

**STUDIE DES FRAUNHOFER INSTITUTS IPA, STUTTGART ZUR
REINRAUMGERECHTEN AUSLEGUNG DER ANLAGE**

1 Einführung

Die chemische und mechanische Reinigung von Wafern nimmt einen immer bedeutenderen Platz innerhalb der Fertigung von Halbleitern ein. In dem Verbundprojekt „CMC-Projekt“ sollen Verfahren und Methoden entwickelt werden, die den steigenden Anforderungen an diesen Prozessschritt Rechnung tragen. Ein wesentliches Ziel ist dabei die Zusammenführung von mechanischer und chemischer Reinigung in einem Prozessablauf, die Entwicklung von neuen umweltfreundlicheren Reinigungsmitteln sowie die Ablösung der Batchverfahren durch Einzelwaferprozessierung.

Mit der fortlaufenden Entwicklung der Prozesstechnik steigen auch die technologischen Anforderungen an die Prozessanlagen. Insbesondere an die Waferhandhabung und Reinraumtechnik für die Prozessanlage werden immer weiter wachsende Anforderungen bezüglich der Reduzierung von Partikeln gestellt. Außerdem muss durch die Weiterentwicklung des Handlings der Forderung von Halbleiterherstellern Rechnung getragen werden, dass die Reinheit des Handlings immer um den Faktor 10 besser sein muss als tatsächlich für den Prozess benötigt wird.

Der Schwerpunkt des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) innerhalb dieses Verbundprojekts ist die kritische Betrachtung der von der Fa. ACR entwickelten Handlingstation bezüglich der Reduzierung von Kontaminationsgefahren. Vor allem die im Reinraum des Fraunhofer IPA gemachten früheren Untersuchungen von Handhabungskomponenten wie Linearachsen und Roboter sollen dabei hinzu gezogen werden. Die Arbeit des Fraunhofer IPA teilt sich in folgende Aufgaben:

- Einfluss der Handhabung und deren Komponenten auf die Reinheitsbedingungen
- Strömungskonzept für die Handhabungsstation
- Strömungs- und reinraumabhängige Maßnahmen zur Kontaminationsvermeidung
- Gestaltung und Auslegung des Reinraumkabinetts und der Filter – Fan – Unit.

Dabei sollen nicht nur für dieses Projekt allgemeine Gestaltungsrichtlinien abgeleitet werden. Diese Betrachtung soll auch zukünftige Anforderungen an die Waferhandhabung berücksichtigen und so wichtige Impulse und Erkenntnisse für die Arbeit der Projektpartner geben.

2 Anlagenlayout

2.1 Grundsätzliche Grobkonzeption

Basierend auf diversen Voruntersuchungen und Erkenntnissen aller Projektpartner wurde ein grundsätzliches Anlagenlayout in Workshops diskutiert und entwickelt. Dabei wurde ein durchgehendes Konzept mit einer Eingabestation und einer separaten Ausgangsstation gewählt. Die Wafer werden durch die Prozesse vertikal geschleust, die Ein – und Ausgabe erfolgt jedoch horizontal. Dies erfordert in jedem Fall eine eigene Flipstation im Ein – und Ausgang. Der Ablauf stellt sich folgendermaßen dar:

- Einsetzen einer Kassette oder Box in der Eingabestation
- Freigabe der Wafer und Wafermapping durch das Handlingsystem
- Einzelne Entnahme der Wafer und Absetzen auf einem Pre-Aligner zum Ausrichten
- Nach dem Ausrichten, Lesen des Codes auf den Wafern und anschließend Absetzen auf der Flipstation
- Mechanisches Greifen des Wafers und vertikale Aufrichtung, anschließend wird der Wafer vom Handlingsystem der Prozessanlage übernommen und den Prozessen zugeführt
- Abschließend umgekehrte Reihenfolge auf der Ausgangsseite.

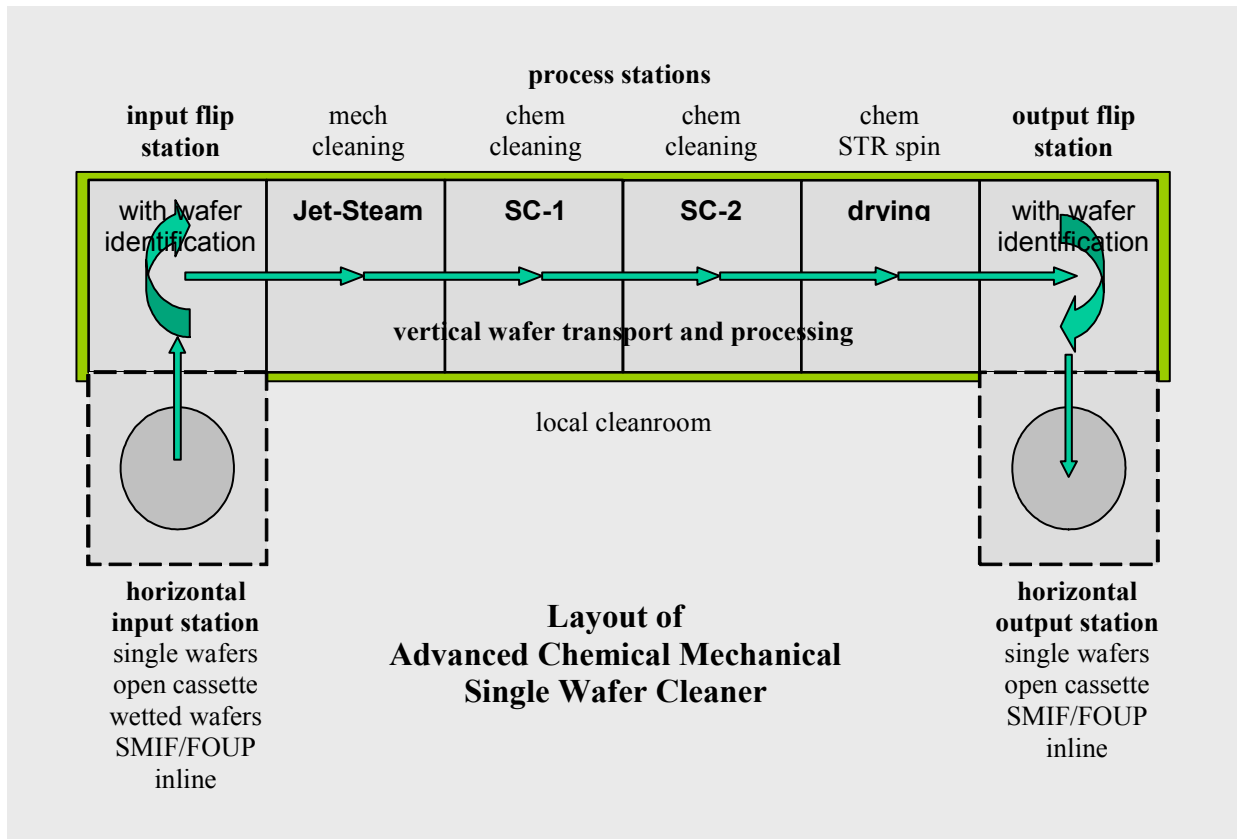


Bild 1: Ausgewähltes Anlagenlayout

Da sich die Anbieter von Prozessanlagen immer mehr auf ihre eigene Kernkompetenz der Prozesstechnik konzentrieren und die Waferhandhabung extern zukaufen wird die Handlingstation so aufgebaut, dass diese eine eigene Baugruppe darstellt aber gleichzeitig optimal in Form und Aussehen an die Reinigungsanlage angepasst werden kann. Das bedeutet ein eigenes Gestell mit allen Handhabungskomponenten und deren Steuerungstechnik sowie mit allen Möglichkeiten der Adaption der Ein - / Ausgabe von Wafern. Dieses Gestell mit seinen Komponenten muss daher für sich allein bezüglich der Reinraumtauglichkeit und Strömungsführung betrachtet werden. Alle Ergebnisse dieser Betrachtung werden aber auch in den Aufbau und die Gestaltung der Prozessanlage mit einfließen. Somit ist ein durchgehendes Konzept für die gesamte Anlage gewährleistet.

2.2 Lösungsvarianten der Ein - / Ausgabe

Da in der Reinigungsanlage vorwiegend Wafer mit dem Durchmesser von 200 und 300 mm prozessiert werden sollen, muss die Ein - / Ausgabe entsprechend ausgerüstet sein. Zum Stand der Technik gehören dabei:

- 300 mm FOUP – Technik
- 200 mm SMIF Technik
- 200 mm Open Cassette (nass und trocken).

Als Basis dient dabei ein BOLTS – Rahmen nach SEMI – Standard E63-0600A (Box Opener Loader Tool Standard mechanical, BOLTS – M). Dieser ist Bestandteil des Gestells der Handlingstation und mechanische Schnittstelle. Daran werden nun die verschiedenen Lösungen der Ein - / Ausgabe adaptiert. Nachfolgend werden die von gemeinsam mit den Projektpartnern in Workshops erarbeiteten Lösungsvarianten dargestellt.

