

Produkte der Elektronik und der Pharmazie – ohne hochwertige Reinraumtechnik nicht herstellbar

Vorsprung in innovativer Technik – dies ist eine wesentliche Voraussetzung, um den Wohlstand in Deutschland nachhaltig zu sichern. Die jüngsten wirtschaftlichen Entwicklungen zeigen, dass die Industrie vor großen Herausforderungen steht, um im Hochlohnland Deutschland dauerhaft produzieren zu können und wettbewerbsfähig zu bleiben. Die heimische Halbleiterindustrie sowie die pharmazeutischen Unternehmen stützen sich bei der Herstellung ihrer Erzeugnisse stark auf eine zukunftsfähige Reinraumtechnik ab. Da war es für die knapp 100 Teilnehmer am 6. Dezember 2023 beim Kolloquium der Fakultät Angewandte Wissenschaften, Energie- und Gebäudetechnik (NG) der Hochschule Esslingen eine echte Hilfe, dass mit **Dr. Dieter Sedlacek**, Vorstand der S+P Ingenieure AG in Heilbronn, ein Fachmann zu diesem Thema Stellung bezog. Der Referent berichtete zum Thema **„Anforderungen an die Planung der Technischen Ausrüstung (TGA) für Reinnräume - Chancen, Risiken und Ausblick“**. Gastgeber des Kolloquiums war wiederum NG-Professor Dr.-Ing. Werner Braun.

Optimale Bedingungen für die Luftreinheit und den Kontaminationsschutz nötig

Zu Beginn seines Vortrags verdeutlichte der Referent, dass die Planung der Technischen Ausrüstung (TGA) für Reinnräume besondere Anforderungen zu erfüllen habe, um optimale Bedingungen für die Luftreinheit und den Kontaminationsschutz sicherstellen zu können. Dazu gehörten die exakte Einhaltung der geforderten Raumluftqualität, der Partikelkonzentration und der Luftströmung sowie ein besonderes Augenmerk auf die Energieeffizienz. Zusätzlich seien bei den Systemen für die Reinnräume spezielle Normen, Vorschriften und branchenspezifische Standards in Bezug auf die geforderten Reinnraumklassen nach dem internationalen ISO-Standard einzuhalten. Eine genaue Planung und Abstimmung der TGA-Systeme sei deshalb von großer Bedeutung. Hinzu kämen digitale Planungstools, die für die Ingenieure zu den heutigen Grundvoraussetzungen bei der Planung gehörten.

Dr. Sedlacek sah das Planungsunternehmen S+P, dem er vorstehe, hierzu gut gerüstet: Man erarbeite die Gebäudetechnik durchdacht und nachvollziehbar; das Anliegen sei die Entwicklung und Umsetzung von schlüssigen und nachhaltigen Gesamtkonzepten der Technischen Ausrüstung, um moderne, innovative, funktionale und umweltgerechte Lösungen in den Gewerken Infrastruktur / Zentrale Medien, Energiestudien / LifeCycle Design, Neubau / Erweiterung sowie u. a. bei Sprinkleranlagen zu erzielen. Die Reinraumtechnik sei dabei in den letzten Jahren hinzugekommen.

Was verstehe man unter dem Begriff „Reinnräume“? - Reinnräume seien speziell konzipierte Umgebungen, in denen die Konzentration von Partikeln, Mikroorganismen und anderen Verunreinigungen äußerst niedrig gehalten würden. Sie würden in der Halbleiterfertigung, der Pharmaindustrie, der Medizin und in weiteren Branchen angewandt, in denen saubere und kontrollierte Umgebungen erforderlich seien.

Unterschiedliche Reinnraumstandards

Im Folgenden machte der Vortragende auf Normen und Richtlinien in der Reinraumtechnik aufmerksam: Hierzu gehörten die Norm DIN ISO EN 14644 (Reinnräume und zugehörige Reinnraumbereiche), die Richtlinie VDI 2083 (Reinraumtechnik), die Richtlinie 2003/94 EG (Pharmazie) mit dem EG-Leitfaden einer guten Herstellungspraxis (Teil 1 Arzneimittel, Teil 2 Wirkstoffe, Annex 1, 15), die FDA Guidance for Industry (cGMP) und die SEMI Standards (Mikroelektronik und Photovoltaik); dazu kämen noch baurelevante Themen (z. B. der Brandschutz).

Die Aufgabenstellungen umfassten den Schutz der Produkte, den Schutz des Personals und den Schutz der Umgebung. Dass es sich um anspruchsvolle Aufgaben handle, werde an folgenden Zahlen sichtbar: Ein Mensch emittiere in jeder Minute etwa 50.000 bis 100.000 Partikel größer 0,5 Mikrometer (μm) (Richtwert) und 1.000 KBE (Koloniebildende Einheiten). Bei hoher Anstrengung werde die Luft mit 100.000.000 Partikeln $\geq 0,5 \mu\text{m}$ belastet.

Als Beispiel benannte der Vortragende die folgenden Anteile an Partikelquellen in einem Reinnraum: rund 35 % durch die dort beschäftigten Menschen, etwa 25 % durch Maschinen, ca. 25 % durch das jeweils angewandte Verfahren, etwa 8 % durch die eingesetzten Betriebsmittel und rund 7 % durch die benötigte Luft.

