

Die Luftkonditionierungsanlage in der chemischen Industrie

Von P. STUDER, Ingenieur

Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur

Die chemische Industrie im gesamten gesehen, einschließlich ihrer verwandten Gebiete, dürfte heute wohl die vielfältigsten Probleme und Anforderungen an die Technik der Luftkonditionierung stellen.

Unter verwandten Gebieten sind dabei diejenigen Industrien verstanden, die zur Herstellung irgendeines Teil- oder Fertigfabrikates weit in die Chemie hineingreifen. Man denke da beispielsweise an die Herstellung der Kunststoffe und Kunststoff-Fasern, wie Grilon, Nylon usw., die bis zum Stadium ihrer mechanischen Verarbeitung ein rein chemisches Produkt darstellen.

Auch bestimmte Gebiete der Lebensmittel- und Genußmittelindustrie können dazu gezählt werden.

Daß die *industrielle Luftkonditionierung*, deren Anwendung sich früher fast ausschließlich auf Textilfabriken beschränkte, kein Luxus mehr, sondern eine absolute Notwendigkeit ist, dürfte heute im Zeitalter der Maschine, der Massenherstellung und der möglichst weitgehenden Ausschaltung des Menschen auf dem Sektor der eigentlichen Fabrikation, kaum mehr ernstlich bestritten sein. So gibt es zum Beispiel eine ganze Anzahl relativ billiger Massenprodukte, zu deren rationeller Fabrikation eine einwandfrei arbeitende Luftkonditionierung Bedingung ist.

Die Massenherstellung, erwähnt seien hier als weiteres Beispiel die Tablettierung sowie die Abfüllung und Verpackung in der chemischen Industrie, erfordert sehr präzise und mit kleinen Toleranzen arbeitende Maschinen. Dieselben müssen nun ihrerseits, um einen möglichst störungsfreien Lauf zu erzielen, unabhängig von den Außenbedingungen arbeiten können, was nur mit einer die Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen über das ganze Jahr ausschaltenden Luftkonditionierung erreicht werden kann.

Auf Grund der Forderungen der verschiedenen Arbeits- und Fabrikationsgebiete in der chemischen Industrie lassen sich die Luftkonditionierungsanlagen rein summarisch in folgende vier Hauptgruppen unterteilen, wobei selbstverständlich innerhalb derselben noch eine ganze Reihe Variationen möglich ist:

1. Anlagen, die dem *reinen Komfort* des Menschen dienen, d. h. Einhaltung bestimmter optimaler Arbeits-

bedingungen in bezug auf Temperatur, Raumfeuchtigkeit, Staubgehalt, CO₂-Gehalt, Abfuhr der Ekelstoffe usw. Dabei sind diese optimalen Bedingungen für verschiedene Beschäftigungsarten ebenfalls verschieden, indem beispielsweise ein körperlich Arbeitender andere Temperaturen und Feuchtigkeiten als die angenehmsten empfindet, als eine Person mit absolut ruhender Beschäftigung.

2. Anlagen zur Einhaltung eines ganz *bestimmten Raumklimas nach den Forderungen der Fabrikation*, wobei hier häufig die Komfortansprüche des Menschen berücksichtigt werden können, jedoch vom fabrikationstechnischen Standpunkt aus die Konstanz des einzuhaltenden Klimas primären Charakter haben kann.

3. Anlagen zur Einhaltung eines bestimmten Raumklimas, *unabhängig irgendwelcher Komfortansprüche des Menschen*. Es handelt sich hier um Trockenanlagen, Klimalanlagen für Brutschränke, Anlagen für Abfüllschränke mit extrem trockener Luft zum Abfüllen hochhygroscopischer Produkte usw.

4. Anlagen zur *Entfernung oder Verdünnung anfallender Lösungsmitteldämpfe, Gase, Nebel, Staub*. Diese Anlagen dienen einerseits dazu, das Bedienungspersonal vor den schädlichen Einwirkungen der betreffenden Stoffe auf den menschlichen Organismus zu bewahren, und andererseits zur Verhinderung des Entstehens explosiver Gas- bzw. Dampf-Luftgemische (Benzol - Aceton - Äther usw.). Je nach Verwendungszweck können diese Anlagen zusätzlich mit Absorptionsanlagen (Waschtürmen, Kohlefiltern usw.) kombiniert sein.

Welche Forderungen werden nun vom Betrieb aus an das Klima und damit an die Luftkonditionierungsanlage gestellt? Es seien in der Folge eine Anzahl typischer Arbeits-, Fabrikations-, Lagerräume usw. aufgeführt, für die eine bestimmte Luftbehandlung oder das Einhalten bestimmter Luftzustände unerlässlich oder zum mindesten erwünscht ist.

1. Büroräume

Die Luftkonditionierung dient in diesen Räumen dem *reinen Komfort*, d. h. um die *Arbeitsbedingungen des Personals auf einem Optimum zu halten*.

Es kommen einfache Zu- und Abluftanlagen zur Anwendung mit einem Frischluftanteil entsprechend der Besetzung, und zwar etwa 20 bis 40 m³/h und Person.

Die einzublasende Luft ist zu filtrieren, nach Bedarf zu heizen oder zu kühlen und in ziemlich weiten Grenzen zu entfeuchten oder zu befeuchten.

Die Beheizung der Räume geschieht in der Regel so, daß etwa 30 bis 50 % der Transmissionsverluste durch örtliche Heizflächen gedeckt, die mit Vorteil unter den Fenstern eingebaut werden. Die restlichen 70 bis 50 % werden durch die Luftkonditionierung gedeckt, die ihrerseits auf äußere Temperaturstürze nach oben oder unten sehr rasch zu reagieren vermag.

Die Erfahrung hat hier gezeigt, daß in unseren Breitengraden die Arbeitsintensität in gut belüfteten Räumen mit Sommer- und Wintertemperaturen sowie relativen Feuchtigkeiten, die dem Wohlbefinden des Menschen entsprechen, entschieden steigt, und zwar, wie Untersuchungen ergeben haben, bis etwa 20 %.

2. Allgemeine Laboratorien

Die Belüftung dient hier *normalerweise dem reinen Komfort der Insassen*. Es handelt sich somit um einfache Zu- und Abluftanlagen ohne Einhaltung allzu scharfer Klimabedingungen. Bei Anwesenheit von Kapellen wird die Abluft ausschließlich durch dieselben abgesogen. Andernfalls wird sie durch Absaugöffnungen in den Arbeitstischen dem Raum entnommen, um anfallende Gerüche, Gase und Dämpfe, auch aus den Schubladen, auf direktestem Weg abzuführen.

Mit Vorteil wird auch hier der örtlichen Heizung nur eine Grundlast zugeteilt, während der Rest der Transmissionsverluste durch die Lüftung gedeckt wird.