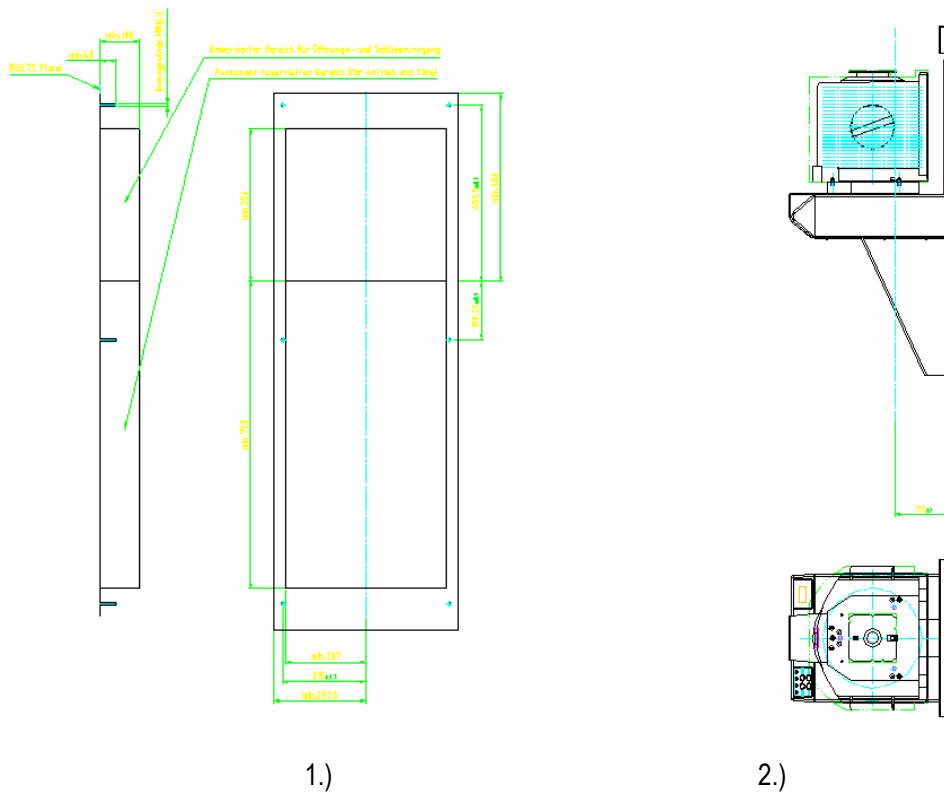


Bild 2: Mögliche Ein- / Ausgabestation 1.) BOLT – S und 2.) 300mm Load Port

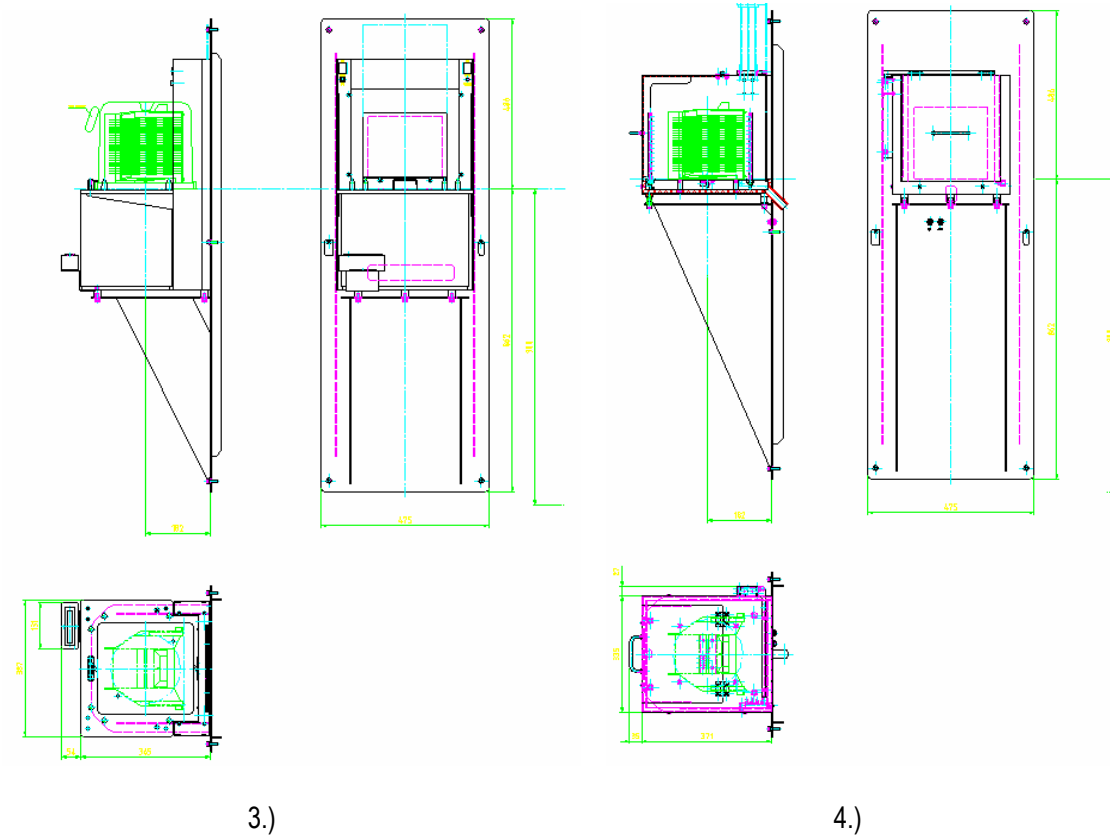
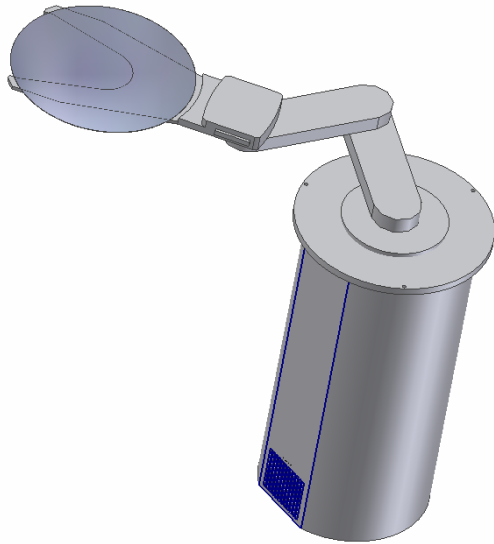


Bild 3: Mögliche Ein- / Ausgabestation 3.) 200mm SMIF und 4.) 200mm Open Cassette (nass und trocken)

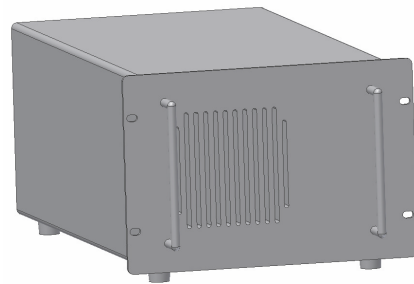
2.3 Baugruppen innerhalb der Handlingstation

Handhabungssystem

Zur Handhabung der Wafer wurde ein spezieller Roboter mit separater Steuerung ausgewählt. Diese Waferhandhabungssysteme sind üblich in der Halbleiterindustrie und deren Einsatz weit verbreitet.



Waferhandler



Steuerung

Bild 4: Komponenten des Handhabungssystems

Pre – Aligner

Die Identifikation des einzelnen Wafers ist heutzutage ein wichtiger Bestandteil der Logistik einer Halbleiterfertigung, deshalb wird in der Ein – und in der Ausgabe eine Identifikation installiert. Diese besteht aus einem Pre – Aligner zur Ausrichtung des Wafers und einem speziellen Lesekopf.

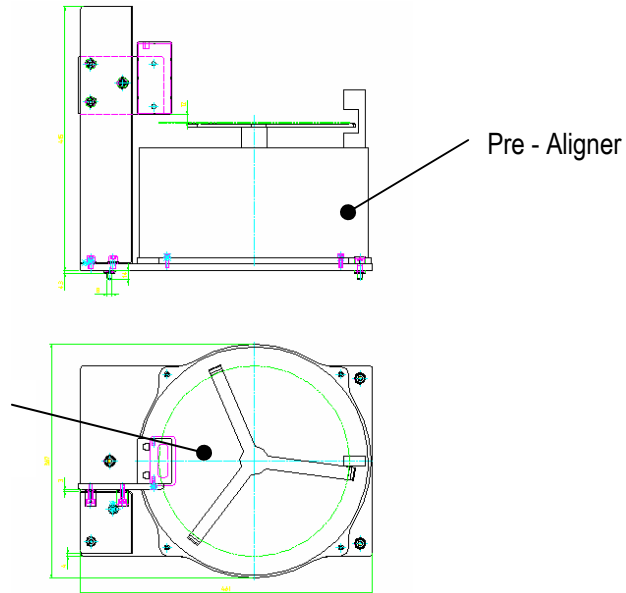


Bild 5: Funktionsskizze Pre - Aligner

Der Transport der Wafer innerhalb der Reinigungsanlage erfolgt in vertikaler Ausrichtung. Dazu wird der Wafer nach der Identifikation auf eine Flipstation abgesetzt, welche in der Reinigungsanlage installiert ist. Danach erfolgen das mechanische Greifen und das vertikale Aufrichten des Wafers.

Flip – Station

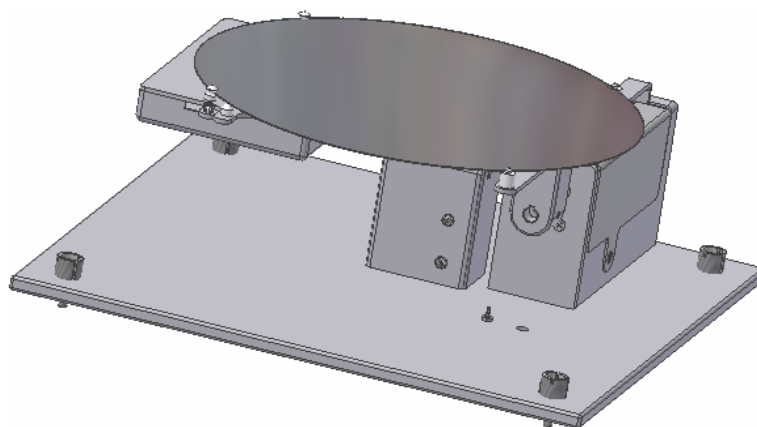


Bild 6: Funktionsskizze Flipstation in Ausgangsstellung

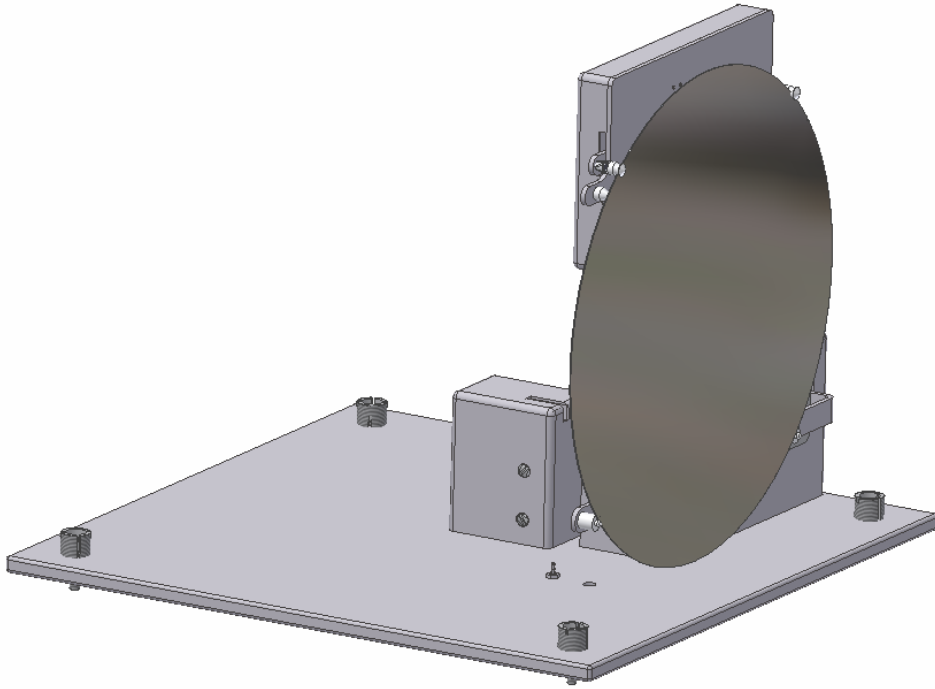


Bild 7: Funktionskizze Flipstation vertikal zur Übergabe

3 Reinheitsanforderungen an die Ein - / Ausgabestation

Innerhalb eines Reinraums sind die Prozessanlagen inklusive deren Handhabungssysteme als Betriebsmittel definiert. Dies bedeutet, dass die in diesem Verbundprojekt zu entwickelnde Handhabungsstation nicht in Form einer Reinheitsklasse qualifiziert wurde, sondern deren Reinraumtauglichkeit bezüglich einer angegebenen Reinheitsklasse.

Die Reinheitsklassen wurden bisher nach US Federal Standard 209E definiert. Diese wurde jedoch durch die ISO 14644-1 abgelöst. Nachfolgende Tabelle zeigt die Klassifizierung der einzelnen Reinheitsklassen und der darin maximal erlaubten Konzentration von Luftgetragenen Partikeln und Partikelgrößen.

ISO Klasse	Maximal zulässige Konzentration (Anzahl Partikel/m ³ Luft) für angezeigte Partikelgrößen					
	0.1µm	0.2µm	0.3µm	0.5µm	1µm	5µm
1	10		2			
2	100	24	10	4		
3	1 000	237	102	35	8	
4	10 000	2 370	1 020	325	83	
5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
7				352 000	83 200	29 300
8				3 520 000	832 000	293 000
9				35 200 000	8 320 000	293 000

Tabelle 1: Luftreinheitsklassen und maximal zulässige Partikelkonzentration EN ISO 14644-1

Partikelgrößen die kleiner als 0.1µm oder größer als 5µm sind werden in den ISO - Klassen nicht berücksichtigt. Im Anhang E der benannten ISO sind für Partikelgrößen außerhalb der ISO - Klassen eigene Berechnungen zur Klassifizierung angegeben. Da diese Größen jedoch in der gängigen Halbleiterfertigung normalerweise nicht zulässig sind, werden diese auch bei der hier beschriebenen kritischen Betrachtung nicht weiter berücksichtigt.

Die Betrachtung und Beurteilung der Handhabungsstation erfolgte anhand der VDI – Richtlinie 2083 Blatt 8: Reinraumtauglichkeit von Betriebsmitteln. Diese Richtlinie beschreibt die Vorgehensweise zur Beurteilung, welche bereits in der konzeptionellen Phase beginnt. Zu diesem frühen Zeitpunkt können bereits vorab der Einfluss von Geometrie und Dynamik eines Betriebsmittels beurteilt werden und somit sofortige Änderungen in der Konstruktion oder der Tausch von Komponenten veranlasst werden. Spätere Änderungen sind meistens mit hohen Kosten und Aufwand verbunden.

Grundsätzlich muss bei der Beurteilung zwischen

- Reinheits- und
- Reinraumtauglichkeit

unterschieden werden. Die Reinheitstauglichkeit bezieht sich auf das Betriebsmittel selbst und beinhaltet die Berücksichtigung aller Faktoren bezüglich Kontamination (auch durch den Prozess). Die Reinraumtauglichkeit beurteilt die Betriebsmittel als Ganzes in Bezug auf die partikuläre Eignung für den klassifizierten Reinraum.

