



# Luftleitungssystem für reine Bereiche



Forum CleanRooms Europe 2005,  
Stuttgart 28.6.2005



# Lindab

Skandinavischer Konzern mit Hauptproduktionsstätten in Schweden, Dänemark und Tschechien.

2 Geschäftsbereiche:



Ventilation



Profil

Führender Anbieter von Luftleitungs-  
komponenten für raumluftechnische Anlagen.





# Lindab weltweit

4000 Mitarbeiter

Schwerpunkt Europa, Asien und Nord  
Amerika

Tochtergesellschaften in 17 Länder

Produktionsstätten in 11 Länder

Seit 1979 in Deutschland durch eigene  
Niederlassungen vertreten

10 Niederlassungen in Deutschland, zum  
Teil mit Service bzw. Sonderteileproduktion

über 270 Mitarbeiter in Deutschland





# Lindab - Ventilation

überall dabei –  
vom Freizeitbereich über Büros  
bis hin zu industriellen Anwendungen



Tropical Islands



Bürohaus



Kühlhaus



Getränkeindustrie

# **Was qualifiziert ein Luftleitungssystem für die Anwendung in „reinen Bereichen“?**

**Zuerst eine Erläuterung der Aufgaben von raumlufotechnischen Anlagen unter Reinheits- bzw. Hygienegesichtspunkten.**

# Wo finden sich „reine Bereiche“?

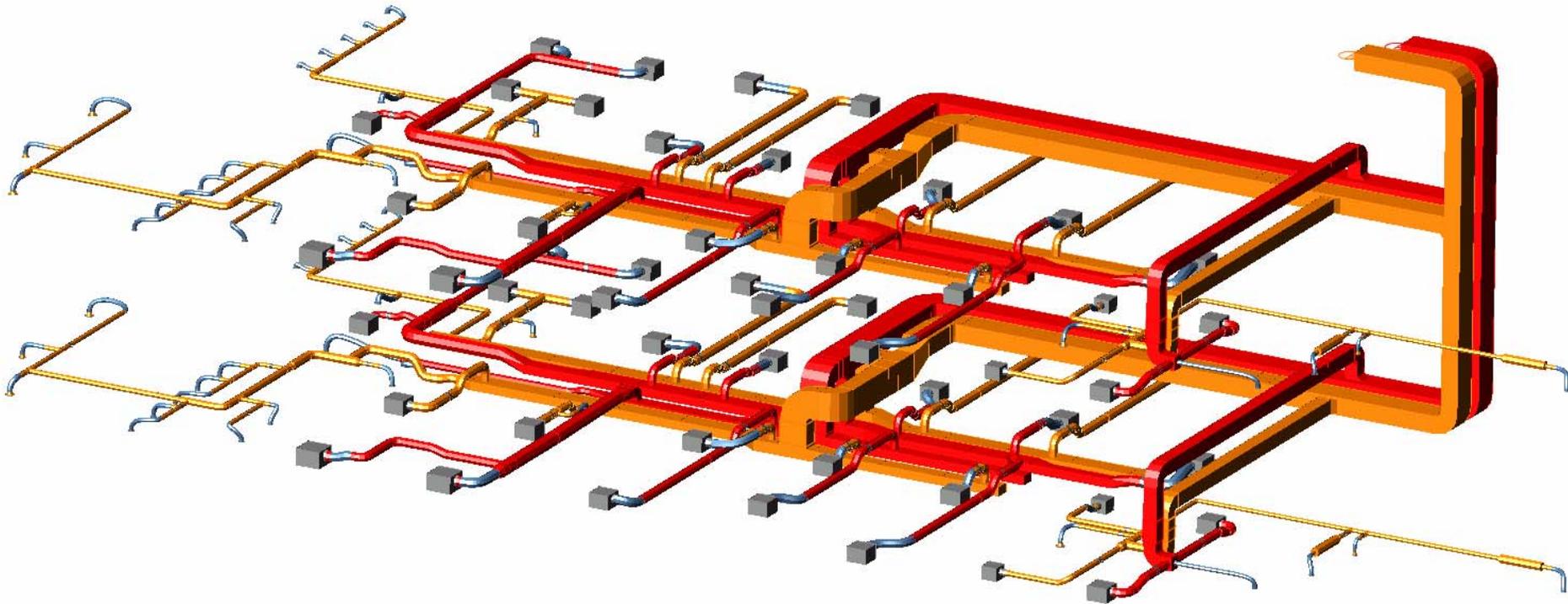
## „Klassische“ Reine Bereiche

- **Medizin und Medizintechnik**
- **Pharmazie**
- **Biotechnologie**

## Technologiebereiche

- **Lebensmitteltechnik**
- **Mikroelektronik**
- **Mikrosystemtechnik**
- **Oberflächentechnik**
- **Optik**

