

HANSER



Leseprobe

zu

Standortvorteil Reinraumtechnik

von Gernod Dittel

Print-ISBN: 978-3-446-47682-0

E-Book-ISBN: 978-3-446-47805-3

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446476820>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

Vorwort	IX
----------------------	-----------

Über den Autor	XIII
-----------------------------	-------------

1 Der Reinraum stiftet eine Branche	1
--	----------

1.1 Der Schlüssel zu neuen Kunden und Märkten	2
---	---

1.2 Mehr Firmen definieren sich über die hochreine Fertigung	3
--	---

1.3 Der Mensch im Reinraum – mehr als nur Störfaktor	4
--	---

1.4 Minienvironments: Halbleiterhersteller setzen den Kostentrend	6
---	---

1.5 Trendfolger in vielen Industrien	7
--	---

1.6 Neue Materialien und Kombinationen in der Medizintechnik	8
--	---

1.7 Wachstumsfeld Ernährung	9
-----------------------------------	---

1.8 Ausblick	9
--------------------	---

2 Odyssee 2023 – Planlos in den Reinraum	11
---	-----------

2.1 Unter Zeitdruck	12
---------------------------	----

2.2 Auf Zahlen fixiert	15
------------------------------	----

2.3 Last Lastenheft	16
---------------------------	----

2.4 Zehn Tipps vom Planer für Reinraumbetreiber	20
---	----

2.4.1 Verantwortung teilen, Vertrauen aufbauen	20
--	----

2.4.2 Eigene Kapazitätslücken schließen	22
---	----

2.4.3 Auf externes Know-how zugreifen	26
---	----

2.4.4 Regelwerke berücksichtigen	29
--	----

2.4.5 Firmen professionell und produktneutral auswählen	30
---	----

2.4.6 Energieverbrauch minimieren	32
---	----

2.4.7	Kosten beherrschen	34
2.4.8	Gewerkeübergreifend denken	36
2.4.9	Bau überwachen und abnehmen	38
2.4.10	Technik prüfen und Mängel beseitigen	40
2.5	Für ein Ende ohne Schrecken	42
3	Mensch oder Maschine: Wer beherrscht den Reinraum der Zukunft?	43
3.1	Der Reinraum ist zu komplex für einen Algorithmus	46
3.2	Maschinelle Logik ist verantwortungslos	47
3.3	Im „Reinraum 4.0“ droht die Überforderung der Mitarbeiter	48
3.4	Technologisches Potenzial allein heißt noch nichts	49
3.5	Weiterbildung führt in den Reinraum von morgen	51
3.6	Reinraumtechniker gesucht, aber nicht gefunden	52
4	Reinraumtechnik kontra Keime	59
4.1	Krankenhaus	59
4.1.1	Die Herzkammer: der OP	62
4.1.2	Kostenvorteile durch sinkenden Energieverbrauch	65
4.1.3	Zwei bis drei Jahre Planung für ein Krankenhaus	67
4.1.4	Krankenhäuser sollten GMP lernen	70
4.2	Mobiles Krankenhaus	71
4.2.1	Diagnose: In vielen Ländern fehlt die Klinik auf dem Land	72
4.2.2	Lösung: der modulare und flexible Reinraum	73
4.2.3	Skalier- und verlegbar je nach Bedarf	75
4.3	Künstliche Befruchtung/IVF	79
4.3.1	Schwanger geworden: kontrolliert, hygienisch und aseptisch	80
4.3.2	Fortpflanzung im Reinraum funktioniert messbar besser	83
4.4	Wo bleibt Pharma 4.0?	86
4.4.1	Technologische Potenziale ohne Ende, aber	86
4.4.2	Markt 3.0: Das lukrative Weiter-so	90
4.4.3	Behörden 1.0: Wettbewerb nicht vorgesehen	91
4.4.4	Der Mitarbeiter: nicht 4.0-ready	96
4.4.5	Szenarien für die Pharmabranche	97

