Klimatechnische und arbeitsstättenrechtliche Grundlagen

AIRTEX® GmbH
Textile Luftverteilsysteme

Vervielfältigung dieser Unterlage, sowie Verbreitung oder Mitteilung ihres Inhaltes sind, soweit nicht ausdrücklich zugestanden, unzulässig (LitUrg, UWG, BGB).

Alle Rechte vorbehalten. Technische Änderungen bedürfen keiner vorherigen Ankündigung.

AIRTEX GmbH
Haestersweg 8
47647 Kerken
Tel.: 0283 1340 570
Fax: 02831 1340 571

0.0 Einleitung 3
0.1 Inhaltserläuterung 3
0.2 Das AIRTEX-System 4
1.0 Vorplanung 7
1.1 Checkliste für RLT-Anlagen 7
2.1 Heizung, Kühlung, Lüftung und Klimatisierung 8
2.2 Problem Luftverteilung 9
3.0 Klimaphysiologie 10
3.1 Klima, Mensch und Arbeit 11
3.2 Effektivtemperatur 11
3.3 Wind-Chill-Index (Wind-Kälte-Index) 13
3.4 Luftreinhaltung 14
4.0 Arbeitsstättenrecht 15
4.1 Arbeitsstättenverordnung 15
4.2 DIN-Normen 16
4.3 Unfallverhütungsvorschriften (UVV'en) 19
5.0 Planungshinweise 19
5.1 Grundlegende Planungshinweise 19
5.2 Bürobereich 19°C bis 28°C 20
5.3 Datenverarbeitungs-(DV-)Räume 21
5.4 Kältebereiche -25°C bis +16°C 22
6.0 Referenzen 24

0.0 Einleitung

0.1 Inhaltserläuterung

Das (Raum)Klima gehört zu den wichtigen Arbeitsplatzumgebungsfaktoren, da es überall vorhanden ist. Die Klagen über mangelhaftes Klima am Arbeitsplatz sind so verbreitet und bekannt, wie Gespräche über das Wetter. Ursachen dafür sind die vielfältigen Zusammenhänge von Klima und Arbeit, insbesondere zwischen:

- Klimatechnik
- Arbeitsphysiologie und
- Arbeitsschutz.

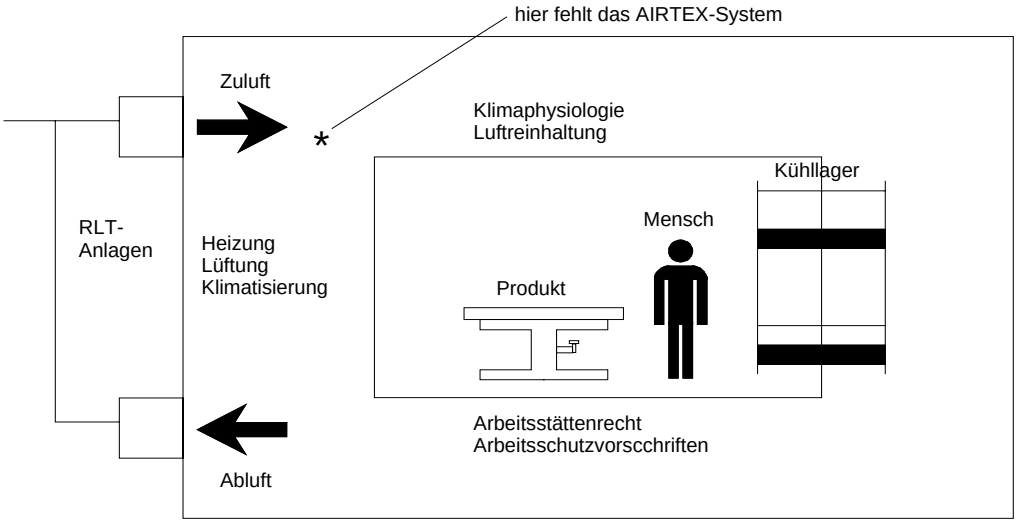

Abb. 1: Gesamtsystem von Klima und Arbeit

In dem Gesamtsystem von Klima und Arbeit (Abb. 1) spielt das System der Zuluftverteilung eine wesentliche Rolle.

Dieses wichtige Kettenglied bildet das AIRTEX-System.

0.2 Das AIRTEX-System

Funktionsweise:
Die Funktionsweise des AIRTEX-Systems läßt sich anschaulich an einem vereinfachten Beispiel darstellen.

Aufgabe : Ein Raum mit einer Grundfläche von 20 m x 10 m und einer Raumhöhe von 4 m ist mit einem Luftwechsel von 20 fach/h über eine Zuluftleitung mit einem Durchmesser d = 1 m zu belüften. Die Luftgeschwindigkeit an den Arbeitsplätzen soll v ≤ 0,2 m/s nicht überschreiten.

Zwischenergebnis: Erforderliche Luftmenge 16.000 m³/h
Luftgeschwindigkeit in der Zuleitung v = 5,7 m/s

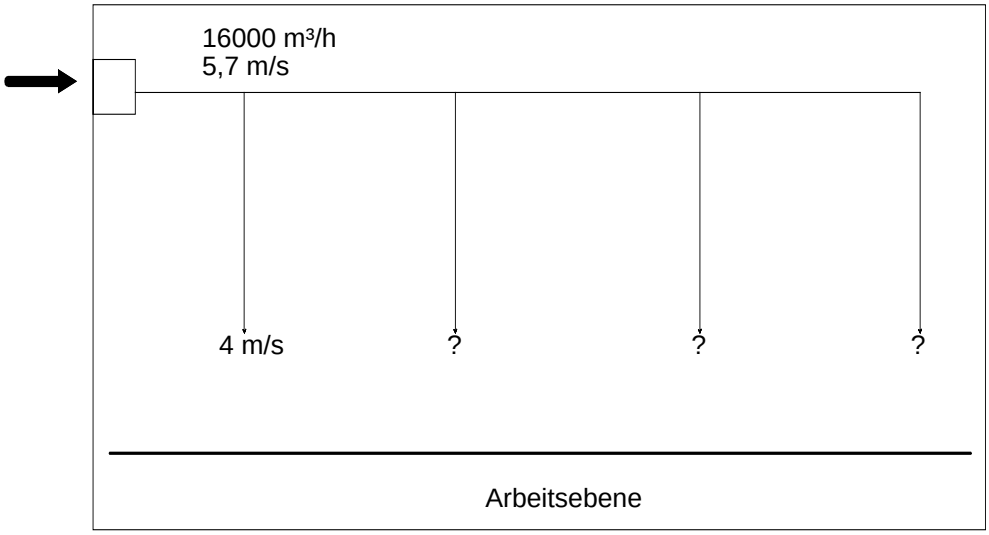

Abb. 2: Problem der Luftverteilung

Das Problem einer gleichmäßigen, zugfreien Luftverteilung wird sofort ersichtlich.

Lösung: Sicherlich gibt es in der Praxis eine Fülle von Luftverteilsystemen z.B. als Lochdecke, als Gitter-, Schlitz- und Düsenauslässe; Hierauf wird noch näher eingegangen. Es ist jedoch sofort erkennbar, daß durch das AIRTEX-System am einfachsten eine großflächige, gleichmäßige und zugluftfreie Luftverteilung erreicht wird.

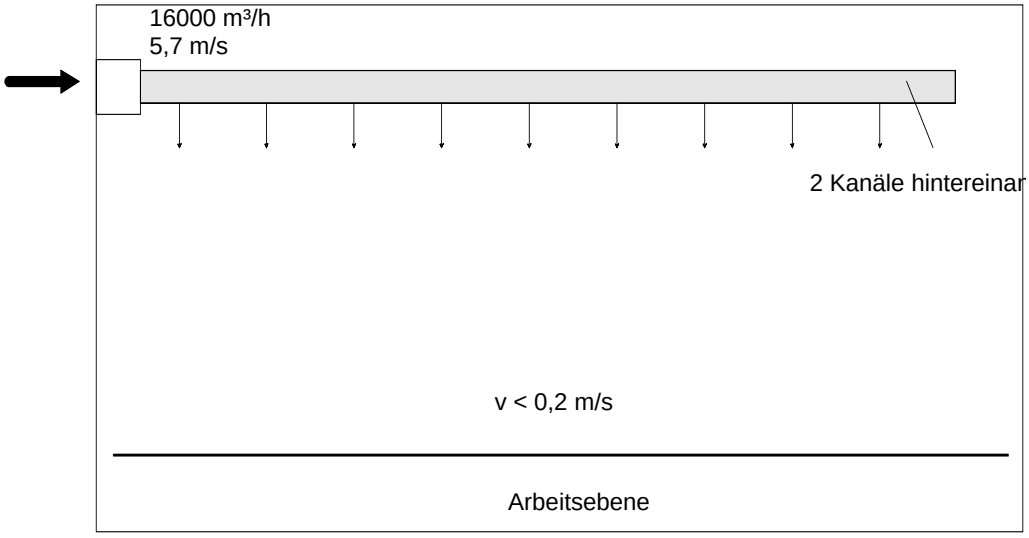

Abb. 3: Luftverteilung mit *AIRTEX*-System

Aufbau des *AIRTEX*-Systems:
Das *AIRTEX*-System besteht im wesentlichen aus textilen, kreisrunden Luftverteilkanälen. Ein gleichmäßiger Luftdurchlaß wird durch genaue Berechnung mittels Computerprogrammen erreicht.