# Raumlufotechnische Anlagen



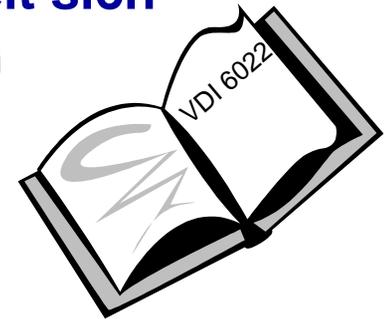
*„haben die Aufgabe, in Ergänzung zu den sonstigen klimatechnischen Anlagen ein physiologisch günstiges Raumklima und eine hygienische Qualität der Innenraumluft zu schaffen.“*

# Raumluftechnische Anlagen



*„sollen Lasten (Stoffe, Gerüche, Feuchte, Wärme) abführen und helfen, die anwesenden Personen gegen die Einwirkungen von gesundheitlich nachteiligen und belästigenden Stoffen und Einflüssen zu schützen.“*

**So weit aus VDI 6022, Blatt1 zitiert, deren Gültigkeit sich auf alle Räume oder Aufenthaltsbereiche in denen sich bestimmungsgemäß Personen mehr als 30 Tage pro Jahr oder regelmäßig länger als 2 Stunden je Tag aufhalten erstreckt!**



Die VDI 6022, Blatt 1 „Hygiene-Anforderungen an raumluftechnische Anlagen“ stellt also den **Personenschutz** in den Vordergrund.

# Raumlufotechnische Anlagen

*„können auch dazu dienen, produktionsbedingte Anforderungen an das thermische Umfeld und an die Luftqualität sicherzustellen.“*

Diese Aussage findet sich unter allgemeine Anforderungen in der VDI 6022, Blatt 3 „Hygiene-Anforderungen an raumlufotechnische Anlagen in Gewerbe und Produktionsbetrieben“ und weist auf eventuelle **produktionsspezifische und technologische Anforderungen** hin.



**Zusammenfassend ausgedrückt, soll die Lüftungstechnik in „reinen Bereichen“ Menschen und/oder Fertigungsprozesse sowie die hergestellten Produkte vor Verunreinigungen schützen und freigesetzte Stoffe und Partikel unmittelbar abführen.**

**VDI 6022-konforme raumluftechnische Komponenten können also als Voraussetzung für den Einsatz in „reinen Bereichen“ angesehen werden!**



**Luftleitungen tragen damit dazu bei, die z.B. in der VDI 2083 -Reinraumtechnik für Reinraumanwendungen definierten Lüftungstechnische Anforderungen und Luftkeim-Richtwerte zu realisieren!**

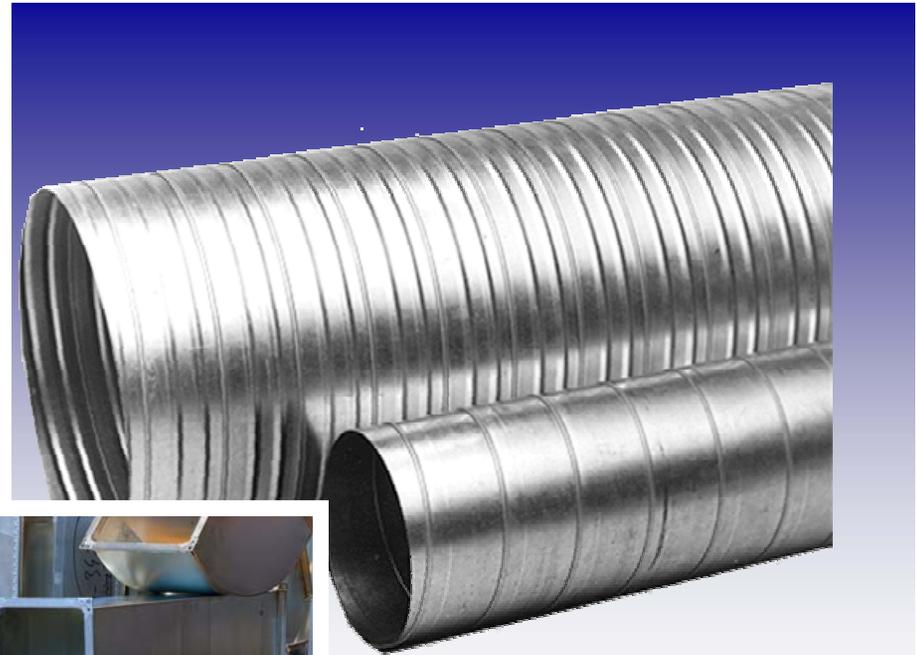
Für die jeweiligen Aufgaben von Klima- und Lüftungsanlagen in „reinen Bereichen“ existieren weitere Normen und branchenspezifische Richtlinien bzw. Firmenspezifikationen wie z.B.:

**GMP, HACCP, VDI 2167, DIN 1946-4, DIN EN ISO 14644, ...**

Diese Richtlinien gehen auf die anwendungsspezifischen Anforderungen zwar wesentlich genauer ein wie die VDI 6022, legen jedoch ebenfalls, mit Ausnahme von firmeninternen Spezifikationen, meist auch keine exakte BauteilAusführung fest.