Einige Speziallabors ausgenommen, bei welchen infolge der Art oder der erhöhten Menge des Anfalls irgendeines Stoffes eine intensivere Durchlüftung notwendig

ist, genügt ein acht- bis zehnfacher stündlicher Luftwechsel.

Besondere Sorgfalt verlangen biologische Laboratorien, indem hier auf jeden Fall eine Überdrucklüftung vorzusehen ist, wobei in die Zuluftanlage unter Umständen zusätzlich zu den normalen Filtern Elektrofilter oder Keimfilter eingebaut werden müssen.

Als weitere Maßnahme zur Keimfreimachung der Zuluft kann auch die Bestrahlung derselben in Frage kommen.

3. Pharmakologische Laboratorien

Pharmakologische Laboratorien, in welchen Tierversuche gemacht werden, sind im allgemeinen ähnlich den Operationsräumen zu behandeln, d. h. die Luftkonditionierungsanlagen sind auch hier in der Regel für Heizung und Kühlung vorzusehen, wobei das Hauptgewicht analog den biologischen Laboratorien auf einer einwandfreien Filtrierung sowie Temperaturhaltung und züglicher Einführung der Zuluft liegt.

Ein acht- bis zehnfacher Luftwechsel pro Stunde wird in der Regel auch für diese Räume genügen.

4. Pharmakologische Tierräume

In den Tierställen und Zuchträumen gilt es ein den natürlichen Lebensbedingungen der Tiere entsprechendes Raumklima zu schaffen, wobei besonders bei den Versuchstieren von ausschlaggebender Wichtigkeit ist, daß die einmal eingestellten Raumbedingungen absolut konstant gehalten werden.

Versuche haben gezeigt, daß die notwendige Luftmenge zur Abfuhr der aus der Atmung und Ausscheidungen aus der Haut der Tiere sowie aus feuchter Unterlage, Harn usw. anfallenden Feuchtigkeit im allgemeinen genügt, um gleichzeitig auch die übrigen schädlichen Gase, wie Ammoniak, CO₂, Ekelstoffe usw., abzuführen.

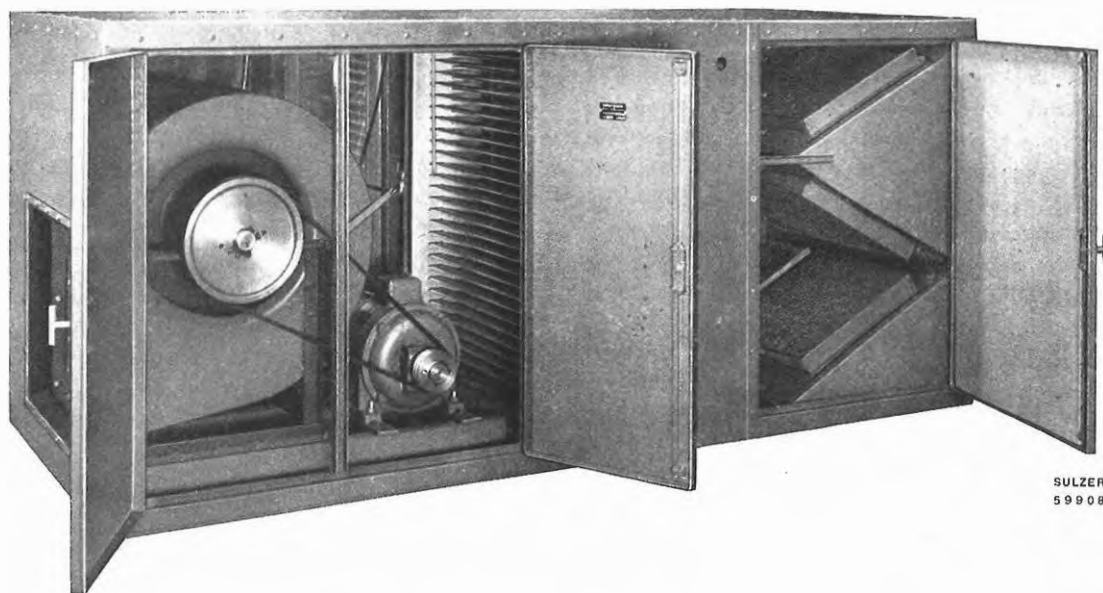


Abb. 1. Sulzer-Zuluftapparat, enthaltend Filter, Heiz- und Kühlbatterie sowie Ventilator mit Motor

Zur Erreichung gesunder Luftverhältnisse kann bei einer Raumtemperatur von etwa 20 bis 22°C mit einer relativen Feuchtigkeit von etwa 65 bis 60 % gerechnet werden. Durchschnittlich können mit einem ungefähr acht- bis zehnfachen stündlichen Luftwechsel die erwähnten Verhältnisse in bezug auf die Feuchtigkeit erreicht werden.

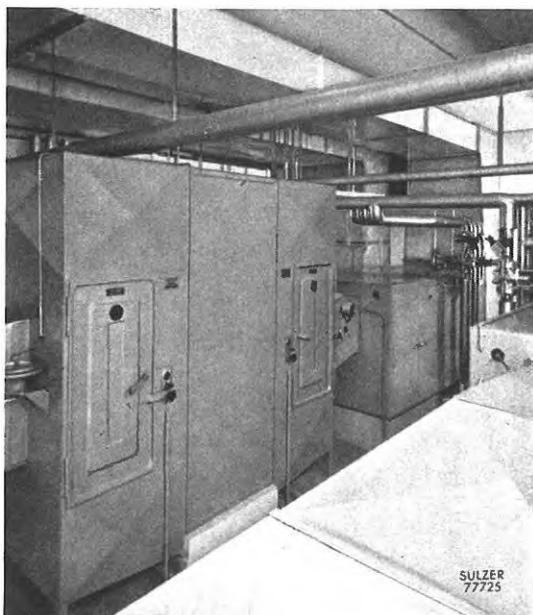


Abb. 2. Klimazentrale mit Elektrofilter und Sulzer-Zuluftapparaten im Laborgebäude einer chemischen Fabrik

Besondere Aufmerksamkeit ist der *möglichst zugfreien Einführung der Zuluft* zu schenken, da besonders Tiere im Versuchsstadium außerordentlich empfindlich auf Zugscheinungen reagieren, womit unter Umständen lange und kostspielige Versuchsreihen in Frage gestellt werden können.

Aus dem gleichen Grunde kommt für diese Anlagen nur eine *vollautomatische Regulierung* der Temperatur und Feuchtigkeit mit den notwendigen Sicherheitsvorrichtungen gegen zu kaltes Einblasen der Zuluft bzw. Ausbleiben der Wärme in Frage.

