafür sind die Microchipfertigung in der Elektronikindustrie und miniaturisierte Produkte in der Feinwerktechnik; oder auch Klinikräume, medizinische Instrumente, Apparate und Produkte, die aseptisch sein müssen, um die Gesundheit der Patienten z.B. durch Wundinfektionen nicht zu gefährden. In der Lebensmittelherstellung, bei kosmetischen oder medizinischen Produkten sind Staub oder Mikroorganismen ebenfalls unerwünschte Begleiter, da diese Verunreinigungen Qualität und Haltbarkeit der Produkte beeinträchtigen können. Um aussagefähige, unverfälschte Analysen zu garantieren, sind auch die Laborprozesse in der Forschung auf eine von Fremdstoffteilchen freie Luft angewiesen.

Moderne Reinraumtechnik trägt bereits heute zur Sicherheit von Mensch und Umwelt bei. Die Prognose besagt, dass die Bedeutung und Notwendigkeit von Reinräumen in Zukunft weiter steigen wird, um neue Anwendungsgebiete und Einsatzfelder zu erschließen und in diesen wirtschaftlich agieren zu können.

Warum reichen in vielen Fällen Serienkomponenten zur Automatisierung in Reinräumen vollkommen aus?

Ein Großteil der heutigen Anforderungen an Reinraumtauglichkeit lässt sich mit Produkten aus der Serienproduktion abdecken. Diese Teile müssen nicht einmal speziell für den Reinraum verpackt werden – was teuer und in den meisten Fällen überflüssig ist. Allerdings muss man den jeweiligen Einsatzort der Komponenten genau berücksichtigen. So gibt es bei jeder Anwendung Bereiche mit unterschiedlichen Anforderungen an die Reinraumklasse.

Die Erfahrung zeigt auch: Nahezu alle Betriebsmittel, die in einem Reinraum zum Einsatz kommen sollen, können in einer ganz normalen Umgebung montiert und ausgeliefert werden. Die finale Endreinigung erfolgt am Ort der Bestimmung.

Das einzige und ausschlaggebende Kriterium ist, dass die eingesetzten Produkte im Betrieb die zugewiesene Reinheitsklasse einhalten. Diese sollte durch entsprechende Messung z.B. nach VDI 2083-9.1 oder zukünftig ISO 14644-14 qualifiziert werden.

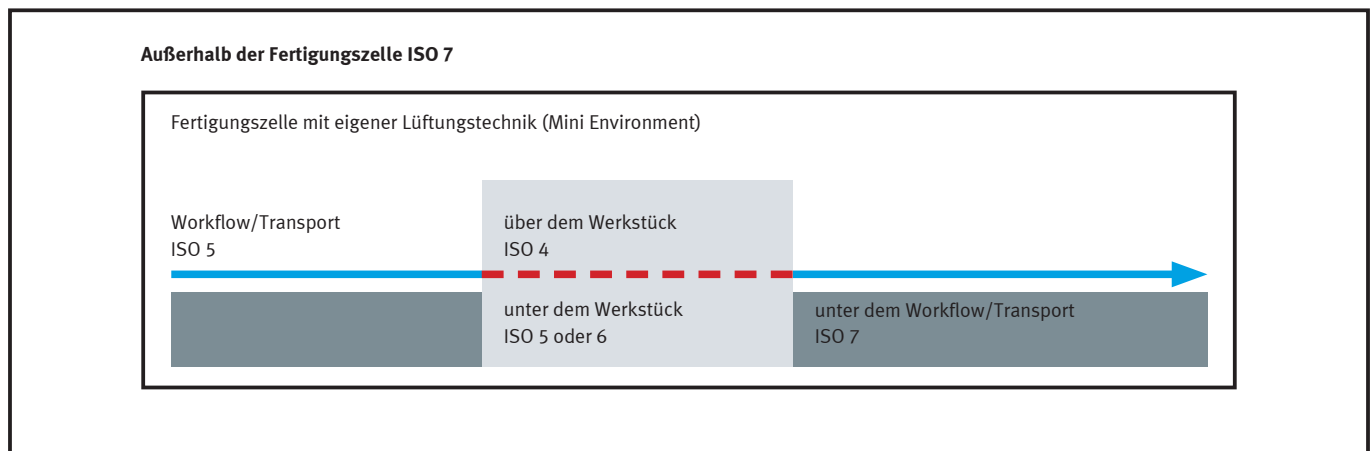


Abbildung 6: Der Einsatzort eines Betriebsmittels ist entscheidend für die benötigte Reinraumklasse

Pneumatik im Reinraum

Pneumatikantriebe eignen sich sehr gut für den Einsatz in Reinräumen. Konstruktionsbedingt haben wir es mit einem (im Idealzustand) leakagefreien System zu tun.