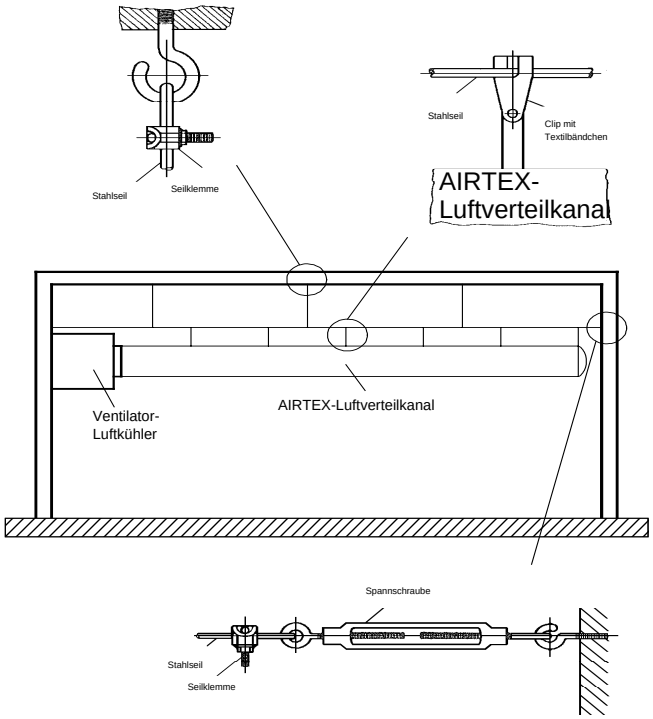

Abb. 4: Aufbau des *AIRTEX*-Systems

Eigenschaften des *AIRTEX*-Systems :
Aus dem Aufbau ergeben sich folgende grundlegende Eigenschaften des *AIRTEX*-Systems:

Luftverteilung: großflächig, gleichmäßig, zugluftfrei und gesund, hygienisch und staubfrei, besonders geeignet für das System der Verdrängungs- bzw. Quell-Lüftung.

Montage: leicht, schnell, preisgünstig, wartungsfreundlich, geringes Gewicht.

textile Kanäle: hygienisch, kondensatfrei, leicht zu reinigen bzw. zu waschen, Luftaustritt geräuschlos, mikrobiologisch unbedenklich, hochgradig filtrierend und nach DIN 24 185 geprüft. Kanäle wirken zusätzlich als Lärmdämpfer im Raum (3 bis 8 dB bzw. Lärmverminderung um den Faktor 2- bis 6,5 fach!)

Eigenschaften von A bis Z:

AIRTEX-System für Klimatisierung, Lüftung und Luftreinhaltung auf allen Gebieten

- Arbeitsstättenrechtlich erforderlich
- Bereiche vom Tiefkühlbereich bis Komfortbüro
- Chemisch neutral
- Durchlaß nach berechnetem Druckabfall
- Energiesparend
- Feuerfeste Ausführung
- Gesundheit am Arbeitsplatz
- Hygienische Bauelemente
- Instandhaltung problemlos
- Jahreszeitlich unbegrenzter Einsatz
- Kondensatfrei
- Lärmarm und lärmmindernde Raumwirkung
- Montageleicht und -schnell
- Nachrüstung einfach
- Optimale Luftverteilung
- Platzbedarf gering
- Qualität überwacht
- Raumluftqualität hoch
- Staubfrei
- Taupunkt unkritisch
- Universell
- Verdrängungslüftung besonders geeignet
- Waschbare Textilschläuche
- XY - Ihre Probleme - unser Know how
- Zugluftfrei

Die vorliegende Broschüre entstand aus den Erkenntnissen heraus, daß "Klima nur funktionieren" kann, wenn das Gesamtsystem Klima und Arbeit harmoniert.

Dabei sind unsere Ziele:

Wirtschaftliche Klimatisierung bei optimaler Leistung und Gesundheit des Menschen und hoher Qualität der Produkte.

Kapitel 1 - Vorplanung - ist eine Checkliste für den konkreten Anwendungsfall von RLT-Anlagen und Einsatz des *AIRTEX*-Systems.

Die Kapitel 2 - Klimatechnik -
3 - Arbeitsphysiologie
4 - Arbeitsstättenrecht

führen in die Zusammenhänge vom Klima bis zum Produkt, seiner Herstellung, Lagerung und Verarbeitung, den Einflüssen auf den Menschen und den gesetzlichen Vorschriften und Regelwerken ein. Das ist das Know how von *AIRTEX*-System als Grundlage für eine erfolgreiche Klimatechnik.

Kapitel 5 gibt - Planungshinweise - für die verschiedenen Temperaturbereiche von Betrieben. Dabei zeichnen sich für die Bereiche Büro, Kühlhaus und Tiefkühlhaus typische Merkmale ab, die für eine erfolgreiche Planung und den Betrieb von RLT-Anlagen von Bedeutung sind.

1.0 Vorplanung

1.1 Checkliste für RLT-Anlagen

Fragen, die vor der Planung des *AIRTEX*-Systems zu klären sind.
Eine Checkliste zum Abhaken
Vorteilhaft sind Skizzen im Maßstab 1:100

Raumdaten:

Raumart ..... : :_____
Raummaße (Länge x Breite x Höhe) ..... : :_____
Raumvolumen ..... V_R :_____
Anzahl der Arbeitsplätze für 8 Stunden ..... :_____
Art und geschätzte Schwere der Arbeit ..... :_____
Wärmequellen (Anzahl, Leistung) ..... :_____
Wärmedurchgangskoeffizienten von Begrenzungsflächen ..... :_____
Fensterflächen mit Lage ..... :_____
Norm-Außentemperatur ..... σ_a :_____

Soll-Klimadaten:

Bezogen auf Arbeitsplatz ○ Produkt ○ Raumzonen ○

Lufttemperatur ..... t :_____°C
Luftfeuchte ..... U :_____%r.F.
Taupunkttemperatur ..... t_d :_____°C
max. Luftgeschwindigkeit ..... v :_____m/s
Außenluftstrom/Person ..... :_____m³/h
Luftwechselzahl ..... ß :_____/h
Gesamt-Zuluftstrom ..... :_____m³/h
- Umluftstrom ..... :_____m³/h
- Abluftstrom ..... :_____m³/h
Normalklimate nach ..... : DIN 50 014 ○
Technoklimate nach ..... : DIN 50 019 ○

Klimazone	Lufttemperatur in [°C]
Gefrierraum	≤ -25
Tiefkühlraum	≤ -25
Kühlraum	4
Kältezone	< 12
Behaglichkeitszone	19-26
Wärmezone	26-37
Hitzezone	≥ 37

Raumlufttechnische Anlagen:

Art der Anlage nach DIN 1946, Teil 1

ohne	mit Frischluft
Umluftanlage	Lüftungsanlage
Umluft-Teilklimaanlage	Teilklimaanlage
Umluft-Klimaanlage	Klimaanlage

Luftverteilung:
Verdrängungslüftung ○ oder Mischlüftung ○

Luftführung:
unten/oben ○ oben/unten ○ oben/oben ○

Zuluftauslässe:
oben ○ unten ○
Platzbedarf, Positionen

Abluftauslässe:
oben ○ unten ○
Platzbedarf, Positionen

2.1 Heizung, Kühlung, Lüftung und Klimatisierung

Die Be- und Entlüftung bildet ein Teilgebiet der Klimatechnik mit Heizung und Kühlung. Dabei hat die Lüftung folgende Aufgaben zu erfüllen :

- Wärmetransport (Heizung oder Kühlung)
- Feuchtetransport (Be- oder Entfeuchtung)
- Frischluft- und Ablufttransport (Frischluftzufuhr, Abführung von Schad- und Geruchsstoffen).

Erforderliche Klimabedingungen für verschiedene Raumnutzungen sind z.B.:

	Temperatur [°C]	rel. Feuchte [%]	Luftwechsel [h]	Außenluft [m³/h/Pers.]
Büro	ab 20	30 - 80	3 - 8	20 - 40
Werkstatt	ab 17	30 - 80	6 - 8	40 - 60
Montagehalle	ab 12	30 - 80	5 - 10	über 65
Tabakverarbeitung	21 - 24	55 - 65	5 - 15	40 - 60
Gemüselager	10 - 16	30 - 80	5 - 8	40 - 60
Kaufhaus	ab 19	30 - 80	4 - 6	20 - 40
Kühlhaus	- 25	50 - 80	-	40 - 60

Zu diesen Klimabedingungen kommen weitere Anforderungen hinzu, daß

- keine Zugluft am Arbeitsplatz auftritt ($v < 0{,}2$ m/s) und
- beim Arbeiten mit gefährlichen Arbeitsstoffen entsprechende Atemluft-Konzentrationen
- (MAK- bzw. TRK-Werte) mit Sicherheit unterschritten werden.
  (siehe Kapitel 4 - Arbeitsstättenrecht -)

2.2 Problem Luftverteilung

Die umfangreiche ingenieurwissenschaftliche Literatur zur Luftverteilung und die Praxis zeigen, daß die Luftverteilung ein zentrales Problem der Klima- und Lüftungstechnik ist.

