



***filtern  
und  
trocknen***



---

***Werner Straus-Zunker***

***Druckluftaufbereitung  
mit  
Mikrofilter  
und  
Adsorptionstrockner***

Beim täglichen Umgang mit Projekten im Bereich der Druckluftaufbereitung wird der Grenzbereich der Theorie und Praxis häufig tangiert. Die prägnantesten Fragen zur Praxis der Druckluftaufbereitung für den Interessenten anschaulich und nachvollziehbar zu beantworten ist Teil meiner beruflichen Tätigkeit. Die Fragen zu selektieren, der Thematik nach zu ordnen und insgesamt in eine nutzbringende Form zu bringen

ließ dieses Buch entstehen. Unter dem Motto "aus der Praxis für die Praxis" soll das vorliegende Buch ein nützlicher Ratgeber zum Thema Druckluftaufbereitung sein.

**ISBN 3-00-000388-6**

1. Auflage Januar 1996

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ( Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren ) ohne schriftliche Genehmigung des Autors reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Copyright 1996 by ZANDER Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG, Deutschland



---

**ZANDER Aufbereitungstechnik GmbH**  
ist seit Jahrzehnten im Bereich der  
Filtration und Trocknung  
innovativ tätig.  
Das Buch  
“filtern und trocknen“  
entstand in enger Kooperation und  
mit dankbarer Unterstützung der Mitarbeiter  
der ZANDER Aufbereitungstechnik.

Die perfekte Druckluftaufbereitung wird in der Arbeitswelt einen immer wichtigeren Stellenwert einnehmen. Die Anforderung an die Qualität der Druckluft für die unterschiedlichsten Fertigungsabläufe nimmt permanent zu. Entscheidend für die Qualität der Druckluft ist nicht nur die Druckluftaufbereitung, vielmehr das gesamte Konzept. Druckluftaufbereitung kann darum nicht mehr isoliert betrachtet werden sondern nur als Einheit in einem System vom Erzeuger bis zum Verbraucher. Die vorliegende Ausarbeitung erfaßt alle wichtigen Aspekte der Drucklufttechnik mit den Schwerpunkten Filtration und Trocknung mit Mikrofilter und Adsorptionstrockner.

---

## Inhalt

### TEIL 1

### Luft

1.0	Atmosphärische Luft	13
1.1	Gasgemisch Luft	14
1.2	Luftgeschichte	16
1.3	Luftbestandteile	20
1.3.1	Stickstoff N <sub>2</sub>	20
1.3.2	Sauerstoff O <sub>2</sub>	21
1.3.3	Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	22
1.3.4	Wasserstoff H <sub>2</sub>	22
1.4	Edelgase	24
1.4.1	Argon Ar	24
1.4.2	Helium He	24
1.4.3	Neon Ne	25
1.4.4	Krypton Kr	25
1.4.5	Xenon Xe	26
1.5	Stoffwerte	27
1.6	Luftbeimengungen	28
1.6.1	Feststoffe	29
1.6.2	Keime, Viren, Bakterien	31
1.6.3	Kondensationskerne	33
1.7	Luftfeuchte	34
1.8	Kohlenwasserstoffe	39
1.9	Luftdruck	41
1.10	Luftbedarf des Menschen	42

---

<b>TEIL 2</b>		<b>Druckluft</b>
2.0	Druckluft	43
2.1	Druck	46
2.2	Gasgesetze	49
2.2.1	Allgemeine Gasgleichung	50
2.2.2	Spezifische Gaskonstante	50
2.2.3	Allgemeine Gaskonstante	51
2.2.4	Realgasfaktor	52
2.3	Verdichtung	54
2.3.1	Normzustand	58
2.3.2	Luftdichte	59
2.3.3	Absolute Temperatur	60
2.4	Verunreinigungen	61
2.4.1	Feststoffverunreinigungen	63
2.4.2	Wasseranteile	65
2.4.3	Wasserdampf	65
2.4.4	Ölanteile	69
2.4.5	Öldampfgehalt	70
2.5	Gasförmige Anteile	74
<b>TEIL 3</b>		<b>Kompressoren</b>
3.0	Verdichter	75
3.1	Übersicht	77
3.2	Einteilung	78
3.2.1	Kolbenkompressoren	80
3.2.2	Lamellenverdichter	84
3.2.3	Schraubenverdichter	86