**Luftleitungen sind die Lüftungstechnischen Bauteilen mit der größten luftberührenden Oberfläche - und trotzdem in vielen Punkten nicht definiert!**

# In wieweit eignen sich verzinkte Luftleitungssysteme für die verschiedenen Einsatz- bzw. Technologiebereiche?



# Eignung verzinkter Luftleitungen für reine Bereiche

Prozessluft

Klima-/Lüftung

Zuluft

Abluft

Zuluft

Abluft

konditioniert

Schadstoff belastet  
z.B.  
Oberflächen-  
technik

extrem  
Schadstoff  
belastet,  
z.B. Chipfabrik

konditioniert

unbelastet  
z.B.  
Feinwerktechnik,  
Krankenhäuser

gering  
belastet,  
z.B.  
Pharmazie



ja



stark  
eingeschränkt



nein



ja



ja



meistens  
ja

# Welche Eignungs-Merkmale sind bei der Verwendung verzinkter Luftleitungen zu beachten?

## Normen:

- Runde Luftleitungen, mind. Dichtheitsklasse C und druckstabil nach DIN EN 12237
- Runde Formstücke, DIN EN 1506
- Eckige Luftleitungen, DIN 24190, mind. Dichtheitsklasse C
- Eckige Formstücke, DIN 24191
- Erfüllung der (konstruktiven und mikrobiologischen) Kriterien nach VDI 6022

## Einsatzgrenzen (nicht normiert):

- Beständigkeit der eingesetzten Materialien

- Chemikalien



- Temperatur



- einschränkend: Kondensatdichtigkeit



**Die vorgenannten Kriterien sind für den jeweiligen Einsatzfall immer zu prüfen! Hier einige realisierte Anwendungen :**

Halbleiterfertigung

- Supply Air
- teilw. Solvent Exhaust

Solarzellenproduktion

- Zu- und Abluft

Beschichtungstechnik

- Zuluft

Krankenhäusern

- Zu- und Abluft

Impfstoffproduktion und Tierlabors

- Zu- und Abluft, teilw. wird das Zuluftsystem zur Raumdesinfektion genutzt!

Lebensmitteltechnik und Kühltechnik

- Zu- und Abluft, Einsatzfälle ohne Produktberührung

Feinmeßlabors

- Zu- und Abluft



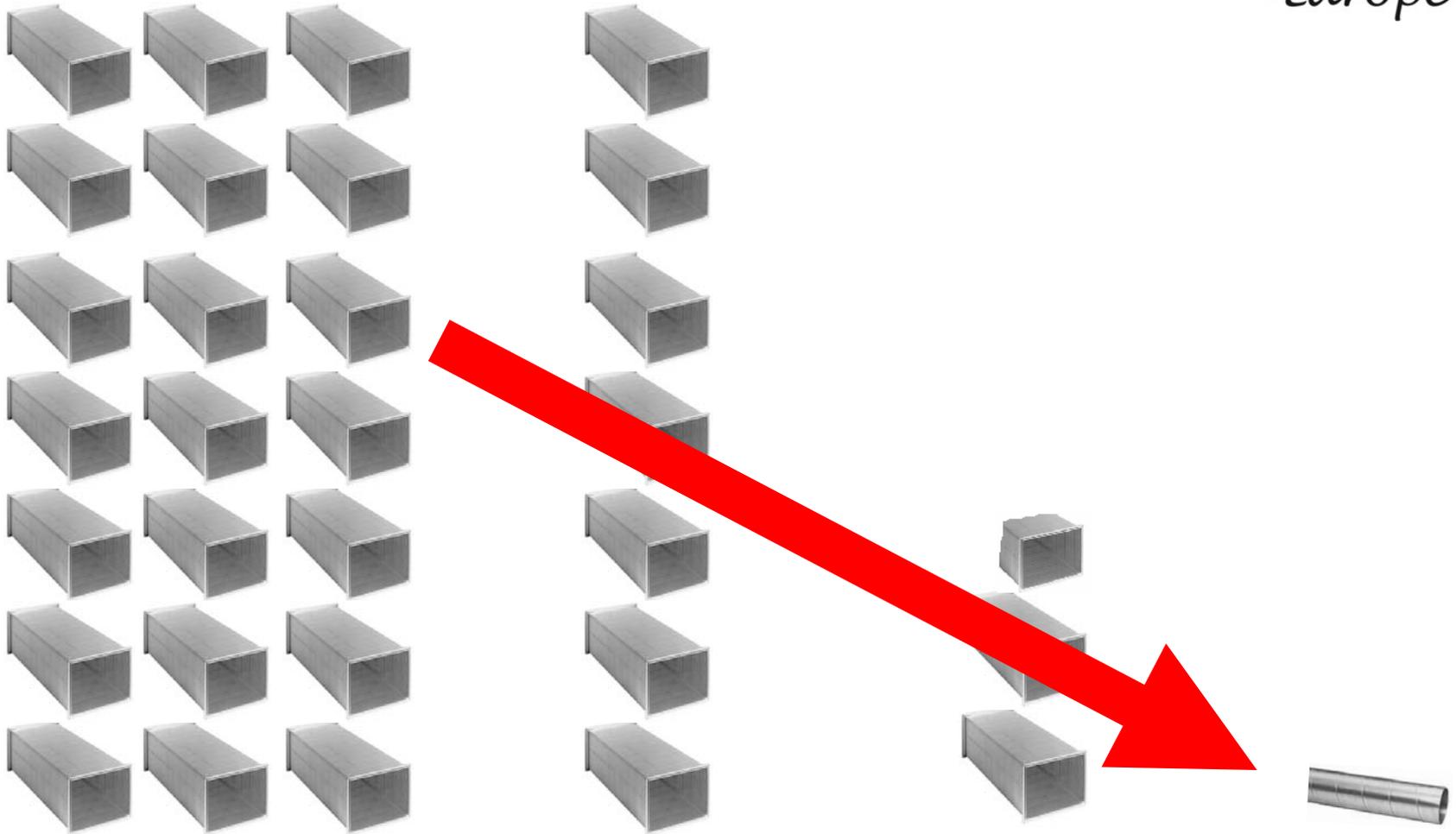
## **Nicht immer die ist einfachste Ausführung nach Norm ausreichend!**