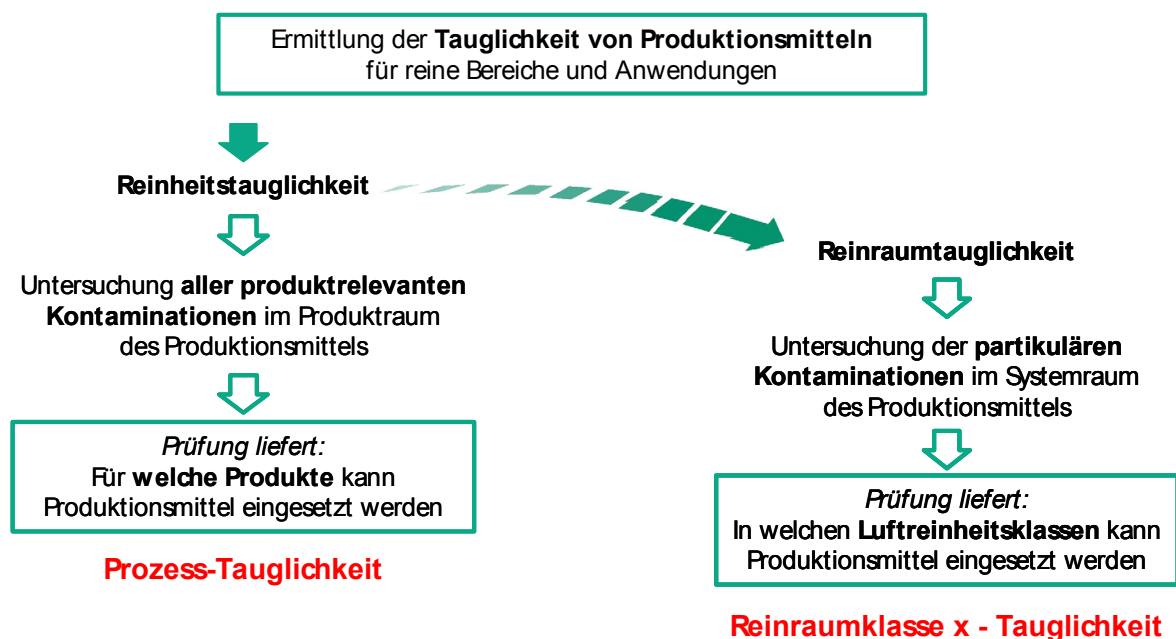


Bild 8: Definition von Reinheits- und Reinraumtauglichkeit

Bei einer Beurteilung muss außerdem noch der Einflussbereich von Betriebsmitteln definiert sein. Dabei wird zwischen

- Systemraum und
- Produktraum unterschieden.

Der Systemraum ist die Geometrie eines Betriebsmittels in allen drei Dimensionen. Der Produktraum ist die dreidimensionale Geometrie in der das Produkt (= Wafer) gehandhabt wird. In der zitierten VDI – Richtlinie sind noch weitergehende Angaben enthalten, welche sich vor allem auf die Messung, Messgeräte u. ä. beziehen. Die Einhaltung der Vorgaben bezüglich Partikelmessung sind Voraussetzung für die Beurteilung der gesamten Prozessanlage.

Als Basis für die Beurteilung der Handlingstation muss eine Klassifizierung der Reinheit nach ISO erfolgen. Diese richtet sich nach dem jeweiligen Stand der Technik in der Halbleiterindustrie. Derzeit wird von den Halbleiterherstellern die **ISO – Klasse 1 für den Produktraum** und ISO – Klasse 3 für den Systemraum gefordert. Jedoch gibt es vereinzelt Hersteller, die bereits die **ISO – Klasse 3 für den Systemraum** fordern, so dass diese als Vorgabe für die Beurteilung herangezogen wird.

Speziell für die Waferhandhabung ist die Betrachtung des Einflusses des gesamten Systems auf das von ihm gehandhabte Produkt von enormer Bedeutung. Dies wird in so genannten PWP-Messungen (**P**article per **W**afer **p**ath) ermittelt. Dabei wird die Zunahme der Partikel pro Handhabungszyklus auf der Waferoberfläche gemessen. Zielgrößen für PWP-Werte sind in der ITRS (**I**nternational **T**echnology **R**oadmap for **S**emiconductors) der SEMATECH beschrieben.

Nachfolgende Tabelle zeigt einen Abriss der in der automatisierten Handhabung von Wafern angestrebten PWP-Werte, in Abhängigkeit der gehandhabten Wafergröße und der im Prozess erreichten Strukturbreiten.

Wafer	200mm	300mm	300mm	400mm
Strukturbreiten	0,25µm	0,18µm	0,13µm	0,1µm
Betr. Part.-Größe	0,2µm	0,06µm	0,04µm	0,03µm
PWP / Wafer	0,4253	0,284	<0,284	<0,284
PWP / cm ²	0,0015	0,001	<0,001	<0,001

Tabelle 2: Vorgabe PWP-Werte nach ITRS

4 Kritische Betrachtung aller Baugruppen und deren Einfluss

Bevor die Handlingstation als Ganzes beurteilt werden kann, müssen alle Komponenten einzeln kritisch betrachtet werden. Bei Baugruppen, welche komplett zugekauft werden, ist dieses recht einfach, da jeder Hersteller von reinraumtauglichen Baugruppen seine Produkte entsprechend klassifiziert.

4.1 Ein - / Ausgabestation

300mm Load Port

Für die 300mm Technik wurde das Load Port der Fa. Genmark Automation gewählt. Diese gibt für den Produktbereich ISO – Klasse 2 und für den Systembereich die ISO – Klasse 3 an. Da beide Angaben nicht die vorgegebenen Werte erreichen, muss durch eine gezielte Strömungsführung die Reduzierung der Partikel unterstützt werden. Da alle Hersteller von derartigen Load Ports die gleichen Klassifizierungen angeben, kann auch nicht auf einen anderen Lieferanten ausgewichen werden.

200mm SMIF

Diese Lösung basiert auf einem bestehenden Gerät der Fa. ACR. Dieses wird vom Hersteller für den Produktbereich mit ISO – Klasse 2 und für den Systembereich mit ISO – Klasse 3 angegeben.

200mm Open Cassette (nass und trocken)

Auch diese Lösung wird von der Fa. ACR für den Produktbereich mit ISO – Klasse 2 und für den Systembereich mit ISO – Klasse 3 angegeben.

4.2 Waferhandhabung und Steuerung

Da der Waferroboter sich normalerweise hauptsächlich im Produktraum aufhält, werden diese speziellen Roboter auch nur für den Produktraum klassifiziert. Bei der in diesem Projekt gewählten Lösung von Genmark Automation ist der Roboter auf ISO – Klasse 2 spezifiziert. Da die Steuerung keine beweglichen Teile beinhaltet wird diese auch nicht vom Hersteller einer Klasse zugeordnet. Daher muss über geeignete Maßnahmen der Strömungsführung für eine gezielte Wegführung eventueller Partikel und Wärme gesorgt werden.

4.3 Identifikation

Diese Baugruppe besteht aus einem Lesekopf (ohne Bewegung) und einem Pre – Aligner zum Ausrichten der Wafer. Der Pre – Aligner wird auch in diesem Fall von der Fa. Genmark Automation geliefert und auf ISO – Klasse 2 spezifiziert.

4.4 Flip – Station

Diese Baugruppe ist eine komplette Eigenentwicklung der Fa. ACR. Um die ISO – Klasse 2 im Produktbereich zu erreichen, musste über gezielte Konstruktionsmerkmale sowie über die Auswahl der Werkstoffe und der Oberflächenbehandlungen die Kontaminationsgefahr verringert werden. Da diese Merkmale auch für weitere Fertigungsteile gelten, werden diese in Form von Konstruktionsrichtlinien beschrieben.

5 Konstruktionsrichtlinien, Auswahl der Werkstoffe und Oberflächenbehandlungen

5.1 Allgemein

Bei der Handlingstation wird aus Gründen des Ablaufs der Be – und Entladung soweit wie möglich auf komplette Baugruppen externer Lieferanten zugegriffen. Aber trotzdem wird eine Vielzahl von Fertigungs-, Kauf- und Normteilen für weitere Baugruppen benötigt. Diese Teile haben einen großen Einfluss auf die Reinheit des gesamten Systems. Dies lässt sich sehr stark reduzieren wenn verschiedene Merkmale und Richtlinien bei der Konstruktion eingehalten werden. Das Fraunhofer IPA hat dazu in der Vergangenheit verschiedene Untersuchungen erarbeitet, welche mittlerweile bei vielen Firmen Verwendung finden.

Um die Kontaminationsgefahr innerhalb einer Anlage zu reduzieren, wird in erster Linie ein wenig kontaminierender Produktionsbereich gestaltet. Dies wird erreicht durch

1. Maßnahmen zur Verhinderung der Emission von Kontaminationen und
2. Maßnahmen zur Entfernung der im reinen Bereich freigesetzten Kontaminationen und zur Trennung der Kontaminationsquellen von den kritischen Produktionsstellen.

Maßnahmen aus Punkt 2 werden im nächsten Kapitel gezeigt.

Maßnahmen zur Verhinderung der Emission von Kontaminationen sind in erster Linie:

- das Einhalten von Gestaltungsrichtlinien in der Konstruktion
- die richtige Auswahl der Werkstoffe
- und die geeignete Behandlung von Oberflächen.

5.2 Gestaltungsrichtlinien in der Konstruktion

In der frühen Phase der Konstruktion können viele Kontaminationsgefahren durch die Berücksichtigung von Gestaltungsrichtlinien vermieden werden. Dies bestimmt bereits in vielen Fällen über die Tauglichkeit der Anlage für den Reinraum. Fehler, die in der Konstruktion gemacht werden, können später gar nicht oder nur mit sehr viel Aufwand überarbeitet werden. Dabei ist es recht einfach durch die Einhaltung von einigen grundsätzlichen Richtlinien die Generierung von Partikeln zu vermeiden.

Nachfolgend sind solche Maßnahmen aufgelistet, welche für die von der Fa. ACR zu entwickelnde Handlingstation wichtig sind. Maßnahmen, welche sich mit der Zuführung von flüssigen Medien, mit Prozesstechnik oder ähnlichen Bereichen beschäftigen, werden hier

nicht berücksichtigt.

- Alle Fertigungsteile müssen sauber gerundet sein und dürfen keine scharfen Grate oder Kanten aufweisen.
- Einsatz von Kugellager nur mit metallischen Deckscheiben.
- Alle Antriebseinheiten wie Motoren, Getriebe, Spindeln, Zahnriemen und Linearführungen müssen komplett abgedeckt sein.
- Offene Schlitze für Führungen oder ähnliches müssen immer vom Produkt fort weisen.
- Alle Befestigungselemente für Blechgehäuse oder Abdeckungen sollten versenkt werden und nicht überstehen.
- Alle angetriebenen Einheiten sollten unterhalb des Produktraums angeordnet werden.
- Das Gleiche gilt für Steuerungen.
- Komponenten, welche mit dem Wafer in Kontakt kommen, sollten nur aus PEEK gefertigt werden (Spritzguss nicht gedreht), dies betrifft vor allem einzelne Teile des Greifers am Roboter, am Pre – Aligner und an der Flipstation.
- Nur synthetische Schmierstoffe einsetzen, üblicherweise hat jeder Halbleiterhersteller eine Liste von zulässigen Schmierstoffen.
- Der Produktraum sollte mittels Lochblechen vom Bereich der Antriebstechnik getrennt sein.
- Für jede Anlage ist ein Strömungskonzept zu erstellen.
- Schweißstellen an Blechen sollten wie nachfolgende Abbildungen zeigen ausgeführt werden.