In einem Reinraum, der nach ISO 14644 spezifiziert ist, dürfen die sogenannten luftgetragenen Partikel, die sich in der Umgebungsluft befinden, eine definierte Anzahl gemäß den ISO-Klassen 1 bis 9 nicht überschreiten. Bei einem pneumatischen Zylinder werden Partikel hauptsächlich durch austretende Druckluft (Leckage) oder durch funktionsbedingte Reibungsvorgänge an Dichtsystemen, Kolbenstangen- und Führungslagern generiert.

Bei einem doppeltwirkenden Pneumatikzylinder ohne zusätzliche Führung sind demnach die beiden Verschraubungen, welche die Schlauchleitungen mit der vorderen und hinteren Kolbenkammer verbinden, sowie die Dichtung an der Kolbenstange die relevanten Orte, an denen Leckage auftreten kann.

Fehlerhafte oder undichte Verbindungen zwischen dem Kolbenrohr und den Lager- und Enddeckeln eines Zylinders sollten heutzutage nicht mehr vorkommen – ansonsten muss man von einer defekten Komponente ausgehen. Im Folgenden wird diese Art von Leckage nicht weiter betrachtet.

Eine ordnungsgemäß eingeschraubte Verschraubung wird ebenfalls keine Leckage aufweisen. Jedoch gibt es bei allen Arten von Verschraubungen mehr oder weniger stark ausgeprägte Reibungsvorgänge am Übergang Schlauch/Verschraubung. Hervorgerufen werden diese Reibungsvorgänge durch das Pulsieren der Luft im Inneren des Schlauches und durch Bewegungen des Schlauchs bei sich bewegenden Zylindern.

Auch die ein- und ausfahrende Kolbenstange kann Quelle für Partikelemissionen sein. Die Kolbenstangendichtung gleitet an der Kolbenstange entlang und setzt dabei Partikel frei. Einige dieser Partikel werden durch die Dynamik des Vorgangs in die Umgebung geschleudert, während der andere Teil am Schmierfilm der Kolbenstange hängen bleibt. Damit stellt eine ordnungsgemäß geschmierte und mit einem sichtbaren, aber nicht abtropfenden Schmierfilm versehene Kolbenstange keine Verunreinigung im Sinne von luftgetragenen Partikeln dar. Überschüssiges Fett, das sich im Laufe des Betriebs an der Kolbenstange oder am Kolbenabstreifer ansammelt, ist dagegen im Rahmen der wiederkehrenden optischen Sauberkeitsprüfungen im Reinraum umgehend abzuwischen.

Serienpneumatik im Reinraum bis ISO-Klasse 4

Tendenziell wächst die Höhe der Partikelemissionen mit der Größe des Kolbenstangendurchmessers. Bei den am häufigsten eingesetzten Zylinderbaugrößen bis zu einem Durchmesser von 50 mm sind diese Partikelemissionen meistens sehr niedrig, so dass der jeweilige Zylinder mindestens für den Reinraum der ISO-Klasse 7 zugelassen werden kann. Im günstigsten Fall können pneumatische Antriebskomponenten in einem Reinraum der ISO-Klasse 5 oder sogar ISO-Klasse 4 betrieben werden – ohne jegliche konstruktive Änderung. Mit konstruktiven Änderungen wie einer doppelten Kolbenstangendichtung oder einer zusätzlichen Vakuumbabsaugung in der Nähe der Kolbenstangendichtung kann man einen Pneumatikzylinder auch für einen Reinraum der ISO-Klasse 4 fit machen. Das sollte aber die absolute Ausnahme darstellen, zumal eine permanente Vakuumbabsaugung während des Betriebs zusätzliche Kosten verursacht.

Weil heutzutage immer mehr pneumatische Antriebe mit einer integrierten Führung zum Einsatz kommen, müssen auch diese ‚geführten Antriebe‘ zunehmend Reinraumanforderungen genügen. Die üblichen Lagersysteme, bestehend aus Führungsschiene und kugelgelagerten Läuferseinheiten, sind dafür ähnlich gut geeignet wie ein einzelner pneumatischer Antrieb.

Elektrische Antriebe im Reinraum

In diesem Kontext sei darauf hingewiesen, dass auch elektrische Antriebe wie E-Zylinder, E-Achsen und E-Handlingsysteme sich in Reinräumen problemlos einsetzen lassen. In vielen Reinraum-Applikationen ergänzen sich Pneumatik und Elektrik auf ideale Weise.

Die Hersteller von pneumatischen und elektrischen Automatisierungskomponenten bieten eine steigende Anzahl von qualifizierten Produkten für Anwendungen im Reinraum. Manche Hersteller setzen auf ein spezielles Lieferprogramm für Reinraumprodukte. Andere, wie auch Festo, definieren einen Teil ihres Serienprogramms und unterziehen diese Produkte einem Reinraumtest, um deren individuelle Eignung dokumentieren zu können. Der Vorteil der zweiten Vorgehensweise liegt in der kurzfristigen, weltweiten Verfügbarkeit und dem in der

Regel günstigen Preis eines Katalogproduktes. Als konventionelle Serienkomponenten sind diese genauso schnell verfügbar wie es die Kunden gewohnt sind.