5. Betriebs- und Fabrikationsräume

Diese Räume stellen eine weitere große Gruppe in der Luftbehandlung dar. Da es sich bei den heutigen Fabrikationsprozessen gewöhnlich um eigentliche Maschinenräume mit Autoklaven, Rührwerken, Mischtrommeln, Reaktoren usw. handelt, werden hier, einige bestimmte Fabrikationsräume mit besonderen Verhältnissen ausgenommen, die Anforderungen durch den Menschen auf gute Luftverhältnisse maßgebend sein.

Durchschnittlich wird für diese Räume ein etwa sechsfacher stündlicher Luftwechsel genügen, unter der Voraussetzung, daß kontinuierlich oder periodisch anfallende Gase oder Dämpfe nicht in den Raum gelangen, sondern möglichst an ihrer Entstehungs- oder Austrittsstelle erfaßt und abgeführt werden. Zu diesem Zwecke

sind die Abluftanlagen entsprechend zu disponieren oder aber es sind Hauben, Verschaltungen usw. zur Erfassung dieser flüchtigen Stoffe vorzusehen.

Gegebenenfalls sind in diese Absauganlagen, wie bereits eingangs erwähnt, Absorptionsanlagen (Waschtürme, Kohlefilter usw.) einzubauen. Normalerweise erhalten diese Räume Lüftungsanlagen, die mit leichtem Überdruck arbeiten. Die Heizung geschieht, auch hier wieder gewisse Sonderfälle ausgenommen, am zweckmäßigsten ausschließlich durch die Lüftung, seien es einzelne Luftheizapparate oder aber eine Zentralanlage.

Besondere Aufmerksamkeit ist den Baumaterialien der Abluftanlagen zu schenken.

6. Façonierung - Tablettierung

Die Luftkonditionierungsanlagen dieser Räume haben verschiedenen Zwecken zu dienen. Einerseits sollen sie für angenehme Luftverhältnisse für das Personal sorgen, d.h. nebst dem Heizen und Kühlen soll eine möglichst *gute Entstaubung* erreicht werden. Andererseits soll durch Einhalten einer bestimmten maximalen relativen Feuchtigkeit die Staubbildung reduziert werden, sofern eine solche Feuchtigkeit infolge Verarbeitung stark hygroskopischer Materialien überhaupt zulässig ist.

Eine relative Feuchtigkeit von etwa 60 % dürfte die obere Grenze darstellen, da höhere Feuchtigkeiten bei ausgeführten Anlagen auf gewissen Tabletten Fleckenbildung ergaben, ferner Störungen im eigentlichen Preßvorgang.

Auch hier wieder: Absaugung des Staubes möglichst an der Entstehungsstelle, und zwar so, daß sich das Bedienungspersonal auf jeden Fall außerhalb der Zone des Staubanfalls befindet, da gewisse Stoffe in der bei der Verarbeitung auftretenden Menge durch das Einatmen gesundheitsschädigend wirken können.

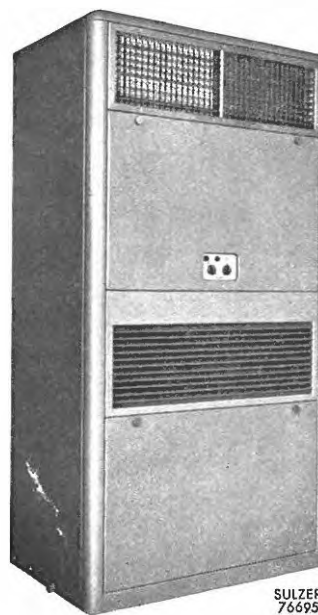


Abb. 3. Sulzer-Klimaapparat mit eingebauter Freon-Kältemaschine zur Konditionierung größerer Räume

7. Ampullenabfüllräume

Ganz speziell hohe Ansprüche an die Staubfreiheit der Raumluft stellen die Ampullenabfüllräume. Trotz großer Sorgfalt des Personals, Überkleidern aus dichter und wenig fasernder Baumwolle, Gummiüberschuhen usw. ist es schwierig, die Anforderungen an die Reinheit des Ampulleninhaltes in denjenigen Räumen zu erfüllen, die als Ganzes konditioniert werden.

Wo es die Fabrikation und die örtlichen Verhältnisse erlauben, beschränkt man sich deshalb mit Vorteil darauf, nur die unmittelbare Umgebung der Füllstation staubfrei zu halten, indem man die Reinluft durch einen Kanal bis über die Apparatur führt und senkrecht nach unten ausbläst, oder noch besser, indem man sie von unten rings um den Füllapparat nach oben austreten läßt. Dadurch wird ein *Reinluftmantel* geschaffen, der den Zutritt von Staub aus dem Abfüllraum auf ein absolutes Minimum zu beschränken vermag.

Es kann damit nicht nur eine viel bessere Luftreinheit am Apparat selbst erreicht werden, sondern auch eine Anlage- und Betriebskostensparnis, da man mit einer kleineren Reinluftmenge auskommt.

Durch eine solche Lüftungsanlage, die in ihrer Leistung natürlich nicht mehr ausreicht, den ganzen Abfüllraum zu konditionieren, wird die Zugänglichkeit zu allen Teilen der Füllapparatur nicht behindert, während der erreichbare Grad der Staubfreiheit in der Regel normalen Ansprüchen genügt.

Eine sehr gute Lösung ergibt die Kombination beider Systeme, d. h. *Raumluftkonditionierung durch eine normale Klimaanlage und Schaffung eines Schleiers hochfiltrierter Luft um die Füllapparatur herum.*

Den ganzen Abfüllapparat in einen Kasten einzuschließen, dürfte infolge der Behinderung in der Handhabung nur in Spezialfällen in Frage kommen.

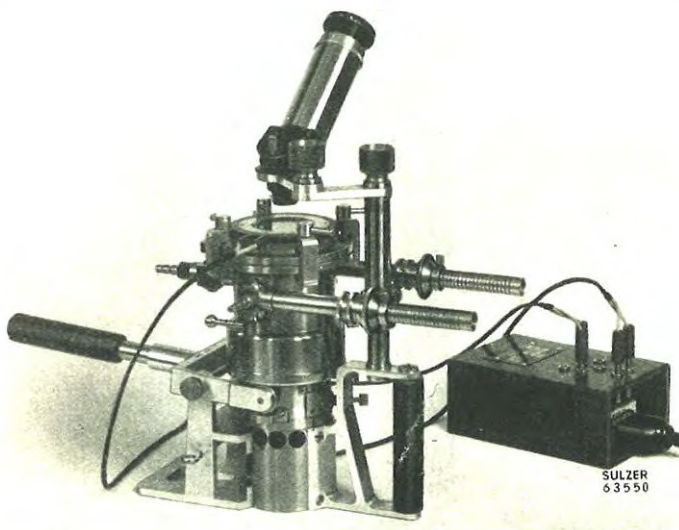


Abb. 5. Kondensationskernzähler nach dem Prinzip der WILSON-Kammer. Feststellung von Kondensationskernen von etwa 0,1 bis 0,002 μ Durchmesser

Zur Messung und vor allem zur raschen Messung des Gehaltes an Feinstaub im Raum oder in der Einblaseluft hat sich speziell der *Kondensationskernzähler* sehr gut geeignet, der Teilchengrößen zwischen etwa 0,002 μ und 0,1 μ anzeigt.

