

# Inhaltsverzeichnis

## I Grundlagen

|  |    |
|--|----|
| <b>1 Formgebungen bei verzögerter Strömung</b> .....                   | 1  |
| 1.1 Allgemeine Betrachtungen .....                                     | 1  |
| 1.1.1 Verschiedene in der Praxis verwendete Diffusorformen .....       | 2  |
| 1.1.2 Diffusoren mit Endwiderstand bzw. Druckstau .....                | 5  |
| 1.1.3 Formelmäßige Erfassung der Diffusorströmung .....                | 6  |
| 1.1.4 Eingehendere Betrachtungen .....                                 | 6  |
| 1.1.5 Diffusoren mit plötzlicher Erweiterung .....                     | 9  |
| 1.1.6 Diffusoren mit gekrümmten Achsen .....                           | 10 |
| 1.1.7 Ringdiffusoren .....   | 11 |
| 1.1.8 Der Nabendiffusor .....  | 11 |
| 1.1.9 Mehrstufige Stoßdiffusoren nach Gibson .....                     | 14 |
| 1.1.10 Ermittlung einer Ablösung .....                                 | 14 |
| Schrifttum zu Kap. 1 .....   | 15 |
| <b>2 Sichtbarmachung von Strömungen</b> .....                          | 17 |
| 2.1 Flüssigkeitsströmungen .....                                       | 17 |
| 2.2 Luft- und Gasströmungen .....                                      | 18 |
| 2.3 Sichtbarmachung von Strömungsfeldern durch Funkenentladungen ..... | 21 |
| Schrifttum zu Kap. 2 .....   | 23 |