---

---

3.3	Kompressorzubehör	92
3.3.1	Ansaugfilter	92
3.3.2	Nachkühler	93
3.3.3	Abscheider	95
3.3.4	Ableiter	95

## **TEIL 4**

## **Abscheider**

4.0	Filtern	97
4.1	Abscheidesysteme	100
4.1.1	Abscheidung	100
4.1.2	Trennung	100
4.1.3	Koaleszenz	101
4.1.4	Adsorption	101
4.2	Abscheider	102
4.2.1	Zyklonabscheider	103
4.2.2	Prallabscheider	104
4.2.3	Drallabscheider	104
4.2.4	Drahtgestricke	105
4.2.5	Abscheidewirkung	105
4.3	Filtration	107
4.3.1	Partikeltechnologie	107
4.3.2	Abscheidedynamik	108
4.4	Filtrationswirkung	110
4.4.1	Brownsche Molekularbewegung	111
4.4.2	Trägheitswirkung	113
4.4.3	Siebwirkung	113
4.4.4	Elektrostatische Wirkung	114
4.5	Kennwerte Filtration	116
4.5.1	Abscheidegrad	117
4.5.2	Druckverlust	117
4.5.3	Durchdringungskoeffizient	119
4.5.4	Koeffizient Filterqualität	119
4.5.5	Filtrationskinetik	120

---

---

4.6	Filtereinteilung	121
4.6.1	Oberflächenfilter	122
4.6.2	Tiefenfilter	124
4.7	Ölabscheidung	128
4.7.1	Öltropfenabscheidung	129
4.7.2	Ölnebelabscheidung	130
4.7.3	Öldampfabscheidung	132
4.7.4	Restölbestimmung	135
4.8	Filterauswahl	140
4.8.1	Auswahlkriterien	140
4.9	Fasermaterialien	143
4.9.1	Nadelfilze	143
4.9.2	Faservlies	143
4.9.3	Filterstandzeit	144
4.10	Filterzubehör	147
4.10.1	Kondensatableiter	147
4.10.2	Differenzdruckmanometer	149

## **TEIL 5      Drucklufttrockner**

5.0	Drucklufttrocknung	153
5.1	Adsorptive Trocknung	156
5.2	Kaltregeneration	160
5.2.1	Aufbau	160
5.2.2	Adsorption	162
5.2.3	Desorption	164
5.2.4	Druckaufbau	165
5.2.5	Steuerung	165
5.2.6	Variabler Zyklus	166
5.2.7	Einsatzbereich	167

---

---

5.3	Warmregeneration	170
5.3.1	Aufbau	171
5.3.2	Adsorption	173
5.3.3	Regeneration	175
5.3.4	Druckaufbau	177
5.3.5	Steuerung	178
5.3.6	Einsatz	179
5.4	Gebälseregeneration	181
5.4.1	Aufbau	182
5.4.2	Adsorption	184
5.4.3	Regeneration	186
5.4.4	Steuerung	190
5.4.5	Anwendung	191
5.5	Vakuumregeneration	192
5.5.1	Aufbau	192
5.5.2	Adsorption	194
5.5.3	Regeneration	195
5.5.4	Optimierung	197
5.5.5	Druckaufbau	197
5.5.6	Steuerung	197
5.5.7	Anwendung	198
5.5.8	Einsatz	199
5.6	Geschlossenes System	200
5.6.1	Aufbau	202
5.6.2	Funktion	204
5.6.3	Besonderheiten	210
5.6.4	Steuerung	211
5.6.5	Anwendung	212
5.6.6	Einsatz	212