4.5	Lebensmittel	97
4.5.1	Verbraucher und Gesetzgeber verändern die Lebensmittelbranche. .	99
4.5.2	Aus dem Reinraum auf den Teller	99
4.5.3	Je sauberer die Produktion, desto länger ist die Haltbarkeit.	100
4.5.4	Aufs saubere Verpacken kommt es an.	103
4.5.5	Keine Schweine im Reinraum.	103
4.5.6	Aquakultur ohne Antibiotika	104
4.5.7	Salat lokal: Gemüse wächst im Reinraum nebenan	106
5	Reinraumtechnik kontra Partikel	111
5.1	Reinraumfabriken: Wo einst der Schweiß in Strömen floss.	111
5.1.1	Halbleiterhersteller als Vorreiter unter den Industriebranchen.	112
5.1.2	Kunststoff-, Auto- und Batteriehersteller ziehen nach	118
5.2	Raumfahrt	127
5.2.1	Kleine Fehler lassen große Träume platzen	128
5.2.2	Reinheitsanforderungen zwischen Sichtkontrolle und Biohazard ..	130
5.2.3	Raumfahrtspezifische Sonderklasse „Visibly Clean“	131
5.2.4	Reicht für die meisten Satelliten: ISO-Klasse 8	132
5.2.5	Höhere Ansprüche erfüllt ISO-Klasse 5	133
5.2.6	Trends bei der künftigen Satellitenintegration.	134
5.2.7	Transport im mobilen, stoßgesicherten Reinraum	137
5.2.8	Der Erdborbit ist kein reiner Raum	139
5.3	Energie	141
5.3.1	Kühlung aus dem Parkhaus	141
5.3.2	Fotovoltaikmodule zu Lande, zu Wasser und im All.	142
5.3.3	Solarthermische Kraftwerke.	145
5.3.4	Energie sparen?	147
	Danksagung	149
	Index	151

Vorwort

Männer verbreiten Schmutz. Und die Frauen auch. Da sind sich zumindest Reinraumtechniker einig. Sie haben die Partikel- und Keimmengen des Menschen an sich gemessen und anhand eines Verschmutzungsindex dargestellt. Der Austin-Index zeigt die „Partikelverteilung als Funktion des Abstands von einem Menschen“. Es gilt: Je näher man sich kommt, desto schmutziger wird es. Wo gearbeitet wird, fallen Haare, Hautschuppen, Speicheltropfen, Speisereste. Pausenlos und unvermeidlich produziert der Körper Schmutz in einer Menge, die ins Gewicht fällt in einer Umgebung, in der nicht mehr als ein einziges Partikelchen pro Liter Luft schweben soll, weil der hochsensible Herstellungsprozess von Mikrochips oder die Operation am offenen Bauch es so verlangen. Selbst Kopfarbeiter emittieren eifrig. Ein Mitarbeiter im Büroschlaf erzeugt 100 000 Partikel pro Minute, die größer sind als 0,3 Mikrometer. Da man viele dieser Teilchen gar nicht sehen kann, können Reinraumbeschäftigte ihre naturgegebene Schmutzigkeit oft kaum glauben, während sie ihre Arbeit verrichten und ständig zur Vorsicht ermahnt werden.

Reinraumbetreiber sind Arbeitgeber, die ihren Beschäftigten permanent das Gefühl vermitteln, sie seien nicht ganz sauber. Einige Millionen Reinraumarbeiterinnen und -arbeiter auf der Welt leben mit dieser Unterstellung. Gezwungen, ihren Leib zu verhüllen, genötigt, durch Masken zu atmen, befohlen, sich in Luftschleusen minutenlang sauber strahlen zu lassen, werkeln sie in kühl klimatisierter Atmosphäre mit stoischer Bewegungsarmut. Um ja keinen Staub aufzuwirbeln. Ihre Notdurft müssen sie kalkulieren, ihre Niesanfalle unterdrücken, die Kosmetik weglassen, schon Augenzwinkern hat partikelreiche Folgen. Damit trotz des Störfaktors Mensch reine Bedingungen herrschen, liefern Reinraumtechnik-Hersteller immer raffiniertere Technik. Die ist nicht viel wert ohne ihre sinnvoll geplante Anordnung, in die sich die Mitarbeiter einfügen können, ohne Schaden zu nehmen oder diesen anzurichten. Diese komplexen Zusammenhänge verständlich zu schildern, ist Ziel des vorliegenden Werks.

Das Buch richtet sich an Leserinnen und Leser sowohl aus der Produktionsebene als auch auf der Chefetage. Die Lektüre soll das Bedienpersonal, das in Reinräumen arbeitet, in der Überzeugung bestärken, die richtige Berufswahl getroffen zu

haben – mancher Unbequemlichkeit im Arbeitsalltag zum Trotz. Die Kapitel bieten Informationen, die die strenge Regeltreue im Reinraum nachvollziehbar erklären und in eine positive Perspektive einfügen. Die disziplinierten Fachkräfte gehen einer zukunftssicheren, sehr gefragten Tätigkeit nach.

Sie erhalten viele Jobangebote, etwa, weil mehr Betriebe und Branchen begonnen haben, ihre Produktion oder Herstellung aus klassischen Fabriken in moderne Reinnräume zu verlegen.