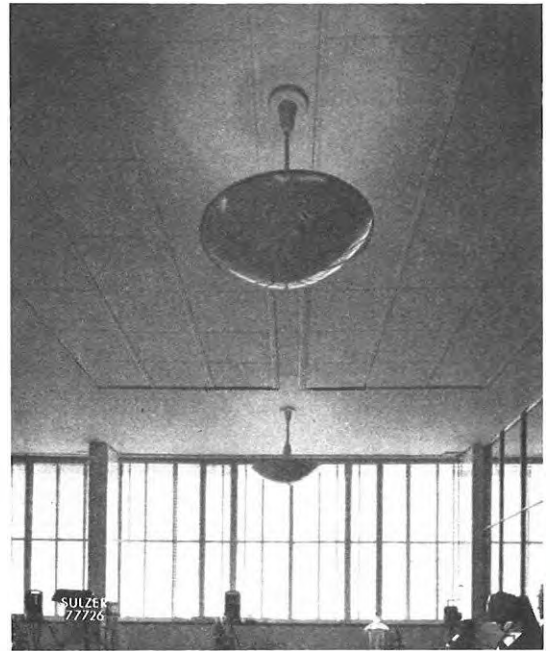


Abb. 4. Zuluft eintritt durch eine perforierte, zur Reinigung wegnehbare Metalldoppeldecke in einem Ampullenabfüllraum

Eine Kontrolle nach Gewicht oder nach dem Schwärzungstest wird kaum in Frage kommen, da es sich infolge der bei diesen Anlagen zur Verwendung gelangenden Filter um sehr kleine Gewichtsmengen und Fraktionen handelt, für welche, um meßbare Mengen zu erhalten, längere Zeit (mehrere Tage oder Wochen) benötigt würde.

Bei einer ausgeführten Anlage, welche den Raum als Ganzes konditionierte, wurden mit dem Kondensationskernzähler folgende Kernzahlen in der oben erwähnten Größenordnung gemessen:

Außenluft	60 000 Kerne/cm ³
Nach den Filtern der Luftkonditionierungs- anlage	5 000 Kerne/cm ³
Im Raum selber	22 000 Kerne/cm ³

Diese Zahlen zeigen eindrucklich, daß im Raum selbst durch die Personen, durch die Bunsenbrenner zum Zerschmelzen der Ampullen usw. eine gewisse Menge Staubteilchen bzw. Kondensationskerne anfällt, was die vorerwähnte Lösung bestätigt, um den Füllapparat einen Reinluftschleier zu legen.

8. Kapellen

Kapellen erhalten in der Regel einen etwa zweihundertfünfzigfachen Abluftwechsel/h, was auf das betreffende Labor, in welchem sich die Kapelle befindet, einen durchschnittlich etwa achtfachen Luftwechsel ergibt.

Die Abluft wird im Innern der Kapelle oben und unten entnommen. Die Ersatzluft strömt durch Schlitze unmittelbar über dem Kapellentisch aus dem umliegenden Raum nach.

Die Disposition der Abluftanlage wird so getroffen, daß auf jeden Fall der Transportkanal unter Unterdruck steht und daß die Gase auf kürzestem Weg ins Freie befördert werden. Ob bei der Vornahme bestimmter Arbeiten in den Abluftkanal noch eine Absorptionsanlage einzubauen ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden.

9. Trockenräume

Sehr hohe Anforderungen an die Luftkonditionierungsanlage und deren Automatik stellen die Trockenräume.

Vorgängig der Berechnung und Dimensionierung der Anlage muß das Verhalten des Trockengutes während des Trockenprozesses genau ermittelt werden, eventuell unter Vornahme von Versuchen.

Es sind folgende Fragen abzuklären:

- a) Wasser- bzw. Lösungsmittelentzug während des Trockenprozesses, d. h. Naß- und Trockengewicht des Trockengutes.
- b) Bis zu welcher Höhe kann die Trockentemperatur gesteigert werden, ohne daß am Trockengut chemische, physikalische oder Farbveränderungen auftreten.
- c) Minimale zulässige Dauer des Prozesses. Treten bei sehr rascher Trocknung Oberflächenverkrustungen, welche die Tiefentrocknung erschweren, oder direkt Oberflächenzerstörungen auf.
- d) Bestimmung der Feuchtigkeit der eintretenden Trockenluft.
- e) Bestimmung des maximal zulässigen Feuchtigkeitgefälles zwischen eintretender und austretender Luft. Dieser Wert beeinflußt direkt die Leistung der Anlage.
- f) Für die Bestimmung der Reglerart ist ferner von größter Wichtigkeit, ob in dem zu messenden Luftstrom hygroskopischer Staub, wie Zucker, Salz usw., herrührend vom Trockengut, mitgerissen wird.

Die Regulierung ist zu bauen entweder für *Konstanzhaltung der Trockenluft* innerhalb der kleinstmöglichen Toleranzen, oder aber unter Zwischenschaltung eines Programmreglers für *Veränderung des Trockenluft-Zustandes entsprechend dem Fortschreiten des Trockenprozesses*.

Die Trockenluft wird aus Wirtschaftlichkeitsgründen entsprechend dem Fortschreiten des Trockenprozesses mit mehr oder weniger Umluft gemischt, sofern es sich um Wasser handelt, das zu verdunsten ist. Handelt es

sich dagegen um Lösungsmittel, so wird in der Regel reine Frischluft verwendet, die nach erfolgter Lösungsmittelaufnahme als Abluft ins Freie ausgeblasen wird.

Daß die Luft das Trockengut gleichmäßig und im Sinne einer Parallelschaltung um- oder durchströmen muß, braucht kaum besonderer Erwähnung.

Als hauptsächlichste Trockenarten dürften die folgenden in Frage kommen:

I. Trocknung mit unterkühlter und nacherwärmter Luft. Die Unterkühlung kann dabei mittels Kaltwasser aus dem Leitungsnetz erfolgen, sofern die Temperatur des ersteren tief genug ist, oder kleine Wassermengen auszuseiden sind, oder aber unter Verwendung einer Kältemaschine für direkte oder indirekte Kühlung.