Man unterscheidet zwei grundsätzlich verschiedene Systeme der Luftverteilung

- die Quell- oder Verdrängungslüftung (oder Verdrängungsströmung) und
- die Mischlüftung (oder Mischströmung, Injektorlüftung, Strahllüftung)

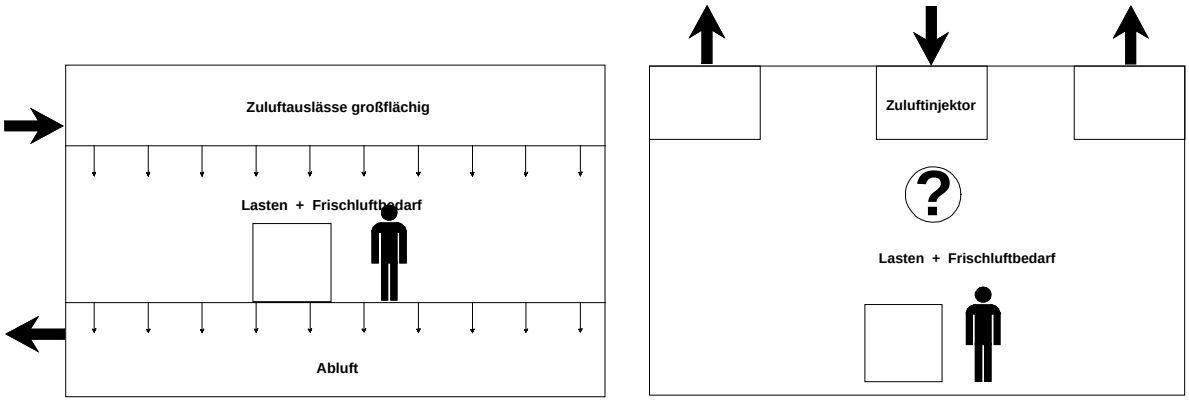

Abb. 5: Verdrängungslüftung und Mischlüftung

Die Verdrängungslüftung geht von dem Verdrängungsprinzip aus, d.h. die leicht kompressible Luft tritt mit langsamer Luftgeschwindigkeit in einen Raum ein und drängt die verbrauchte Luft großflächig hinaus. Man spricht auch von Verdrängungslüftung wenn dieses Prinzip auch nur angenähert verwirklicht wird. In der Praxis scheitert dieses System oft wegen mangelhafter technischer Voraussetzungen.

Das *AIRTEX*-System bietet gerade für die Quell- oder Verdrängungslüftung die idealen großflächigen, gleichmäßigen Zuluftauslässe mit niedrigen Luftgeschwindigkeiten.

Die Mischlüftung geht grundsätzlich von räumlich begrenzten Zuluftauslässen mit hohen Luftgeschwindigkeiten aus. Die Funktion dieses Lüftungssystems setzt die Bildung konstanter Luftströmungen, z.B. sogenannter "Luftwalzen", voraus. In diese Luftmengen verbrauchter Luft wird die Frischluft zur Mischung eingestrahlt. Die Mischlüftung ist einfacher zu verwirklichen und deshalb häufiger anzutreffen.

Generell kommen aber in der Praxis mehr oder weniger vorherrschend beide Systeme vor. Die nachfolgende Gegenüberstellung charakterisiert ihre wesentlichen Eigenschaften.

Verdrängungslüftung	Mischlüftung
Voraussetzungen	
großflächige, gleichmäßige Luftverteilung	Luftinjektoren mit hoher Luftgeschwindigkeit
Luftauslässe mit niedriger Luftgeschwindigkeit	berechnet oder Probeversuche
Lochdecke, Schlitzdecke	Strahl, Düsen- oder Drallauslässe
AIRTEX-System besonders geeignet	AIRTEX-System geeignet
Vorteile	
niedrige Luftgeschwindigkeiten, keine Zugluft Forderungen an Arbeitsplatz und Gesundheit erfüllt, Raum gleichmäßig belüftet, Schad- und Geruchs-stoffe werden optimal erfaßt, geräuscharm und geräuschmindernd, geringe Installationskosten, geringer Energiebedarf	oft leichter zu realisieren, Störungen durch thermische Luftbewegung geringer
Nachteile	
Störungen durch thermische Luftbewegungen möglich, (evtl. Wechsel Sommer-Winter beachten)	hohe Luftgeschwindigkeiten können leicht Zugluft am Arbeitsplatz verursachen, Luftströmungen oft instabil, Schad- und Geruchsstoffe unvollständig erfaßt, störende Luftgeräusche möglich, deshalb evtl. Schalldämpfer erforderlich, Energieverluste

Vor der Installation des *AIRTEX*-Systems ist zunächst die Luftführung im Raum festzulegen. Es ist vorteilhaft, wenn vorhandene thermische Luftströmungen (warm nach oben, kalt nach unten), Schadstoffe und die Luftführung im Raum die gleiche Richtung haben, es sei denn, Teilmischungen sind erwünscht.

So wird man wärmere Luft in einen Büroraum am besten von unten, kältere Luft am besten von oben einführen. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die wichtigsten Formen der Luftführung in einem Raum.

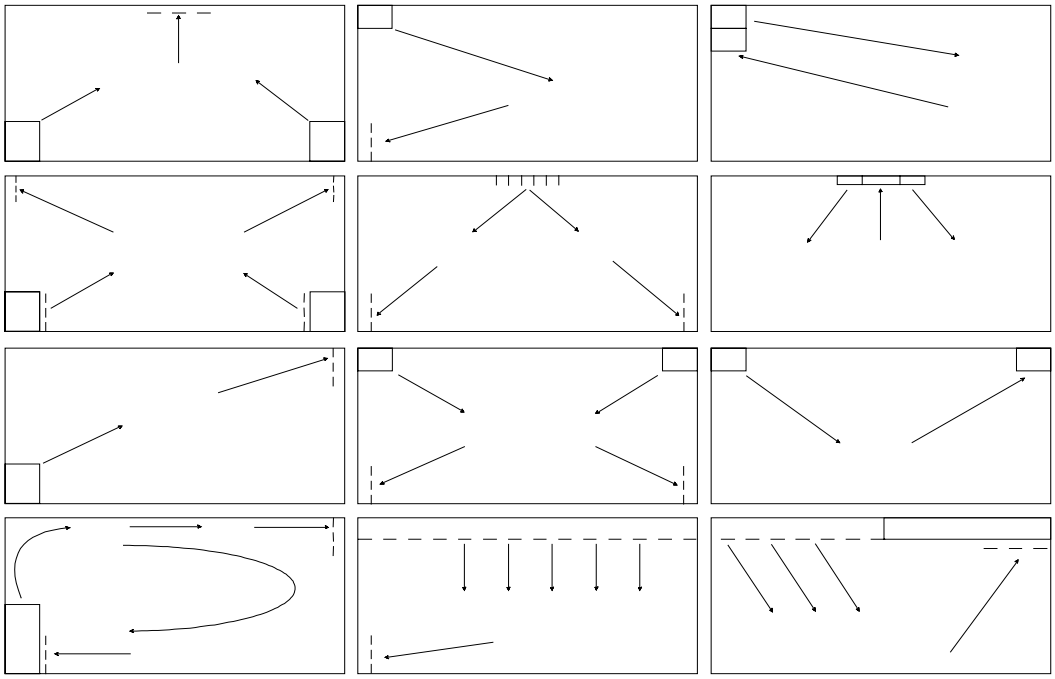

Abb. 6: Wichtigste Formen der Luftführung in einem Raum

Die Art der Luftführung ist zu wählen nach

- Raumart
- Arbeitsplätzen
- Wärme- und Kältelasten etc.
- Temperaturverhältnissen (zwischen Raum- und Frischluft) und
- Luftwechselzahlen

3.0 Klimaphysiologie

Das *AIRTEX*-System soll bei der Klimatisierung dafür sorgen, daß sich Ihre Mitarbeiter wohl fühlen, gesund und leistungsfähig bleiben. Weiterhin benötigen empfindlichen Produkte, wie z.B. elektronische Geräte, Lebensmittel, Genußmittel, Textilien und Arzneimittel bei der Herstellung und Lagerung jeweils exakte klimatische und lufthygienische Bedingungen. Für einen durchgängigen Erfolg bei der Planung, dem Betrieb und der Wartung einer Klimaanlage müssen Ihnen aber die grundlegenden Zusammenhänge der Klimaphysiologie und der Luftreinhaltung bekannt sein. Die für die Praxis besonders bedeutenden Zusammenhänge von

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit,

die durch die Klimasummenmaße• Effektivtemperatur und•Wind-Chill-Index gekennzeichnet sind, werden erläutert.

3.1 Klima, Mensch und Arbeit

Die Abbildung 7 gibt eine Übersicht über die Einflußgrößen, die bei der Engergiebilanz des Menschen zu berücksichtigen sind und die auf sein Klimaempfinden wirken.

Mensch	Arbeit	Arbeitsplatzumgebungseinflüsse
Grundenergieumsatz *Kleidung* Schweißabgabe Individualität Gewöhnung Geschlecht Biorhytmik	*Arbeitsenergieumsatz* *kombinierte Belastungen* mentale Belastungen, Körperhaltung und Arbeitsumgebungseinflüsse *Arbeitsdauer*	*Klima* Lufttemperatur Luftfeuchte Luftgeschwindigkeit, Wärmestrahlung (Luftdruck) *Lüftung* CO_2-Gehalt Gerüche Schadstoffe

Abb. 7: Einflußgrößen zum Klima am Arbeitsplatz

Die vorrangigen Einflußgrößen sind in der Abbildung hervorgehoben. Abgesehen von geringen individuellen Unterschieden und der Feststellung, daß Frauen gegenüber Männern 1 bis 2°C höhere Temperaturen bevorzugen, gelten die klimaphysiologischen Zusammenhänge für alle Menschen gleichermaßen.