Die DIN EN 12237 gibt für die Luftdichtigkeit 4 Dichtheitsklassen an, deren Auswahl jedoch weitestgehend dem Planer bzw. ausführenden Unternehmen überlassen bleibt!

Die nach Norm definierte Leckluftmenge kann bei den Dichtheitsklassen A und B noch in einer Größenordnung auftreten, die nicht nur einen spürbar höheren Energieverbrauch mit sich bringt, sondern auch unkontrollierte Überströmungen verursacht.

**Immense Leckluftmengen können wie folgende Grafik zeigt, sozusagen im Gebäude „vagabundieren“!**

# Stündliches Leckluftvolumen bei Dichtheitsklassen nach DIN EN 12237



Dichtheitsklasse A  
21,1 x Bauteilvolumen  
**15.832 I/h**

Dichtheitsklasse B  
7 x Bauteilvolumen  
**5.277 I/h**

Dichtheitsklasse C  
2,3 x Bauteilvolumen  
**1.759 I/h**

Dichtheitsklasse D  
0,78 x Bauteilvolumen  
**586 I/h**

Beispiel: Bauteilvolumen 750 l, Bauteiloberfläche 4,5 m², 250 Pa



*Folgerichtig wird z.B. in der VDI 2167 „Technische Gebäudeausrüstung von Krankenhäusern“ gefordert Zu- und Abluftleitungen mindestens mit Dichtheitsklasse C nach DIN EN 12237 bzw. DIN EN 13779 auszuführen.*

*Luftleitungen in Deckenhohlräumen hygienerelevanter Räume bzw. vor endständigen Schwebstofffiltern sogar mit Dichtheitsklasse D!*



**Leckagen vor endständigen Filtern können zur Freisetzung von (verunreinigter) Luft führen, die durch Überströmen (aus ungereinigten Bereichen) die Wirkung endständiger Filter reduzieren kann!**

**Dichtheitsklasse D nach DIN EN 12237 sollte daher Standard sein für alle Luftleitungen in „reinen Bereichen“!**



## **Dichtheitstest werden in immer mehr Normen gefordert**

Mit Einführung der neuen DIN EN 13779 werden Abnahmeprüfungen und damit auch Dichtheitstest alleine schon aus vertragsrechtlichen Gründen mehr Bedeutung erlangen.

Der Gesichtspunkt der Vermeidung unkontrollierter Aus- und Überströmungen wird jedoch aus technologischer/hygienischer Sicht ausschlaggebend sein, ausreichend luftdichte Leitungssysteme einzusetzen!

**Nach dem heutigen Stand der Technik ist mit qualitätsgesicherten gefalzten (es muss nicht geschweißt sein!) runden Luftleitungen die Dichtheitsklasse D nach DIN EN 12237 erreichbar –**

**sorgfältige Montage vorausgesetzt auch mit eckigen Luftleitungen!**

## Verzinkte Luftleitungssysteme weisen verschiedene Materialien auf, deren Eignung nach VDI 6022 überprüft werden sollte:

