

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort	III
Formelzeichen	XI

I. Teil

Die allgemeinen Grundlagen der angewandten Vakuumtechnik, ihre Einteilung und ihre Hilfsmittel

Einführung	1
Die Entwicklungsgeschichte der Vakuumtechnik	3

Abschnitt I: Grundgesetze der Vakuumtechnik	9
---	---

§ 1. Vakuumglastechnik und Vakuumverfahrenstechnik	9
§ 2. Meßeinheiten für Vakuum	10
§ 3. Der luftverdünnte Raum in der Verfahrenstechnik	11
Zustandsgrößen des Wasserdampfes	16

Abschnitt II: Wärmetechnische Vorbetrachtung	17
--	----

§ 1. Herabsetzung der Siedetemperaturen unter Vakuum	17
§ 2. Die Spaltungstemperaturen im Vakuum	18
§ 3. Die Schmelzpunkte im Vakuum	20
§ 4. Einfluß der Siedepunktverschiebung	21
Siedelinien für verschiedene Stoffe	24
§ 5. Vergrößertes Temperaturgefälle durch Vakuum	27
§ 6. Der Wärmeübergang im Vakuum	27
a) Kontakt	28
b) Konvektion	29
c) Strahlung	29
§ 7. Berechnung der Heizfläche	32
§ 8. Heizungsarten für Vakuumgeräte	33
a) Warmwasser	33
b) Sattedampf	34
c) Überhitzter Dampf	35
d) Vakuumdampf	36
e) Brüdendampf	38
f) Gas	38
g) Heizbad	38
h) Elektrische Heizung	39
§ 9. Kondensation der Brüden im Vakuum	40

Abschnitt III: Hochvakuum in der Verfahrenstechnik	41
§ 1. Definition des Begriffes Hochvakuum	41
§ 2. Vorteile des Hochvakuums	42
§ 3. Hochvakuum und seine Grenzen in der Praxis der Verfahrenstechnik	43
§ 4. Hochvakuum-Erzeugung	47
Abschnitt IV: Die Vakuumverdampfung	51
§ 1. Einleitung	51
§ 2. Verlauf des Verdampfvorganges unter Vakuum	52
§ 3. Die Heizflächenunterteilung	53
§ 4. Einfluß der Zähigkeit	56
§ 5. Mehrfachverdampfung	57
§ 6. Einfluß der Siedepunktsverschiebung bei der mehrstufigen Verdampfung	59
§ 7. Die Schaltungsarten der Mehrfachverdampfung	60
Wärmeflußbilder für Mehrfachverdampfung	62
§ 8. Die Berechnung von Mehrfach-Verdampfanlagen	63
§ 9. Die Vakuumherzeugung bei Mehrfach-Verdampfanlagen	66
§ 10. Die Wrasendampfausnützung bei der Mehrfachverdampfung	67
§ 11. Die Brüdenverdichtung beim Vakuumverdampfbetrieb	68
Abschnitt V: Die Vakuumtrocknung	73
§ 1. Verdampfungs- und Verdunstungstrocknung	73
§ 2. Verlauf des Trocknungsvorganges im Vakuum	74
§ 3. Einfluß des Temperaturgefälles auf den Trocknungsverlauf	75
§ 4. Die Einhaltung maximaler Trocknungstemperaturen in der Schlußtrocknung	79
§ 5. Hochvakuum-Einrichtungen für beschleunigte Schlußtrocknung	82
§ 6. Die fortlaufende Vakuumtrocknung	85
§ 7. Anhaftende und gebundene Feuchtigkeit	90
§ 8. Einfluß der Kapillarkräfte auf die Vakuumtrocknung	90
§ 9. Einfluß der Körnung und Schütthöhe auf die Vakuumtrocknung	92
§ 10. Einfluß der Brüdenbewegung	93
§ 11. Wärmespeicherung im Gutsträger	95
§ 12. Die Wärmeübertragungszahl für die Trocknung verschiedenartiger Güter	96
§ 13. Anwendungsbereich der Vakuumtrocknung	97
Abschnitt VI: Die Wirtschaftlichkeit der Vakuum-Verdampf- und Trocken-Einrichtungen	97
§ 1. Einteilung der Kostenarten	99
§ 2. Die Verbrauchskosten	100
a) Wärmeverbrauch, Wärmewirkungsgrad	100
b) Dampfkosten	104
c) Kühlmittelbedarf, Frischwasserkühlung, Kreislaufkühlung	105
d) Kraftbedarf der Trockner und der Vakuumpumpen	107
e) Einfluß der mechanischen Vorentwässerung	108
§ 3. Bedienungskosten	108
§ 4. Instandhaltungskosten, Materialverbrauch, Instandhaltungslöhne	109
§ 5. Kapitaldienst, Verzinsung und Abschreibung	109
a) Gebäudeanlage	110
b) Maschinenanlage	111