Die Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang zwischen Lufttemperatur, Arbeitswärmestrom durch körperliche Arbeit und den Klimazonen. Nimmt man in einem Büro bei 19°C Lufttemperatur beispielsweise eine leichte Arbeit von 240 W an, so erkennt man, daß hierbei die Mitte des Behaglichkeitsbereiches erreicht wird. Bei absoluter Körperruhe (im Liegen, gleiche Bekleidung) mit 120 W Wärmestrom wird aber schon die Kältezone und bei mittelschwerer körperlicher Arbeit (z.B. Montagearbeit) gerät man ab etwa 300 W Wärmestrom ins Schwitzen, damit wird die Wärmezone erreicht.

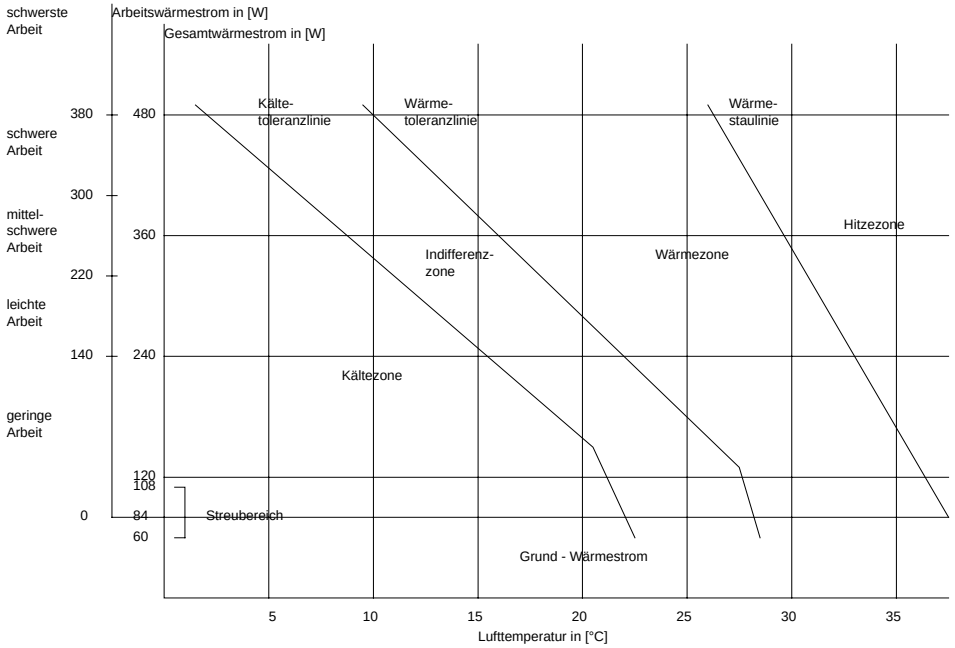

Abb. 8: Klimazonen nach Entwurf DIN 33 403

3.2 Effektivtemperatur

Es ist bekannt, daß das Wärmeempfinden und die Wirkung (Effektivität) der Lufttemperatur in normalen Bereichen mit der Höhe der Luftfeuchtigkeit zunimmt (schwüle Wärme) und mit Zunahme der Luftgeschwindigkeit abnimmt (Ventilatoreffekt). Yaglou hat nun mit Hilfe von 2 Klimakammern die Klimabedingungen untersucht, die vom Menschen effektiv als gleich empfunden werden.

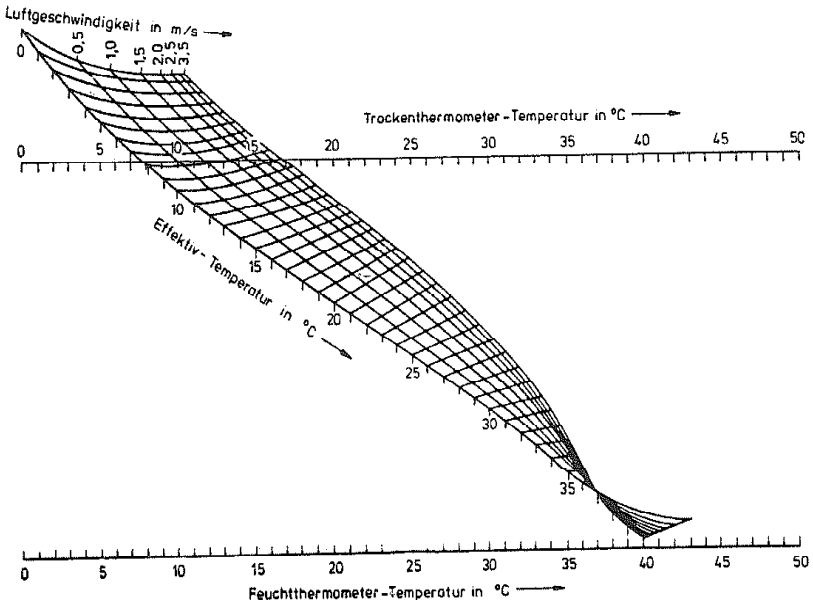

Abb. 9: Nomogramm zur Ermittlung der Normal-Effektiv-Temperatur NET in [°C]

Die Normal-Effektiv-Temperatur NET in °C stellt die Zusammenhänge für den "normal bekleideten" Menschen, d.h. mit üblicher Straßen Sommerbekleidung, wie sie auch im Büro getragen wird, dar.

Die Luftfeuchte ist aus der psychometrischen Differenz zwischen Lufttemperatur und Feuchtethermometertemperatur, wie sie auch in der Praxis mit dem Psychrometer gemessen wird, zu bestimmen.

Aus dem Nomogramm lassen sich beispielsweise folgende gleichwertige Klimabedingungen ablesen:

Normal-Effektiv-Temperatur [°C]	Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftgeschwindigkeit [m/s]
20	20	100	0,1
	23	77	1,0
	25	62	2,0
	27	50	6,0
18	20	50	0,1
16	20	50	1,0
14,5	20	50	2,0
12,5	20	50	6,0

Abb. 10: Gleichwertige Klimabedingungen entsprechend der NET

Aus den Abbildungen 9 und 10 kann man folgern:

Bei Lufttemperaturen unter etwa 37°C (der Körperkerntemperatur des Menschen)

- bewirkt eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit bei sonst konstanten Klimabedingungen eine Erniedrigung der Effektivtemperatur (durch Abkühlen und Begünstigung der Schweißverdunstung)
- bewirkt eine Erhöhung der Luftfeuchte bei sonst konstanten Klimabedingungen eine Erhöhung der Effektivtemperatur (durch Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Luft), maximal bis zur Höhe der Lufttemperatur bei 100 %r.F.
- bewirkt eine Erhöhung der Lufttemperatur eine entsprechende Erhöhung der Effektivtemperatur.

Für die Planung und den Betrieb von Klimaanlagen kann man daraus schließen:

Bei normalen Raumtemperaturen von etwa 20°C und leichter Tätigkeit verursachen Luftgeschwindigkeiten von über 0,2 m/s Zugerscheinungen durch örtliche Abkühlungen des Menschen und Herabsetzung seiner empfundenen Effektivtemperatur. **Hier schafft das *AIRTEX*-System Abhilfe!**

Höhere Luftgeschwindigkeiten von 2 m/s oder gar bis 8 m/s sind allein an ausgeprägten Hitzearbeitsplätzen mit schweren körperlichen Arbeiten für zumutbare Arbeitsbedingungen angebracht.

3.3 Wind-Chill-Index (Wind-Kälte-Index)

In Kühl-, Tiefkühl- und Gefrierhäusern bei Temperaturen bis weit unter 0°C sind Kältearbeitsplätze vorhanden, bei denen Kälteschutzkleidung vorgeschrieben ist. Ab -25°C erfordert die Kältearbeit bestimmte Aufwärmpausen in normalem Klima.

Unter derartigen Kälteklima bewirkt erhöhte Luftgeschwindigkeit eine dramatische Erniedrigung der Äquivalenttemperatur (auch vom Menschen empfunden, ähnlich Effektivtemperatur). Die Untersuchungen wurden in den USA und skandinavischen Ländern vorgenommen. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für internationale Normen.

Äquivalenttemperatur teq °C

Luftgeschwindigkeit		Lufttemperatur [°C]											
mph	m/s	10	5	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-50
calm	calm	10	5	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-50
5	2,2	9	3	-3	-9	-15	-21	-26	-32	-38	-44	-50	-56
10	4,5	5	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71
15	6,7	2	-6	-13	-21	-28	-38	-43	-50	-58	-65	-73	-80
20	8,9	0	-8	-16	-23	-32	-40	-47	-55	-63	-71	-79	-87
25	11,2	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
30	13,4	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-62	-70	-78	-87	-96
35	15,6	-3	-12	-20	-29	-37	-45	-55	-63	-72	-81	-90	-98
40	17,9	-3	-12	-21	-30	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100

Abb. 11: Äquivalenttemperatur an Kältearbeitsplätzen

Beispielsweise wird in einem Tiefkühlhaus mit -29°C Lufttemperatur bei einer Luftgeschwindigkeit von 4,5 m/s eine Äquivaltenttemperatur von -43°C und bei 11,2 m/s eine Äquivaltenttemperatur von -59°C erreicht.

Der Wind-Chill-Index (WCI) gibt nun an, welche Wärmemenge einem m² Haut (1 Person hat etwa 2 m² Körperoberfläche) in einer Stunde entzogen wird.

WCI, kcal/m² h	**teq °C**	**Effect**
1000	-12	very cold
1200	-21	Exposed flesh freezes
1400	-30	20 min
1600	-40	15 min
1800	-49	10 min
2000	-58	8 min
2200	-67	4 min
2400	-76	1 min

Abb. 12: Wind-Chill-Index (WCI), Äquivalenttemperatur t_{eq} und Gefrierzeit für Fleisch

Man kann der Tabelle Abbildung 12 entnehmen, daß man in Gefrierhäusern durch hohe Luftgeschwindigkeiten das Gefrieren von Lebensmitteln extrem beschleunigen kann.

