



Die Zerstäuberfabrik im Dortmunder Technologiepark

Die „Weiße Fabrik“ mit Reinraumgebäude für die Produktion



Autor

Eberhard Förschler¹,
Dipl.-Ing. Arch. Klaus Berkel²
Dipl.-Ing. Dieter Gelking³
Dipl.-Ing. (FH) Marcus Lauster⁴

^{1,3} Assmann Beraten+Planen GmbH,

² arte.plan, 44227 Dortmund,

⁴ 33311 Gütersloh

Bauherr:

Boehringer Ingelheim microParts GmbH,
44227 Dortmund

Architektur:

arte.plan, 44227 Dortmund

Generalplanung, Tragwerk und TGA:

Assmann Beraten+Planen GmbH,
44227 Dortmund

Die Boehringer Ingelheim microParts GmbH hat in Dortmund eine Produktionsstätte für die Massenfertigung von Mikrostrukturprodukten für die Medizin und Pharmazie errichtet. In dieser wird unter Reinraumbedingungen produziert. Die Aufrechterhaltung von Sauberkeit und Reinheit im Gebäude, die durch umfangreiche haustechnische Einrichtungen ermöglicht werden, waren wesentliche Planungsaufgaben.



Blick auf die Außenfassade



Im Gebäudeinneren wurde auf kräftige Farbakzente gesetzt: rot und gelb in den Treppenhäusern, orange – wie im Bild zu sehen – in den Umläufen

Geschichte

Anfang der 90er Jahre wurde im Dortmunder Technologiepark das erste Gebäude des Mikrostrukturzentrums für die Firma Boehringer Ingelheim microParts GmbH errichtet. Erweiterungsgebäude für Entwicklung und Produktion folgten. Die jüngste Ergänzung des bestehenden Komplexes ist die so genannte Zerstäuberfabrik.

Hier werden mikrostrukturierte Medizinprodukte zur Behandlung von Atemwegserkrankungen hergestellt. Die Produktion findet auf einer Fläche von 3596 m² unter Reinraumbedingungen statt, und das zum Teil auf schwingungstechnisch entkoppelten Flächen. Sauberkeit und Reinheit nach US-FDA-Standard genießen hier und im übrigen Gebäude oberste Priorität.

Nutzung

Um die bereits existierenden, kostenintensiven Reinräume und Spezialausrüstungen synergetisch nutzen zu können, wurde eine direkte räumliche Anbindung der neuen Produktionsflächen an die bereits bestehenden Fertigungsbereiche geschaffen.

Die wesentlichen Gebäudebereiche bilden die Produktionsflächen mit den Reinräumen, der Logistikbereich mit einem zweigassigen Hochregallager und die äußerst aufwendige Gebäudetechnik. Wie bereits die Bestandsgebäude ist auch die Zerstäuberfabrik komplett auf die speziellen funktionalen Anforderungen des Nutzers zugeschnitten. Um bei nahezu ungestörtem Produktionsbetrieb später noch zwei weitere, vergleichbare Module anbauen zu können, wurde das Gebäude in einer modularen Bauweise konzipiert. Mit Aufnahme der Produktion in der Zerstäuberfabrik sind auf 11 830 m² Fläche etwa 150 neue Arbeitsplätze entstanden.

Architektur

Das Gebäude für die Produktionslinie besteht aus einem trapezfö-

migen Baukörper mit einer Länge von ca. 90 m und einer mittleren Breite von ca. 40 m. In das Gebäude eingebunden ist ein Hochregallager, das zur Hälfte in den Baugrund versenkt ist. Südlich und nördlich sind Parkplatzflächen entstanden, die mit einer Umfahrung auf der Westseite des Gebäudes miteinander verbunden sind. Diese Umfahrt dient auch als Zufahrt für den Anlieferungs- und Wirtschaftshof. Der Baukörper liegt im Norden ebenerdig und dringt mit ansteigender Topographie nach Süden bis auf eine Tiefe von bis zu 13 m (Hochregallager) in den Baugrund ein, der hier durch einen permanenten Verbau gesichert wird. Das Gebäude ist als Stahlbetonskelett mit wechselndem Stützenraster und Flachdecken angelegt. Für alle horizontalen Flächen wurden für die Toleranzen erhöhte Anforderungen gestellt. Die Innenwände des untersten Geschosses sowie die Außenwände wurden, wie die Treppenhauskerne, in Ortbeton ausgeführt. Die Treppenläufe hingegen als Fertigteile. Die Raumteilungen im 1. und 2. OG sowie im Zwischengeschoss erfolgten weitgehend nicht im Massivbau. Hier wurden nur die Technikschränke, die Treppenhauskerne sowie wenige aussteifende Wände in Ortbeton ausgeführt.

Das Gebäude wurde viergeschossig errichtet: Im ebenerdigen „Untergeschoss“, der Ebene 1, befinden sich der Warenumsschlag sowie die erforderlichen Personaleingänge, Technikflächen und Werkstätten. Unmittelbar dahinter liegt der Zugang zum 13 m tief gegründeten Hochregallager. Auf gleicher Höhe mit dem Bestandsgebäude liegt auf der Ebene 2 der hochsensible Spritzguss-Bereich, die hierzu erforderlichen Schleusen und Nebenräume sowie Büroräume. Auf der Ebene 3 sind die Bereiche Montage sowie die zugehörigen Funktionen Entpackung, Verpackung und Tray-Reinigung untergebracht. Das gesamte darüberliegende Geschoss nimmt die technische Ver- und Entsorgung des Gebäudes auf. Das Technikgeschoss mit einer Abmessung von ca. 54 m x 35 m besteht aus einer Stahlkonstruktion mit einem Dach aus Stahltrapezblech mit Querpfeifen. Diese auf einem durchgehenden Stahlbetonsockel stehende Konstruktion wird durch vertikale und horizontale Verbände ausgesteift.

Die Anordnung der Baukörper spiegelt die Funktionen im Inneren wider. Die klare, technisch geprägte Architektur mit farblich abgesetzter Gliederung und der Höhenstaffelung der Blechkassettenfassade orientiert sich an den bereits bestehenden Fertigungsgebäuden. Der verglaste Reinraum-Umgang schafft Blickbeziehungen zwischen den hochsensiblen Produktionsbereichen und der Außenwelt.