II. Trocknung mit Silikagel, wobei bei diesem System für kontinuierliche Trocknung, oder unterbrochene, jedoch über eine längere Zeitdauer erfolgende Trocknung, der eigentliche Trockenteil doppelt ausgeführt werden muß. Während der eine Teil in den Trockenprozeß eingeschaltet ist, muß der andere regeneriert werden. – Für die Regenerierung kann mit einem Wärmeverbrauch von etwa 1500 bis 1700 kcal/kg Wasser gerechnet werden.

III. Für spezielle Zwecke besteht zudem die Möglichkeit der *Trocknung mit Aluminiumoxyd oder aber mit Zinkchlorid, Lithiumchlorid, Calciumchlorid usw.*

Welches Verfahren in einem besonderen Fall anzuwenden ist, wird in erster Linie durch das Trockengut selbst bestimmt, ob das physikalische nach Position I oder das chemische nach Positionen II und III; dann aber auch durch wirtschaftliche Faktoren, Stromverbrauch, Bedienung usw.

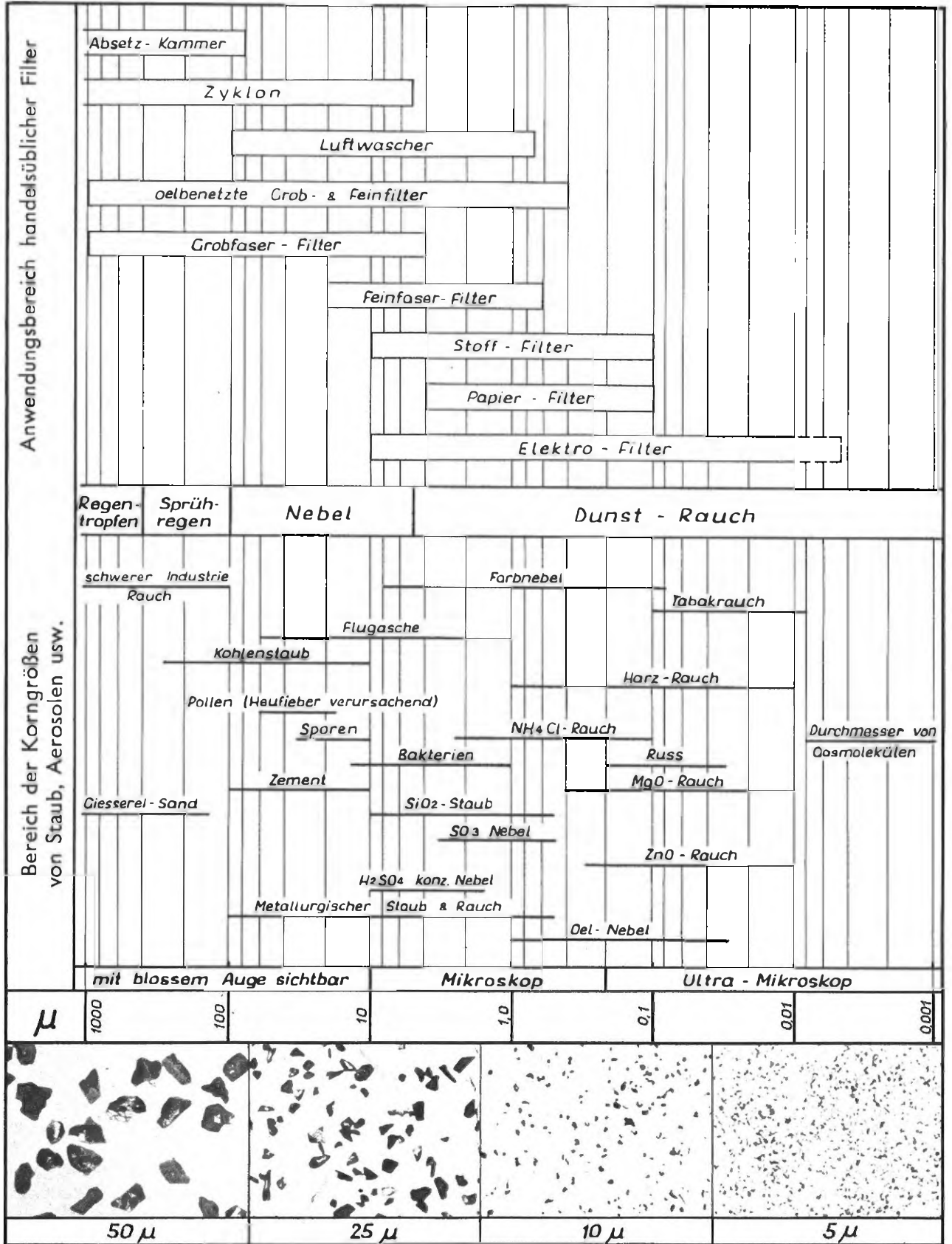
Für nachstehende Materialien bzw. Fabrikate können beispielsweise die folgenden Trockentemperaturen angenommen werden:

Chinin	etwa 60°C
Casein	etwa 40–70°C
Kopru	etwa 60°C
Stärke	etwa 60–70°C
Dragées, je nach Art und Beschaffenheit der Oberfläche, deren Anzahl Schichten und Material.	etwa 30–50°C
Lösungsmittel enthaltende Materialien, entsprechend der Verdampfungs-temperatur des betreffenden Lösungsmittels	etwa 60–100°C

10. Versuchs- und Kontrollräume

Es handelt sich hier in der Regel um relativ kleine Räume oder Schränke, die dazu dienen, das Verhalten irgendwelcher Fertigfabrikate, speziell pharmazeutischer Produkte, unter tropischen oder arktischen Bedingungen festzustellen. Normalerweise müssen die hierzu vorgesehenen Anlagen beiden Anforderungen gerecht werden, so daß sie über einen sehr großen Regellbereich zu arbeiten haben, und zwar für Temperaturen zwischen etwa –20 und +40°C und relative Feuchtigkeiten zwischen etwa 20 und 95 %.

Für pharmazeutische Versuche muß die einzublasende Luft unter Umständen noch steril sein.



SULZER
7744B

Silicium-Carbid

Vergrößerung 100 : 1

1 mm = 10 μ

Abb. 6. Filtertypen und Teilchengrößen

11. Lagerräume

Besonders zur Lagerung pharmazeutischer Produkte sind die Räume innerhalb gewisser Grenzen auf konstanter Temperatur zu halten. Diese Forderung bezieht sich speziell auf den Sommer, indem die Raumtemperatur den Wert von etwa 18 bis 20°C nicht überschreiten sollte, damit die Stoffe, die unter Umständen gewisse Zeit in diesen Lagern bleiben, «fabrikationsfrisch» in den Handel gelangen.

Es handelt sich hier in der Regel um einfache Anlagen zur Kühlung im Sommer und Heizung im Winter sowie einer gewissen Lüftung über das ganze Jahr.