## II Widerstandsangaben

|   |    |
|---|----|
| <b>3 Einzelwiderstände</b> .....  | 24 |
| 3.1 Widerstand verschiedener Körper .....   | 24 |
| 3.1.1 Widerstand bei Beschleunigung eines Körpers in einer Flüssigkeit .....              | 24 |
| 3.1.2 Widerstandsänderung durch verschiedene Formgebungen .....                           | 24 |
| 3.1.3 Widerstandsverminderung durch mittlere Flächen vor oder hinter einem Zylinder ..... | 25 |
| 3.1.4 Widerstand von zwei hintereinander angeordneten Scheiben .....                      | 26 |
| 3.1.5 Diffusoreffekt durch Wandeneinfluß eines Profils .....                              | 27 |
| 3.1.6 Widerstand von vorn offenen halbkugelartigen Gebilden .....                         | 27 |
| 3.1.7 Einfluß der Strahlgröße auf den Widerstand .....                                    | 27 |
| 3.1.8 Umströmung von Drosselklappen .....   | 28 |
| 3.1.9 Umströmung von Eisenträgerprofilen .....  | 28 |
| 3.1.10 Übergeschwindigkeiten und Widerstandsziffern bei verschiedenen Formen .....        | 29 |
| 3.1.11 Widerstandsverringerung durch geeignete Profilierung .....                         | 31 |
| 3.1.12 Wirkung von Abrundungen bei verschiedenen Formen .....                             | 31 |
| 3.1.13 Druckverlust von Rohrbündeln im Kreuzstrom .....                                   | 31 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.14 Stabilität von umströmten, frei beweglichen Körpern .....            | 33        |
| 3.1.15 Widerstand von Luftschiffkörpern .....                               | 33        |
| 3.2 Widerstand von Wanderhebungen und Vertiefungen .....                    | 35        |
| 3.3 Fahrzeuge .....   | 40        |
| 3.3.1 Allgemeines .....   | 40        |
| 3.3.2 Widerstand von Autos .....  | 40        |
| 3.3.3 Widerstand von Lokomotiven und Eisenbahnfahrzeugen .....              | 44        |
| 3.3.4 Beeinflussung der Fahrzeuge bei Tunnelfahrten .....                   | 46        |
| 3.3.5 Auslaufverfahren zur Bestimmung des Widerstandes von Fahrzeugen ..... | 47        |
| Schrifttum zu Kap. 3: siehe Kap. 4  |           |
| <b>4 Armaturen .....</b>  | <b>48</b> |
| 4.1 Krümmer .....   | 48        |
| 4.1.1 Grundlagen .....  | 48        |
| 4.1.2 Praktische Ausführungen .....   | 51        |
| 4.1.3 Einfluß der <i>Re</i> -Zahl auf die Krümmerverluste .....             | 56        |
| 4.1.4 Besondere technische Formen .....                                     | 56        |
| 4.2 Rohrverzweigungen .....   | 57        |
| 4.2.1 Übersicht .....   | 57        |
| 4.2.2 Verzweigungen eines Leitungsnetzes .....                              | 62        |
| 4.2.3 Experimentelle Verfahren .....  | 63        |
| 4.2.4 Anwendungen .....   | 64        |
| 4.3 Einlauf- und Austrittsverluste .....                                    | 65        |
| 4.3.1 Austrittsverluste .....   | 65        |
| 4.3.2 Einlaufverluste .....   | 66        |
| 4.3.2.1 Scharfkantiger Einlauf von ebenen und runden Querschnitten .....    | 67        |
| 4.3.3 Düsenkoeffizienten bei freiem runden Einlauf .....                    | 67        |
| 4.3.3.1 Lösung des Düsenproblems .....                                      | 69        |
| 4.3.4 Verluste bei Anordnungen von einem Rohr und einer Wand .....          | 72        |
| 4.3.5 Ventile und Absperrmittel .....                                       | 72        |
| 4.4 Wirkung von Sieben in einer Strömung .....                              | 74        |
| 4.4.1 Übersicht .....   | 74        |
| 4.4.2 Laminarströmung in Schüttungen .....                                  | 75        |
| 4.5 Große Durchflußwiderstände .....  | 76        |
| 4.5.1 Labyrinthdichtungen .....   | 76        |
| 4.5.2 Große Druckdifferenzen .....  | 80        |
| Schrifttum zu Kap. 3 und 4 .....  | 82        |
| <b>5 Vermeidung von Ablösungen .....</b>                                    | <b>84</b> |
| 5.1 Leitschaufeln .....   | 84        |
| 5.2 Mitbewegte Wände .....  | 90        |
| <b>6 Bestgestaltungen von Schlaufenreaktoren .....</b>                      | <b>92</b> |
| <b>III Technische Anwendungen</b>   |           |
| <b>7 Strahlenaerodynamik – Modellversuche .....</b>                         | <b>96</b> |
| 7.1 Ablenkung von Strahlen durch innere Kräfte .....                        | 96        |
| 7.2 Ablenkung von Strahlen durch äußere Kräfte .....                        | 98        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>   | <b>IX</b> |
| <b>7.3 Modellversuche</b> .....   | 99        |
| <b>7.4 Modellversuche bei Gebläsen und Ventilatoren</b> .....                               | 101       |
| <b>7.5 Strahlwirkung durch Hilfsklappen bei Tragflügeln</b> .....                           | 106       |
| <b>7.6 Strahlwirkung bei Luftkissenfahrzeugen</b> .....                                     | 106       |
| <b>7.7 Düsentrockner für großflächige Güter</b> .....                                       | 108       |
| <b>7.8 Freistrahl von offen laufenden Querstromläufern</b> .....                            | 109       |
| <br><b>8 Gebäudeaerodynamik</b> .....   | <br>110   |
| <b>8.1 Luftkräfte auf normale Gebäude</b> .....   | 110       |
| <b>8.2 Einsturz der Tacoma-Brücke</b> .....   | 111       |
| <b>8.3 Hohe Bauwerke</b> .....  | 115       |
| <b>Schrifttum zu Kap. 8</b> .....   | 117       |
| <br><b>9 Belüftung und Klimatisierung</b> .....   | <br>118   |
| <b>9.1 Belüftung</b> .....  | 118       |
| <b>9.1.1 Freie Strahlen</b> .....   | 118       |
| <b>9.1.2 Übersicht über runde, ebene und anliegende Strahlen</b> .....                      | 120       |
| <b>9.1.3 Reichweite von Strahlen bei verschiedenen Dichten und Temperaturen</b> .....       | 122       |
| <b>9.1.4 Auf eine Wand auftreffende Freistrahlen</b> .....                                  | 124       |
| <b>9.1.5 Impulsbelüftung</b> .....  | 124       |
| <b>9.2 Tunnelbelüftung</b> .....  | 125       |
| <b>9.2.1 Natürliche Belüftung</b> .....   | 125       |
| <b>9.2.2 Künstliche Belüftung</b> .....   | 126       |
| <b>9.2.3 St. Gotthard-Straßentunnelbelüftung</b> .....                                      | 127       |
| <b>9.2.4 Strömungstechnische Untersuchungen</b> .....                                       | 132       |
| <b>Schrifttum zu Abschn. 9.2</b> .....  | 132       |
| <b>9.3 Klimatisierung</b> .....   | 133       |
| <b>9.3.1 Freistrahlen in begrenzten Räumen</b> .....  | 133       |
| <b>9.3.2 Archimedes-Zahl, Freistrahlen unter Mitwirkung des thermischen Auftriebs</b> ..... | 135       |
| <b>9.3.3 Grashof-Zahl</b> .....   | 137       |
| <b>9.3.4 Schlußfolgerungen</b> .....  | 139       |
| <b>9.3.5 Praktische Ausführungen</b> .....  | 142       |
| <b>Schrifttum zu Abschn. 9.3</b> .....  | 144       |
| <br><b>10 Zyklone, Hydrozyklone, Sonderbauarten</b> .....                                   | <br>146   |
| <b>10.1 Zyklone</b> .....   | 146       |
| <b>10.2 Hydrozyklone</b> .....  | 150       |
| <b>10.3 Sonderbauarten von Hydrozyklonen und anderen Geräten</b> .....                      | 151       |
| <b>Schrifttum zu Kap. 10</b> .....  | 154       |
| <br><b>11 Elektrofilter</b> .....   | <br>156   |
| <b>11.1 Grundlagen</b> .....  | 156       |
| <b>11.2 Konstruktive Einzelheiten</b> .....   | 157       |