Für Betriebe, in denen sich Menschen aufhalten, sollten Äquivalenttemperaturen unter -25°C und Zugluft über 0,2 m/s unbedingt vermieden werden, sonst ist die Gefahr der Erfrierungen von Gliedmaßen groß.

Hier bietet sich das *AIRTEX*-System ideal zum Einsatz an. Neben extrem niedriger Luftgeschwindigkeit wird eine optimale großflächige Kaltluftverteilung erreicht. Das *AIRTEX*-System bietet so neben Arbeits- und Gesundheitsschutz eine hohe Ausnutzung der Kälteaggregate bei gleichmäßiger Durchkühlung des Raumes und guter Qualität der eingelagerten Produkte.

3.4 Luftreinhaltung

Die einer Arbeitsstätte zugeführte Luft muß frei von gesundheitsgefährdenden Stäuben und Krankheitserregern sein.

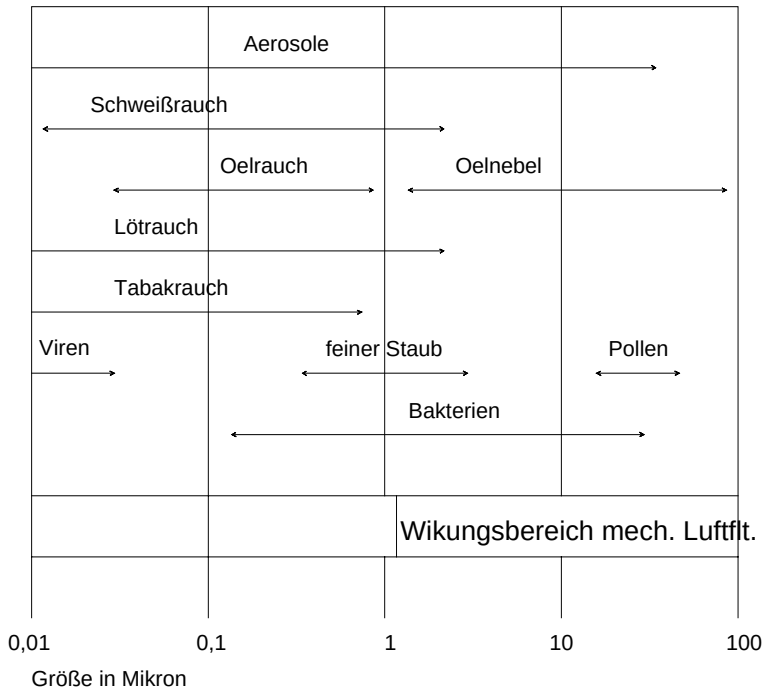

Abb. 13: Wirkungsbereich mechanischer Luftfilter

Deshalb sind für maschinelle Lüftungsanlagen generell Luftfilter vorgeschrieben und die Lüftungskanäle dürfen nicht aus asbesthaltigen Materialien sein.

Abbildung 13 zeigt eine Übersicht über vorkommende Luftverunreinigungen und die Wirkung mechanischer Luftfilter.

Ebenso wichtig wie die Filterung der Frischluft und Umluft in einer Klimaanlage sind jedoch die lufthygienischen Eigenschaften der Lüftungskanäle. Im allgemeinen werden die Lüftungskanäle aus Blech ausgeführt. Da Metall ein guter Wärmeleiter ist, kann es zu Taupunktunterschreitungen und Feuchtigkeitsniederschlag kommen, an denen sich Luftverunreinigungen und Bakterien sammeln und in sogenannten Kolonien vermehren können. Damit entstehen gesundheitsgefährdende Schadstoffquellen. Darüber hinaus sind Blechkanäle schwer zugänglich und kaum zu reinigen.

Auch hier bieten die textilen Lüftungs- und Verteilungskanäle des *AIRTEX*-Systems entscheidende Vorteile. Textilien sind schlechte Wärmeleiter. Dadurch sind Taupunktunterschreitungen, Feuchtigkeits- und Bakterienansammlungen ausgeschlossen. Weiterhin sind die textilen Lüftungskanäle des *AIRTEX*-Systems leicht zu inspizieren und können z.B. in einer Waschmaschine gereinigt werden. Darüber hinaus bilden die textilen Kanäle einen zusätzlichen Luftfilter. Filterklasse nach DIN 24 185 EU-4 und EU-5.

Das *AIRTEX*-System mit den textilen Lüftungskanälen ist aus lufthygienischen Gesichtspunkten besonders geeignet für

- alle Arbeitsstätten
- Nahrungs- und Genußmittelindustrie
- Krankenhäuser
- Schulen
- Laboratorien
- und Räumen mit besonders hohen Anforderungen an die Luftreinheit.

4.0 Arbeitsstättenrecht

4.1 Arbeitsstättenverordnung

Bis zum Erscheinen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) im Jahr 1975 waren die technischen Regelwerke (vor allem DIN-Normen und VDI-Richtlinien) und Verordnungen über die humane Gestaltung von Arbeitsstätten, auch hinsichtlich Klimatisierung und Lüftung, nicht koordiniert und für die Anwender schwer überschaubar. Seit Anfang dieses Jahrhunderts bildet zwar die heute noch geltende Gewerbeordnung (GewO) mit den §§ 120a und b, die als allgemeine Richtlinie Arbeitsräume fordert, die die Arbeitnehmer gegen Gefahren für Leben und Gesundheit schützt; darüber hinaus waren die technischen Einzelheiten nur einer Vielzahl von Regelwerken und Verordnungen zu entnehmen (Abbildung 14).

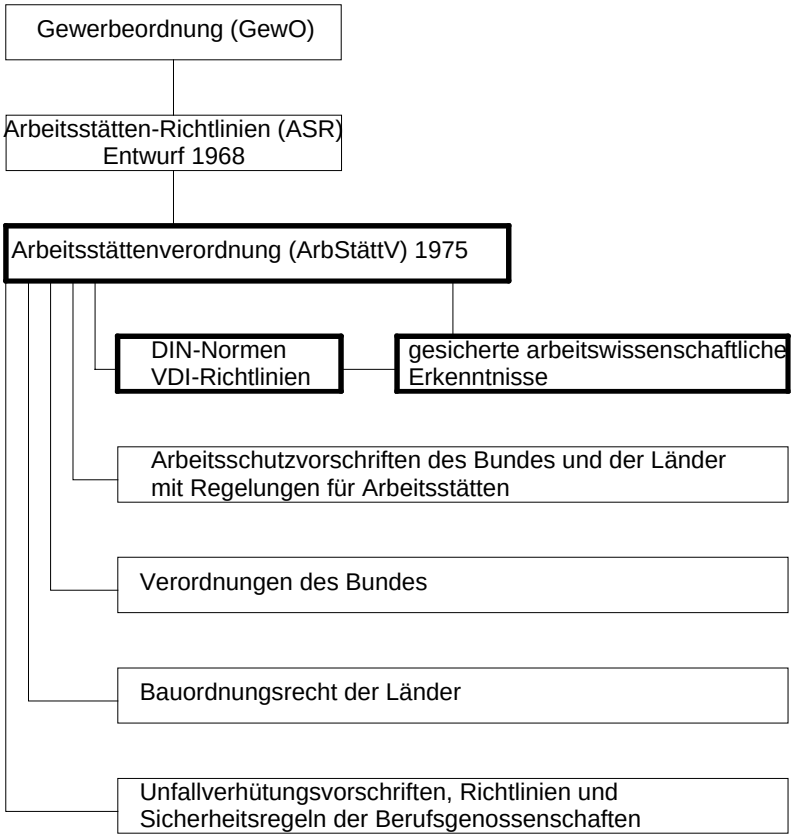

Abb. 14: Entwicklung und Funktion der Arbeitsstättenverordnung

Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung wurde zur Schaffung einer einheitlichen Rechtsverordnung über Arbeitsstätten veranlaßt, so mit

- dem Entwurf der Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR) durch die Länder 1968
- die §§ 80 bis 91 des Betriebsverfassungsgesetzes (BetrVG) 1972 und
- dem Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) 1973

weitere Gesetze und Verordnungen über die menschengerechte Gestaltung der Arbeitsplätze und Arbeitsstätten existieren.

- Die Arbeitsstättenverordnung gibt in den einzelnen Paragraphen klar umrissene Schutzziele an.
- Die ebenfalls mit Gesetzeskraft dazu erlassenen Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR) enthalten konkrete Lösungswege für die angegebenen Schutzziele, z.B. Klimawerte für die verschiedenen Arbeitsplätze.

An dieser Stelle können nur einige grundlegende Vorschriften und Regelwerke über Klima und Luftreinhaltung aufgeführt werden;

Arbeitsstättenverordnung § 5 Lüftung (Auszug)
In Arbeitsräumen muß unter Berücksichtigung der angewandten Arbeitsverfahren und der körperlichen Beanspruchung der Arbeitnehmer während der Arbeitszeit ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein. Wird die für den nach Satz 1 erforderliche Atemluft durch eine lüftungstechnische Anlage (Lüftungsanlagen, Klimaanlagen) gesorgt, muß diese jederzeit funktionsfähig sein.

Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 5 Lüftung (Auszug)

Allgemeines
Ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft ist in Arbeitsräumen vorhanden, wenn die Luftqualität im wesentlichen der Atemluftqualität entspricht, es sei denn das außergewöhnliche Umstände die Außenluftqualität beeinträchtigen. Außergewöhnliche Umstände sind z.B. enge, sehr verkehrsreiche Straßen in Tallage ohne ausreichend regelmäßige Windbewegungen, unmittelbare Nähe von Produktionsanlagen mit starker Geruchsbelästigung. Extreme Witterungsverhältnisse sind dabei nicht zu berücksichtigen.

Besteht Gefahr, daß die MAK-Werte nicht eingehalten werden können, sind besondere Maßnahmen vorzusehen, z.B. Absaugen (§ 14 ArbStättV).

Lüftungstechnische Anlagen

Erfordernis
Lüftungstechnische Anlagen sind erforderlich, wenn eine freie Lüftung nicht möglich ist, insbesondere wenn

- die Größe der Räume entgegensteht
- die Lage der Räume entgegensteht, z.B. Tieflage (Fußboden tiefer als 2 m unter der festgelegten Geländeoberfläche) oder umliegende Bebauung
- eine besondere Nutzung vorliegt (z.B. Arbeitsräume ohne
- Fenster oder Oberlichter, hohe innere Wärmelast, Gefahr
- des Überschreitens der MAK-Werte)

Luftreinigung
Bei lüftungstechnischen Anlagen ist die Zuluft (Außenluft/Umluft) vor der Zuführung zu den zu lüftenden Räumen durch Luftfilter zu reinigen. Die Auswahl der Filter richtet sich nach der Art, Konzentration und Teilchengrößenverteilung der abzuscheidenden Stoffe. Im Regelfall sind für die technische Lüftung Luftfilter der Güteklasse B1 ausreichend. Bei erhöhten Anforderungen an die Reinheit der Zuluft können Filter der Güteklasse B2, ggf. kombiniert mit Filtern der Klasse C, erforderlich werden. Es sind ausschließlich typgeprüfte Filter nach DIN 24 185 einzusetzen.

AIRTEX-Luftleitkanäle sind nach DIN 24 185 geprüft und entsprechen den Filterklassen B-2 (EU-4) und C-1 (EU-5).

Arbeitsstättenverordnung § 16 Schutz gegen sonstige unzuträgliche Einwirkungen (Auszug)
(3) Betriebseinrichtungen sind so zu gestalten, aufzustellen und zu betreiben, daß in den Räumen unzuträgliche Gerüche im Rahmen des betrieblich Möglichen vermieden werden.

(4) Räume, in denen sich Arbeitnehmer aufhalten, müssen so beschaffen oder eingerichtet sein, daß die Arbeitnehmer keiner vermeidbaren Zugluft ausgesetzt sind.

(5) Es sind Vorkehrungen zu treffen, daß betriebstechnisch unvermeidbare Wärmestrahlung nicht in unzuträglichem Ausmaß auf die Arbeitnehmer einwirkt.

4.2 DIN-Normen
Die zentrale DIN-Norm für Klimaanlagen ist die DIN 1946 Raumlufttechnik.

DIN 1946, Teil 1, Juni 1979, Raumlufttechnik, Grundlagen (VDI-Lüftungsregeln)
enthält Grundbegriffe, Raumlufttechnische Anlagen, Einrichtungen zur freien Lüftung, Einheiten, Formelzeichen und Symbole.

DIN 1946, Teil 2, Januar 1983, Raumlufttechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln)
enthält physiologisch-hygienische und technische Anforderungen für Raumlufttechnische Anlagen.

Es handelt sich hierbei um die grundlegende DIN-Norm für alle RLT-Anlagen !

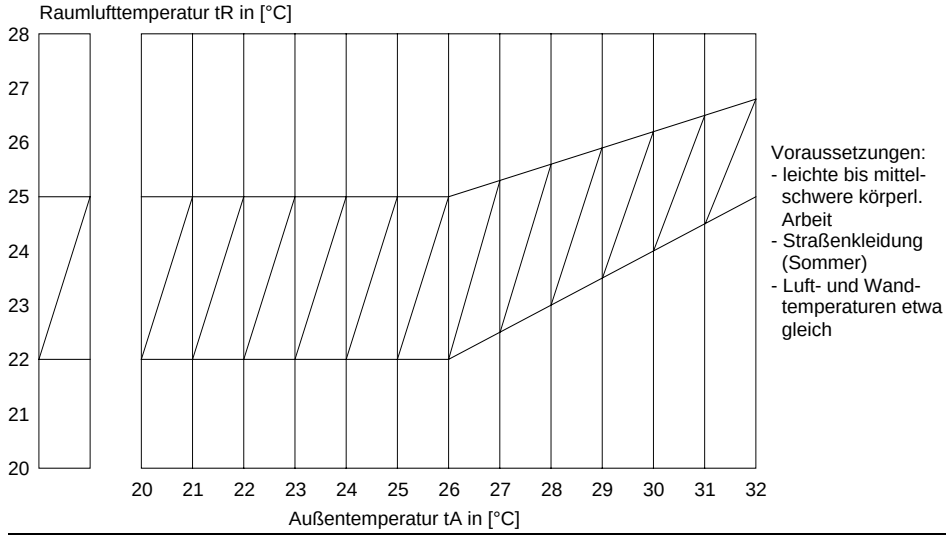

Abb. 15: Bereich behaglicher Raumlufttemperaturen

Luftgeschwindigkeit
Als obere Grenze für die Luftgeschwindigkeit für die Behaglichkeit (Voraussetzung siehe Abbildung 15) wird folgende Kurve angegeben :

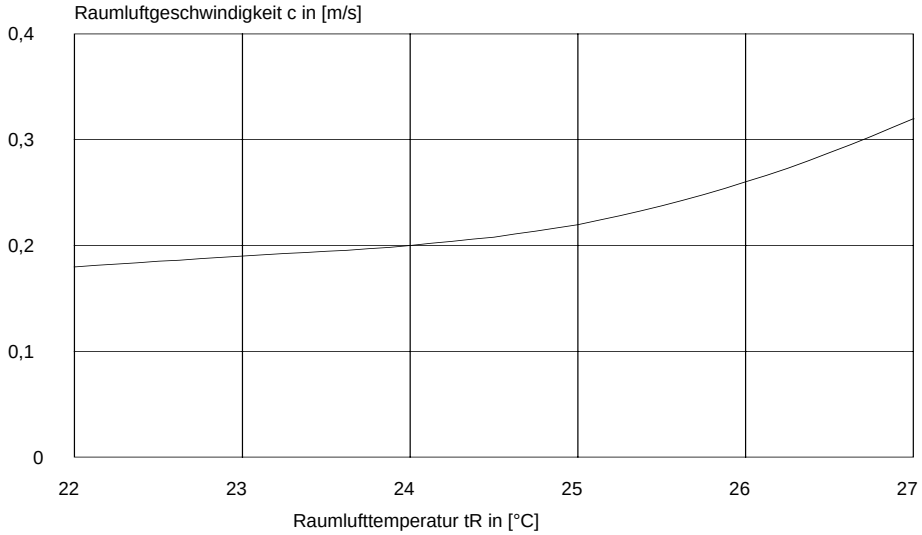

Abb. 16: Obere Zulässigkeitskurve für behagliche Raumluftgeschwindigkeiten

Weitere Voraussetzungen sind

- Luftführung mit turbulenter Mischströmung (z.B. *AIRTEX*-System)
- Mittelwert der Luftgeschwindigkeit über mind. 200 s,
- Zeitkonstante max. 2 s und cos-Charakteristik
- Überschreitung bis zu 10% an 10% der Meßstellen zulässig.

Die maximal als behaglich angegebene Luftgeschwindigkeit kann jeweils um 0,04 m/s nach oben (oder unten) verschoben werden, wenn

- der Wärmestrom durch körperliche Arbeit um 50 W abnimmt (zunimmt)
- der Wärmeleitwiderstand der Bekleidung um 0,5 clo[1] abnimmt (zunimmt) und
- die mittlere Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen um 4°C zunimmt (abnimmt).

Die Luftfeuchte kann im Behaglichkeitsbereich zwischen 30 und 65% r.F. liegen.

Lärm-Schalldruckpegel
Zum Schutz gegen belästigenden und gesundheitsschädigenden Lärm werden folgende Richtwerte in dB(A) angegeben:

	Schalldruckpegel in dB für RLT-Anlagen
Rundfunkstudio	15 - 25
DV-Räume	40 - 55
kleines Büro	35 - 40
Großraumbüro	45 - 50
Werkstätten	ab 50
Druckerei	ab 60
Klassenräume	35 - 40
Schalterhalle	40 - 45

Bezüglich Lärm genügt das *AIRTEX*-System nicht nur höheren Anforderungen an die Lärmemission - es vermindert zusätzlich im Raum vorhandene Lärmquellen um 3 bis 8 dB (2 - bis 6,5 fache Dämpfung)

RLT-Anlagenteile mit Taupunktunterschreitung
müssen wegen der Gefahr von Feuchtigkeits- und Bakterienansammlung mit Unbedenklichkeitsgutachten versehen werden.

Die Luftführung
ist so gestaltet, daß die Anforderung an Lufttemperatur und Luftfeuchte erfüllt werden.

DIN 33 403, April 1984, Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung
Teil 1, Grundlagen zur Klimaermittlung, enthält die Angaben über die Meßverfahren und Meßgeräte der verschiedenen Klimagrößen;

Teil 2, Einfluß des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen, beschreibt die physiologischen Wirkungen des Klimas und einzelner Komponenten. In diesem Zusammenhang sind die Feststellungen zur Luftgeschwindigkeit wichtig:

Luftbewegung fördert die Entwärmung durch Konvektion und besonders durch Schweißverdunstung. Für die konvektive Entwärmung gilt dies nur für Lufttemperaturen unterhalb der Hauttemperaturen; bei Lufttemperaturen oberhalb der Hauttemperatur findet eine konvektive Wärmezufuhr statt.