§ 6. Rohstoffkosten	111
a) Staubrückgewinnung	112
b) Rückgewinnung des ausgetriebenen Feuchteanteils	113
§ 7. Zusammenstellung der Betriebskosten	113
§ 8. Vergleichende Bewertung der einzelnen Kostenarten	113
§ 9. Die Wirtschaftlichkeit bei Mehrkörper-Verdampf-Einrichtungen	115
a) Einfluß des Temperaturgefälles	117
b) Einfluß der Siedepunktsverschiebung	118
c) Einfluß des Baustoffpreises	119
§ 10. Die Wirtschaftlichkeit bei Brüdenverdichtung	120
§ 11. Wirtschaftlichkeit der Vakuumdampfheizung	125

Abschnitt VII: Der Einfluß des Vakuums auf die Auswahl und Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe 127

§ 1. Die niedrigen Temperaturen unter Vakuum erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Baustoffe	128
§ 2. Das Vakuum verhindert Korrosionen, verursacht durch Luft-sauerstoff	130
§ 3. Das Vakuum schützt den Baustoff durch Taupunktserniedrigung	131
§ 4. Die Ausnutzung des Leidenfrostschen Phänomens unter Vakuum als Korrosionsschutz	131
§ 5. Der Einfluß des Vakuums auf Schmelzgut	135
§ 6. Die Umgehung metallener Baustoffe bei der Vakuumkühlung	137
§ 7. Der Korrosionsschutz für die Kondensation und Vakuum-erzeugung	137
§ 8. Der Korrosionsschutz bei der mehrstufigen Eindampfung	144

Abschnitt VIII: Die Vakuumapparate und ihre allgemeine Ein- teilung 145

A. Vakuumgeräte mit fortlaufender Wärmezufuhr 145

§ 1. Vakuumverdampfgeräte	145
§ 2. Vakuumtrockner	145
§ 3. Vakuumdämpfung	146
§ 4. Vakuum-Schmelz- und Gießverfahren	146
§ 5. Vakuum-Glühverfahren	151

B. Vakuumgeräte ohne Wärmezufuhr 152

§ 6. Die Entgasung von Flüssigkeiten	153
§ 7. Die Entgasung plastischer Massen	156
§ 8. Die Entgasung fester Stoffe	160
§ 9. Die Vakuumextraktion	163
§ 10. Die Vakuumbegasung	164
§ 11. Die Vakuumkühlung	165
§ 12. Die Vakuumfiltration	167
§ 13. Die Vakuum-Imprägnierung	167
§ 14. Die Vakuumkammern	168
§ 15. Vakuumkessel	169

C. Hilfsvorrichtungen zu Vakuumgeräten 170

§ 16. Speise- und Entleerungsvorrichtungen	170
§ 17. Die Staubrückgewinnung beim Vakuumbetrieb	181
§ 18. Regel- und Sicherheitsvorrichtungen	185