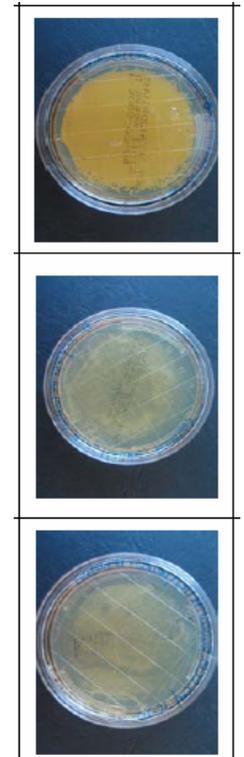
- **Verzinktes Stahlblech**
- **Elastische Dichtstoffe**
- **Dichtungen**
- **Zinkausbesserungsfarben**
- **Kunststoffteile**
- **Befestigungsteile**
- **Schalldämmende Materialien**



Dichtstoffproben

## Zu prüfende Werkstoffeigenschaften nach VDI 6022 :

- Emission von Stoffen
- Kein Nährboden für Mikroorganismen
- Abriebfeste Oberflächen
- Reinigbarkeit
- Beständig gegen Chemikalien (Reinigungsmittel)
- möglichst desinfizierbar



Mikrobiologische  
Materialuntersuchung

## Eine VDI 6022-konforme Bauteilbereitstellung geht aber noch weiter!

**Der Auslieferungszustand und die weitere Lagerung der Bauteile auf der Baustelle sind ein wichtiger Punkt!**



## Die VDI 6022 definiert unter Hinweis auf die DIN EN 12097 Anforderungsstufen für Luftleitungen

Stufe	Verpackung ab Werk	Schutz während des Transportes	Schutz bei Lagerung auf Baustellen	Reinigung auf Baustelle	Verschließen der Luftleitungsöffnungen auf Baustelle
Grundstufe	nein	nein	nein	nein	nur Steigeschächte
Mittlere Stufe	nein	nein	ja	ja	ja
Höhere Stufe	ja	ja	ja	ja	ja

Die Mittlere Stufe entspricht den Mindest-Hygiene-Forderungen nach VDI 6022. Das heißt, die Reinigung auf der Baustelle ist obligatorisch!

Die höhere Stufe wird bereits sehr häufig für Projekte insbesondere im Krankenhausbereich realisiert, erfordert aber auch noch eine Reinigung auf der Baustelle.

## Ölrückstände

Ölrückstände sind fertigungsbedingt und nur durch (Naß-)Reinigung mit einem öllösenden Mittel zu entfernen.

Ölrückstände sind der beste Haftgrund für Staub und erschweren eine nachträgliche mechanische Reinigung z.B. im Rahmen von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen.

Fachfirmen aus dem Wartungs- und Instandhaltungsbereich fordern daher nur noch entölte/entfette Luftleitungen zu verbauen – auch für normale Klima-/Lüftungsanwendungen!

Ölmenge fabrikneuer, ungereinigter Bauteile : ca. 80 - 250 mg/m<sup>2</sup>

Restölmengen < 10 mg/m<sup>2</sup> werden als Zielgröße für die meisten Reinigungsprozesse in der Industrie angesehen.

**Bei Baumaßnahmen in der Halbleiterfertigung hat sich bereits seit Jahren die Höhere Stufe nach VDI 6022 bewährt, wobei jedoch die Reinigung schon werksseitig vorgenommen wird!**

**Ausschlaggebend dafür sind:**

- höhere Qualitätsansprüche
- Kostengründe
- der vielfach mangelnde Reinigungserfolg bauseitiger Reinigung (produktionstechnisch verölte Luftleitungen können nur mit öllösenden Mitteln naß gereinigt werden)
- Termin- bzw. Montageablaufgründe
- eingeschränkte Zugänglichkeit bzw. Behinderung durch andere Gewerke
- Verhinderung von Filterverschmutzung bei der Inbetriebnahme (fachgerechte, VDI 6022-konforme Montage vorausgesetzt)
- Risikominimierung

Diese Erkenntnisse haben dazu geführt, ein verzinktes Luftleitungssystem zu definieren, welches mit werkseitiger Vorreinigung die

- **Höhere Stufe nach VDI 6022**
- sowie weitere
- **Anforderungen nach VDI 2083**
- erfüllt.

**Mit der Definition eines solchen Produkt- und Qualitätsstandards ist jedoch meist der Komponentenhersteller mangels spezifischer werkstoffbezogener und insbesondere auch reinraumtechnischer sowie mikrobiologischer Kenntnisse überfordert.**

**Letztendlich verschaffen nur qualifizierte Untersuchungen die notwendigen Erkenntnisse und Produktsicherheit für den Anwendungsfall.**

Um die Vorteile eines solchen Luftleitungssystems auch in anderen „reinen Bereichen“ der Industrie nutzen zu können, waren umfangreiche Untersuchungen und Tests notwendig.



Reinigbarkeitsuntersuchung mit dem Meßgerät ParticleGuard beim Fraunhofer IPA

**Hierzu bot es sich an, diese über eine kompetente Stelle zu veranlassen, die sowohl die hygienischen Belange wie auch die reinraumtechnischen Anforderungen zu beurteilen vermag.**

Mit der Durchführung der Untersuchungen wurde das **Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart** beauftragt.