Bei hohen Lufttemperaturen und/oder schwerer körperlicher Arbeit sind bestimmte Mindestluftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Art der Tätigkeit von Vorteil.

Zugempfindung ist abhängig von der Luftgeschwindigkeit und der Lufttemperatur. Bei Körperruhe oder sitzender Tätigkeit in einem Raum mit einer Lufttemperatur von 23°C kann bereits eine mittlere Luftgeschwindigkeit von mehr als 0,2 m/s über längere Zeitspannen zum Zuggefühl führen (Siehe DIN 1946 Teil 2).

[1] 1 clo = Wärmeleitwiderstand von Sommer-Straßenbekleidung (clothing)

4.3 Unfallverhütungsvorschriften (UVV'en)

Die Unfallverhütungsvorschrift Kälteanlagen (VBG 20) und die Berufsgenossenschaftlichen Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 21 Kältearbeiten enthalten Bestimmungen über:

- Kühlräume,
- das Arbeiten in Kälte,
- Aufenthaltszeiten in Kühlräumen,
- arbeitsmedizinische Untersuchungen und
- Gefahren von Kälte.

Es heißt, an Arbeitsplätzen, an denen durch Luftbewegung dem Körper Wärme entzogen wird, sind die Beschäftigten besonders gefährdet.

5.0 Planungshinweise

5.1 Grundlegende Planungshinweise

Vorplanung, klimatechnische, physiologische und arbeitsstättenrechtliche Grundlagen erfüllen bereits die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Planung einer RLT-Anlage mit dem *AIRTEX*-System. Hier werden generelle Planungshinweise gegeben und für verschiedene Raumarten zusammengefaßt.

Die Errichtung von RLT-Anlagen ist erforderlich:

- für Räume, in denen sich der üblichen Nutzung entsprechend eine größere Anzahl von Menschen auf kleinem Raum (bei Unterschreitung eines spezifischen Raumvolumens von 5 m³ pro Person) über längere Zeit (länger als eine Stunde) aufhält,
- für Räume, in denen ein größeres Raumvolumen als 5 m³ pro Person zur Verfügung steht, die jedoch bei einseitiger freier Lüftungsmöglichkeit und einer lichten Höhe bis 3,4 m eine größere Raumtiefe als 8,4 m, bzw. darüber hinaus das 2,5 fache der Raumhöhe erreichen,
- für Räume, die bei zweiseitiger freier Lüftungsmöglicheit und einer lichten Raumhöhe von mindestens 3,0 m eine größere Raumhöhe erreichen,
- für fensterlose Räume,
- für Räume mit nicht zu öffnenden Fenstern wegen
  - eines zu hohen Außenlärmpegels
  - einer zu hohen Schadgaskonzentration der umgebenden Atmosphäre
  - extremer Windverhältnisse
  - zu hoher Konzentration gefährlicher Stoffe und/oder Keime im Rauminnern,
- für Räume, in denen durch betriebliche Verfahren große sensible und/oder latente Wärmelasten (Kühl- und Heizlast) und/oder Verunreinigungen freigesetzt werden,
- für Räume, in denen definierte Raumluftzustände (Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit, Keimpegel) in vorgegebenen Grenzen gehalten werden müssen.

Planungstechnischer Vergleich der Verdrängungslüftung und Mischlüftung

Verdrängungslüftung	**Mischlüftung**
Vorteile einfache technische Konzeption geringe Investitions- und Betriebskosten AIRTEX-System besonders geeignet	individuelle Raumtemperaturregelung für jeden Raum Induktionsgeräte übernehmen Grundheizlast bei Stillstand der RLT-Anlagen AIRTEX-System geeignet
Nachteile allen Raumgruppen (Zonen) wird Luft des gleichen thermischen Zustandes zugeführt unterschiedliche innere Wärmelasten werden nur mit zusätzlichem Aufwand erfaßt	hohe Investitions- und Wartungskosten nur für Räume bis max. 6 - 8m Raumtiefe einsetzbar hoher regelungstechnischer Aufwand
Anwendungsbereich einfache Art der RLT-Anlagen Niedergeschwindigkeitsanlagen werden bei öffentlichen Bauvorhaben bevorzugt eingesetzt	bei hohen Ansprüchen an individuelle Temperaturregelbarkeit in kleinen Räumen (Zonen) bei Forderung nach flexibler Raumaufteilung

Schallschutz
Für den durch RLT-Anlagen erzeugten Schalldruckpegel gelten grundsätzlich die Werte für niedrige Anforderungen nach DIN 1946 Teil 2 - Raumlufttechnik - Gesundheitstechnische Anforderungen - . Die vom Nutzer geforderten Schalldruckpegel im Raum sind unter der Berücksichtigung des zu erwartenden Grundschallpegels kritisch zu prüfen.

Das *AIRTEX*-System erspart im allgemeinen den Einsatz von Schalldämpfern. Bei gleichmäßiger Raumaufteilung der textilen *AIRTEX*-Kanäle wird ein Schalldämpfungsmaß von etwa 3 - 8 dB erreicht.

Brandschutz
Die Planung von RLT-Anlagen ist bezüglich der brandschutztechnischen Anforderungen mit den örtlich für den vorbeugenden Brandschutz zuständigen Behörden abzustimmen. An die von den Brandschutzbehörden festgesetzten Brandabschnitte soll die Leitungsführung soweit wie möglich angepaßt werden. Das Durchfahren von Brandabschnitten ist möglichst zu vermeiden. Bei der Entscheidung über den Einbau von Brandschutzklappen oder Materialwahl der *AIRTEX*-Luftleitungen ist zu berücksichtigen, daß Brandschutzklappen im allgemeinen einen elektrischen Anschluß erfordern und einer ständigen Wartung unterliegen.

Anlagensystem und Luftstrom
Bei der Auswahl der Anlagensysteme und der Bemessung der Luftströme sind folgende Hinweise zu beachten

- Die Forderungen an Lufttemperatur und Luftfeuchte sind auf das für die Raumnutzung notwendige Maß zu beschränken.
- Der Luftstrom ist unter Anwendung geeigneter Berechnungsverfahren zu ermitteln.
- Räume und/oder Raumgruppen mit ähnlichen Anforderungen sind zu einer raumlufttechnischen Zone zusammenzufassen.
- Verwendung von Raumabluft als Zuluft für untergeordnete Bereiche (z.B. RLT-Anlagen für Tiefgaragen)
- Die Gleichzeitigkeit von Heiz- und Kühllasten bezogen auf die spezifischen Nutzungsbedingungen sind im Einzelfall zu berücksichtigen.
- Keine Pauschalierung von Gleichzeitigkeitsfaktoren.
- Die Kühlleistung einer Kälteversorgungsanlage ist grundsätzlich auf eine maximale Außentemperatur von 26°C, 50 %r.F., entsprechend 52,5 kJ/kg Außenluftentalpie, auszulegen. Bei höheren Außentemperaturen steigt die Raumlufttemperatur an (abgebrochene Kühlung).

Luftleitungen
Die Luftleitungen des *AIRTEX*-Systems sind hinsichtlich des Energieaufwandes (VDI 3803), der Schalldämpfung und des Temperaturabfalls (VDI 2087) und der Luftverteilung (TLT-Diagramme) optimiert.

5.2 Bürobereich 19°C bis 28°C
Soweit nach Maßgabe der RLT-Anlagen zwingend notwendig sind, gelten für die einzelnen Anwendungsbereiche nachfolgende Anforderungen und Auslegungsdaten. Die angegebenen Temperaturen für den Heizbetrieb sind Bemessungsgrundlagen; im Betrieb kann es vielfach notwendig werden, um 1°C - 2°C höhere Zulufttemperaturen einzuhalten.

Die Luftführung sollte möglichst bei Verdrängungslüftung von unten nach oben erfolgen. Mischlüftung von oben nach unten oder von oben nach oben ist möglich.

Büroraum

Außenluftstrom	30 m³/h Person
Lufttemperatur (Heizbetrieb)	20°C
Luftfeuchte	30 bis 65 %r.F
Luftgeschwindigkeit	≤ 0,2 m/s
Schalldruckpegel	≤ 40 dB(A)

Großraumbüro
Großraumbüros mit Grundflächen ≥ 400 m² sollen mit RLT-Anlagen ausgerüstet werden, da hier erfahrungsgemäß eine freie Lüftung nicht ausreichend wirksam wird.

Außenluftstrom	50 m³/h Person
übrige Parameter wie Büroraum	
Schalldruckpegel	≤ 50 dB(A)

5.3 Datenverarbeitungs-(DV-)Räume
Datenverarbeitungs-(DV-)Räume erfordern in der Regel bedingt durch die Anforderungen der DV-Geräte und der Arbeitsmittel (Papier, Datenträger), sowie den notwendigen Gesundheitsschutz des Bedienungspersonals den Einbau von RLT-Anlagen.