Um die bereits existierenden, kostenintensiven Reinräume und Spezialausrüstungen synergetisch nutzen zu können, ist eine direkte

Kenndaten

Baukosten: ca. 29,2 Mio. € brutto (ohne Produktionsmaschinen)

Bauzeit: November 2006 bis Mai 2008

Fläche Produktionsgebäude und Lager: 11 960 m²

Reinraumfläche: 3596 m²

Bruttogeschossfläche: 11 830 m² + 13 090 m² (Modul 3, geplant)

Bruttorauminhalt: 68 400 m³



Hohlraumdecken nach dem „Bubble“-Prinzip



Blick aus der Baugrube des „Tiefregallagers“



Blick in die Baugrube des „Tiefregallagers“



Das fertige „Tiefregallager“

räumliche Anbindung der neu zu schaffenden Produktionsflächen an die bereits bestehenden Fertigungsbereiche geschaffen worden. Eine aufwendige Gründung war für die gesamte Fabrik erforderlich. Die Anforderung an Freiräume mit wenigen Stützen in den Produktionshallen machten Decken mit großen Spannweiten erforderlich. Diese wurden mit dem Einsatz von Hohlraumdecken nach dem „Bubble“-Prinzip erzielt.

In Anlehnung an die hochsensiblen Produktionsbedingungen der Mikrostrukturtechnik und der dennoch stark automatisierten und marktbezogenen Produktionsabläufe wurde der Begriff „Die Weiße Fabrik“ geprägt, ein Begriff, der nicht nur auf die Reinheit der Produktionsgebäude sondern auch auf die Klarheit und Farbigkeit des Gebäudeentwurfs Bezug nimmt.

So mikrostrukturiert die Fertigung und die Produkte auch sind, so großzügig und klar stellt sich der Einsatz von Glas und Blech in der Gebäudehaut dar. Die großen Glasflächen werden durch die redu-

zierte Farbgebung nach außen unterstützt, bei der sich: weiß und anthrazit in Flächen und Fassadenrastern sowie in der Technikebene wiederholen.

Im Innern hingegen sind kräftige Farbakzente gesetzt: rot und gelb in den Treppenhäusern, orange in den Umläufen. Auch in den Reinräume kontrastiert intensives gelb in den glänzenden Bodenflächen mit weißen vertikalen Flächen und den Decken – arbeitsphysiologisch nicht zu unterschätzen.

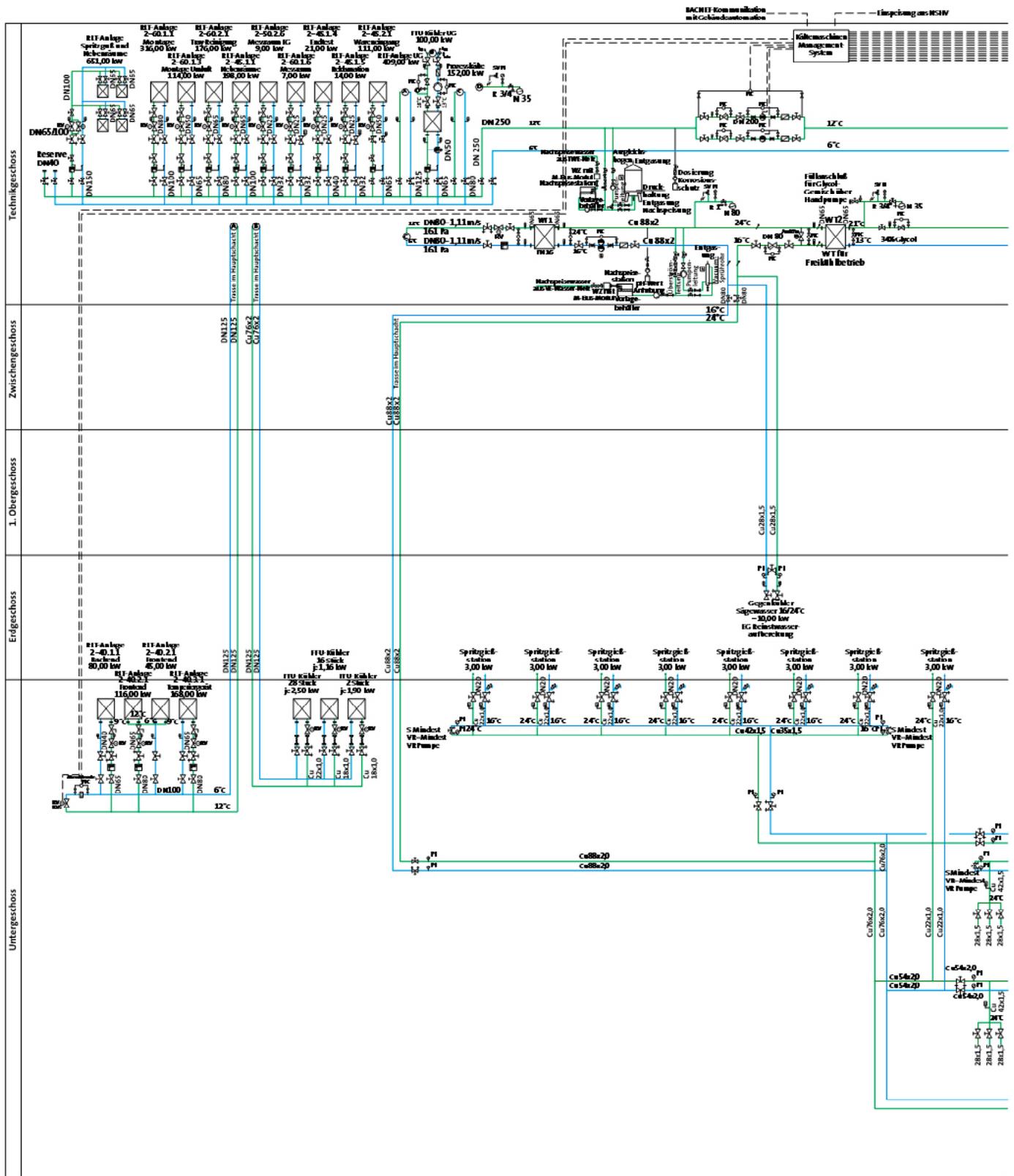
Auffällig sind die vier wesentlichen Elemente des Gebäudes: die Nordfassade, die sich in ihrer baulichen Anordnung wie ein einziges großes Fenster versteht, der langgezogene Baukörper der Produktionsflächen, an drei Seiten mit umlaufenden Fensterbändern horizontal gegliedert, das nur zur Hälfte aus dem Erdboden reichende Hochregallager und die abgesetzte Technikebene.