§ 19. Vakuumleitungen	190
§ 20. Die Dichtigkeitsprüfung an Vakuumgeräten	193
Abschnitt IX: Die Vakuum-Kondensation	195
Zweck und Arten der Kondensation	195
§ 1. Oberflächenkondensation	196
§ 2. Misch- und Einspritzkondensation	201
§ 3. Die stufenweise Kondensation	205
§ 4. Kondensation mittels Ausfriervorrichtungen	206
§ 5. Wiedergewinnung flüchtiger Lösungsmittel — Aroma-Rück- gewinnung	208
§ 6. Die Absorption von Dämpfen unter Vakuum	212
§ 7. Größenbestimmung der Vakuumkondensatoren	215
Abschnitt X: Vakuumpumpen	219
Geschichtliches	219
§ 1. Einteilung der Vakuumpumpen	221
§ 2. Charakteristik der Vakuumpumpen	223
A. Einstufige Vakuumpumpen	227
§ 3. Trockenlaufende Luftpumpen	227
§ 4. Kolben-Trockenluftpumpen	227
a) Ventilluftpumpen	228
b) Flachschieberluftpumpen	229
c) Drehschieberluftpumpen	231
d) Drehkolbenluftpumpen	233
e) Drehkolben-Hochvakuumpumpen	235
§ 5. Das Absaugen nicht permanenter Gase bei Trockenläufern	240
§ 6. Rotierende Trockenluftpumpen	241
§ 7. Naßläufer-Vakuumpumpen	246
§ 8. Nasse Kolbenluftpumpen	247
§ 9. Naßlaufende Rotationsluftpumpen	253
a) Wasserring-Luftpumpen	253
b) Rotierende Wasserstrahlluftpumpen	257
§ 10. Strahlpumpen	261
a) Flüssigkeitsstrahlpumpen	261
b) Dampfstrahlpumpen	262
c) Quecksilber-Dampfstrahlpumpen	265
§ 11. Diffusionspumpen	266
B. Mehrstufige Vakuumpumpen	268
§ 12. Trockenläufer mit Trockenläufer als Vorvakuumstufe	270
§ 13. Trockenläufer mit Naßläufer	271
§ 14. Naßläufer mit Naßläufer	272
§ 15. Mehrstufige Strahlluftpumpen	273
§ 16. Leistungsprüfung der Vakuumpumpen	282
§ 17. Die Größenbestimmung der Vakuumpumpen	286
a) Die Ansaugleistung für ein gegebenes Apparatevolumen	286
b) Die Pumpenleistung in Abhängigkeit von der Verdampf- leistung	290
§ 18. Zusammenfassung	294

Abschnitt XI: Hilfsmittel in der Vakuumtechnik — Instru- mente — Armaturen usw.	297
§ 1. Mechanische Druckmessung	298
§ 2. Temperaturmessung zur Bestimmung des Vakuums	300
§ 3. Barometrische Messung	300
§ 4. Kompressions-Vakuummeter	304
§ 5. Schreibinstrumente	309
§ 6. Absperrorgane	310
§ 7. Verbindungen und Verschlüsse an Vakuumapparaten	316
§ 8. Das Einbauen von Profilgummidichtungen	321

II. Teil.

Spezielle Vakuumtechnik.

Die Arbeitsweise und das Anwendungsbereich der Vakuumapparate.

Abschnitt XII: Die Vakuumverdampfer	325
Die Verdampfung im Vakuum in Abhängigkeit vom Gutzustand	325
§ 1. Verdampfer mit Doppelwandheizung	326
§ 2. Verdampfer mit Rohrheizkörpern	328
§ 3. Einfluß des scheinbaren und tatsächlichen Flüssigkeitsstandes	330
§ 4. Verdampfer mit ein- oder untergebaute Rohrheizkörper	332
§ 5. Verdampfer mit außenliegendem Heizkörper	334
§ 6. Verdampfer mit mehreren Heizkörpern	339
§ 7. Verdampfer mit Heizkerzen	341
§ 8. Verdampfer mit Zwangsumlauf	343
§ 9. Die tiefstehende Anordnung der Heizkörper	346
§ 10. Die Salzabscheide-Vorrichtungen	349
§ 11. Dünnschicht-Verdampfer	351
§ 12. Rührwerksverdampfer	357