Abgeschlossen wurden die Untersuchungen mit der Verleihung des IPA-Prüfsiegels:



Im Einzelnen wurde folgende Untersuchungen an den Werkstoffen durchgeführt:

- **Grundsätzliche Korrosionsbeständigkeitsprüfung**

(in Anlehnung an DIN 50021)

- **Reinigbarkeitsuntersuchung**

(Oberflächenreinheitsklassen nach VDI 2083 Blatt 4 und Einstufung nach VDI 6022))

- **Mikrobiologisches Materialverhalten**

(DIN EN ISO 846, mikrobielle Verstoffwechselbarkeit )

- **Ausgasungstests** (Gaschromatographie in Verbindung mit Massenspektroskopie)

- **Chem. Beständigkeit gegen Reinigungs- und Desinfektionsmittel** (in Anlehnung an DIN 53168)

Die Bauteile selbst wurden im Anlieferzustand untersucht auf:

- **Staubdichte** (Saugverfahren)
- **Partikuläre Oberflächenbelastung**  
(Streiflichtverfahren/ParticleGuard)
- **Ölrückstände** (optische Schichtdickenmessung)
- **Emissionen luftgetragener Partikel von Schalldämpfer** (Laserpartikelmessung nach dem Streulichtprinzip)

Für die zertifizierten Bauteile wurden außerdem unter Bezug auf die gültigen lufttechnischen Bauteilnormen und unter Berücksichtigung der hygienischen Anforderungen Expertisen erstellt, in denen die Konformität bestätigt wird.

Die Untersuchungen haben wertvolle Produkt- und Materialkenntnisse erbracht, um

- die notwendige Sicherheit für die verschiedensten Anwendungen zu erlangen,

haben aber auch

- Ansatzpunkte für die weitere technologische Entwicklung zu geliefert.

**Zertifizierungen sind kein Muss nach VDI 6022 –  
aber eine probate Vorgehensweise um Qualität und  
Stand der Technik zu dokumentieren.**

Abschließend einige Ergebnisbeispiele aus den Fraunhofer-Untersuchungen zur Zertifizierung des

## Lindab *Clean* Luftleitungs-Systems



# Auszug aus der Dokumentation zur Partikulären Oberflächenbelastung

Produktname		Messtelle			
			a	b	c
Übergangsstück		0,5 bis 10 µm	18	15	34
		ORK	ORK1000	ORK1000	ORK1000
		10 bis 20 µm	0	0	0
		ORK	ORK1	ORK1	ORK1
		20 bis 30 µm	0	0	0
		ORK	ORK1	ORK1	ORK1
Etage		0,5 bis 10 µm	170	204	309
		ORK	ORK10000	ORK10000	ORK10000
		10 bis 20 µm	0	0	0
		ORK	ORK1	ORK1	ORK1
		20 bis 30 µm	0	0	0
		ORK	ORK1	ORK1	ORK1

Meßdatenauswertung durch Gegenüberstellung mit den  
Oberreinheitsklassen (ORK) nach VDI 2083 Blatt 4

# Chemische Beständigkeiten

z.B. Lindab Butyl (Dichtstoff)



## Lindab Butyl

Die Probe wurde gemäß Verarbeitungsvorschrift großflächig (20 x 20 cm) mit einer Schichtdicke von ca 5 mm auf ein Blech aufgetragen. Nach 5 Tagen Aushärtezeit wurden die Prüfchemikalien tropfenförmig (ca. 20 mm Durchmesser) auf die Oberfläche aufgebracht und mit einem Uhrglas luftdicht abgedeckt.

Reagenzien	Bewertung sofort	Bewertung nach 1 h Regeneration	Bewertung nach 24 h Regeneration
1 Reinstwasser	2	0	0
2 reines Isopropanol	0	0	0
3 HC42	5	2	0
4 MONIL®ER	3	0	0
5 Bacillol®AF	0	0	0

Ergebnis der Untersuchung der chemischen Beständigkeit der Lindab Butyl in tabellarischer Form. Bewertungsskala siehe Abbildung 71

# Auszug aus der Dokumentation zur **Staubdichtemessung** im Anlieferzustand mit dem Saugverfahren



R	Komponente	Produktname	Produkt	Gewicht vorher (g)	Gewicht nachher (g)	Differenz	Staubkonzentration [g/m <sup>2</sup> ]	mittlerer Standard (VDI 6022, Blatt 3)
R001	SR	Wickelfalzrohr		20,41	20,41	0,00	0	√