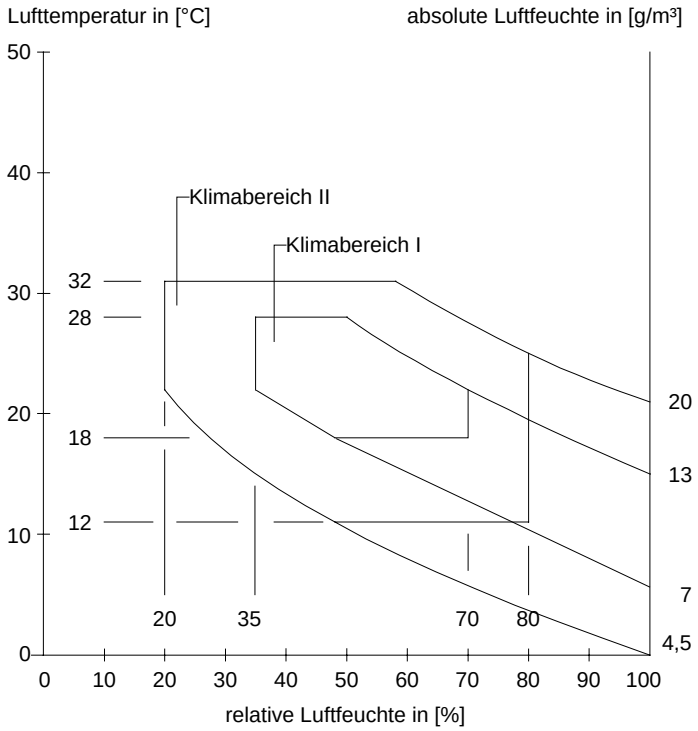

Abb. 17: Technoklimate für DV-Räume

Die Anforderungen an die Raumluftzustände sind im Einzelfall mit dem Gerätehersteller zu klären.
Als Anhaltspunkt für die Klimawerte kann das Diagramm, Abbildung 17, dienen. Während der Betriebs-zeiten der DV-Anlagen sind die Raumluftzustände des Klimabereiches I ständig einzuhalten.

Planungshinweise
Die Betriebszeiten der DV-Geräte und die raumklimatischen Anforderungen erfordern in der Regel für Datenverarbeitungsbereiche eine von anderen Raumgruppen des Gebäudes unabhängige RLT- und Kälteversorungsanlage.

Aus Gründen der Betriebssicherheit kann entsprechend den Nutzeranforderungen eine Leistungsaufteilung aller wesentlichen Anlagenteile auf zweimal 50 %, bei sehr hohen Anforderungen auf dreimal 40 - 50 % erforderlich werden.

Für die Zuführung der Zuluft haben sich Systeme in Bodennähe bewährt. Dabei wird den DV-Geräten und dem Raum in der Regel Zuluft des gleichen thermodynamischen Zustandes zugeführt (Verdrängungslüftung). Wenn spezifische Wärmelasten von 300 W/m² Nutzfläche überschritten werden, sind örtliche Luftgeschwindigkeiten unvermeidlich, die höher liegen, als die in DIN 1946 Teil 2 - Raumlufttechnik - Gesundheitstechnische Anforderungen - angegebenen Grenzwerte. Es ist jedoch darauf zu achten, daß im Aufenthaltsbereich des Bedienungspersonals die Grenzwerte der Norm eingehalten werden. Die Abluftführung sollte an der Decke erfolgen.

Eine schwerpunktmäßige Erfassung der Abluft in den wärmeintensiven Bereichen ist anzustreben. Dabei ist zu untersuchen, ob die entstehende Abwärme über Wärmerückgewinnungsanlagen anderen Nutzungsbereichen zugeführt werden kann.

Aus Gründen des Brandschutzes bei der Datensicherung kann es erforderlich werden, zusätzliche Brandabschnitte innerhalb des DV-Bereiches einzurichten.

Zuluftstrom:	Berechnung nach der inneren Wärmelast (Wärmeabgabe der DV-Geräte nach Herstellerangaben). Als minimale Zulufttemperatur ist 19°C anzusetzen.
Lufttemperatur und Luftfeuchte:	siehe Diagramme, Abbildung 17
Schalldruckpegel:	55 dB (A)

5.4 Kältebereiche -25°C bis +16°C

Für den Einsatz in den Kühlbereichen -5°C bis +10°C und 10°C bis 16°C und im Tiefkühlbereich -25°C bereitet die Planung keine Schwierigkeiten, da das an der Decke abgehängte *AIRTEX*-System hierfür besonders geeignet ist. Durch die herabfallende Kaltluft ist gleichermaßen Verdrängungs- und Mischlüftung möglich.

Außenluftstrom:	40 bis 60 m³/h Person bei ständig besetzten Arbeitsplätzen, darf bis zu 50 % unterschritten werden Klimawerte nach hygienischen Anforderungen an die Lagergüter
Luftgeschwindigkeit im Bereich von Arbeitsplätzen:	≤ 0,2 m/s
Schalldruckpegel	ab 60 dB(A)

Protokoll über die Funktionsmessung nach VDI 2079 (Muster)

Bauvorhaben (Gebäudeteil) :_____

Anlage :_____

Auftraggeber :_____

Auftragnehmer :_____

Leistung (Gewerk/LB) :_____

Auftrag vom :_____

Tag der Messung :_____

Außenverhältnisse :_____ Lufttemperatur: _____°C Feuchte: _____%

heiter - trübe - gemischt - bewölkt[2]

Windverhältnisse :_____

Messung	in Ordnung	Mängel	Bemerkungen
1. Stromaufnahme des Antriebmotors a.) Zuluftventilator b.) Abluftventilator			
2. Luftstrom der Anlage a.) Zuluft b.) Außenluft c.) Abluft			
3. Lufttemperatur im Zuluftkanal			
4. Luftfeuchte im Zuluftkanal			
5. Druckabfall am Filter			
6. Luftstrom für den Raum a.) Raumzuluft b.) Raumabluft			
7. Lufttemperatur im Raum			
8. Luftfeuchte im Raum			
9. Schalldruckpegel a.) im Raum b.) außerhalb des Gebäudes			
10. Raumluftgeschwindigkeit			

_____, den _____ _____
für den Auftraggeber

_____
für den Auftragnehmer

[2]nicht zutreffendes bitte streichen

Referenzen

Lebensmittel-, Fleisch-, Fisch- und Wurstverarbeitung
Bochumer Fleischhandel, Bochum
Gallus Geflügel GmbH, Lohne
Geflügelschlachterei Freystadt
Geflügelschlachterei Moeckern
Geti Wilba Wild- und Geflügel-Spezialverarbeitung GmbH & Co. KG, Bremervoerde
Heiploeg, Zoutkamp / Niederlande
Homann Lebensmittelwerke, Dissen
Kaiser`s Kaffee, Viersen
Kleiber GmbH, Memmingen
Kortschak GmbH, Melle
Müller-Fleisch, Birkenfeld
Nestle Herta, Herten
Fischverarbeitung Ouwe Hand, Katwijk / Niederlande
Fleischwarenfabrik Schooree, Neuss
Posch Fertigmenüs, Assling
Reinert GmbH, Versmold
Schlachthof Stuttgart
Schulte, Mönchengladbach
Seefischmarkt und Hafenumschlag Cuxhaven GmbH, Cuxhaven
Stahl GmbH, Soest
Südfleisch GmbH, München

Obst- und Gemüseläger
Edeka Zentrallager, Heddesheim
Edeka Zentrallager, Heidesheim
Edeka Zentrallager, Meckenheim
Edeka Zentrallager, Moers
Edeka Zentrallager, Offenburg
Massa, Hassloch
Massa, Troisdorf
REWE Frischelager, Hürth
REWE Frischelager, Wiesloch
Schwabfrucht GmbH, Busek
Tengelmann, Mülheim

Süßwaren
Böhme-Schokoladen GmbH, Delitzsch bei Leipzig
Confidessa-Sawade, Berlin
Max Weiss Lebkuchenfabrik, Neu-Ulm
Tengelmann, Mülheim
Villosa, Hagen
Wissoll, Mülheim

Tiefkühlbereich
Langnese-Iglo GmbH, Reken
Milchhof-Eismann GmbH, Mettmann

Brauereien
Dortmunder Actien Brauerei AG, Dortmund
König-Brauerei, Duisburg

EDV-Räume
Bosch Telekom, Backnang
EZI GmbH, Haiger
Stadtsparkasse, Düren
Stadtsparkasse, Köln
US-AIRBASE, Kaiserslautern

Technologie und Labor
BASF, Ludwigshafen
Charité Endokrinologie, Berlin
Ges. für Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig
H.I.H. Krankenhaus GmbH, Bremen
Knoll AG Laborräume, Ludwigshafen
Lurgi Öl Gas Chemie GmbH, Pharmalabor Shanghai
Max Planck Institut, Berlin
Peroxid Chemie, Pullach
Siloah Krankenhaus, Hannover
Stichting Revalidatie Limburg (Lucasklinik), Hoensbroek / Niederlande

Molkereien
Milchwerke Straubing
Molkerei Bauer, Wasserburg
Onken, Moers
Tuffi, Lindlar
Molkereizentrale Oldenburg

Objektbereich
3M, Hilden
ATP GmbH, Berlin
Bache Mode, Rheinberg
Cewe Color AG, Oldenburg
Ford, Köln
Gilette, Berlin
Göbel Hummel-Figuren GmbH, Rödental
HUGO BOSS Textile Industry, Ltd., Izmir / Türkei
Internationale Blumenversteigerung, Alsmeer / Niederlande
MAN Roland Druckmaschinen AG, Mülheim am Main
Nordenia-Kunststoffe, Steinfeld
ntv-Studio, Berlin
Opel AG, Rüsselsheim
Pfaff-Werke, Kaiserslautern
Phillip Morris, Berlin

Sportstätten
TO Reko Sporthalle, Gransee
Turnhallen in Oberstufenzentrum, Berlin