Abschnitt XIII: Vakuumdestillation	361
§ 1. Zweck und Arten der Destillation — fraktionierte Destillation — Rektifikation	361
§ 2. Die Destillation im Vakuum	363
§ 3. Die Blasendestillation	366
§ 4. Die Dünnschichtdestillation	368
§ 5. Die Vakuum-Kurzwegdestillation; Molekular-Destillation	375
§ 6. Die Destillation fester Ausgangsstoffe	380
§ 7. Absatzweise und fortlaufende Destillation	381
§ 8. Trockene Destillation (Röstung) unter Vakuum	382
§ 9. Vakuum-Sublimation und Metall-Destillation	383

Abschnitt XIV: Die Vakuum-Trockner	387
§ 1. Zweck und Arten der Vakuum-Trockner	387
§ 2. Die absatzweise und fortlaufend arbeitenden Vakuum-Trockner	389
§ 3. Vakuumtrockenkammern — Strahlungstrockenöfen	390
§ 4. Vakuumtrockenschränke — Heizplattentrockner	396
§ 5. Vakuumtrockenkammern mit Brüdenumwälzung	402
§ 6. Der Einfluß des Naßgutzustandes auf die Wahl der Trockner- bauart	405

§ 7. Die Einwalzenvakuumtrockner	407
§ 8. Vakuum-Zweiwalzentrockner	415
§ 9. Die Rührwerkrockner	426
§ 10. Vakuumtellertrockner — Etagentrockner	428
§ 11. Vakuumschaufeltrockner	431
a) Absatzweise beschickbare Schaufeltrockner	431
b) Fortlaufend beschickte Schaufeltrockner	440
§ 12. Vakuum-Drehtrommeln	446
§ 13. Vakuum-Rieselrockner	448
§ 14. Vakuum-Bandrockner	454
§ 15. Sonderausführungen für geformtes, festes Naßgut	457
 Abschnitt XV: Die Vakuum-Kalzination	461
§ 1. Zweck und Arten der Kalzination	461
§ 2. Die Kalzination im Vakuum	464
§ 3. Die Kalzination flüssiger Ausgangsstoffe	465
a) Lösungen	465
b) Schmelzgut	467
§ 4. Die Kalzination fester Ausgangsstoffe	471
§ 5. Die absatzweise betriebene Vakuum-Kalzination	473
a) Im Vakuumschrank	473
b) Im Vakuumrührwerk	474
§ 6. Die fortlaufende Vakuumkalzination	476
 Abschnitt XVI: Vakuum-Kühlung — Vakuumkristallisation	483
§ 1. Vakuum-Kühlung durch Teilverdampfung einer Flüssigkeit	483
§ 2. Vakuum-Eiserzeugung	484
§ 3. Zweck und Arten der Vakuum-Kristallisation	486
§ 4. Einfluß der Kristallwasserverbindung	487
§ 5. Vakuumkristallisation bei gleichbleibender Temperatur	490
§ 6. Kristallisation durch Vakuum-Kühlung	494
§ 7. Die stufenweise Vakuumkristallisation	500
§ 8. Die Vakuum-Kühlung von Salzschnmelzen	504
 Abschnitt XVII: Die Vakuum-Filtration	505
§ 1. Merkmale und Wirkungsweise der Vakuumfiltration	505
§ 2. Über die Filtriereigenschaften eines Gutes unter Berücksichtigung der Vakuumfiltration	505
§ 3. Die absatzweise beschickte Vakuumfilter	509
§ 4. Rührwerksnutschen	513
§ 5. Die ununterbrochene Vakuumfiltration: Trommelfilter mit und ohne Zellen, Scheibenfilter, Planfilter	515
§ 6. Hilfsmittel der Vakuumfiltration	525
a) Zur Vakuumerzeugung	525
b) Zur Filtratabförderung	526
c) Zur Rückstandsabförderung	527
 Abschnitt XVIII: Die Vakuum-Imprägnierung	529
Definition des Begriffes „Imprägnierung“	529
§ 1. Zweck der Imprägnierung	529