# Auszug aus der Expertisenzusammenfassung

	Komponente	Bild	Bewertung
R 001	Wickelfalzrohr <b>SR</b>		Die RLT-Komponente erfüllt die an die RLT-Komponenten für einen Einsatz in der reinen und hygienischen Produktion gestellten reinheits-technischen Anforderungen
R 002	Bogen gepresst <b>BU, BSU,</b>		Die RLT-Komponenten erfüllen die an die RLT-Komponenten für einen Einsatz in der reinen und hygienischen Produktion gestellten reinheits-technischen Anforderungen
R 003	Bogen Segment <b>BFU,</b> <b>BSFU</b>		Die RLT-Komponenten erfüllen die an die RLT-Komponenten für einen Einsatz in der reinen und hygienischen Produktion gestellten reinheits-technischen Anforderungen
R 004	Bogen; <b>BKCU, BBKCU</b>		Die RLT-Komponenten erfüllen die an die RLT-Komponenten für einen Einsatz in der reinen und hygienischen Produktion gestellten reinheits-technischen Anforderungen

# Ölrückstände

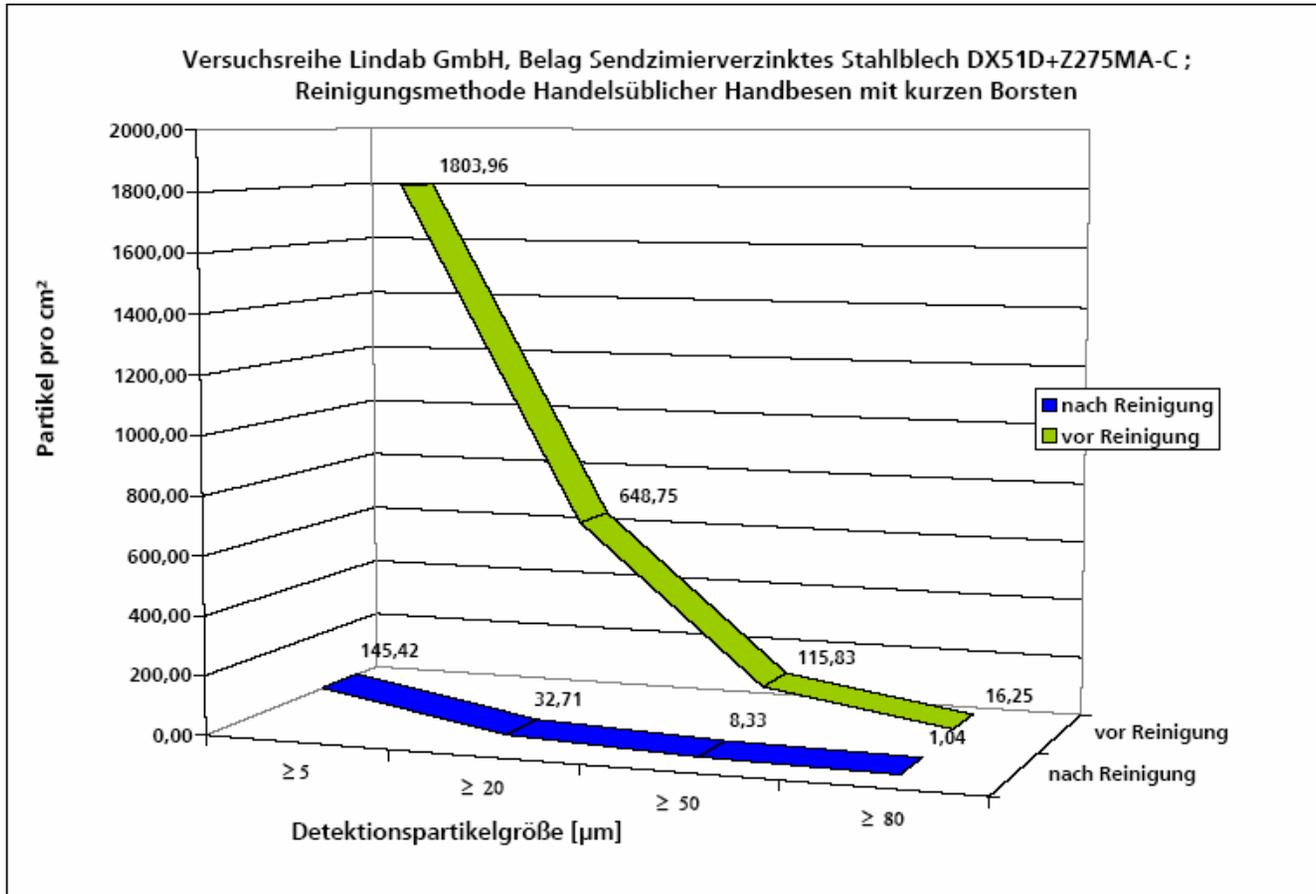


Wickelfalzrohr SR		
	Innenseite [mg/m <sup>2</sup> ]	Außenseite [mg/m <sup>2</sup> ]
Probe 1	47,1	25,0
Probe 2	85,3	0,0
<i>Probe clean</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>

Mittelwerte des Restölgehalts an der RLT-Komponente Wickelfalzrohr **SR**.