12. Garderoben

Als letzte Gruppe seien noch die Garderoben erwähnt, und zwar speziell diejenigen, in welchen mit starken Gerüchen behaftete Überkleider und Berufsmäntel aufgehängt werden.

Diese Räume erfordern eine einfache Lüftungsanlage für Frischluftbetrieb.

Ein etwa acht- bis zehnmaler stündlicher Luftwechsel wird befriedigende Verhältnisse schaffen, wobei darauf zu achten ist, daß die Abluft durch die Schränke abzusaugen ist, während die Zuluft direkt in den Garderoberraum eingeblasen werden kann.

Ausführung der Anlagen

Welche Mittel stehen nun heute dem Lüftungsfachmann zur Erfüllung all dieser zum Teil vollständig diametral auseinandergelenden Forderungen zur Verfügung?

Die einfacheren Apparate, wie Ventilatoren – seien sie normaler oder funktensicherer Bauart, korrosionsfeste Abluftventilatoren usw., Pumpen, die dazugehörigen Motoren verschiedener Fabrikate und Konstruktion, Lufterhitzer und Luftkühler in normaler Lamellenbauart, Klappen usw., werden in ihrer Wirkungsweise und Bauart als bekannt vorausgesetzt, so daß von einer näheren Erläuterung an dieser Stelle abgesehen wird.

Es sei lediglich auf einige Fragen etwas näher eingetreten, die bei der Projektierung oder dem bevorstehenden Einbau einer Lüftungs- oder Luftkonditionierungsanlage nicht so ohne weiteres beantwortet werden können.

a) Filter

Welche Filterart ist für einen ganz bestimmten Zweck zu verwenden?

Maßgebend für die Wahl eines Filters sind nun nicht nur rein technische, sondern auch wirtschaftliche Faktoren, wie Kraftverbrauch, Aufwendung an Bedienung und Preis des Filtermaterials. Ganz allgemein ist ein höherer Ausscheidungsgrad immer verbunden mit einem größeren Kraftverbrauch oder aber mit erhöhtem Platzbedarf und damit erhöhten Installationskosten. Als einzige Ausnahme, speziell in bezug auf den Kraftverbrauch, ist hier das *Elektrofilter* zu erwähnen.

Der Fortschritt der Technik allgemein, die modernen Fabrikationsmethoden, die Verwendung von Präzisionsmaschinen, die immer höheren Anforderungen an die Fabrikate selber und nicht zuletzt der Ruf nach verbesserten Arbeitsbedingungen für das Personal führten in den letzten Jahren dazu, daß dem Staubproblem ganz speziell in der Industrie zwangsweise immer mehr Bedeutung zugemessen wurde.

Ganz besondere Aufmerksamkeit wird dem Staub in der chemischen Industrie mit ihren zum Teil hoch staubempfindlichen Produkten, wie beispielsweise diejenigen der Pharmazie, entgegengebracht.

Der Einbau auch der einfachsten Zuluftanlage ohne einen sich für den betreffenden Zweck eignenden Filter dürfte praktisch kaum mehr in Frage kommen.

Weitgehende Versuche der filterbauenden Firmen und Laboratorien haben dazu geführt, daß heute für jeden Fall, seien es Komfort- oder Industrielüftungen, der geeignete und wirksame Filter zur Verfügung steht.

Die vorstehende Abb. 6 gibt eine generelle Übersicht über die ungefähren Verwendungsbereiche der einzelnen Filtertypen.

Stofffilter werden nach Angaben der Lieferanten mit einer größeren Anzahl Lagen und sehr kleiner Beaufschlagung für Ausscheidung von Korngrößen bis etwa $0,1 \mu$ ausgeführt.

Besondere Beachtung verdienen die Elektrofilter, die sich zur Ausscheidung von allen Korngrößen bereits seit Jahren in der Industrie eingeführt haben. Als großer



Abb. 7. Ansicht eines Elektrofilters für eine Leistung von $120\,000 \text{ m}^3$ Luft pro Stunde

Vorteil ist zu erwähnen, daß der Durchflußwiderstand mit zunehmender Verschmutzung nur sehr schwach ansteigt. Die Abscheiderplatten können trocken oder zur besseren Haftung der Staubeilchen mit Öl benetzt verwendet werden.

Die Ionisationselektroden arbeiten mit einer Spannung von etwa 12000 Volt Gleichstrom, die Abscheiderplatten mit einer solchen von etwa 6000 Volt.

Das Elektrofilter weist im Vergleich zu anderen Filtern gleichen Abscheidungsgrades sehr kleine Dimensionen auf. Die Reinigung beschränkt sich auf einfaches Abspritzen mit Warmwasser.



Abb. 8. Hochspannungsgerät zum Elektrofilter

Anschlußleistung für

kleine bis mittlere Anlagen . . . etwa 60–200 Watt
mittlere bis große Anlagen . . . etwa 200–500 Watt

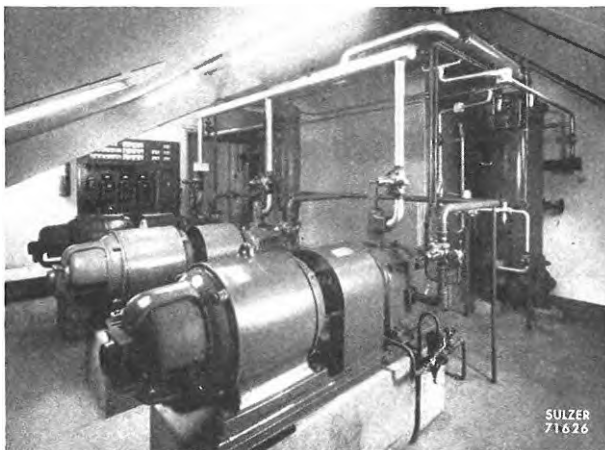


Abb. 9. Kälteanlage mit drei Freon-Rotationskompressoren für eine totale Kälteleistung von 140 000 kcal/h

Als Sonderfilter sind noch diejenigen aus porösem Material, keramischer Masse usw. zu erwähnen, die allerdings infolge ihres sehr hohen Widerstandes nur für ganz kleine Luftmengen in Frage kommen dürften.

Für den Staubgehalt in der Luft können allgemein folgende Werte angenommen werden:

	Staubgehalt in mg/m ³ Luft
Ländliche und halbstädtische Gegenden	0,05 bis 0,5
Großstädtische Bezirke	0,1 bis 1,0
Industriegegenden	0,2 bis 5,0
Gewöhnliche Fabriken und Werkstätten	0,5 bis 10
Sehr staubreiche Fabriken und Minen .	10 bis 1000

b) Kälteerzeugungsanlagen

Wo bei der Luftkonditionierung die natürlichen zur Verfügung stehenden Kühlmittel, wie kalte Außenluft oder Quell- bzw. Leitungswasser, zur Kühlung oder Feuchtigkeitsausscheidung nicht mehr ausreichen, wird die künstliche Kühlung mit Hilfe von Kältemaschinen angewendet.