Bei der Planung und Errichtung von Reinräumen sei in der Regel gemäß den Leistungsphasen nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) vorzugehen: 1. Grundlagenermittlung; 2. Vorplanung; 3. Entwurfsplanung; 4. Genehmigungsplanung; 5. Ausführungsplanung; 6. Vorbereitung der Vergabe; 7. Mitwirkung bei der Vergabe; 8. Objektüberwachung und Bauüberwachung; 9. Objektbetreuung.

Beim Betrieb von Reinräumen sorgen RLТ-Systeme für eine kontinuierliche Reinigung und Filtration der Luft. Hochleistungsfilter entfernten Partikel, um die Reinheitsklassen gemäß den ISO-Normen einzuhalten. Spezielle Lüftungssysteme regulierten den Luftaustausch, minimierten Verwirbelungen und gewährleisteten eine gleichmäßige Verteilung der gereinigten Luft im gesamten Reinraum.

Zur Klimakontrolle werde die Gebäudeautomation eingesetzt, die die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit präzise steuere, um optimale Bedingungen für Produktionsprozesse und Lagerung zu gewährleisten. Zur Druckregulierung seien unterschiedliche Druckzonen aufrecht zu erhalten, um das Eindringen von Verunreinigungen u. a. mithilfe von Partikelmessungen zu verhindern (sogenannte Druckkaskaden). Je nach Produktionsprozess müssten die Wasser- bzw. Abwassersysteme besondere Anforderungen erfüllen. Dies treffe z. B. insbesondere bei größeren Mengen belastender Schadstoffe zu, die nicht über klassische Rückhaltetechniken aufgefangen werden könnten. Die Versorgung mit Sondermedien wie z. B. reine bzw. hochreine trockene Luft (CDA bzw. XCDA), Argon (Ar), Krypton (Kr), Stickstoff (N₂) usw. gehöre regelmäßig ebenfalls mit in den Planungsumfang der Technischen Ausrüstung (TGA).

Lüftungsanlagen: Kernelement des Reinraum-Managements

Die Lüftungsanlagen seien ein Kernelement des Reinraum-Managements, um einen partikelfreien Arbeitsbereich zu ermöglichen. Frischluft werde von außen durch die Filter und die Entfeuchtungsanlage in den Reinraum gebracht, wo sie durch viele parallel angeordnete Feinfiltereinheiten (Filter Fan Units FFUs) in den Arbeitsbereich - den Weißraum - geleitet werde. Eventuell in der Luft enthaltene Partikel würden gefangen und durch einen von den FFUs erzeugten laminaren Luftstrom durch die gelöcherten Bodenplatten in den Zwischenboden gedrückt. Über das - oberhalb des Reinraum befindliche - so genannte „Plenum“ (Grauraum) werde die Luft wieder in die FFUs zurückgeführt und zirkuliere auf diese Weise dauerhaft im Reinraum, währenddessen sie stetig mit einem geringen Frischluftanteil ergänzt werde. Bei anspruchsvollen Prozessen sei ein bis zu 75facher Luftwechsel je Stunde erforderlich.

Bei Planung, Betrieb und letztlich der Entsorgung von Reinräumen habe sich das digitale Verfahren des „Building Information Modeling“ (BIM) durchgesetzt. Hierbei werde ein holistischer - also ein ganzheitlicher - Ansatz verfolgt: Damit sei gemeint, dass ein System nicht vollständig aus dem Zusammenwirken aller seiner Einzelteile verstanden werden könne, und dass die Bestimmung der Einzelteile von ihrer funktionalen Rolle im Ganzen abhängig sei. Bei der Verwendung von BIM befinde man sich allerdings noch auf einer weiten Wegsrecke, aber man sei auf einem guten Weg.

Text: Prof. Dr.-Ing. Martin Dehli

Verantwortlich: Prof. Dr.-Ing. Werner Braun

Bilder:



Bild 1: Personenschleuse für einen Reinraumbereich (Quelle: Zeiss SMT)



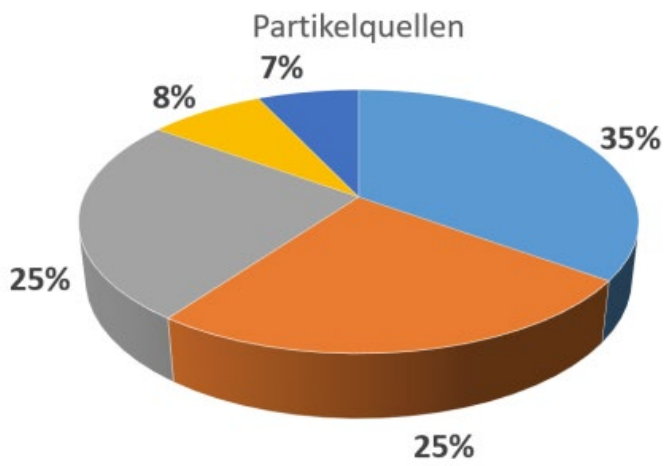
Bild 2: Arbeitsbereich im Reinraum (Quelle: Lindner Group)



Bild 3: Spezialmaschine für die Fertigung von Halbleiter-Bauteilen in Reinnräumen (Quelle: Zeiss SMT)



Bild 4: Lüftungsanlagen im Plenum oberhalb des Arbeitsbereichs (Quelle: robathern)



■ Mensch ■ Maschinen ■ Verfahren ■ Betriebsmittel ■ Luft

Bild 5 Anteile an Partikelquellen in einem Reinraum (Quelle: S+P Ingenieure AG)