Die Horizontale ist eine wesentliche Aussage des Entwurfs der Anlage. Nicht zuletzt durch die erforderliche Anbindung an den vorhandenen Bestand wurde die Gebäudehöhe beschränkt. Horizontal ausgelegt sind die weißen Fassadenelemente, unterstrichen durch die transparenten Umläufe, die das Tageslicht bis in die Reinräume der Produktion gelangen lassen. Selbst das „tiefer gelegte“ Hochregallager, das nur zur Hälfte aus dem Erdboden ragt, unterstreicht diesen Aspekt. Der eigentlich „Tiefregallager“ zu nennende 30 m hohe Warenturm wurde zur Hälfte in die Erde versenkt. Die ungewöhnliche Planung wurde erforderlich, weil die Bauhöhen der angrenzenden Bestandsgebäude aufgenommen werden mussten.

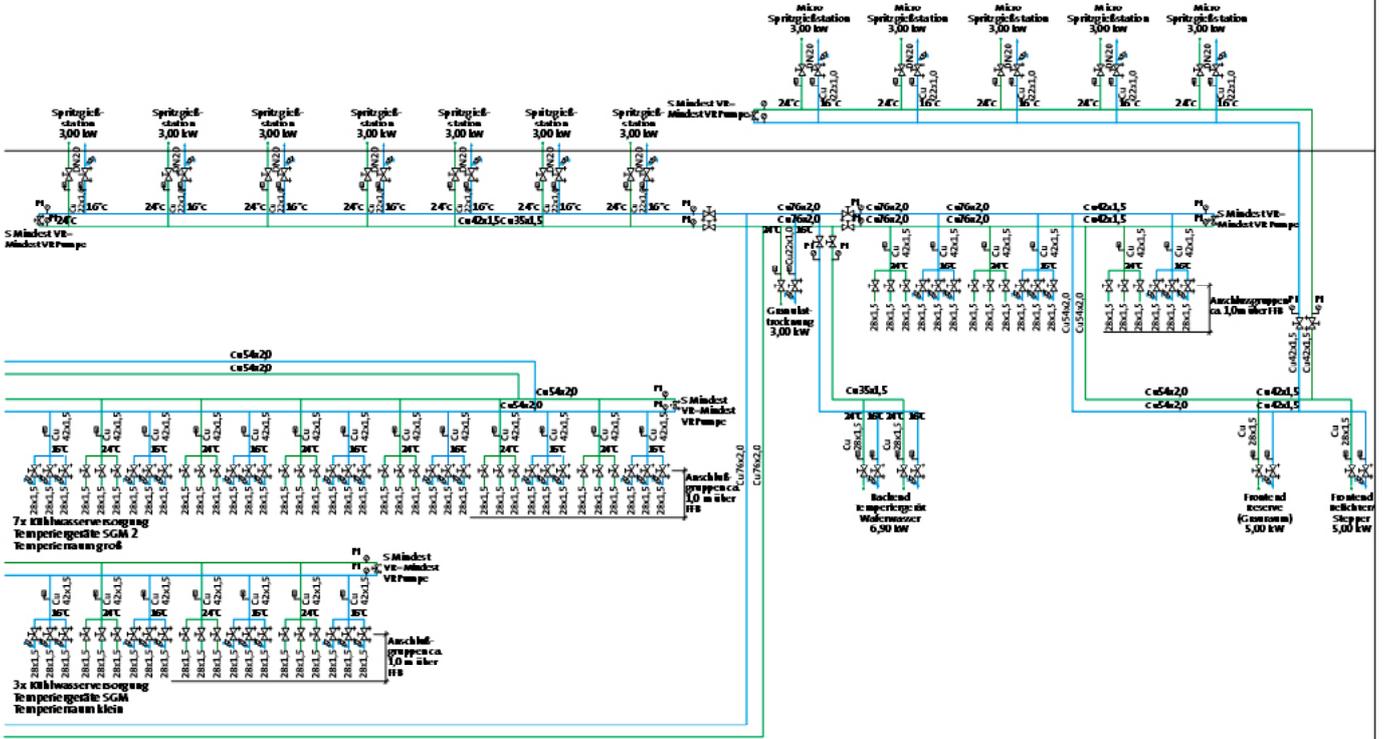
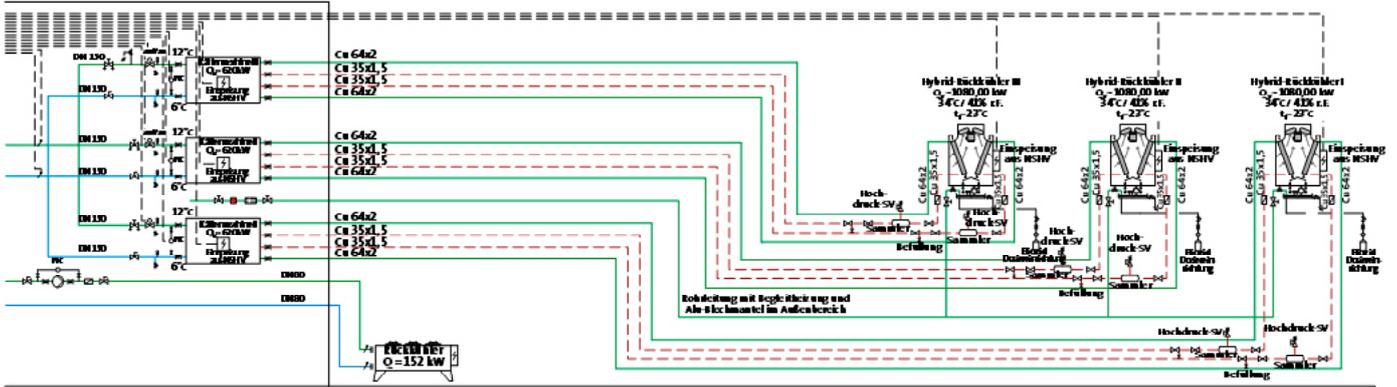
Das „Tiefregallager“