Der maschinellen Kühlung der Luft ging noch die Verwendung von Blockeis voraus. Diese Kühlungsart wird heute nur noch in Eisenbahnwagen gebraucht, wo das Eis an beiden Enden der Wagen in geeignete Behälter eingefüllt und von der Raumluft mittels Ventilatoren bespült wird.

Die heute am meisten gebrauchten Kältemaschinen benutzen als Kältemittel *Freon* oder *Ammoniak*.

Freon wird dank seiner Geruchlosigkeit und Unschädlichkeit auf den menschlichen Organismus in der Regel da verwendet, wo bei allfälligen Undichtheiten irgendwo im System die Möglichkeit besteht, daß Gas, sei es auf direktem oder indirektem Weg, in den Luftstrom und damit in die Aufenthaltsräume gelangt.

Dagegen wird das billigere *Ammoniak* eher in industriellen Anlagen angewendet oder wo die vorerwähnte Möglichkeit nicht besteht, indem beispielsweise Wasser als Zwischenkälte-träger abgekühlt wird, das nun seinerseits den einzelnen Kühlern zufließt.

Ammoniak ist für den menschlichen Organismus schädlich. Dank seines außerordentlich intensiven und stechenden Geruches werden jedoch schon kleinste Mengen entweichenden Gases sofort bemerkt, so daß Undichtheiten unverzüglich behoben werden können.

Zur Übertragung der Kälte an die Luft bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. *Direkte Verdampfung* (Schema 1 und 2): Der Verdampfer liegt direkt im Luftstrom. Diese Lösung wird da angewendet, wo es sich um einfache Anlagen handelt oder wo die Luft lediglich einmal und auf eine bestimmte Temperatur abgekühlt werden muß.

2. *Indirekte Verdampfung* (Schema 3 und 4): Im Verdampfer wird vorerst Wasser (eventuell Sole) abgekühlt, das nun seinerseits als Kälte-träger den Verbrauchern zu-

geführt wird. – Indirekte Verdampfung wird angewendet, wo es sich um kompliziertere Regelprobleme handelt, wo verschiedene Kälteverbraucher, die unter Umständen mit verschiedenen Temperaturen arbeiten, vorhanden sind, oder wo die Kälteanlage rein örtlich auf eine größere Distanz von der Luftkonditionierungsanlage entfernt ist.

Die Kälteanlagen arbeiten heute meistens mit Kolben- oder Rotationskompressoren, automatisch gesteuert und mit Antrieb durch Elektromotoren. Rotationskompressoren haben allgemein den Vorteil, daß sie infolge ihres völlig erschütterungsfreien Ganges an beliebiger Stelle im Gebäude aufgestellt werden können.

Um eine Anpassung der Kälteanlage an den jeweiligen Verbrauch in gewissen Grenzen zu ermöglichen, werden die Kompressoren mit einer besonderen Vorrichtung

versehen, die eine Reduktion bis auf 50 % der Vollleistung gestattet.

Zur Kühlung der Kondensatoren wird in der Regel Wasser oder Luft verwendet, wobei in letzterem Falle zur Erhöhung des Wärmedurchgangskoeffizienten die Kühlfläche wo immer möglich mit Wasser bespült wird. Eine weitere Lösung zur Abführung der Kondensatorwärme besteht darin, das Kühlwasser im Kreislauf durch einen speziellen Rückkühler zu führen und in demselben mittels Düsen fein zu zerstäuben. Dadurch wird das Wasser auf die Feuchttemperatur der durch den Rückkühler gelassenen Luft abgekühlt.

Für diese Lösung, die besonders da angewendet wird, wo praktisch zur Kühlung kein Wasser zur Verfügung steht, hat sich der «Tangential-Rückkühler» bereits mehrfach bewährt.