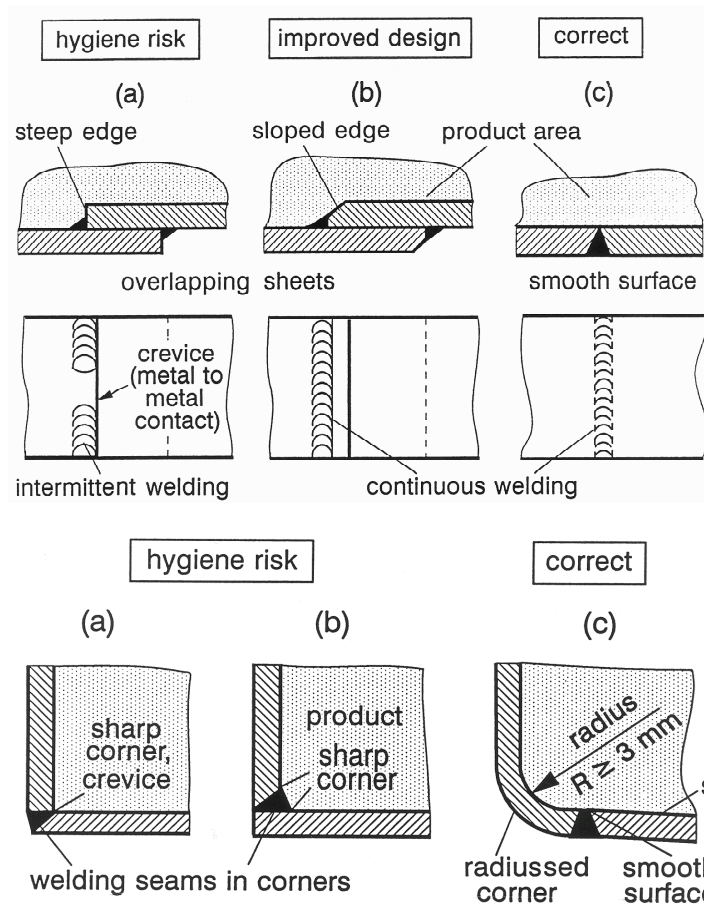


Bild 9: Reinheitsgerechte Schweißstellen

- Die Anlage muss derart gestaltet werden, dass keine Toträume zum Verbleib von Reinigungsmitteln zurück bleiben. Nachfolgende Abbildung zeigt solche Beispiele anhand von Schrauben.

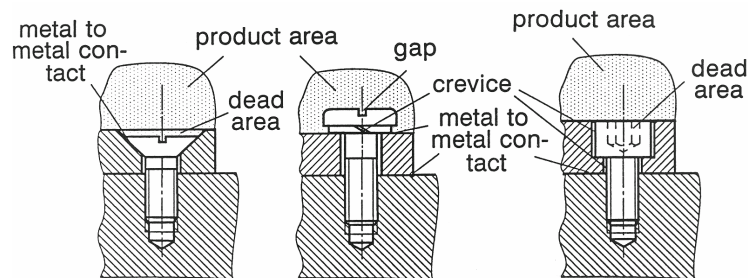


Bild 10: Toträume an Schraubverbindungen

- Reinigungsmittel müssen ungehindert abfließen können.
- Innenflächen sollten durch Ausrundungen mit ausreichendem Durchmesser verbunden sein, damit sie vollständig gereinigt werden können.
- Es sind nur Materialien und Oberflächenbehandlungen einzusetzen, welche in der Halbleiterindustrie zulässig sind, gegebenenfalls muss beim Kunden nachgefragt oder die Genehmigung desselben eingeholt werden. Siehe dazu auch nachfolgende Kapitel.
- Grundsätzlich sind Zukaufteile vorzuziehen, welche vom Hersteller nachweislich einer definierten Luftreinheitsklasse zugeordnet werden.
- Beim Einsatz von Pneumatik muss die Druckluft getrocknet, entölt
- und gesäubert sein (idealerweise Einsatz von Reinstdruckluft und Abluft muss gefasst sein).
- Der Einsatz von Hydraulik ist grundsätzlich nicht zulässig.

5.3 Auswahl der Werkstoffe

In allen Industriebranchen sind die chemischen und die mechanischen Eigenschaften der Materialien sowie ihre Oberflächenstruktur relevant. Ihre elektrischen Eigenschaften sind vor allem in der Halbleiterindustrie und in der Mikrosystemtechnik von Bedeutung. Durch die Auswahl der geeigneten und in Reinräumen zulässigen Werkstoffe lassen sich Kontaminationsgefahren reduzieren. Die zulässigen antistatischen und elektrischen Eigenschaften von Materialien sind in VDI – Richtlinie 2083 Blatt 4 wie folgt definiert:

- Die wichtigste Eigenschaft der Materialien hinsichtlich der Verhinderung elektrostatischer Ladungen ist der elektrische Widerstand. Die Werte für leitende

Materialien sind $R_0 \leq 10^4 \Omega$ und ableitende Materialien

- $10^4 \leq R_0 \leq 10^8 \Omega$
- Der wichtige Parameter, der Schäden wegen ESD-Ereignissen an einem Produkt bzw. an Ausrüstungen bedingt, ist die Intensität des elektrischen Stroms, der sich beim Transfer elektrischer Ladungen ergibt. Die Reihe der Auswirkungen von ESD-Ereignissen auf Ausrüstungen geht von vorübergehenden Fehlern, die automatisch korrigiert werden, bis hin zu schweren Fehlern, die nicht ohne manuelles Eingreifen korrigiert werden können bzw. welche die Ausrüstungen beschädigen.

Die chemische Beständigkeit innerhalb dieses Projekts reduziert sich auf die Beständigkeit gegenüber Reinigungsmitteln, also ISO – Propanol und DI – Wasser. Kunststoffe dürfen nicht ausgasen und die Zusatzstoffe müssen ebenfalls reinraumtauglich sein. Das bedeutet vor allem keine Freisetzung von Weichmachern.

Außerdem muss bei der Wahl von Materialien beachtet werden, dass sich die Rauheit der Oberflächen durch die Zeit verändert.

Wichtig: Silikone in jeder Form sind in Reinräumen der Halbleiterindustrie verboten.

Folgende Materialien werden üblicherweise für den Bau reinraumtauglicher Produktionsausrüstungen verwendet.

Metalle	Edelstahl (stainless steel)
	Glatt gefertigter Edelstahl - 316L / elektroliert (smooth finished stainless steel)
	Blechtafel (powder-coated sheet metal)
	Aluminiumlegierungen
	Überzogenes Metall (coated metal) z. B. durch Vernickeln, Verchromen, Lackieren
Kunststoffe	Heißgeschweißte Kunststoffblätter (plastic sheets, hot welded)
	(non-shrinking coatings of plastic materials)
	Kunststoffpolymere (plastic polymers)
	Polyamid (PA)
	Polytetrafluoroethylen (PTFE)
	Polyoxymethylen (POM)
	Polypropylen (PP)
	Polyethylenetherketone (PEEK)
Sonstige	Keramik
	Stahlbeton (sealed concrete)
	Glas
	(baked finishes)
	Epoxy- und Harzlack (epoxy and resin paints and finishes)

Tabelle 3: Übersicht Reinheitsgerechte Materialien

In VDI – Richtlinie 2083 Blatt 4 sind zusätzlich noch Ausführungsbeispiele zusammengefasst.

Fertigungseinrichtungen und Prozessanlagen (Halbleiterindustrie)	
Innere Oberflächen im Produktbereich	Cr-Ni-(Mo)-Stahl in ELC-Qualität, elektrochemisch entgratet, Keramik, Dichtungen aus FKM, EPDM oder ähnlichem (VMQ, CSM, NBR) Nur im Halbleiterbereich: Quarzglas
Mehrwegbehälter	
Behälter für die Halbleiterindustrie	Transportbehälter, z. B. Behälter für den Transport von Hilfsstoffen wie z. B. Lösungsmitteln: Cr-Ni-Stahl, oberflächenpoliert, kantenverrundet, Henkel aus Rundprofilen Lagerbehälter für Sputter- und Dotiermaterialien: Quarz in Halbleiterqualität, Rohrausführung mit Schutzgaseinlass (ggf. Trockenmittelfüllung) und Schliffkappe

Tabelle 4: Ausführungsbeispiele nach VDI 2083-4

5.4 Behandlung der Oberflächen

Rauhe Oberflächen weisen mikroskopische Toträume auf, in denen partikelförmige Kontaminationen sich ansammeln können. Die Rauheit hat somit direkten Einfluss auf die Reinigbarkeit und auf die Strömungsverhältnisse. Die Rauheit bedingt aber auch die Adhäsionsphänomene; die Oberflächen von Produkten, die manuell bzw. durch Roboter gegriffen werden, müssen daher eine Mindestrauheit aufweisen.

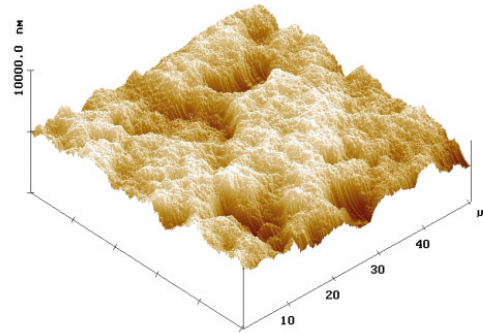
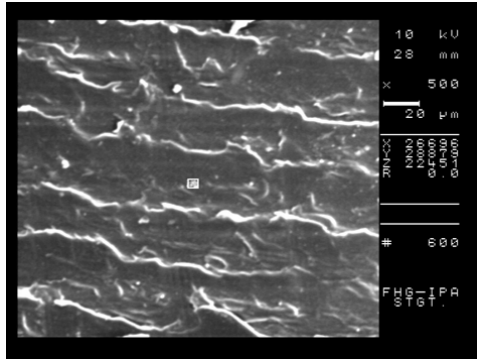


Bild 11: Visualisierung der Oberflächenstruktur durch Raster-Elektronen-Mikroskop und Atomic-Force-Mikroskop

Bei der Beurteilung von geeigneten Oberflächen spielt auch deren Herstellung zu marktüblichen Kosten eine große Rolle. Daher hat sich ein Mittenrauwert von $R_a = 0.8\mu\text{m}$ bewährt, welcher auch von vielen Halbleiterherstellern vorgeschrieben wird. Außerdem sollten Oberflächen wie folgt beschaffen sein:

Kunststoffe

- Oberflächen extrudiert oder spritzgegossen
- Kratzerfrei
- Feingeschliffen oder poliert.

Metalle

- Feingeschliffen, geschliffen oder poliert
- Kratzerfrei
- Elektropoliert
- Bleche gebürstet oder geschliffen.

Zur Verbesserung der Oberflächenqualität sind außerdem noch folgende Beschichtungsverfahren zulässig:

- Elektropolieren
- Chemisch vernickelt
- Eloxieren
- Hartanodisieren
- Pulverbeschichten mit Epoxy – Pulverlack
- PTFE – Beschichtung
- PFA – Beschichtung.

6 Strömungskonzept für die Handlingstation

6.1 Allgemein

Wie in vorhergehenden Kapiteln beschrieben wurde, ist es nicht möglich Baugruppen oder Komponenten einzusetzen, die der höchsten ISO – Klasse 1 entsprechen. Grundsätzlich werden bei Relativbewegungen zwischen 2 Werkstoffpaarungen Partikel generiert. Deshalb muss innerhalb der Handlingstation über eine gezielte Luftzu – und Luftabführung eine Strömung erzielt werden, die eventuell entstehende Partikel vom Produkt wegführt. Dazu gehört jedoch zuerst die Betrachtung des Einflusses der Baugruppen auf die Strömung.

6.2 Störquellen für die Durchströmung

Die Strömungseigenschaften von Betriebsmitteln sind in besonderem Maße in Verbindung mit einer turbulenzarmen Verdrängungsströmung von Bedeutung. Um einen Abtransport von teilchenförmiger Kontamination zu gewährleisten und so Querkontamination zu vermeiden, muss das Produkt von der Erstluftströmung frei umströmbar sein. Versperrungen führen zu Aufstau- und Turbulenzbildungen, die den Abtransport entstehender teilchenförmiger Kontamination verhindern können. Aus diesen Gründen sind die strömungstechnischen Ausprägungen von Betriebsmitteln ein wichtiges Charakteristikum in Bezug auf das Kontaminationsverhalten.