## **TEIL 6**

## **Trockenmittel**

6.0	Trockenmittel	213
-----	---------------	-----

---

---

6.1	Aluminiumoxid	219
6.2	Kieselgel	220
6.2.1	Wirkungsweise	222
6.2.2	Chemisorption	224
6.2.3	Kondensation	225
6.2.4	Kapillarkondensation	226
6.3	Molekularsieb	229
6.3.1	Beschreibung	229
6.3.2	Dynamische Adsorption	232
6.3.3	Massenübertragungszone	232
6.3.4	Strömungsgeschwindigkeit	233
6.3.5	Kapazität	234
6.3.6	Verunreinigungen	234
6.3.7	Regeneration	235
6.3.8	Thermische Regeneration	236
6.3.9	Druckwechselregeneration	237
6.4	Aktivkohle	238
6.4.1	Aktivkohleformen	241
6.4.2	Kohlegerüst	242
6.4.3	Anwendung	243

## TEIL 7

## Auslegung

7.0	Adsorber-Auslegung	245
7.1	Kaltregeneration	247
7.1.1	Adsorption	247
7.1.2	Korrekturfaktor	255
7.1.3	Regenerationsluft	256
7.1.4	Regenerationsblende	258
7.2	Warmregeneration	260
7.2.1	Adsorption	260
7.2.2	Korrekturfaktor	269

---

7.2.3	Regeneration	270
7.2.4	Energiebedarf	274
7.2.5	Luftbedarf	278
7.2.6	Regenerationszeiten	279
7.2.7	Leistungsbedarf	280

## **TEIL 8 Taupunktmessung**

8.0	Taupunktmessung	285
8.1	Entwicklung	286
8.2	Feuchtemeßtechnik	289
8.3	Gerätebeschreibung	292
8.4	Feuchtemessung	294
8.4.1	Fühlereinbau	294
8.4.2	Meßleitung	296
8.4.3	Druckeinfluß	297
8.4.4	Temperatureinfluß	297
8.4.5	Undichtigkeit	298
8.5	Anzeigegeschwindigkeit	300
8.6	Taupunktsteuerung	301

## **TEIL 9 Systemvergleich**

9.0	Systembewertung	303
9.1	Ökologische Bewertung	306
9.2	Umweltfaktor	307
9.3	Nebenprodukte	308
9.4	Schallschutz	313
9.5	Nutzungsdauer	314

---

---

9.6	Energiebedarf	315
9.7	Systemvergleich	316

## **TEIL 10                      Installation**

10.0	Druckluftstation	335
10.1	Pneurop 6611	337
10.2	ISO 8573	337
10.2.1	ISO Güteklassen	340
10.3	Installationsplanung	341
10.3.1	Druckluftbehälter	342
10.3.2	Leitungsnetz	344
10.4	Installationsbeispiele	346
10.4.1	Behälter/Adsorber	347
10.4.2	Doppelkompressor Behälter	349
10.4.3	Doppelanlage gekreuzt	351
10.4.4	Adsorber/Behälter	353
10.4.5	Doppelkompressor Trockner	356
10.4.6	Doppelanlage parallel	358
10.4.7	Stand-by-Adsorber	359
10.4.8	Kältetrockner/Adsorber	361
10.4.9	Kältetrockner/Teilstromadsorber	363
10.4.10	Adsorber/Teilstromadsorber	364

## **TEIL 11      Kondensattechnik**

11.0	Kondensataufbereitung	367
------	-----------------------	-----

---



---

11.1	Kondensatarten	369
11.2	Öl-/Wasser-Trenner	373
11.3	Ultrafiltrationsanlagen	377

## TEIL 12

## Anhang

12.0	Tabellen	383
12.1	Diagramme	389
12.2	Stichwortverzeichnis	402
12.3	Quellenangaben	408