Bei speziellen Lieferprogrammen ist eine kurzfristige Verfügbarkeit nicht immer gewährleistet.

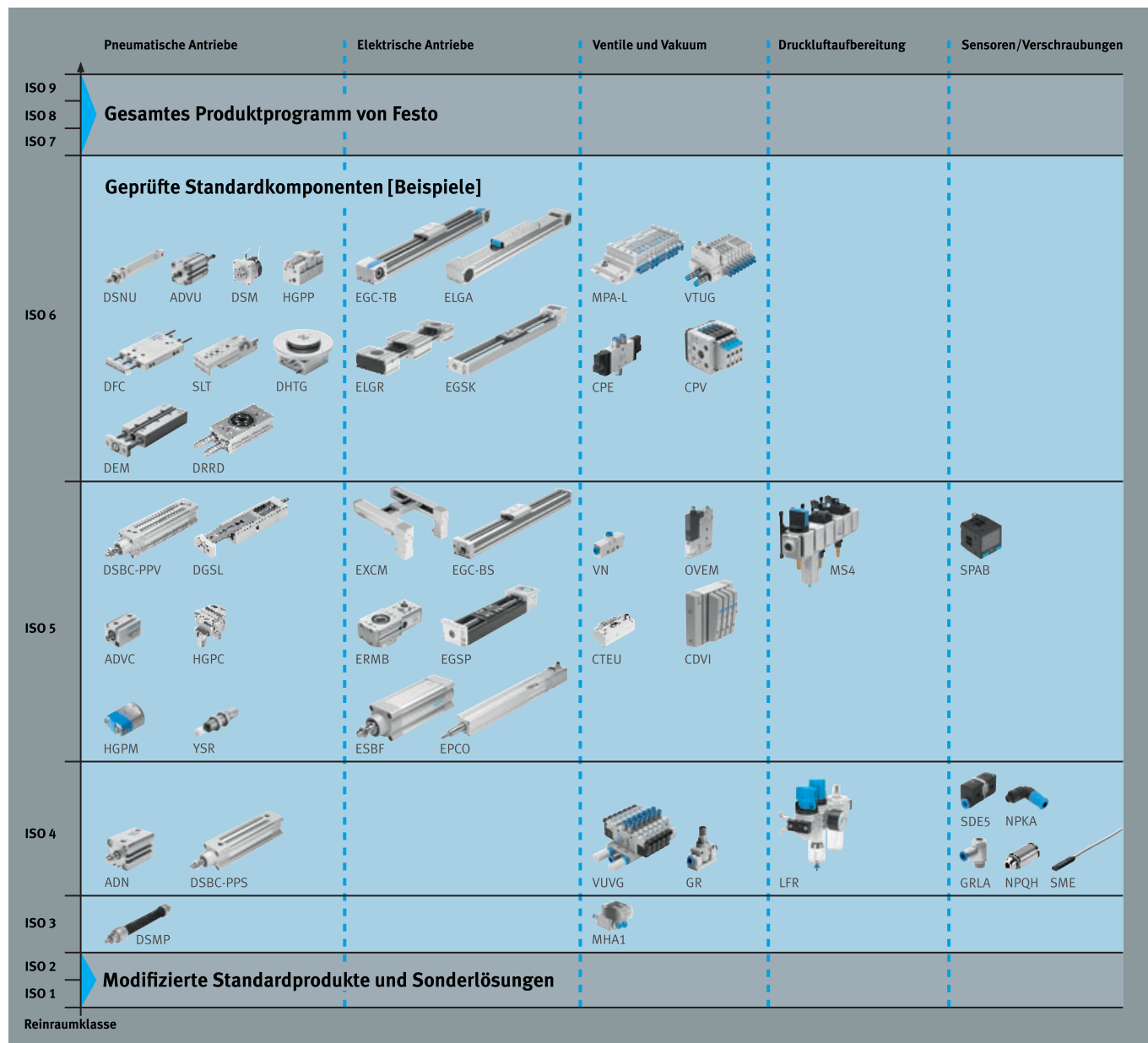


Abbildung 7: Qualifizierte Serienprodukte der Festo AG & Co KG zur Verwendung in ISO Klasse 4 bis 6

Quellen:

- ISO 14644 Standard
- VDI 2083 Blatt 9.1 Richtlinie
- Competence Center for Cleanroom Technology Festo Singapur
- Bildmaterial Festo AG & Co. KG

Autor:

Festo AG & Co. KG
 Robert Strommer
 Business Opportunities
 E-Mail: omm@de.festo.com

Mehr Informationen zum Thema Reinraum und Reinraumklassifizierung
 → www.festo.de/reinraum