Den vielen Entscheidern in den Unternehmen hingegen sei das Buch empfohlen, um aus Fehlern anderer Anwender etwas für ihre Investitionsprojekte lernen zu können. Gerade Firmen, die sich zum ersten Mal mit dem Thema Reinraumtechnik befassen, treffen mangels Erfahrung oft typische Fehlentscheidungen beim Einstieg in die Querschnittstechnologie. Bei der kommt es auf mehr Details und stärker ausgeprägtes interdisziplinäres Denken an, als mancher Manager anfangs in Betracht zieht.

Eine Erkenntnis verleiht der Reinraumtechnik volkswirtschaftliche Bedeutung: Reinraumkompetenz ist zu einem Schlüsselfaktor der modernen Produktion geworden. Wer sie beherrscht, dem gehört die industrielle Zukunft. Wo sie sich ansiedelt, wird sie zum Standortvorteil. Reinraumtechnik ist zwar längst international etabliert: Jede Industrienation ist auf dieses spezialisierte Forschungs- und Produktions-Know-how angewiesen. Das Buch legt seinen Fokus jedoch bewusst auf die deutschsprachige Industrielandschaft. Deutschland, Österreich und die Schweiz haben eine Reihe an Anbietern und Anwendern hervorgebracht, deren dichte Wertschöpfungskette praktisch alle denkbaren Bereiche abdeckt. Die hiesigen Betriebe und Verbände sind führend bei der Weiterentwicklung und Standardsetzung in der Branche. Das vorhandene Potenzial ist riesig, wird aber nicht ausgeschöpft. Damit es breiter genutzt werden kann, benötigt die Branche der Reinraumtechnik mehr Gehör, vor allem im Wettbewerb um die knappen Fachkräfte. Dazu soll dieses Buch einen Beitrag leisten.

In allen Kapiteln kommen neben dem Autor weitere Fachleute und Expertinnen zu Wort, um spezielle Entwicklungen aus ihrem jeweiligen Teilbereich zu berichten. Für diese Expertise schuldet der Autor den Kolleginnen und Kollegen seinen Dank und versichert, dass mögliche Fehler bei der Einarbeitung selbstverständlich unter seine Verantwortung fallen.

Zum Aufbau: Das Buch gliedert sich in einen branchenübergreifenden und einen branchenspezifischen Teil. Im ersten Teil, den Kapiteln 1 bis 3, geht es um allgemeine Zusammenhänge, die überall Geltung haben, wo Reinraumtechnik zum Einsatz kommt:

Kapitel 1 schildert die Anfänge und die Geschichte, in deren abwechslungsreichem Verlauf die Reinraumtechnik auf heutigem Niveau entstanden ist.

Kapitel 2 schlägt sofort die Brücke in die betriebliche Praxis und befasst sich mit den häufig wiederkehrenden Fallen und Problemen, mit denen Einsteiger zu kämpfen haben, die plötzlich Reinraumtechnik können müssen.

Kapitel 3 betrachtet die Arbeit im Reinraum aus Sicht der Mitarbeiter und wagt Blicke in den Arbeitsalltag der Zukunft. Dabei wird die Frage gestellt, wie Belegschaften in Aus- und Fortbildung auf neue Anforderungen vorbereitet werden, etwa, wenn Produktionsabläufe immer stärker automatisiert und überwacht werden.

Der darauffolgende, nach Anwenderbranchen gegliederte Teil spiegelt die beiden Zweige der Reinraumtechnik wider, die seit jeher unterschiedliche technische Herangehensweisen erfordern. Während Kapitel 5 die technischen Branchen behandelt, in denen Produkte vor Partikeln geschützt werden müssen, widmet sich Kapitel 4 den Life-Science-Branchen, in denen Kontaminationen durch mikrobiologisch aktive Keime zu verhindern sind:

Abschnitt 4.1 beschreibt die Trends in klinisch reinen Räumen. Bei der stationären Behandlung im Krankenhaus soll ein möglichst aseptisches Umfeld Leben retten, etwa multiresistente Keime fernhalten. Wie gut das gelingt, hängt ab von allen Klinikbeschäftigten – von der Chirurgie bis zur Gebäudeverwaltung und Putzkolonne.

Abschnitt 4.2 nennt die Vorteile, die mobile Kliniken und flexible modulare Lösungen mit sich bringen können, zum Beispiel in Krisengebieten oder bei Pandemien.

Abschnitt 4.3 zeigt, welche großen Fortschritte in der künstlichen Befruchtung erzielt worden sind, seit dort Verfahren aus der Reinraumtechnik angewendet werden.

Abschnitt 4.4 behandelt das weite Feld der Medikamentenherstellung und die Frage, warum im Pharmasektor erst wenig an Industrie 4.0 und Digitalisierung zu entdecken ist.