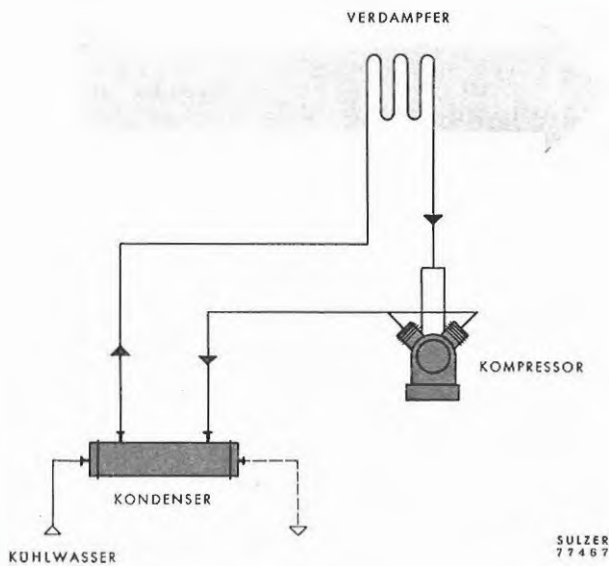


Abb. 10. Kälteschema 1

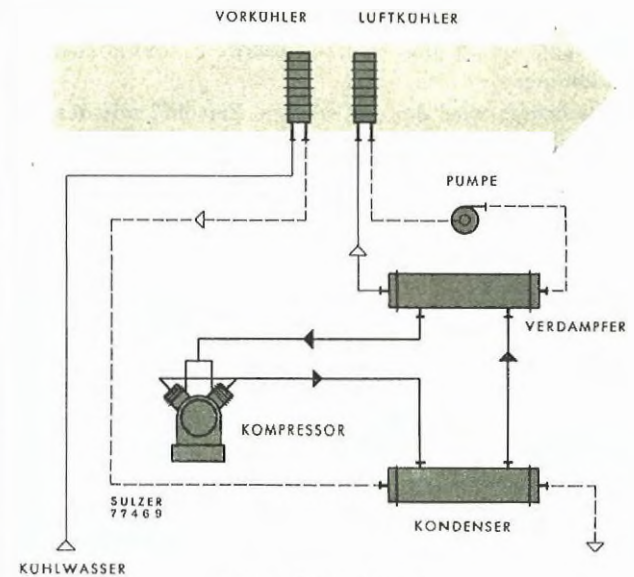


Abb. 12. Kälteschema 3

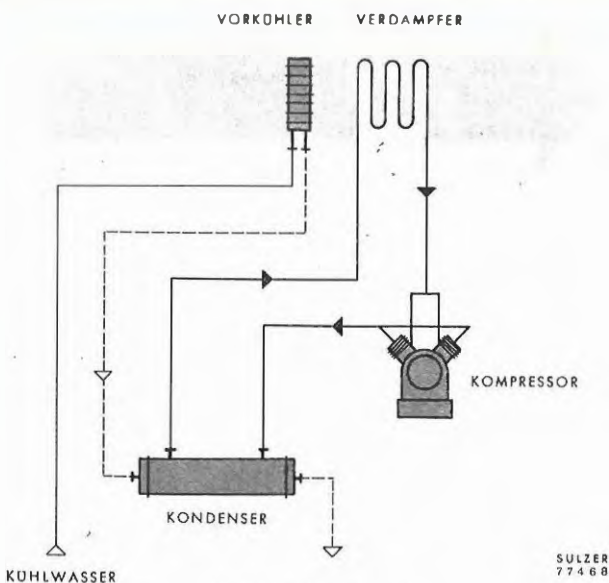


Abb. 11. Kälteschema 2

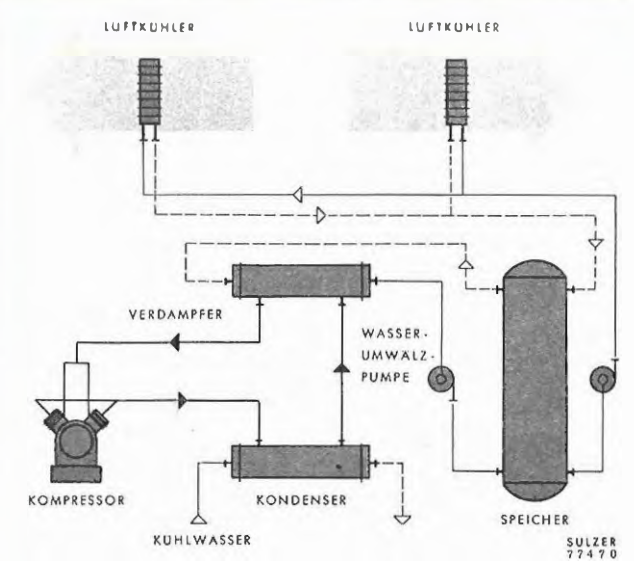


Abb. 13. Kälteschema 4

c) *Automatik*

Vorerst wird sich hier die Frage stellen, welche Anlagen von Hand gesteuert werden können und welche mit einer automatischen Regulierung zu versehen sind.

Prinzipiell können einfache Abluftanlagen, sofern es sich nicht um gewisse Zeitschaltungen handelt, für welche ein Programmschalter notwendig wird, von Hand geschaltet werden. Allenfalls noch Zuluftanlagen für Magazine usw., die Frischluft ohne irgendwelche Behandlung fördern.

Sobald es sich aber um Lufterwärmung oder Kühlung, um Befeuchtung oder Trocknung handelt, ferner um Mischungen von Frisch- und Umluft in Abhängigkeit irgendwelcher Temperatur, so wird in einem Betrieb praktisch nie die Möglichkeit bestehen, alle diese Forderungen durch Handregulierung erfüllen zu können, da es kaum möglich ist, die Veränderungen des Außenklimas, Sonneneinstrahlung, allfällig variierender Wärmeeinfall im Raum selber usw. dauernd ermitteln und auswerten zu können.

Einerseits wird das notwendige Personal mit den erforderlichen Kenntnissen meist nicht zur Verfügung stehen und andererseits würden sich die Betriebskosten höher stellen als mit einer Automatik einschließlich Amortisation derselben. — Es stehen heute drei Arten von automatischer Regulierung zur Verfügung:

1. Elektrische Regulierung
2. Elektronische Regulierung
3. Pneumatische Regulierung

In bezug auf Regelgenauigkeit können die elektrische und die pneumatische Automatik ungefähr als gleichwertig angesprochen werden. Letztere hat den Vorteil größerer Robustheit, benötigt jedoch ständig Druckluft.



Abb. 14. Tangential-Rückkühler mit Reinigungsbassin und Wasserruwälzpumpe

Für Räume mit Explosionsgefahr wird nur pneumatische Regulierung in Frage kommen.

Die elektronische als jüngste Regulierung zeichnet sich durch größere Regelgenauigkeit und -geschwindigkeit aus als ihre beiden älteren Schwestern. Als einen weiteren Vorteil besitzen die elektronischen Regler absolut keine beweglichen Teile, da hier die durch Temperatur- oder Feuchtigkeitsschwankungen hervorgerufenen Spannungsänderungen im Fühler direkt übertragen, verstärkt und ausgewertet werden.

Eine ganze Anzahl komplizierter und heikler Regelprobleme, wie Trockenanlagen, speziell in der Pharmazie, werden heute ausschließlich durch elektronische Regulierungen gesteuert.

d) *Material*

Ein nicht zu vernachlässigendes Problem in der chemischen Industrie bildet immer die Frage über die Art der zur Verwendung gelangenden Materialien.

Material	
<i>Für normale Zwecke ohne irgendwelche Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit:</i>	
Ventilatoren Kanäle, Klappen, Luftwascherteile usw. Luftaustritte	Stahlblech Stahlblech Galvanisiertes Eisenblech Eternit Aluminium oder dessen Legierungen
<i>Anlagen mit leichten Anforderungen an Korrosionsfestigkeit (Säuren):</i>	
Ventilatoren Kanäle, Klappen, Luftwascherteile usw. Luftaustritte	Stahlblech mit Säureschutzanstrich Stahlblech verbleit oder hartgummiert Aluminium oder dessen Legierungen Eternit Kunststoffe
<i>Hochsäurefeste Anlagenteile:</i>	
Ventilatoren Kanäle, Klappen, Luftwascherteile usw. Luftaustritte	Rostfreier Stahl (V2A, V4A usw.) Stahl verbleit Kupfer Steinzeug Holz Kunststoffe Rostfreier Stahl (V2A, V4A usw.) Stahl verbleit Blei Kupfer Steinzeug Glas Holz Kunststoffe

Vorstehende Aufstellung gibt ein Bild über die für die verschiedenen Anforderungen zur Verfügung stehenden Materialien:

Zur letzten Gruppe ist zu erwähnen, daß ein Teil der Materialien nicht unbedingt säurefest ist, d. h. nicht allen Arten der anfallenden Säuren widersteht, so daß vorgängig der Wahl die Art der zu erwartenden Stoffe abgeklärt werden muß.

Grundsätzlich sei abschließend noch festgehalten, daß eine Lüftungs- oder Luftkonditionierungsanlage irgendwelcher Art und Größe die an sie gestellten Forderungen nur zu erfüllen vermag, wenn der Festlegung des Problems, der Disponierung und Projektierung eine intensive Dreieck-Zusammenarbeit – Chemiker – Betriebsingenieur – Lüftungsfachmann – zugrunde liegt.