**Ölmenge gereinigter Rohre und Formstücke nach LindabClean-Standard unterhalb der Nachweisgrenze des eingesetzten Meßverfahrens!**

# Reinigbarkeitsuntersuchung



Graphische Darstellung des relativen Reinigungserfolgs der Oberfläche des sendzimiervverzinkten Stahlblechs DX51D+Z275MA-C mit einem handelsüblichen Handbesen mit kurzen Borsten.

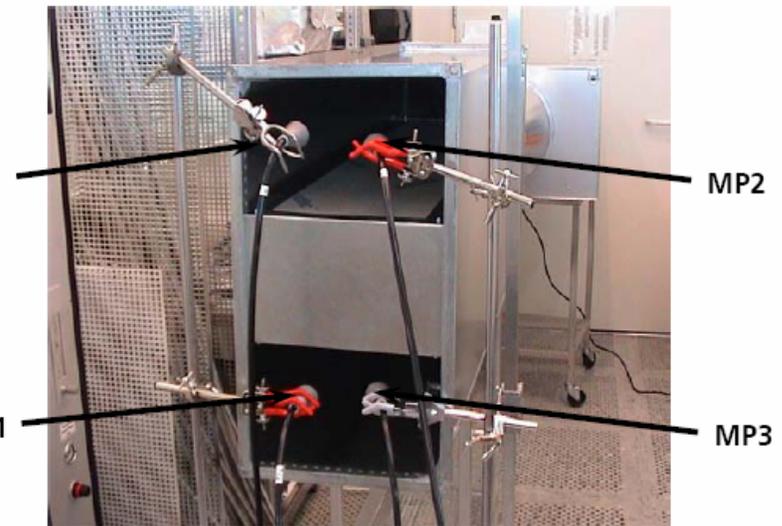
Partikuläre Kontaminationen lassen sich mit einem handelsüblichen Handbesen mit kurzen Borsten auf der Oberfläche des sendzimiervverzinkten Stahlblechs DX51D+Z275MA-C im Mittel um 93,32% reduzieren, was einer Verbesserung um eine (1) Oberflächenreinheitsklasse der VDI 2083 Blatt 4 entspricht. |

# Emissionsmessung luftgetragener Partikel an Schalldämpfern mit Lindtec®

Versuchsreihe Lindab Group - Schalldämpfer für reinlufttechnische Systeme ; "eckige" Bauform ; Betriebsstufe 5 ; Übersicht Messpunkte 1 bis 4

Statistische Kenngrößen		Messpunkt			
		1	2	3	4
Mittelwerte für die Detektionsgröße [Partikel / cft]	0,2 µm	31,9	82,2	34,3	51,1
	0,3 µm	28,1	70,8	26,8	44,6
	0,5 µm	18,6	38,4	15,1	27,6
	5 µm	0,6	0,6	0,2	0,6
Maximalwerte für die Detektionsgröße [Partikel/cft]	0,2 µm	121	486	222	249
	0,3 µm	110	388	197	215
	0,5 µm	91	196	120	127
	5 µm	6	3	3	4

Tabelle der Mittel- und Maximalwerte der Emissionsmessungen luftgetragener Partikel des Systems über den Zeitraum von 100 Minuten an den Messpunkten MP1 bis MP4



# Emissionsmessung luftgetragender Partikel an Schalldämpfern mit Lindtec®



33.000.000 Partikel/cbf in normaler Umgebungsluft

Emissionswert Lindab-Schalldämpfer:

**32 - 82 Partikel/cbf**

Die untersuchten Prüflinge, Schalldämpfer für reinlufttechnische Systeme in „runder“ und „eckiger“ Bauform, zeigen in Relation zu den Anforderungen für Kanalsysteme ein **sehr niedriges Partikelemissionsniveau.**

Da sich in der normalen Umgebungsluft statistisch etwa 33 Millionen Partikel pro cbf befinden, die gemessenen Emissionswerte aber nur zwischen 32 und 82 Partikel pro cbf liegen, kann festgestellt werden, dass die untersuchten Schalldämpfer keinen signifikanten Beitrag zu erhöhten Staub- oder Partikelbelastungen in der erzeugten Luftströmung leisten.



**Transport-  
systeme**



**Schall-  
dämpfer**



**Rohre &  
Formteile**



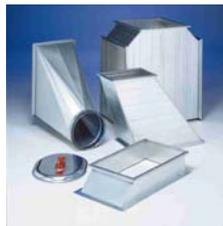
**Regel- und  
Sperrklappen**



**Luftauslässe,  
Gitter und Ventile**



**Isolierte  
Rohre und  
Formteile**



**Kanäle und  
Rechteckige  
Komponenten**



**Entrauchungs-  
kanäle aus  
Stahlblech**



**Auslegungs-  
programme**



**Luftfilter**



**Flexible Rohre  
&  
Schalldämpfer**

# Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!

[www.lindab.de](http://www.lindab.de)