Abschnitt 4.5 thematisiert die großen Qualitätssprünge durch Reinraumverfahren bei der Lebensmittelherstellung, wo die Einsatzgebiete von der sauberen Verarbeitung und Verpackung herkömmlicher Speisen in Molkerei und Brotfabrik bis hin zum Fleisch aus dem Labor, Gemüse aus der Vertical Farm und Fisch aus der antibiotikafreien Aquakultur reichen.

In Abschnitt 5.1 werden mit der Halbleiterfertigung, der Automobilindustrie und der Kunststoffverarbeitung drei wichtige Anwenderbranchen aus der Industrie darauf untersucht, welche riesigen Fortschritte sie mithilfe von Reinraumtechnik erzielen.

Abschnitt 5.2 schaut in einige der höchsten und größten Reinräume für die Raumfahrt, in denen Satelliten und Raketen für kurze Zeit das Licht einer Welt erblicken, die sie kurz darauf in Richtung All verlassen.

Abschnitt 5.3 beleuchtet die Chancen, die Energieversorgung in Zukunft durch Sonnenenergie und andere umweltfreundliche Quellen zu sichern, etwa durch Solarkraftwerke mithilfe von im industriellen Maßstab hergestellten mikrofeinen Strukturen.

Die hier betrachteten Branchen bieten Einsteigern und Experten einen Überblick, der sich um andere spannende Anwendungsgebiete erweitern ließe. Überall, wo Arbeitsplätze mit kontrollierten Umgebungsbedingungen kombiniert werden, ist ein Trend gewiss: Obwohl der Personaleinsatz in den Reinräumen der Zukunft abnehmen wird, um die oben erwähnte Schmutzquelle auszuschalten, entwickelt sich der Faktor Mensch zum entscheidenden Qualitätsmerkmal im Reinraum. Je qualifizierter das Personal, desto ausgefeilter die mögliche Technik, desto effizienter die Produktion, desto geringer der Ausschuss. Nachwuchsgewinnung und stetige Fortbildung verlieren somit nicht an Bedeutung, sondern werden immer wichtiger. In diesem Sinne mögen möglichst viele interessierte Leserinnen und Leser dieses Buch in die Hand nehmen und es bestenfalls als Anregung verstehen, sich beruflich in Richtung Reinraumtechnik zu orientieren.

Über den Autor



Gernod Dittel ist Gründer des Ingenieurbüros DITTEL Engineering in Schlehdorf am Kochelsee, das sich auf die Planung von Reinräumen spezialisiert hat. Aufgrund seiner langjährigen Branchenerfahrung und internationalen Lehrtätigkeit gilt er in der Branche als ausgewiesene Kapazität für alle Fragen rund um die Reinraumtechnik. Zur Liste der Kunden des Planungsbüros mit rund 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gehören Industriekonzerne wie Airbus, Pharmaunternehmen wie Biontech und Bayer sowie viele mittelständische Firmen, Kliniken und Apotheken. Seit der Übergabe der Geschäfte an die nächste Generation im

Jahr 2020 leitet Dittel (Jahrgang 1957) den Familienbetrieb zusammen mit dem ältesten Sohn Florian (Jahrgang 1981). Die Firma erhielt mehrere Auszeichnungen, darunter als „Best Cleanroom Design & Engineering Company – Europe“.

Seit 2009 ist Gernod Dittel Vorstandsvorsitzender des Deutschen Reinraum-Institut e.V. (DRRI), eines Branchenverbands von Reinraumtechnikunternehmen aus Deutschland, Österreich, der Schweiz sowie weiteren europäischen Ländern. Der Ingenieur arbeitete über viele Jahre mit an den Branchenstandards CEN-TC 209 und ISO 14644 sowie an der Richtlinienreihe VDI 2083 „Reinraumtechnik“. Dittel lehrte an der FH Rosenheim und an der Carinthia Universität Kärnten und war Ehrenprofessor am Lehrstuhl für Neue Technologien an der Xi’an Jiaotong Technical University und der Kowloon Technical University Hongkong.

Dittels Weg zum Professor entsprang keiner geradlinigen akademischen Karriere, sondern dem zweiten Bildungsweg. Nach Hauptschulabschluss und Mechanikerlehre bildete er sich zunächst weiter über die Abendschule. Es folgte ein Studium in Maschinenbau. 2016 promovierte er an der California State University (Dr. phil). Ferner ist Dittel Gründungs- und Vorstandsmitglied des „TTT – Club of Science“. Gernod Dittel ist seit 1977 mit seiner Frau Anastasia verheiratet und hat drei Söhne.

1

Der Reinraum stiftet eine Branche

Die Reinraumtechnik in Deutschland ist in den vergangenen 30 Jahren auf drei Feldern vorangekommen: bei der Technik, bei den Einsatzgebieten und – am bemerkenswertesten – bei der Identität als eigenständige Branche.