13 m tief in die Erde wurde das insgesamt 30 m hohe Regallager gebaut. Mit einer aufwendigen Baugrubensicherung als Permanentverbau konnte das Volumen für das Tiefregal sicher freigebaggert werden. So war es möglich, dass das zweigassige „Hochregallager“ mit dem Bestandsgebäude oben auf gleichem Niveau abschließt. In dem so vom „Hochregal-“ zum „Tiefregallager“ gewordenen Gebäude verbindet ein voll automatisiertes vertikales Reinraumlager über eine Höhe von 22 m vier Geschosse innerhalb des Produktionsbereichs als Zwischenpuffer.

Kältetechnik



Kälteschema





Verteiler



RLT-Anlagen

Funktionale Gliederung

Insgesamt wurden vier Geschosse errichtet. Auf Ebene 1 befinden sich der Warenumsschlag sowie die erforderlichen Personaleingänge, die Technikflächen und Werkstätten. Unmittelbar dahinter befindet sich der Zugang zum Hochregallager.

Auf gleicher Höhe mit dem Bestandsgebäude liegen auf Ebene 2 der hochsensible Spritzguss-Bereich, die hierzu erforderlichen Schleusen und Nebenräume sowie mehrere Büroräume. Die Montage und die zugehörigen Funktionen Entpackung, Verpackung und Tray-Reinigung erfolgen auf Ebene 3. Das gesamte darüberliegende Geschoss nimmt die technische Ver- und Entsorgung des Gebäudes auf.

Kälteanlage

Die zentrale Kälteerzeugung besteht aus drei stetig regelbaren Schraubenverdichtern in Zweikreisausführung (Kältemittel R134a) mit je 621 kW Kälteleistung, welche innerhalb der Technikzentrale über dem 1. OG in unmittelbarer Nähe zu den Hauptabnehmern platziert wurden. Die erforderliche Rückkühlung erfolgt mittels drei Hybridverflüssigern mit einer Kondensationsleistung von jeweils 755 kW welche in unmittelbarer Nähe zu den Erzeugern im Außenbereich platziert wurden.

- Klimakaltwassertemperaturniveau: 6/12 °C

- Außenluftzustand: 36 °C / 33,5 % r.F.

- Kondensationstemperatur: 36 °C / Unterkühlung 5 K

- Verflüssigungstemperatur: 1 °C bei 36 °C / 33,5 % r.F.

- COP (Auslegungspunkt): 4,6

Die Anlagenhydraulik wurde als vollvariables Volumenstromsystem mit insgesamt nur einer Doppelpumpenanlage (Sequenzsteuerung) konzipiert. Ein Kältemaschinenmanagementsystem stellt die jeweils erforderlichen Mindestvolumenströme über die Verdampfer der Kälteerzeuger sicher und steuert die Anlage energieoptimal- sowie bedarfs-

Leistungen

Assmann Beraten+Planen war als Generalplaner mit der Objektplanung, der Tragwerksplanung und der Planung der technischen Ausrüstung beauftragt. Darüber hinaus wurden die Ablauf- und Terminplanung, sowie die Kostenplanung erbracht. Dabei wurden alle Vorgaben eingehalten. Eine besondere Herausforderung stellte die Qualifizierung und Validierung von Planungsschritten dar, die gemäß den behördlichen GMP-Richtlinien (Good Manufacturing Practice) für pharmazeutische Unternehmen gefordert werden. Für die dokumentierte Datenablage, Planfreigabe und -verteilung wurde ein internetbasiertes Projektmanagement (IBPM) eingerichtet. Konventionen und Strukturen dieses virtuellen Projektraums für alle Projektbeteiligten wurden von Assmann festgelegt.

orientiert. Das Kältemaschinenmanagementsystem kommuniziert via BACnet bidirektional mit der übergeordneten Gebäudeautomation. Die Anlage stellt die erforderliche Kälteleistung für die RLT-Anlagen sowie das Prozesskühlwassersystem 16/24 °C bereit.

Das Prozesskühlwassersystem versorgt im Wesentlichen die Spritzgussmaschinen, deren Temperiereinrichtungen, die Sägewassertemperierung, den Kältetrockner sowie die Druckluftkühlung. Für dieses System wurde ergänzend ein separater Freikühler vorgesehen über welchem bei Außentemperaturen unter +13 °C die erforderliche Kühlleistung bereitgestellt werden kann.

Die erforderliche Kühlung des zentralen Serverraumes wurde mittels einer autarken Kältesplitanlage in redundanter Ausführung realisiert.

RLT-Anlagen Allgemeines

Die Festlegung der raumlufttechnischen Systeme und die Anlagenkonfigurationen erfolgte unter Berücksichtigung der Nutzeranforderungen.

Die zentrale sowie staudruckunabhängige Außenluftversorgung der RLT-Anlagen wurde in Form eines Außenluftbauwerkes oberhalb der Dachfläche des Technikgeschosses errichtet. Im Außenluftbauwerk erfolgt die Vorwärmung der Außenluft über eine Kreislaufverbund-WRG. Die erforderliche Wärmebereitstellung dieses Systems erfolgt über die in den Abluftanlagen befindlichen Wärmetauscher. Dieses System gewährleistet ein Außenlufttemperaturniveau innerhalb des Gebäudes vom $\geq +5$ °C. Die Wahl eines hocheffizienteren WRG-Systems erschien auf Grund der auch in den Wintermonaten vorherrschenden internen Wärmelasten nicht sinnvoll.