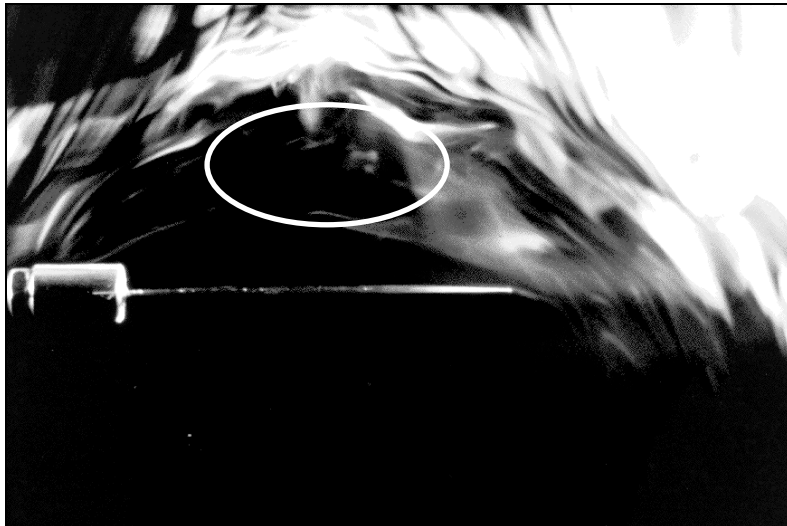


Bild 12: Aufstaugebiet der turbulenzarmen Verdrängungsströmung bei Versperrungen

Bevor für die gesamte Handlingstation ein Strömungskonzept entwickelt werden kann, muss der Einfluss der verschiedenen Baugruppen auf das Strömungsverhalten der Handlingstation untersucht werden. Zur Beurteilung werden verschiedene Untersuchungen und Messungen

herangezogen, die das Fraunhofer IPA in den vergangenen Jahren durchgeführt hat.

Ein sehr sensibler Bereich innerhalb der Handlingstation ist der Übergang von der Ein - / Ausgabe zum Handhabungsbereich. Durch den Einsatz der neuen 300mm Technik mit geschlossenen Boxen (= FOUP) ist es nicht mehr möglich die Kassetten zu durchströmen. Deshalb ist es sehr wichtig, dass der Übergang sauber von oben nach unten durchströmt wird. Nachfolgende Abbildung zeigt eine Strömungsuntersuchung an dieser sensiblen Stelle. Ein gängiges Verfahren stellt hierbei die Strömungssichtbarmachung mittels DI/N₂-Nebler dar. Zur Erzeugung des Nebels kommen dabei Reinststickstoff und Reinstwasser, welche partikelfrei und deionisiert (nicht kontaminierend) sind, zur Anwendung. Die Luftzuführung erfolgte dabei mit einem direkt darüber angeordneten Filter – Fan – Unit, wobei diese eine mit einer Drehzahl von 800 U/min gefahren wurde. Deutlich zu erkennen ist die Entstehung von Wirbeln, welche die Partikel nicht in der Strömung nach unten mitziehen, sondern diese aufwirbeln und dadurch auf die Wafer abgelegt werden.

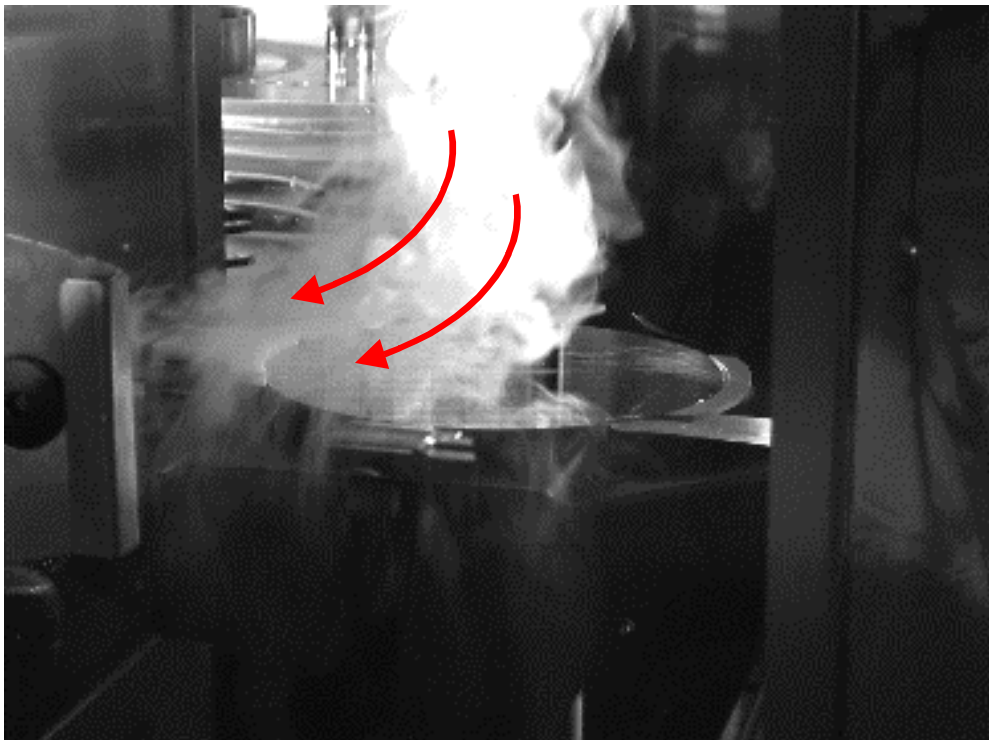


Bild 13: Strömungsverhältnisse bei einer FFU Drehzahl von 800 U/min

Die nachfolgende Abbildung zeigt dieselbe Anordnung, allerdings wurde hier die Drehzahl der Filter – Fan – Unit auf 1000 U/min erhöht. Es zeigt sich deutlich, dass die Strömung an der Ein - / Ausgabe gezielter nach unten vorbei geführt wird.



Bild 14: Strömungsverhältnisse bei einer FFU Drehzahl von 1000 U/min

Nach den vorangegangenen Untersuchungen wurde der Ein - / Ausgabebereich und der Handhabungsbereich mit einer Trennwand versehen, nur ein schmaler Schlitz blieb übrig zur Entnahme der Wafer. Dabei zeigt sich deutlich, dass die Luft den Bereich der Ein - / Ausgabe sauber durchströmt. Diese theoretisch beste Anordnung lässt sich in der 300mm – Technik leider nicht anwenden, da die Boxen mit einer Tür komplett geöffnet und geschlossen werden.

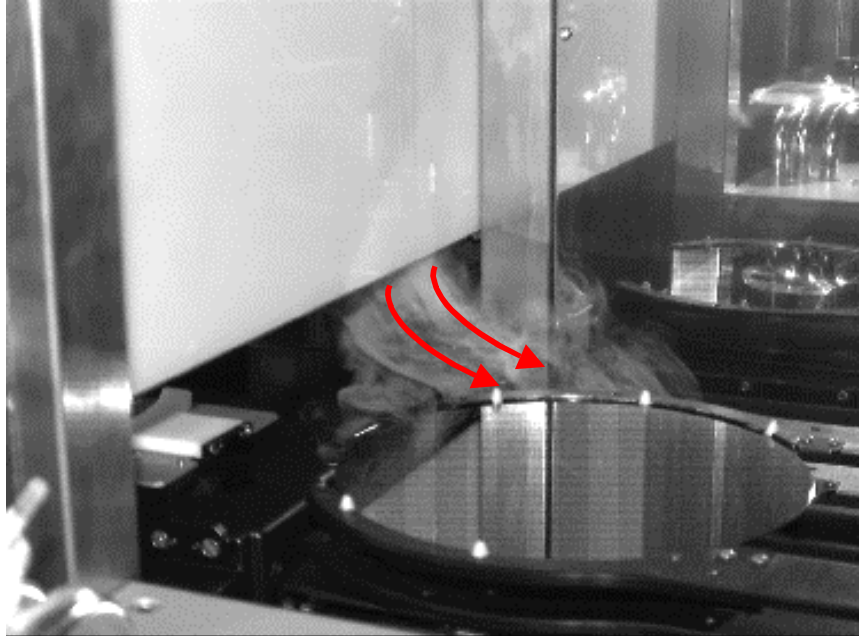


Bild 15: Ideale Umströmung des Produkts

Im Innern der Handlingstation befindet sich der Arbeitsbereich des Roboters, aber auch der Handhabungsbereich des Wafers, also der Produktraum. Diese Bereiche müssen nicht nur getrennt werden indem die beweglichen Baugruppen unterhalb des Produkts angeordnet werden, sondern durch geeignete Maßnahmen muss auch für eine gezielte Durchströmung gesorgt werden. Nachfolgende Skizze verdeutlicht diese Anordnung.

Der Trennung zwischen Produktraum und Roboterbereich kommt eine zentrale Bedeutung bei dem Strömungskonzept zu. Durch das Einbringen einer geschlossenen Platte oder eines Blechs werden die Bereiche zwar strikt getrennt, allerdings kann keine durchgehende Strömung aufgebaut werden. Dadurch entstehen Wirbel, welche Partikel aus allen möglichen Öffnungen in den Produktraum ziehen. Die Folge ist eine deutliche Verschmutzung des Produktraums. Dieses Phänomen verdeutlicht die nachfolgende Abbildung.

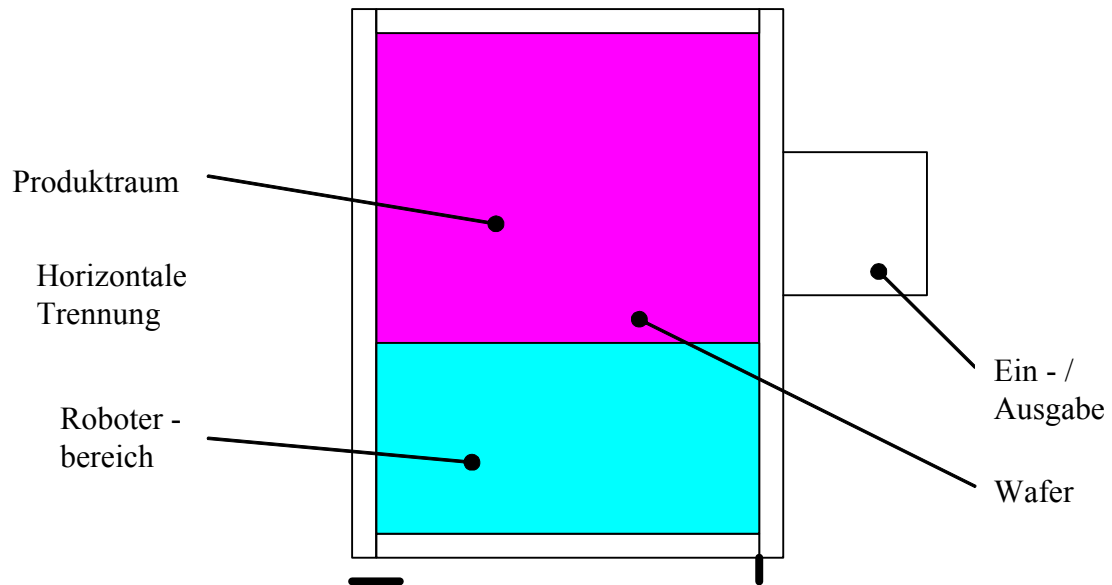


Bild 16: Schnittskizze Handhabungssystem

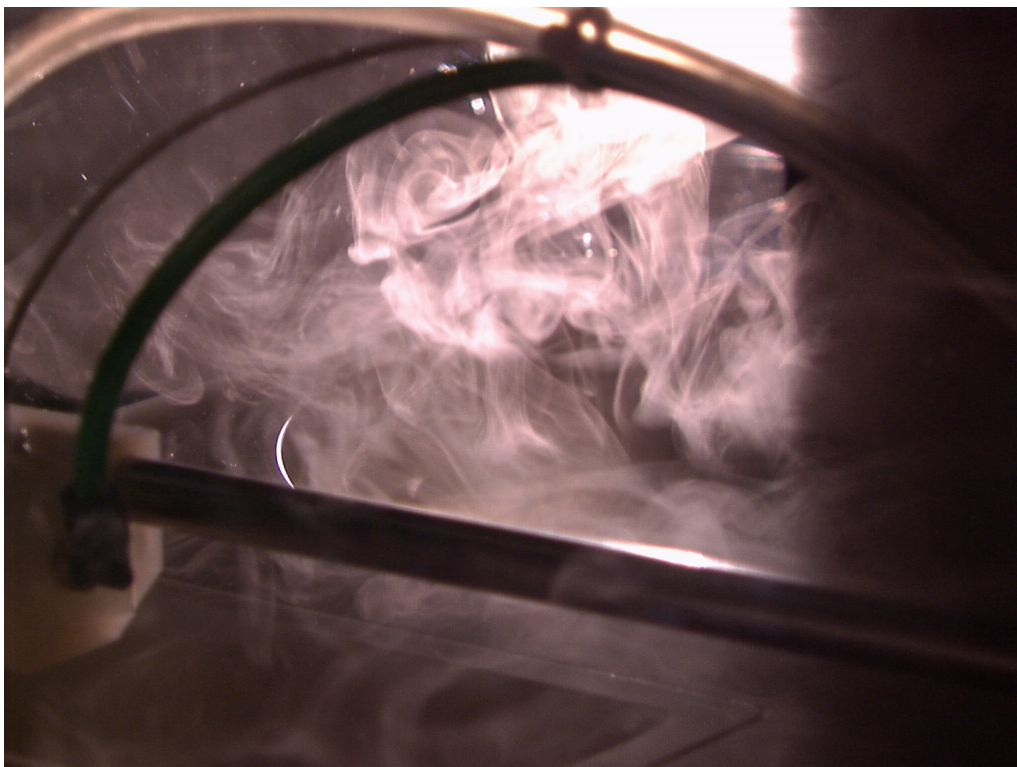


Bild 17: Strömungsverhältnisse bei einer geschlossenen Platte

Wird die geschlossene Platte durch ein Lochblech ersetzt, so kann die Durchströmung der Anlage durchgehend von oben nach unten erfolgen. In der Luft liegende Partikel werden dabei mitgenommen und nach unten getragen. Liegen außerdem noch alle Bewegungsteile unterhalb des Handhabungsbereichs, so können in den Produktraum keine Partikel gelangen. Die Auswirkung eines Lochblechs verdeutlicht nachfolgende Abbildung einer durchgehenden Strömung.