Die deutsche Reinraumtechnik – es gibt sie nicht. Zumindest ist sie nicht als solche in der amtlichen Wirtschaftsstatistik unseres Landes erkennbar. Die aktuelle Wirtschaftszweigklassifikation (WZ 2008) des Statistischen Bundesamtes kennt keine Branche „Reinraumtechnik“. Sie ordnet Hersteller und Dienstleister dieser Technologie, wie eine Anfrage ergeben hat, allesamt anderen Wirtschaftszweigen unter, nämlich:

- der „Herstellung von kälte- und lufttechnischen Erzeugnissen, nicht für den Haushalt“ (Unterklasse 28.25.0),
- der „Gas-, Wasser-, Heizungs- sowie Lüftungs- und Klimainstallation“ (43.22.0),
- dem „sonstigen Tiefbau a. n. g.“ (42.99.0)
- sowie den Ingenieurbüros für technische Fachplanung und Ingenieurdesign oder anderen Ingenieurbüros, worunter Planungsdienstleister wie der Autor dieser Zeilen und sein vor 30 Jahren gegründetes Unternehmen fallen (aufgeführt unter Nummer 71.12).

Das Fehlen eines Reinraumoberbegriffs in dieser wichtigen Klassifikation liegt nicht daran, dass die Aktivitäten der Reinraumtechniker für eine statistische Erfassung zu klein oder zu kleinteilig wären. Ohne Weiteres gelingt es den Statistikern, so zisielierte Wirtschaftsaktivitäten zu erfassen wie jene, die sich in Deutschlands amtlicher Statistik etwa rund um „Reisenecessaires“ drehen oder um die „Herstellung von Besen und Bürsten“ und das „Anbringen von Akustikplatten“. Die Nichterfassung auf dem Radar der Statistik rührt auch nicht aus einer zu kurzen Existenz der Branche – erste Sterilisierungskonzepte in der Medizin reichen zurück bis ins 19. Jahrhundert.

Vielmehr folgen die Klassifikationen einer abgestimmten internationalen und europäischen Systematik der Wirtschaftszweige (ISIC der Vereinten Nationen und NACE der Europäischen Union). „Entscheidend für die Erfassung von wirtschaftli-

chen Tätigkeiten in Wirtschaftszweigen sind die inhaltlichen und konzeptionellen Vorgaben der internationalen Klassifikationen, von denen die WZ 2008 abgeleitet wurde“, heißt es beim Statistischen Bundesamt. Und dort tauchen Begriffe wie „Clean Room Construction“ zwar auf, aber nicht auf der Branchenebene, sondern nur im Kleingedruckten, wo eine Tätigkeit zusammen mit anderen Tätigkeiten bestimmten Unterklassen zugeordnet wird. So steht die Konstruktion von Reinräumen auf einer Stufe mit „Golfplatzbau“ und der Errichtung von Tennisplätzen.

■ 1.1 Der Schlüssel zu neuen Kunden und Märkten

Die Wahrnehmung als eigenständige Branche in der Öffentlichkeit ist der Reinraumtechnik aus historischen Gründen bislang versagt geblieben. Hervorgegangen aus einer Vielzahl unabhängiger technischer Lösungen in der Medizin und in ganz unterschiedlichen Branchen, entwickelte sie sich lange im Schlepptau der Halbleiterindustrie. Anfang der 1990er-Jahre waren die Anbieter von Reinraumtechnik noch abhängig vom Wohl und Wehe der Mikrochipherstellung. Deren heftige Zyklen spiegelten sich direkt in der Auftragslage der Reinraumdienstleister.

Es dürfte zu den wichtigsten Marktveränderungen der vergangenen 30 Jahre gehören, dass sich die Branche aus dieser Abhängigkeit befreit hat. Dies gelang, weil Reinraumanbieter Schritt für Schritt in immer neuen Industriebranchen Fuß gefasst haben. Betrug der Marktanteil der Halbleiterhersteller unter den Reinraumnachfragern laut den Marktforschern von McIlvaine im Jahr 2000 noch 50 Prozent, geht er seitdem immer weiter zurück, während derjenige von anderen Industriebranchen permanent steigt. Heute ist die Nachfrage nach Reinraumtechnik geprägt von sehr vielen und sehr verschiedenen Einsatzgebieten: Sie wird gebraucht in der Lebensmittelindustrie wie in der Raumfahrt, fürs Möbel- wie fürs Mikrochipdesign, in der Autofabrik wie im Krankenhaus. Überall, wo Partikel – ob Staub oder Keim – stören, wird Reinraumtechnik zum unentbehrlichen Produktionsfaktor.