Weiterhin ist im Außenluftbauwerk die erste Filterstufe der Güteklasse F5 integriert. Die Filterung der Außenluft für die Reinraumanlagen erfolgt grundsätzlich mit einer vierstufigen Luftfilterung der Güteklassen F5 + F7 + F9 + H13. Die 1. Filterstufe F5 wurde hierbei VDI 6022-konform nach der ersten Luftherwärmung (WRG-System) im zentralen Außenluftbauwerk angeordnet. Die gewählte konstruktive Konzeption ermöglicht hierbei, jeweils einzelne Filterbänke separat abzuschalten, um somit einen Filterwechsel im laufenden Anlagenbetrieb zu ermöglichen.

Die Filterstufen F7 + F9 sind jeweils in den RLT-Zentralgeräten angeordnet. Die letzte Filterstufe H13 ist jeweils als endständiges Filter in den Anschlusskästen der Zuluftauslässe angeordnet.

Die Fortluftführung der RLT-Anlagen ins Freie, erfolgt jeweils über dezentrale Fortlufteinrichtungen (Deflektorhauben, Lamellenhauben, Wetterschutzgitter) bzw. Dachventilatoren mit vertikalem Auslass.



Blick in einen Reinraum ...



... mit eingebauten Produktionsanlagen

Reinraumbereiche

Für die Raumluftkonditionierung der 3596 m² Reinraumflächen der Klasse D nach GMP wurden jeweils Klimaanlage vorgesehen. Die Luftwechselzahlen der jeweiligen Bereiche wurden hierbei auf Basis der im Prozess zu erwartenden Partikelimmision sowie der abzuführenden Wärmelasten bestimmt. Die RLT-Zentralgeräte wurden alle in Hygieneausführung vorgesehen.

Um einen möglichst energieeffizienten Anlagenbetrieb sicherzustellen, wurden für die Sollwerte der Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte entsprechende Bandbreiten in Abstimmung mit dem Nutzer definiert, in welchen die Luftaufbereitung energieneutral erfolgt. Ergänzend hierzu können die Anlagen in den produktionsfreien Zeiten (Nachtstunden / Wochenenden etc.) im Absenkbetrieb mit 2/3 der Nennluftmenge ohne Verlust des Reinraumstatus betrieben werden, um Betriebskosten einzusparen. Die Anlagen ferner wurden so konzipiert, dass in den Wintermonaten sowie in der Übergangszeit die inneren Wärmelasten mit hohen Außenluftanteilen bis zu 100 % abgeführt werden können.

In insgesamt vier Sonderbereichen wird mittels den Hauptanlagen nach geschalteten Klimanachbehandlungseinheiten (Kühler, Erhitzer, Befeuchter) Messraumklima (21 +/- 1 °C / 50 +/- 3 % r.F) realisiert.

Die Druckregelung der Reinräume erfolgt jeweils auf der Abluftseite, um konstante Zuluftvolumenströme aufrechtzuerhalten. Hierzu wurde ein Raumdruckregelsystem mit integrierter Luftbilanzierung (Zuluft + Abluft) gewählt. Durch dieses System stehen für die eigentliche Raumdruckregelung immer nur definierte Volumenstromfenster zur Verfügung. Um für sämtliche Raumdruckregelungen und Druckmessungen ein definiertes Referenzpotential zu schaffen, wurde ein zentrales Referenzdrucksystem installiert.

Die erforderliche Luftbefeuchtung der Klimaanlage wurde aus hygienischen Gründen als Sattdampfbefeuchtung konzipiert. Als

Validierung und Qualifizierung

Sämtliche GMP-relevanten Systeme wurden einer Qualifizierung unterzogen. Die Anlagenqualifizierung wurde entsprechend dem V-Model nach GAMP unterteilt in:

Designqualifizierung (DQ = Design Qualification)

Installationsqualifizierung (IQ = Installation Qualification)

Funktionsqualifizierung (OQ = Operational Qualification)

Performance Qualification (PQ = Performance Qualification)

Dampferzeuger wurden sowohl erdgasbetriebene als auch elektrisch betriebene Dampferzeuger vorgesehen. Die Wasserversorgung der Befeuchter erfolgt hierbei mit voll entsalztem Wasser aus der Reinstwasseranlage.

Reinraumlager

Zur Sicherstellung der Reinraumklasse D nach GMP innerhalb des vertikalen Reinraumlagers erfolgte die Einbindung auch dieses Bereiches in das raumlufttechnische Gesamtkonzept. Durch eine vertikale Erschließung wurde eine horizontale Verdrängungsströmung durch den Schacht erzielt.

Reinraumaufzug

Zur Sicherstellung der Reinraumklasse D nach GMP innerhalb der Reinraumaufzugskabine wurde diese mit einem integrierten Luftplenum versehen. In dieses Luftplenum ist ein FFU (Filter Fan Unit) integriert. Ergänzend hierzu ist auch der Aufzugschacht selbst in das raumlufttechnische Gesamtkonzept eingebunden.

Reinraumtreppenhaus

Zur Sicherstellung der Reinraumklasse D gemäß GMP innerhalb des Reinraumtreppenhauses musste auch dieser Bereich in das raumlufttechnische Gesamtkonzept eingebunden werden. Die Zuluft wird dabei im Treppenhauskopf über Quellluftdeckenauslässe mit integrierten endständigen H13-Filtern eingebracht. Die Abluft wird hingegen punktuell im unteren Bereich abgeführt. Der Gesamluftvolumenstrom zur Versorgung der Reinraumbereiche verteilt auf insgesamt fünf Einzelanlagen beträgt insgesamt ca. 226 000 m³/h.

Sonstige Bereiche

Der Gesamluftvolumenstrom dieser Teilklimaanlagen verteilt auf insgesamt drei Einzelanlagen beträgt ca. 64 000 m³/h

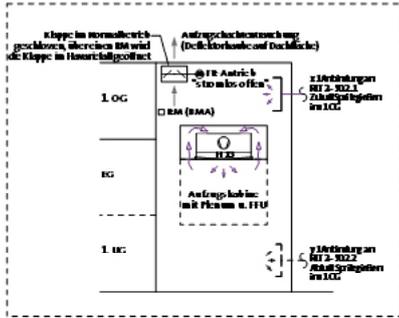
Die Bereiche Hochregallager, Temperiergeräteräume, Drucklufterzeugung usw. werden lufttechnisch über Lüftungsanlagen be- und entlüftet.