Bild 18: Strömungsverhältnisse bei einer perforierten Platte

Über die Rasterung und den Durchmesser der Lochung eines Blechs lässt sich die Strömung noch etwas beeinflussen. Weit verbreitet ist das Rastermaß 8x8mm und ein Durchmesser von 5mm. Allerdings gibt es auch dort unterschiedliche Ansichten oder Vorgaben durch die Halbleiterhersteller. Dieser Punkt muss notfalls mit den Endkunden einzeln geklärt werden.

Eine weitere Störquelle an dieser Handlingstation sind die Verbindungen zwischen dem Gestell und den jeweiligen Füllungen. Das untere Bild zeigt das nackte Gestell wie es von der Fa. ACR benötigt wird aufgrund der Integration von Roboter, Steuerung und

Identifikation.

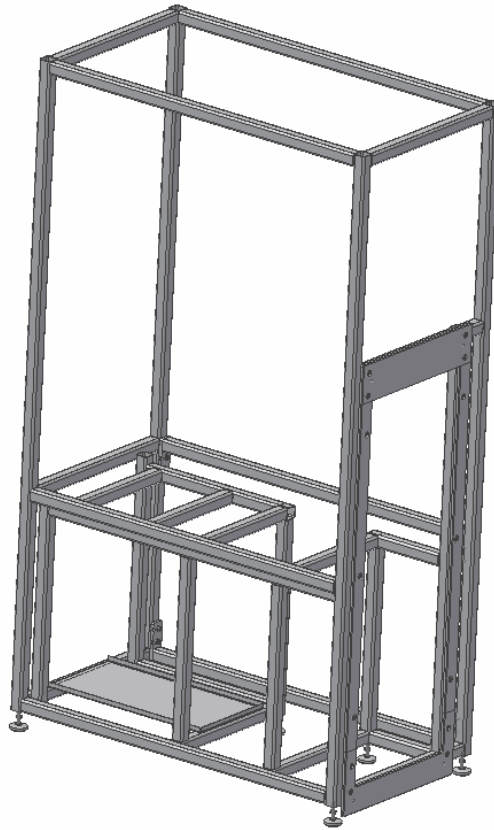


Bild 19: Gestell Handhabungsstation

Ein Gestell in solcher Größenordnung stellt eine Herausforderung an den Hersteller dar, um beim Schweißen keinen allzu großen Verzug und die Einhaltung von Fertigungstoleranzen zu garantieren. Die separate Anpassung von Füllungen an die jeweiligen Maße während der Fertigung ist viel zu teuer. Es ist daher sinnvoll mit umlaufendem Luftspalt zwischen Gestell und den Füllungen die Fertigungstoleranzen zu berücksichtigen. Dabei muss jedoch darauf geachtet werden, dass der Luftspalt nicht zu groß ist. Bei zu großem Spalt wird durch die Strömung Fremdluft von außen hineingezogen, welche Partikel nach sich zieht. Dadurch entstehen an dieser Stelle zusätzlich Wirbel, die nicht nur die Strömung stören sondern auch die Partikel im Produktraum verteilen. Nachfolgende Skizze stellt dieses Problem dar.

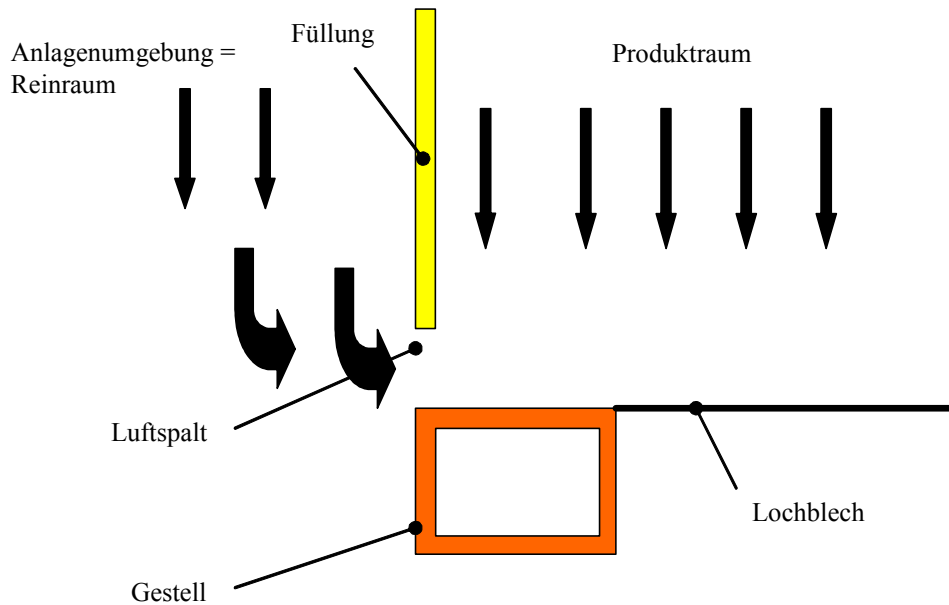


Bild 20: Schematische Strömungsverhältnisse zwischen Gestell und Füllung

Der Luftspalt muss derart verkleinert werden, dass die Umgebungsluft nicht hineingezogen wird und Partikel aufwirbelt, sondern stattdessen die Luft aus dem Umgebungsraum durch das Lochblech und den geringen Luftspalt strömt. Dadurch wird erreicht, dass immer nur Luft von innen nach außen strömt und niemals umgekehrt.

Bei einer Serie von Messungen und Untersuchungen im Reinraum des Fraunhofer IPA hat sich herausgestellt, dass ein maximaler Luftspalt von 5mm zulässig ist, ohne dass Fremdluft von außen eingeblasen wird.

6.3 Strömungskonzept

Nun muss für die gesamte Handlingstation ein Strömungskonzept erstellt werden, wobei es natürlich gilt, die zuvor aufgedeckten Störquellen zu eliminieren. Dabei muss die Handlingstation als Ganzes betrachtet werden und somit auch die Wechselwirkungen der Baugruppen untereinander.

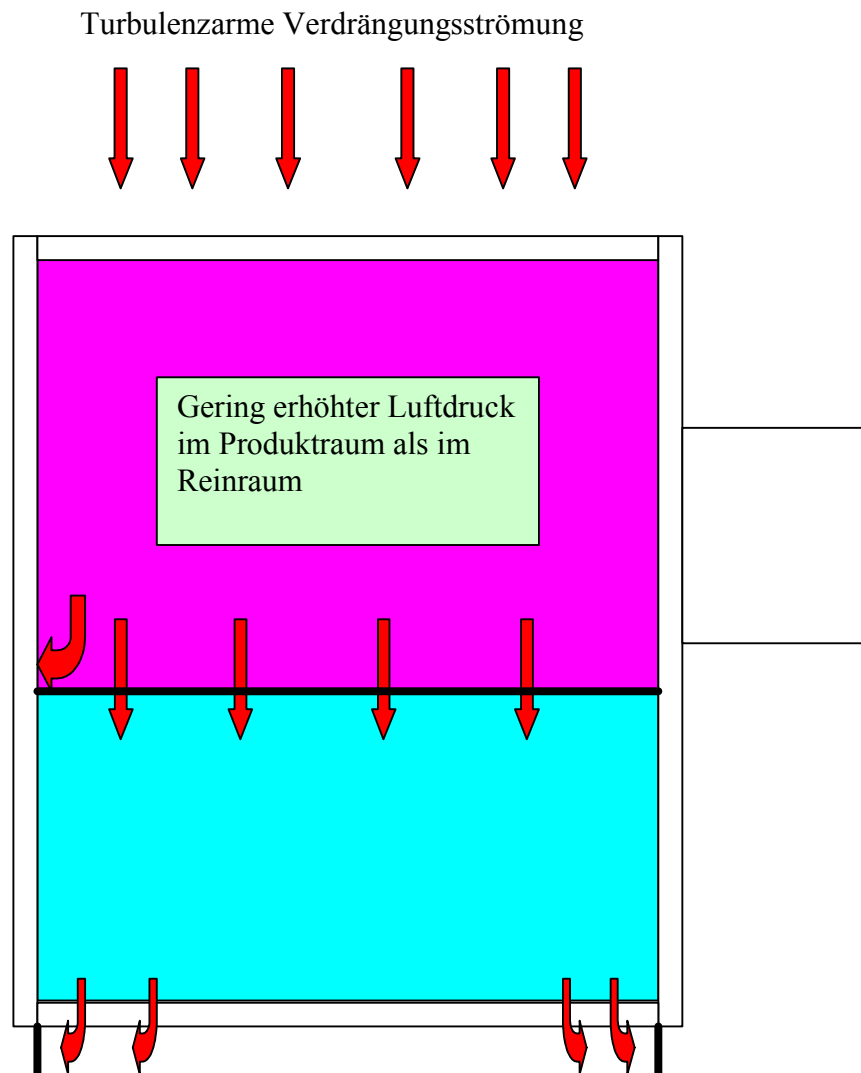


Bild 21: Schematisches Strömungskonzept

Das Gestell der Handlingstation muss oben offen sein, so dass die Luft von oben über die gesamte Fläche zugeführt werden kann. Die verschiedenen Möglichkeiten der Luftzuführung werden im nächsten Kapitel beschrieben. Durch eine über die gesamte Fläche verteilte Verdrängungsströmung wird die Luft von oben nach unten gedrückt und somit ganzflächig ausgetauscht. Da die Luft aufgrund der Füllungen und des Lochblechs nicht in dem Maße entweichen kann, wie sie nachgedrängt wird, entsteht im Innern des Produktraums ein leichter Überdruck. Somit ist gewährleistet, dass keine Fremdluft von Außen eingeatmet wird, sondern die Luft immer nur von Innen nach Außen strömen kann. Umlaufende kleine Spalte zwischen Füllungen und Gestell unterstützen diesen Effekt noch zusätzlich.

Leider lässt sich eine sehr große Öffnung an der Seite zur Reinigungsanlage nicht

vermeiden. Dies ist erforderlich, damit die Wafer von der Anlage in die Ausgabe transportiert werden können. Im unteren Bereich des Roboters wird die Öffnung für den Service benötigt. Da die Reinigungsanlage aber auch alle Kriterien der Strömungstechnik und der Konstruktionsmerkmale erfüllen muss, ist damit sichergestellt, dass im Übergangsbereich zwischen Reinigungsanlage und Handlingstation eine Verdrängungsströmung vorhanden ist. Bei der abschließenden Qualifizierung des Demonstrators im Reinraum der Fraunhofer IIS in Erlangen muss der Übergangsbereich gezielt untersucht werden.

7 Gestaltung des Minienvironments und der Filter – Fan – Unit

7.1 Allgemein

In dem vorhergehenden Kapitel wurde im Schwerpunkt die Reinraumtauglichkeit der Handlingstation mit der Strömungsführung betrachtet und beurteilt. Ein weiteres wichtiges Kriterium bezüglich der Eignung eines Betriebsmittels zur Produktion in einem Reinraum ist die Qualität der Luftzuführung für den Aufbau einer Strömung.