■ 1.2 Mehr Firmen definieren sich über die hochreine Fertigung

Vor einem ersten Überblick über die Trends in den wichtigsten Nachfragebranchen (welcher in den Kapiteln 4 und 5 vertieft wird) lohnt der Blick darauf, wie sich die Anbieter von Reinraumtechnik in den letzten drei Dekaden entwickelt haben. Damals wie heute sieht die Anbieterseite, die niemand in Gänze überblickt und kaum jemand untersucht hat, ebenso heterogen wie die Nachfrageseite aus. Schätzungen zufolge beschäftigen sich 15000 Mitarbeiter in Deutschland mit Reinraumtechnik und erzielen einen Jahresumsatz von 2 bis 3 Milliarden Euro. Als gesichert kann zudem gelten, dass ein großer Teil der Weiterentwicklung der Reinraumtechnik in Europa geleistet wird und dass die Unternehmen der Reinraumindustrie in Deutschland, Österreich und der Schweiz neben denen in den USA und Japan die globalen Technologieführer sind. Zur hiesigen Branche gehören Unternehmen des Anlagenbaus, Zulieferer von Filtern, Schleusen, Bekleidung, Steuerungs- und Überwachungssystemen und Zubehör. Es gibt einige große Unternehmen mit umfassendem Produktsortiment, auf Produktgruppen spezialisierte mittelständische Unternehmen und Ingenieurbüros.

Anders als vor 30 Jahren treten diese Firmen jedoch nicht mehr nur als isolierte Marktteilnehmer auf, sondern auch als Vertreter einer Zunft, die sich einer gemeinsamen Sache verschrieben hat. Sie stehen für die Kompetenz, hochreine Umgebungsbedingungen zu schaffen, sei es für industrielle, medizinische oder forschende Zwecke. Wer Aufgaben lösen kann, die ein Reinraum aufgibt, beherrscht eine Querschnittstechnologie, die andere Branchen und Technologien zum Fortschritt befähigt und deren Produktivität erhöht. Diese Fähigkeit ist eine ingenieurtechnische Besonderheit, die auf dem Markt als solche wahrgenommen und nachgefragt wird. Darum hat die Identifizierung mit der Branche zugenommen. Die Anbieter ordnen sich – obwohl als Hersteller, Dienstleister oder Anwender weiter in äußerst verschiedenartigen Märkten unterwegs – immer häufiger selbst der „Reinraumtechnik“ zu. Die Verpflichtung zu hohen Reinheitsanforderungen ist zum identitätsstiftenden gemeinsamen Merkmal geworden – und ermöglicht firmenübergreifendes Denken und branchentypische Kooperationen.

Das Wachsen dieses Branchenbewusstseins in den vergangenen 30 Jahren lässt sich an vielen Wegmarken festmachen:

- Etablierung branchenspezifischer Messen (Cleanzone, seit 2012; Lounges, seit 2007),
- Gründung einer Fachzeitschrift für die Branche („Reinraumtechnik“, seit 1998),

- Veranstaltung regelmäßiger Fachtagungen (Benediktbeurer Reinraumtage, seit 2002),
- Einführung reinraumspezifischer Ausbildungen und Studienfächer seit 1997 an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Rosenheim (D) und seit 2004 an der Carinthia University of Applied Sciences in Kärnten (A),
- Pflege von Standards und Normen (VDI-2083, seit 1976) und Etablierung internationaler Regelwerke (zum Beispiel EN ISO 14644, seit 2001),
- internationaler Austausch reinraumtechnischer Themen (International Confederation of Contamination Control Societies – ICCCS, seit 1972) und
- Gründung einer deutschen Interessenvertretung (Deutsches Reinraum-Institut, seit 2011).

Insgesamt trifft sich die Branche jedes Jahr laut Deutschem Reinraum-Institut (DRRI) auf über 50 Konferenzen und Ausstellungen, die sich mit den neuesten Entwicklungen befassen. Das DRRI hat dabei das Ziel, Brancheninteressen der deutschen Reinraumwirtschaft gegenüber der Öffentlichkeit zu vertreten und den beteiligten Unternehmen und Institutionen einen Überblick über marktliche, technische und wissenschaftliche Trends zu verschaffen. Im ersten Jahr der Coronapandemie informierten die Mitglieder beispielsweise über erprobte technische Möglichkeiten, die das Ansteckungsrisiko in Innenräumen und auf Verkaufsflächen senken.