Der Gesamluftvolumenstrom für die Lüftungsanlagen verteilt auf insgesamt drei Einzelanlagen beträgt insgesamt ca. 63 000 m³/h.

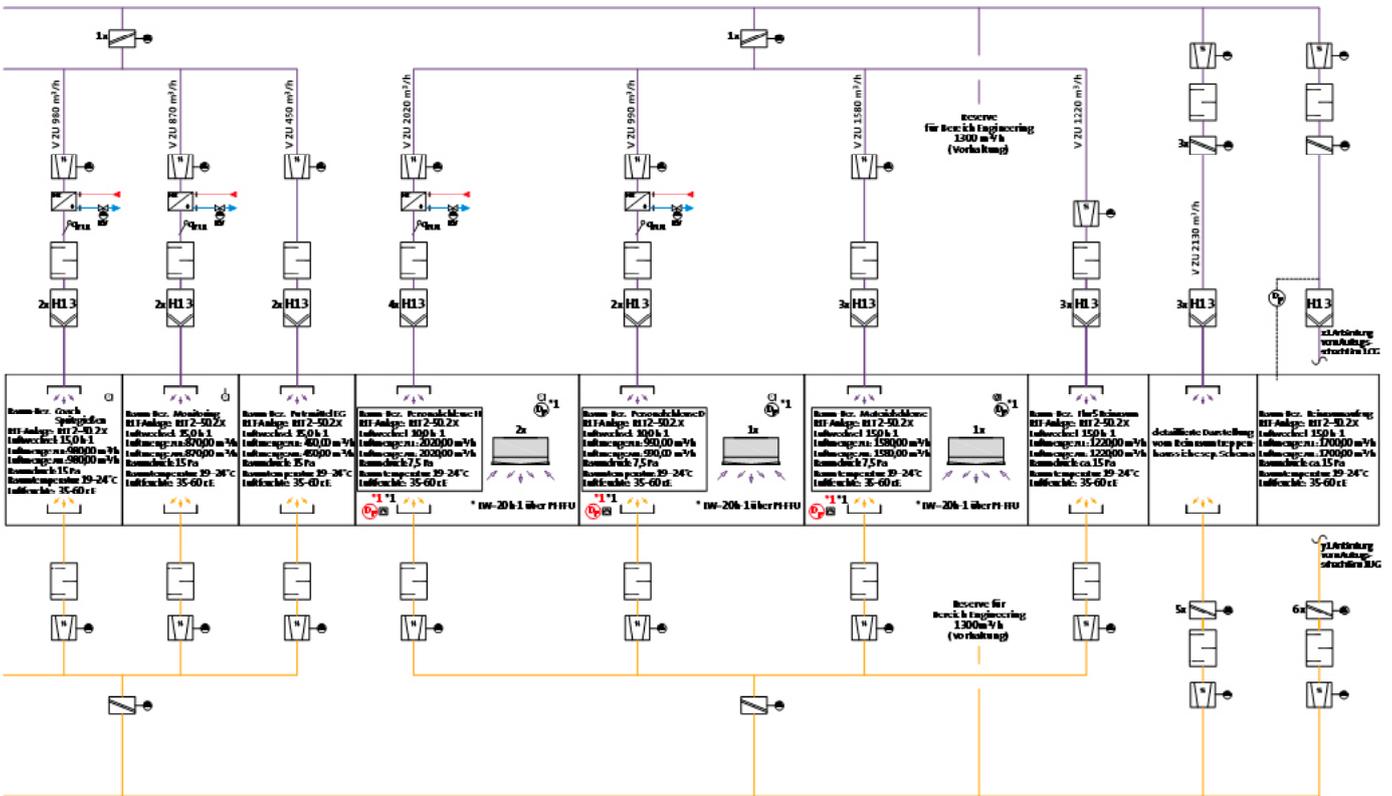
In Summe erfolgt eine Gesamtluftumwälzung im Gebäude von 353 000 m³/h.

Prozesslufttechnische Anlagen Kaltentrauchung

Die RLT-Anlagen werden gemäß „Industriebaurichtlinie“ im Havariefall



Detail vom RR-Aufzugsschacht



- *1 - je nach immer Druck bezugs punkt EG
- *2 - Sollwert von DDC
- Referenz von DDC
- Druckmesswert am DDC



Beim fertig gestellten Gebäude unterstützen sich die Glasflächen mit den in weiß und anthrazit gehaltenen Flächen und Fassadenrastern zu einem harmonischen Ganzen

(Brandereignis) zur so genannten „Kaltentrauchung“ herangezogen. Hierbei wurde an die Abluftventilatoren die Anforderung gestellt über einen Zeitraum von ≥ 90 min eine max. Medientemperatur von $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu fördern.

Entrauchungsanlagen

Für die Entrauchung des geschossübergreifenden Reinraumlagers ist für den Havariefall eine mechanische Entrauchungseinrichtung $300\text{ }^{\circ}\text{C}/120$ min installiert worden. Die erforderliche Zuluft strömt im Havariefall über eine sich öffnende Jalousieklappe aus dem Reinraumbereich EG in das Reinraumlager nach. Vorrangiges Ziel dieser Anlage ist die Vermeidung von Querkontaminationen in die angrenzenden Reinräumen bei Havariefällen im Reinraumlagerbereich selbst (Sachschutz).

Sonderabluftanlagen

Zur Abführung von Prozesswärme im Spritzgussbereich, zur Abführung latenter sowie sensibler Lasten im Bereich der Tray-Reinigung, zur Abführung von Pneumatikabluft in den Produktionsbereichen sowie zur Abführung von lösemittelhaltiger Abluft wurden diverse Sonderabluftanlagen (zum Teil in Ex-Ausführung) installiert. Die Abluftanlagen sind grundsätzlich mit in das zentrale WRG-System eingebunden worden.