Die Imprägniermittel:

a) gasförmige	529
b) Flüssige und deren Lösungen	529
c) Feste in Lösungen oder als Schmelzen	529
§ 2. Die Vorbehandlung	530
a) Der zu imprägnierenden Körper	530
b) Der Imprägniermittel	531
§ 3. Der Imprägniervorgang	532
§ 4. Die Nachbehandlung der imprägnierten Güter	535
a) Bei gasförmigen Imprägniermitteln	535
b) Bei flüssigen oder geschmolzenen Imprägniermitteln	535
§ 5. Zusammenfassung der verschiedenen Imprägniermethoden	536
§ 6. Die Schaltungsarten der Vakuumimprägnieranlagen	538
§ 7. Die Anwendungsarten der Vakuumimprägnierung	545
a) Sterilisation	545
b) Vakuum-Desinfektion	547
c) Chemische Reaktion vermittelt Vakuumimprägnierung	550
d) Vakuumquellung	551
e) Vakuumbeizung	552
f) Vakuumfärbung	554
g) Vakuum-Imprägnierung zum Zwecke der Konservierung	555
h) Verringerung der Brennbarkeit durch Imprägnierung	557
i) Die Imprägnierung zur Erhöhung der Dichtigkeit eines Gefüges	557
k) Die Vakuum-Imprägnierung zur Verringerung der Wasseraufnahme	559
l) Erhöhung der Festigkeit durch Vakuum-Imprägnierung	559
m) Erhöhung des Dielektrikums	560
§ 8. Die Holzimprägnierung	560
§ 9. Die Teerölimprägnierung von Hölzern	563
§ 10. Die Holzkonservierung mittels Salzlösungen	564
§ 11. Die Vakuum-Imprägnierung zur Erzeugung von Edelhölzern	566
§ 12. Theoretische Betrachtung zur Vakuum-Imprägnierung für die Erzielung hoher Dielektrika	568
§ 13. Die Vakuum-Imprägnierung in der Elektrotechnik	572
§ 14. Die Öllack-Imprägnierung	574
§ 15. Die Imprägnierung mit Kunstharzlacken	578
§ 16. Im Schmelzfluß angewandte Imprägniermittel in der Elektrotechnik	582
§ 17. Die Vakuum-Imprägnierung in der Kabeltechnik	588
a) Die Kabeltrocknung	588
b) Tränkmasse-Vorbehandlung	593
c) Der Imprägniervorgang	594
d) Die Nachbehandlung imprägnierter Güter	596
e) Die Vakuumherzeugung für Kabeltrocknungs- und Imprägnieranlagen	597
f) Vakuum-Imprägnierung für Kabelmuffen	598
§ 18. Die Vakuumtrocken- und Füllleinrichtungen für Transformatoren, Spannungswandler u. ä.	599

Abschnitt XIX: Laboratoriums- und Versuchsgeräte für die Vakuum-Verfahrenstechnik	601
§ 1. Das Vakuumversuchsfeld	601
§ 2. Vakuum-Laboratoriums-Trockenschränke	603
§ 3. Labor-Vakuum-Verdampfer	604
§ 4. Labor-Vakuum-Schaufler	605
§ 5. Labor-Vakuum-Walzentrockner	606
§ 6. Versuchs-Vakuum-Drehfilter	610
Abschnitt XX: Anhang: Über Erfahrungen mit im Vakuum ge- trockneter Frauenmilch	611
Schlagwortverzeichnis	619