Gegründet von sechs Unternehmen, zählen heute Vertreter von über 50 Firmen, Hochschulen und Messeveranstaltern zu den Mitgliedern, darunter auch aus der Schweiz, Österreich, Griechenland, Belgien, Ägypten und Italien. Die Mitgliederstruktur spiegelt nicht nur die Bandbreite der Produzenten, Lieferanten und Dienstleister aus der Reinraumtechnik wider, sondern auch die der Nutzer, etwa aus der Kunststoffindustrie und dem Maschinenbau. Ein wissenschaftlicher Beirat beantwortet Firmenfragen zur Reinraumfertigung. Da es nur wenige Hochschulen gibt, an denen Reinraumtechnik gelehrt wird, widmet sich das DRRI auch der Aus- und Weiterbildung, etwa durch die Vermittlung von Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten oder durch die Lehrtätigkeit einiger Mitglieder.

■ 1.3 Der Mensch im Reinraum – mehr als nur Störfaktor

Rund um den Reinraum ist damit in Mitteleuropa eine Branche entstanden, die lange nicht mal von den Mitarbeitern als solche wahrgenommen wurde. Diese Selbstwahrnehmung hat sich auch fürs Auge erkennbar verändert. Wer vor 30 Jah-

ren in einen Reinraum blickte, der bekam – ganz egal, was darin produziert wurde – überall einen ähnlichen Eindruck. Reinräume sahen gleich aus, und zwar gleich trist. Die Standardinnenfarbe für den Reinraum war RAL Nr. 9010, ein Weißgrau, von grellen, künstlichen Lichtquellen angestrahlt. Auch bei den Oberflächen herrschte wenig Vielfalt. Eine solche Arbeitsatmosphäre, die es hier und da auch heute noch gibt, sorgt bei Reinraumarbeitern nicht gerade für Hochgefühle. So war es nur konsequent, dass die Reinraumarbeiter von anderen Kolleginnen und Kollegen in der Firma eher bemitleidet als beneidet wurden.



Bild 1.1 Einst und heute, Teil 1: Arbeitsplätze, an denen die Funktion der Elektroden von Gehörimplantaten getestet wird – inzwischen in Schutzkleidung. Fotos: MED-EL

Was für ein Unterschied zu heute: Im Reinraum Beschäftigte erfahren immer stärker eine Wertschätzung als hochqualifizierte Prozessingenieure. Arbeitgeber haben den Wert erkannt, den Reinraumtechniker als spezialisierte Fachkräfte darstellen – und herstellen. Entsprechend sorgen sie sich um deren Wohlbefinden am Arbeitsplatz. Mit neuen Farben, besonderen Lichtsystemen und innovativer Inneneinrichtung versuchen sie, das Arbeitsklima im Reinraum zu verbessern, was neben ihrer Attraktivität als Arbeitgeber auch den Arbeitsschutz erhöht. Am ergonomisch gestalteten Arbeitsplatz ist die Ermüdung geringer, die Konzentration höher und werden weniger Fehler gemacht. Eine Investition in attraktive Reinraum Arbeitsplätze geht damit einher, dass die maschinelle Ausstattung im Reinraum steigt, Arbeitsplätze produktiver und pro Reinraum weniger werden. Arbeiteten vor 30 Jahren beispielsweise in Shenzhen 280 chinesische Beschäftigte im Reinraum einer Leiterplattenfabrik, sind es beim selben Hersteller heute: drei.



Bild 1.2 Einst und heute, Teil 2: Werkhalle in China, in der Platinen für Halbleitertechnik gelötet werden – nunmehr vollautomatisch. Fotos: Chinese Contamination Control Society/Wang Da Qian

■ 1.4 Minienvironments: Halbleiterhersteller setzen den Kostentrend

Natürlich haben sich viele der Trends, die wir in der Reinraumtechnik in den vergangenen Jahrzehnten beobachtet haben, schon vorher angedeutet oder waren – wie die zunehmende Digitalisierung – auch in anderen Wirtschaftszweigen am Werk. Dennoch lassen sich in der Rückschau auf die letzten 30 Jahre spezifische Entwicklungen ausmachen, die auch die Zukunft prägen werden.

Am augenfälligsten zeigt sich der Wandel in der Halbleiterindustrie. Unter den Chipfabriken dominierte damals noch der sogenannte Ballroom – die riesige, hochreine Fabrikhalle, in der am offenen Produkt (Wafer im Magazin) gearbeitet wird. Solche gigantischen Fabs sind mittlerweile die Ausnahme. Die Halbleiterindustrie hat es innerhalb der letzten beiden Dekaden im Zuge der Einführung der 300-Millimeter-Wafertechnologie geschafft, die Anforderungen an die nötigen Umgebungsparameter der Produktion mehr und mehr zu senken und dadurch Kosten zu sparen. Es ist nämlich nicht nur technisch, sondern betriebswirtschaftlich sehr relevant, ob eine Produktionsstätte mit einem Volumen von 5000 Kubikmetern gereinigter Luft auskommt oder ob durch eine überdimensionierte Konzeption 500 000 Kubikmeter nötig werden. Die Reinräume, in denen Mikrochips fabriziert werden, sind weniger aufwendig und teuer ausgestattet als früher – obwohl die Strukturen der Chips immer feiner und damit gegenüber äußeren Einflüssen immer empfindlicher geworden sind.