Brandschutz

Sprinkleranlage / Feuerlöschanlagen

Das gesamte Gebäude ist mit einer flächendeckenden Volsprinkleranlage gemäß VdS CEA 4001 ausgestattet. Der hohen Brandgefährdungsklassifizierung HHS4 (Lagerung von Kunststoffen) geschuldet wurde für die Bereiche Hochregallager und Wareneingang zudem eine zusätzliche Schaumlöschmittelzumischeinrichtung vorgesehen. Die Sprinklerzentrale befindet sich im 2. UG direkt angrenzend an den Ortbetonvorratsbehälter mit einem Fassungsvermögen von 543 m^3 . Es handelt sich um eine Wasserversorgung der 3. Art mit Druckluftwasserbehälter $V_{\text{Nenn}} = 25\text{ m}^3$, die mit zwei Sprinklerpumpen (einmal elektrisch, einmal dieselbetrieben), fünf Nassalarmventilstationen und einer vorgesteuerten Tandemventilstation für frostgefährdete Bereiche ausgestattet ist. In den Treppenhäusern sowie für die Dachfläche über dem Hochregallager wurden in Abstimmung mit der Feuerwehr Trockensteigleitungen vorgesehen.

Heizungstechnik

Wärmeerzeugungsanlagen, Verteilnetze und Heizflächen

Die erforderliche Wärmebereitstellung erfolgt mittels zweier, modularer Erdgasbrennwertkesselanlagen mit einer Erzeugerleistung von 374 und 1120 kW. Die Aufstellung der Wärmeerzeuger-, aufbereitungs- und -verteileranlage erfolgte in der Heizzentrale im OG des Gebäudes. Die bedarfsgerechte Ansteuerung der Kesselanlagen erfolgt über die Gebäudeautomation. Durch die gewählte Anlagenkonzeption wird ist eine stetige Wärmebereitstellung von 75 kW (Grundlast) bis 1120 kW möglich.

Am Heizkreisverteiler, im Heizraum erfolgt die Regelung der einzelnen statischen und dynamischen Heizkreise. Weitere Regelkreise sind an den jeweiligen RLT-Geräten und Nachbehandlungseinheiten vorhanden.

Die Deckung der Transmissionswärmeverluste der Reinräume erfolgt über die zugehörigen RLT-Anlagen. Flure, Neben- und Sozialräume werden über Plattenheizkörper oder Konvektoren beheizt.

Sanitärtechnik

Trinkwasser kalt

Die Trinkwasserversorgungsleitungen werden vom Hausanschlussraum über waagerechte Trassen im UG und in einer Installationsebene verteilt. Die lotrechte Erschließung der WC-Bereiche und sonstiger Verbraucher erfolgt über Installationsschächte und Vorwände. Zur Versorgung der Reinstwasseraufbereitungsanlage und der Hybridverflüssiger wurde eine Druckerhöhungsanlage mit nachgeschalteter Enthärtungsanlage vorgesehen.

Warmwasser

Die Warmwasserbereitung für die WC-Räume und den Sozialtrakt im 1. UG mit Duschen und Waschtischen erfolgt zentral mittels 500l-Speicher als Speicherladesystem. Einzelne Ausgussbecken, Küchen- und Laborspülen wurden mit dezentralen, elektrischen Speicherwassererwärmern ausgeführt.

Wassertechnik

Regenwasseranlagen

Das auf den Betonflachdächern anfallende Regenwasser wird über Flachdachabläufe im Freispiegelentwässerungssystem abgeführt. Die Entwässerung der Trapezblechdachfläche oberhalb des Technikgeschosses wird über ein Hochdruckentwässerungssystem mit separatem HDE-Notablaufsystem entwässert.

Schmutzwasseranlage

Die Schmutzwasser-Entwässerungsleitungen werden jeweils unterhalb der Geschossdecke des zu entwässernden Geschosses oder innerhalb der Installationsvorwände zusammengefasst und über Schächte den Grundleitungen zugeführt. Chemisch belastete Abwässer werden einer zentralen Doppelpumpen-Hebeanlage im 2. UG zugeführt und von da aus der vorhandenen Neutralisationsanlage im benachbarten Bestandsgebäude zugeführt.

Reinstwasseranlagen

Die Reinstwasserzentrale mit einer Erzeugerleistung der Umkehrosmoseanlage von 4400 l/h befindet sich im EG des Gebäudes. In der zentralen Reinstwasseraufbereitungsanlage werden folgende Reinstwasserqualitäten bereitgestellt:

- Temperiertes Sägewasser: Leitwert $\leq 15\text{ mS/cm}$; Temperatur $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$,

- Heißes Reinstwasser: Leitwert = $4,3\text{ mS/cm}$, Temperatur $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,

- Reinstwasser Produktion: Leitwert = 18 MWcm .

Die Reinstwasserverteilung zu den Verbrauchsstellen im Gebäude er-

folgt über so genannte Loops (Ringleitungen) aus PP-H-Rohr und für den Reinstwasser-Heißkreis aus PVDF-Rohr.

Entsorgungstechnik

Zentralstaubsaugeranlage

Zur zentralen Staubabsaugung in den Produktionsbereichen wurden insgesamt zwei Zentralstaubsauganlagen vorgesehen:

1. Absaugungsanlage mit einem Saugvolumen von 400 m³/h zur sporadischen Nutzung für die Absaugung von Staub und kleineren Kunststoffpartikeln etc. mit Saugdüse und Schlauchanschluss, mit Microschaltern an den einzelnen Absaugstellen.

2. Absauganlage zur Dauerabsaugung von Partikeln an den Produktionsmaschinen im Reinraum mit einem Saugvolumen von 920 m³/h.

Die beiden Turboverdichteranlagen mit einer Leistungsaufnahme von jeweils 15 kW sowie die zugehörigen Abscheider- und Patronenfeinfilteranlagen und der Schaltschrank mit SPS-Steuerung wurden in der RLT-Zentrale im UG des Gebäudes aufgestellt. Die Staubsaugeranlagen wurden in „gänzlich molchbarer Ausführung“ realisiert. Dies bedeutet, dass das Rohrleitungssystem der beiden Anlagen über einen speziellen Reinigungskörper (Molch), der im Unterdruckverfahren angesaugt wird, einer Innenreinigung unterzogen werden kann.