Grundlage für die Luftzuführung ist die Nutzung der Luft aus der Filterdecke des Reinraums. Bei der Beurteilung werden folgende drei Schwerpunkte gesetzt.

- Aufstellung des Betriebsmittels im Reinraum gegenüber dem Luftzufluss
- Gestaltung der lokalen Einhausung (= Minienvironment)
- Gestaltung der Filter – Fan – Unit.

7.2 Aufstellung des Betriebsmittels im Reinraum

Hier ist es besonders wichtig folgende Grundregeln zu beachten:

- Partikelquellen müssen in Zonen mit hoher Luftgeschwindigkeit ($> 0,45$ m/s) gestellt werden, so dass die entstehende Kontamination schnell entfernt wird.
- Hitzequellen, beispielsweise Antriebe, Motoren, Lichtquellen und Monitore müssen so gestellt werden, dass die sich ergebende Konvektionsströmung kein Risiko für das Produkt darstellt.
- Gap-Effekt: Die Ausrüstungen sollen vorzugsweise nicht unmittelbar an die Wand installiert werden, sondern mit einem ausreichenden Abstand, durch den die Luft zum Boden strömen kann. Dadurch wird die Luftgeschwindigkeit in dem sich ergebenden Zwischenraum erhöht, was den Abtransport entstehender Kontamination verbessert.
- Offene Ausrüstung: Die Ausrüstungen sollen im Reinraum so gestellt werden, dass Luftaufstauungszonen vermieden werden.
- Die Ausrüstung soll im Reinraum so aufgestellt werden, dass die Belegung des Deckenrasters mit den Konturen der Ausrüstung möglichst übereinstimmt. Nachfolgende Skizzen sollen dies verdeutlichen.

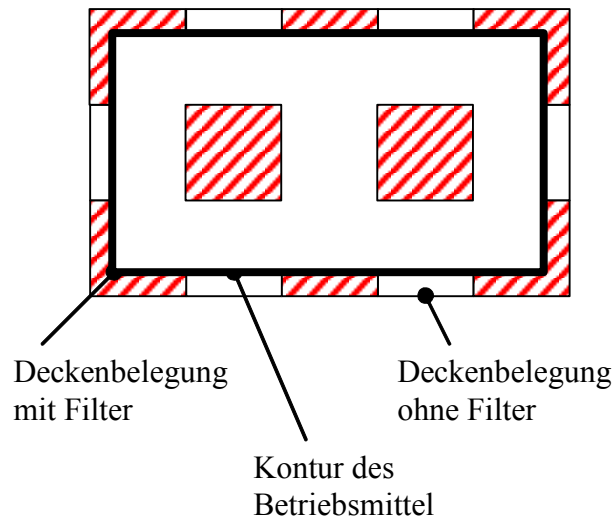


Bild 22: Ideale Ausrichtung zwischen Filterdecke und Kontur des Betriebsmittels

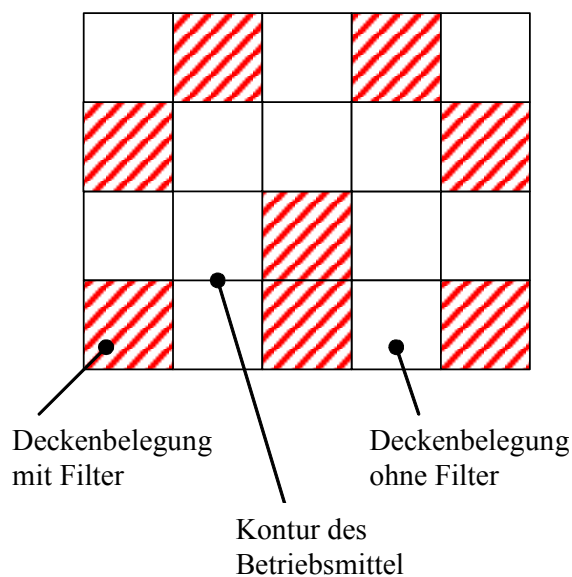


Bild 23: Nicht gewünschte Ausrichtung zwischen Filterdecke und Kontur des Betriebsmittels

7.3 Gestaltung des Minienvironment

Um die Handlungstation als Gesamtes in den Reinraum einschleusen zu können, darf das Gestell die Höhe von 2m nicht überschreiten. Die Deckenhöhe innerhalb des Reinraums beträgt normalerweise zwischen 2 bis 4m. Damit die Luft aus der Decke gezielt in die

Handlingstation geführt wird, muss zwischen Decke und Oberkante Gestell eine umlaufende Verbindung vorhanden sein, das passive Minienvironment.

Dabei gibt es zwei Schnittstellen welche besonders gestaltet sein müssen:

- Decke – Minienvironment
- Minienvironment - Handlingstation.

Normalerweise wird das Gestalten und Anbringen von Minienvironments kundenseitig Firmen überlassen, welche sich darauf spezialisiert haben. In diesem Projekt ist daher der Bau eines Minienvironments nicht vorgesehen. Deshalb wird hier nur auf allgemeine Gestaltungsrichtlinien eingegangen, um den beteiligten Projektpartnern einen Leitfaden in die Hand zu geben.

7.4 Gestaltung der Verbindung zwischen Decke und Minienvironment

Zulässige Flächenlast

Da bei Minienvironments öfters Echtglas verarbeitet wird, kommt es in der Gesamtsumme zu einer relativ hohen Flächenlast, die bis zu 200 kg/m² betragen kann. Erschwerend wirkt dabei, dass bei der Konstruktion diese Last nur auf sehr wenige Punkte verteilt wird. Somit muss vor jeder Planung überprüft werden, ob die vorhandene Reinraumdecke diese Last aufnehmen kann. Bei Standard-Reinraumdecken von namhaften Reinraumherstellern besteht dieses Problem nicht.

Regelmäßiges Deckenraster

Die Planung eines Minienvironments und dessen Ausführung gestaltet sich einfacher, wenn ein regelmäßiges Deckenraster zur Verfügung steht, an dem sich der Konstrukteur für die Abmessungen der Befestigungsprofile orientieren kann. Es besteht jedoch die Möglichkeit einen Sprung im Deckenraster durch die zusätzliche Anbringung von Verlängerungsprofilen zu überwinden. Auf diese Weise werden auch Minienvironments mit unregelmäßigen Formen in der Grundrissprojektion an Rasterdecken befestigt.

Aufnahme von Befestigungselementen an der Decke

Für ein von der Decke abgehängtes Minienvironment muss das Deckenraster die Möglichkeit bieten, in einer Nut Befestigungselemente aufzunehmen. Auf diese Weise wird zusätzliches Bohren (das zu einer Verunreinigung des Reinraums führt) vermieden. Es müssen dann lediglich die Abdeckprofile abgenommen und außerhalb des Reinraums gekürzt werden. Auch diese Anforderung wird von den Standard - Deckensystemen erfüllt.

Dichtheit der Decke

Grundvoraussetzung für die Funktionalität der Minienviroment - Technologie ist die Reinheit der Luft, die aus der Decke zur Verfügung gestellt wird. Es muss in jedem Fall die partikuläre Dichtheit der Decke gewährleistet sein, damit keine Partikel aus dem Deckenbereich in das Minienviroment gelangen.

Ebenheit der Decke

Muss das Minienviroment gegen die Decke abgedichtet werden, ist es von Vorteil, wenn die Rasterdecke absolut eben ist. In diesem Fall kann mit flexiblen Dichtlippen gearbeitet werden, die dann einfach auf voller Länge anliegen und den Spalt abdichten. Problematisch wird dies, wenn bereits ein minimaler Versatz von 1mm oder kleiner vorhanden ist. Dies bewirkt, dass bei einem geringen Unterdruck im Minienviroment gegenüber der Umgebung Luft von Außen angesaugt wird. In einem solchen Fall können Maßnahmen zur Verbesserung der Ebenheit, wie z. B. das Einebnen mit Hilfe von Dichtmassen, ergriffen werden. Damit kann eine wirkungsvolle Abdichtung erreicht werden.

Vermeidung der Induktion von Umgebungsluft

Die Reinraumdecke ist üblicherweise in Rastern von (n) x 300 oder 600 mm ausgeführt. Für die in den Reinraum zu integrierenden Fertigungsgeräte gibt es jedoch keinerlei Richtlinien oder Normen zu Rastergrößen des Grundrisses. Somit harmoniert der Grundriss eines Fertigungsgeräts selten mit dem Deckenraster eines Reinraums. Ist die Rasterdecke nur teilweise mit Filtern belegt kann die Situation auftreten, dass die Grundfläche des Fertigungsgeräts größer ist als der mit Filtern belegte Deckenanteil. Ist in einem solchen Fall geplant, dass das Minienviroment entsprechend den Grundmaßen des Fertigungsgeräts und ggf. noch zusätzlichen Handhabungsflächen von der Decke abgehängt wird, liegt die Abgrenzung des Minienviroments außerhalb der mit Filtern belegten Reinraumdecke. Wird das Minienviroment auf diese Weise montiert und in Betrieb genommen, herrscht im Innern des Minienviroments eine von der Decke senkrechte Luftströmung in Richtung Fertigungsgerät. Dabei entsteht durch die Strömung innerhalb der Einhausung ein minimaler Unterdruck. Dieser saugt durch die offenen Spalte der Einhausung Luft schlechterer Reinheitsklasse von außen in das Minienviroment ein. Bei Minienviroments die über der Anlage montiert sind baut sich durch die Luftströmung ein Staudruck auf, der ausreicht um die Luft auch durch die Spalte an der Decke nach außen strömen zu lassen. Eine Abdichtung des Deckenspaltes ist meist nicht notwendig.

Ebenes Abschlussprofil zur Decke hin

Für den Fall, dass der Deckenspalt abgedichtet werden muss, muss das Minienviroment mit einem ebenen Profil (vorzugsweise mit einer Nut) zur Decke hin abschließen. Hier kann dann leicht ein Abdichtprofil angebracht werden.

Überlappung der Filterfläche

Um die Induktion von Umgebungsluft zu vermeiden, sollte bei einem über die Decke mit Luft versorgten Minienvironment darauf geachtet werden, dass die Filterfläche die Umriss des Minienvironments überlappt. Es entsteht dann außen an der Wandung eine Strömung mit reiner Luft. Dabei stellen sich die gleichen Druckverhältnisse wie im Innern des Minienvironments ein. Somit ist es nicht möglich, schlechtere Umgebungsluft anzusaugen. Bei Anlagen, die schon längere Zeit ohne Minienvironment in Betrieb sind, wurde bei der Aufstellung meist nicht darauf geachtet wie das Equipment zur Filterfläche in der Decke angeordnet ist. Da die Umriss der Anlagen meist die Form des Minienvironments angeben, kann es erforderlich sein, dass die Anlagen leicht versetzt werden müssen damit die Wände des Minienvironments innerhalb der Filterfläche liegen. Somit könnte das Problem der Abdichtung vermieden werden. Allerdings ist dies nicht in jedem Fall möglich, da die Verlegung einer Vielzahl fest installierter Versorgungsleitungen bzw. das Umsetzen der Anlagen wegen seiner Größe kostenintensiver ist als die Anpassung des Minienvironments.

Mechanische Festigkeit der Deckenanbindung

Eine an der Decke aufgehängte Einhausung erhält ihre Stabilität durch die Verbindung mit dem Deckenraster. Es muss deshalb eine feste mechanische Verbindung zur Decke bestehen.

Höhenverstellung

Das Minienvironment muss an den Aufhängungen eine Höhenverstellung haben, damit es an der Decke Abschnittsweise vormontiert und danach feinjustiert werden kann. Auf diese Weise kann die Einhausung spannungsfrei aufgehängt werden. Die Deckenhalter sollten mit einem Gewinde versehen sein, damit die Einhausung in der Höhe verstellt werden kann.

Filterwechsel

Ein Filterwechsel in der Reinraumdecke muss auch bei angehängtem Minienvironment möglich sein.

7.5 Gestaltung der Verbindung zwischen Minienvironment und Handlungstation

Vermeidung der Induktion schlechter Umgebungsluft

Ebenso wie bei der Deckenanbindung besteht auch hier die Problematik der Induktion von schlechter Umgebungsluft, besonders bei vorgebauten Minienvironments. Es muss also auch in diesem Fall eine Möglichkeit der Abdichtung des Spalts zwischen Equipment und Minienvironment gegeben sein.