Bild 1.3 Reinraumtechnische Fertigungsstraße: eine automatische Fertigungsline mit einer Serie von hermetisch dichten Isolatoren zur Herstellung von Halbleiterbausteinen. Foto: AdobeStock

Bei diesem Trend spielen aufwendige Einhausungstechnologien wie Minienvironments bis hin zu Isolatoren die entscheidende Rolle. Die Halbleiterindustrie hat die Hersteller von Prozessmaschinen rechtzeitig eingebunden, die Maschinen so zu gestalten, dass auch in weniger aufwendigen Reinräumen die erforderliche Produktreinheit gesichert ist. Die Reinheit wird also innerhalb der Maschine gewährleistet, während die Umgebung mit einer niedrigeren Klassifizierungsstufe auskommt, zum Beispiel einem Reinraum der Klasse 6 nach DIN EN ISO 14644-1. Was an Mehraufwand in der Maschine steckt, kann bei Raumdesign und Betriebskosten gespart werden. Wenn künftig unvorstellbar kleine Partikel von unter 5 Nanometer als „Critical Particle Size / Molekulare Kontamination“ eingestuft werden, also ferngehalten werden sollen, wird eine neue VDI/ISO-Klassifikation nötig, die aktuell entwickelt wird: Die bislang höchste Klasse – ISO 1 – reicht nur bis 100 Nanometer (vgl. Abschnitt 5.1).

■ 1.5 Trendfolger in vielen Industrien

Die Strategie des Downsizings, also hochreine Fabriksäle durch hochreine Minienvironments zu ersetzen, hat zwar schnell Anhänger gefunden. Die Vorteile – weniger Energie, Material, Kosten, aber höhere Qualität – spielen schließlich auch in anderen Industriebranchen eine wichtige Rolle.

Index

A

Apotheke 38, 65, 70, 93, 94
Arbeitsplatzdesign 5, 26, 45, 48, 55, 67,
96, 103, 127
Automatisierung 9, 46, 54, 84, 88, 93,
109, 116, 135
Automobilindustrie 44, 123

B

Branchen 148

C

Corona 4, 59, 65, 77, 103

D

Deutsches Reinraum-Institut 4, 9, 33, 54

E

Energie 141
– erzeugen 66, 67, 74, 125, 143, 145
– sparen 32, 34, 56, 66, 109, 118, 147

F

Fachkräfte 5, 97, 100
– aus- und weiterbilden 4, 12, 40, 46, 51,
53
– finden 21, 23, 24, 27, 30, 32, 36, 52,
60, 69, 96

H

Halbleiter 2, 6, 44, 48, 49, 112
Historie 61, 80, 98, 107, 129, 130

I

Interdisziplinarität 12, 21, 26, 36, 45, 52,
60, 69

K

Kosten 15, 18, 21, 31, 35, 42, 54, 57, 70,
75, 109, 112, 122, 126, 135
Krankenhaus 18, 47, 59, 65, 73, 77, 108
Künstliche Intelligenz 47, 86, 87, 96, 117
Kunststoffverarbeitung 8, 103, 119, 125

L

Lebensmittel 9, 34, 79, 98, 108
Lüftung und Filter 27, 31, 41, 63, 66, 74,
85, 100, 116, 122, 127, 132, 135, 141

M

Marktstatistik 3, 65, 70, 72, 79, 81, 86,
89, 107, 115, 124, 128, 148
Medizin 8, 18, 28, 29, 30, 50, 54, 71, 87,
88, 93, 97, 104, 119
Medizintechnik und Implantate 89, 119
Messen und Verbände 3, 13, 77, 107, 115,
127, 128
Minienvironments 7, 57, 101, 103, 116, 126

Q

Qualifizierung *19, 20, 22, 29*

R

Raumfahrt *127*

Regelwerke *4, 12, 29, 49, 111*

– Life Science *8, 9, 18, 19, 20, 26, 29, 51, 56, 63, 70, 81, 85, 91, 92, 93, 99*

– Technische Branchen *7, 17, 114, 120, 130, 131, 138*

Reinraumkleidung *28, 54, 57, 64, 74, 130*

S

Science und Fiction *48, 50, 88, 96, 99, 103, 108, 110, 140, 144*

U

User Requirements Specification (URS)
16, 18, 35, 68

V

Vorausdenken *14, 28, 29, 36, 46, 71, 127*