Druckluft / Gase

Druckluft-/ Reinstdruckluftversorgungsanlage

Zur Druckluftversorgung der Produktionsbereiche wurde eine Druckluftanlage mit einer Erzeuger-/ Aufbereitungsleistung von 823 Nm³/h, bei einem Überdruck von 8,0 bar an den Entnahmestellen installiert.

Die Druckluftherzeugungsanlage wurde teilredundant als vernetzte Verbundanlage dreier, ölfrei verdichtender, drehzahl geregelter Trockenläufer- Schraubenverdichter ausgeführt.

Die nachgeschaltete Aufbereitungsanlage gewährleistet einen Drucktaupunkt von ≤ -46 °C und besteht aus folgenden Komponenten:

- Kältetrockner (Drucktaupunkt +3 °C)
- warmregenerierender Adsorptionstrockner mit nachgeschaltetem Druckluftkühler (Drucktaupunkt ≤ -46 °C)
- Aktivkohleabsorber (Restölgehalt $\leq 0,003$ mg/m³)
- Feinfilter (Partikelfiltrierleistung $> 0,001$ mm)

Das Druckluftverteilsystem für die erzeugte Reinstdruckluft besteht aus Verteileranlage mit Absperr-, Prüf- und Bilanzierungssystem sowie dem Rohrleitungssystem aus chemisch gebeiztem, orbitalverschweißtem Edelstahlrohr sowie spezialgereinigten Armaturen am Verteiler und den Entnahmestellen. Die Verteilung erfolgt jeweils geschossweise als Ringsystem.

Hinter dem Kältetrockner sowie vor dem Adsorptionstrockner wird ein Teil der erzeugten Druckluft für technische Anwendungen abgenommen und im Gebäude verteilt.

N₂-Versorgungsanlagen

Die Bereitstellung des für Produktionszwecke benötigten Stickstoffs der Qualität 5.0 für das Gebäude erfolgt aus einem stationären N₂-Versorgungstank mit angegliedertem Verdampfer.

Über einen im UG des Gebäudes installierten N₂-Verteiler mit zentralem Filter, Absperr-, Druckregel-, Prüf-, Zähl- und Sicherheitseinrichtungen erfolgt die Anbindung der Verbrauchsstellen in den Reinräumen. Das Rohrleitungssystem wurde in orbitalverschweißtem, elektropolierten Edelstahlrohr und spezialgereinigten Armaturen, wie Membranventilen und Schlauchkupplungen ausgeführt.

Gebäudeautomation

Zur Regelung und Steuerung der betriebstechnischen Anlagen (BTA) dient ein integriertes Automationssystem (DDC) mit übergeordneter

Managementebene (GLT).

Verteilt auf drei Informationsschwerpunkte (ISP) arbeiten insgesamt 15 über ein Netzwerk vernetzte Automationsstationen welche

- 2100 physikalische Datenpunkte
 - 1200 kommunikative Datenpunkte
- verarbeiten.

In die Automationsebene wurden zudem folgende Fremdsysteme integriert und auf der Managementebene visualisiert.

- Modbus-Integration (Druckluftaufbereitung),
- Profibusintegration (Druckluftherzeugung),
- M-Bus Integration,
- BSK-Busintegration,
- LON-Integration,
- BACnet-Integration (Kältemanagementsystem).

Energiemonitoring

Energiebedarf (Wärme, Kälte, Strom, Gas, Wasser) der jeweiligen Verbraucher wird mittels M-Busfähiger Zählrichtungen erfasst und ausgewertet. Das System umfasst insgesamt 120 Teilnehmer.

Monitoring

Für die GMP gerechte Erfassung der Betriebsparameter (Temperaturen, Feuchten, Drücke, Leitwerte, Betriebszustände etc.) wurde ein autarkes sowie USV gepuffertes 21 CFR Part 11 konformes Monitoringsystem installiert. Die Daten dieses Monitoringsystems stehen auf dem GxP-Netzwerk den jeweiligen Nutzern zur Auswertung zur Verfügung. Dieses System umfasst insgesamt 80 Einzelmessstellen.

Elektrotechnik

Die elektrische Versorgung des Mikrostrukturzentrums Zerstäuberfabrik Modul 2 erfolgt über eine Ringeinspeisung aus dem Mittelspannungsnetz des örtlichen EVU. Zwei 1600 A Transformatoren speisen in die Fabrik ein.

Die Energieversorgung der einzelnen Etagen erfolgt sternförmig, wobei auf eine Trennung der einzelnen produktionsabhängigen Verbraucher geachtet wurde.

Die Versorgung der Produktionsmaschinen im Erdgeschoss erfolgt von unten aus dem 1. Untergeschoss über Energiesäulen.

Kabelführungen aus der Zwischendecke zu den Einspeisepunkten der Schaltschränke und Maschinen werden über Edelstahlrohre mit Rosette bzw. geschlossenen Metallkabelkanälen geführt. Alle Durchführungen wurden reinraumtauglich versiegelt.

Die Reinräume erhalten eine geschlossene Metallkassettendecke mit integrierten Reinraumleuchten sowie Reinraumwände mit Einbauten (Schalter, Steckdosen, Not-Aus, etc.). Die UP-Einbauten wurden mit luftdichten Einbaudosen ausgeführt. Sämtliche BR-Kanäle wurden zudem reinraumtauglich zur Wand versiegelt.

Die Schleusen zu den Bereichen mit unterschiedlichen Reinheitsklassen wurden jeweils mit einer Schleusensteuerung (SPS) für den definierten Zugang ausgestattet. Schleusen in Fluchtrichtung verfügen zusätzlich über eine Fluchttürsteuerung mit dazugehörigem Fluchttürterminal.

Die Zugänge zu den Reinraumbereichen wurden zudem mit Zutrittskontrollen (Kartenlesern) ausgestattet.

Sämtliche Meldungen, wie z. B. „Störmeldung“ oder „Tür offen“, an den Türen werden über ein Türmanager-System verwaltet, welches die Meldungen auf die übergeordnete GLT weiterleitet.

Fazit

Reinheit nach zertifizierten GMP-Standards in der Produktion ist das oberste Prinzip überhaupt, das eine höchst komplexe und differenzierte Technik impliziert. Genauso hochwertig wurde die TGA ausgelegt.