Luftführung im Minienvironment

Für die Abströmung der Luft muss eine ausreichend große freie Fläche gegeben sein. Nur wenn die Einhausung die notwendige Transparenz im unteren Bereich aufweist, kann der Produktionsprozess mit reiner Luft umströmt werden. Wenn die Luft nicht abströmen kann,

staut sich die Strömung auf und geht den Weg des geringsten Widerstands, meist durch den Deckenspalt nach Außen. Die Prozessebene wird somit vom Luftstrom nicht erreicht. Der zur Abströmung erforderliche Querschnitt lässt sich überschlägig durch die Kontinuitätsgleichung ermitteln.

Abschottung gegen Strömung der Anlage

Anlagen, in denen der Verarbeitungsprozess intern abläuft, haben oft eine eigene Luftversorgung und – aufbereitung. Diese interne Luftströmung kann beim Öffnen der Eingabeöffnung oder sogar im geschlossenen Zustand die Strömung im Minienvironment beeinflussen. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden, die bei der Planung der Einhausung berücksichtigt werden müssen:

1. Besteht in der Anlage ein Unterdruck, so muss gewährleistet sein, dass das Minienvironment den Eingabebereich von der Umgebung abschottet, so dass keine Luft schlechterer Qualität angesaugt wird. Diese Situation kann entstehen, wenn ein vorgebautes Minienvironment nicht begehbar ist und somit aufgrund der notwendigen Handhabung am Equipment eine geringe Bautiefe hat. Dabei tritt oft der Fall auf, dass die Eingabeöffnung im Minienvironment sehr groß ist.
2. Bei einem Überdruck in der Anlage kann die ausströmende Luft die Strömung im Minienvironment stören und zu Verwirbelungen führen. In solchen turbulent durchströmten Gebieten können sich dann Partikel ansammeln, die längere Zeit nicht abgetragen werden.

Ungehinderte Wartungszugänge

An Halbleiterfertigungsgeräten müssen in bestimmten Zeitabständen Wartungen durchgeführt werden. Daher ergeben sich an diese Schnittstelle die folgenden Anforderungen:

1. Das Minienvironment darf den Servicetechniker bei der Wartung nicht behindern.
2. Schließt das Minienvironment die Wartungszugänge am Equipment ein, so müssen entsprechende Öffnungen geschaffen werden durch die die Wartung durchgeführt werden kann.
3. Die Öffnungen müssen der Häufigkeit des Zugriffs entsprechend gestaltet sein.
4. Für eine tägliche Wartung sollte eine Klappe oder Einhängescheibe vorgesehen werden, die leicht zu bedienen ist.
5. Für eine jährliche Wartung genügt es jedoch, Teile der Einhausung demontieren zu können.

Mechanische Verbindungen

Zur Vermeidung von Schwingungs- und Geräuschübertragungen darf zwischen Equipment und Minienviroment keine feste Verbindung bestehen. Die Stabilität der Einhausung wird über die Verbindung zum Boden oder alternativ zur Reinraumdecke erzielt. Falls eine Verbindung aus Stabilitätsgründen dennoch erforderlich wäre, so ist sie über Schwingungsdämpfer zu realisieren.

7.6 Gestaltung der Filter – Fan – Unit

Wird das Minienviroment mit zusätzlicher Luft durchströmt (außer der Reinraumluft aus der Decke) spricht man von einem aktiven Minienviroment. Dabei wird direkt auf die Einhausung ein Filter – Fan – Unit aufgesetzt. Diese bietet den Vorteil, dass die Luftzufuhr individuell auf die Durchströmung der Anlage eingestellt werden kann. Außerdem erfolgt dadurch die Aufstellung der Anlage unabhängig von der Filterbelegung der Reinraumdecke. Werden innerhalb eines Reinraums alle Prozessanlagen mit einem aktiven Minienviroment versehen, so muss jedoch der erhöhten Wärmezufuhr durch die Lüfter in der Filter – Fan – Unit durch eine stärkere Klimatisierung des gesamten Reinraums begegnet werden. Die Anforderung über den Einsatz Prozessanlage mit einer Filter – Fan – Unit wird durch den Halbleiterhersteller erhoben, jedoch wird diese Einheit üblicherweise mit der Anlage geliefert. Dabei können standardisierte Filter – Fan – Units zum Einsatz kommen oder individuell an die Kontur der Anlage angepasst. Dies bleibt üblicherweise dem Hersteller der Prozessanlage überlassen. Der Aufbau einer Filter – Fan – Unit ist jedoch immer gleich nach folgender Abbildung und Beschreibung:

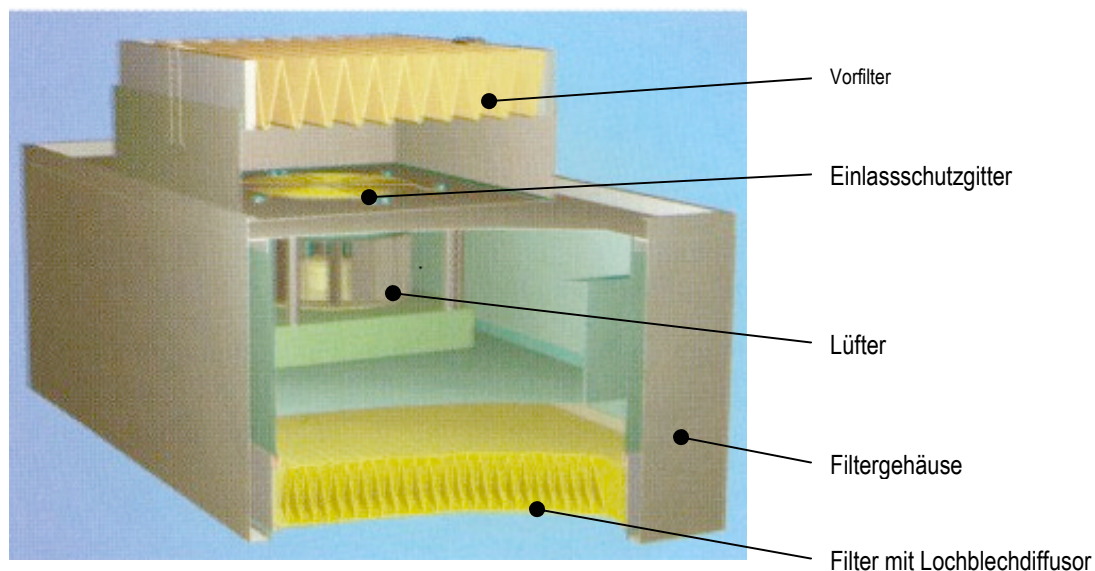


Bild 24: Aufbau einer Filter-Fan-Unit

Dichte Verbindung zwischen Einhausung und FFU

Die Anbindung der FFU an das Minienvironment muss luft – bzw. partikeldicht ausgeführt sein. Durch die schnell aus der FFU austretende Luft kann es an bestimmten Stellen zu einer Unterdruckbildung kommen, wodurch auch hier durch Undichtigkeiten schlechte Umgebungsluft angesaugt werden kann. Dies lässt sich verhindern, wenn die FFU mit einem Dichtprofil aus Kunststoff auf die Einhausung aufgesetzt wird. Die Dichtheit wird in den meisten Fällen bereits durch das Eigengewicht der FFU erreicht. Bei starker Unterdruckbildung muss unter Umständen die FFU mechanisch fest mit der Einhausung verbunden werden.

Adaption an verschiedene Minienviromentgeometrien

Da sich Größe und Geometrie des Minienviroments nach dem Handhabungsablauf in der Anlage richten, stimmt die Größe der FFU nicht immer mit den Abmessungen der Einhausung überein. In diesem Fall muss eine konstruktive Lösung erarbeitet werden, wie eine kleinere FFU an die Abmessungen des größeren Minienviroments adaptiert werden kann. Dies kann in Form eines Deckenrasters realisiert werden. Das Deckenraster bringt dabei zusätzliche Stabilität für die Einhausung. In diesem Fall wäre jedoch eine Vielzahl von Kanten abzudichten, da die Füllungen durch das Raster unterbrochen werden. Eine Alternative hierzu ist, eine Platte mit einer Aussparung für die FFU einzusetzen. Die erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen würden sich dann auf wenige Kanten reduzieren. Der Nachteil dabei ist der große Verschnittanteil.

Schwingungsdämpfung

Die Anbindung der FFU darf nicht starr sein, da sich dann Schwingungen der FFU an das Minienviroment übertragen können. In diesem Fall genügt es ebenfalls, zwischen FFU und Wandung eine elastische Dichtung einzusetzen. Bei der Auswahl dürfen nur reinraumgerechte Materialien berücksichtigt werden.

Vollflächige Verteilung der Luft

Die Luftströmung soll den gesamten Querschnitt des Minienviroments abdecken. Bei einer FFU die kleiner ist als das Minienviroment muss zu diesem Zweck eine Art Druckplenum aufgebaut werden. Die Luft strömt in dieses Plenum und durch ein darunter angeordnetes Lochblech oder einen Laminarisor in das Minienviroment ab. Im Plenum baut sich durch das Flächenverhältnis zwischen FFU und freiem Lochblechquerschnitt ein Überdruck auf, wodurch sich die Luft auf die gesamte Ausströmfläche verteilt.

Ungehinderter Luftaustritt

Die Luft muss ungehindert aus dem Filter bzw. aus dem Plenum in das Minienviroment ausströmen können. Streben und Profile die im Luftstrom liegen erzeugen Turbulenzen. Die Verstrebungen zur Stabilisierung werden deshalb auf der Oberseite des Plenums und nicht auf der Luftaustrittseite eingebaut.

Einbau eines Lochblechs oder Laminarisators

Zur Verbesserung der laminaren Luftströmung muss die Möglichkeit bestehen unter der FFU ein Lochblech oder einen Laminarisor einbauen zu können. Eine Nut im oberen Abschlussprofil auf dem die FFU aufliegt ermöglicht eine einfache Montage eines solchen Strömungsgleichrichters.

Einfacher Filterwechsel

Der Schwebstofffilter an der FFU sollte ohne größeren Montageaufwand gewechselt werden

können. Da es sich bei Minienvirments meist um sehr kleine FFU's handelt empfiehlt es sich, die FFU's von der Einhausung abzuheben und den Filter auf diese Weise zu wechseln.

Ausreichende Tragfähigkeit der Einhausung

Die Tragfähigkeit der Einhausung muss groß genug sein, so dass eine FFU aufgesetzt werden kann. Das Gewicht einer FFU kann je nach Größe bis zu 40 kg betragen (Beispiel 1200 x 600 mm). Diese Stabilität wird durch stärkere Stützen und durch zusätzliche Verstreben erreicht.

8 Abgeleitete Gestaltungsrichtlinien

Alle kritischen Betrachtungen führen zu verschiedenen Maßnahmen bei der Gestaltung der Handlingstation durch die Fa. ACR. Diese Maßnahmen und Vorgaben werden hier nun bezogen auf das Verbundprojekt kurz zusammengefasst:

- Das Gestell wird aus vierkant – Edelstahlrohren geschweißt.
- Pulverbeschichtet mit ableitendem Lack auf Epoxy – Basis.
- Gestell wird zur Aufnahme von Filter – Fan – Units vorbereitet.
- Für die Luftführung aus der Reinraumdecke wird das Gestell durchgehend von oben nach unten offen gelassen.
- Der Grundriss der Handlingstation wird rechteckig ausgeführt, um eine ideale Anbindung an die Belegung der Filterdecke zu erleichtern.
- Alle Antriebseinheiten werden unterhalb der Produktebene platziert.
- Alle Antriebseinheiten werden mit Blechgehäusen ummantelt.
- Alle Teile der Greifer, welche mit dem Wafer in Berührung kommen, werden aus PEEK gefertigt.
- Die Füllungen weisen einen umlaufenden Spalt von 3 – 4cm zum Gestell auf.
- Ein horizontales Lochblech trennt den Produktraum und den Roboterbereich.
- Das Lochblech weist eine Lochung von 5mm und ein Raster von 8mm auf.
- Das Lochblech wird aus Edelstahl 1.4301 gefertigt und elektropliert.
- Befestigungsplatten für Roboter und Identifikation werden aus Aluminium gefertigt und eloxiert.
- Normteile wie Schrauben, Scheiben und ähnliches werden ausschließlich aus Edelstahl eingesetzt.
- Das Gestell wird auf Maschinenfüße gesetzt und weist einen Abstand zum Boden von ungefähr 60cm zur optimalen Durchströmung auf.