|  |     |
|--|-----|
| <b>12 Pneumatische Förderung</b> .....   | 161 |
| 12.1 Förderung eines Einzelkörpers im schrägen bzw. senkrechten Rohr .....               | 161 |
| 12.2 Ähnlichkeitsbeziehungen .....   | 164 |
| 12.3 Vertikale Förderung .....   | 165 |
| 12.4 Winkler-Schwebebett .....   | 169 |
| 12.4.1 Winkler-Schwebebett-Feuerung .....  | 171 |
| 12.4.2 Winkler-Schwebebett-Reaktionen im Bereich der Kernenergie .....                   | 174 |
| 12.4.3 Kohlevergasung .....  | 176 |
| 12.5 Schwebebett einer konischen Röhre .....   | 178 |
| 12.5.1 Die pneumatische Rinne .....  | 180 |
| 12.6 Horizontale Förderung .....   | 181 |
| 12.6.1 Widerstandszahl .....   | 183 |
| 12.6.2 Einfluß des Rohrquerschnittes .....   | 184 |
| 12.7 Besonderheiten der hydraulischen Förderung .....                                    | 186 |
| 12.7.1 Pneumatischer Transport von ganz feinen Schüttgütern .....                        | 187 |
| 12.8 Pneumatische Fadenförderung in der Textilindustrie .....                            | 189 |
| 12.8.1 Luftpistolen-Webverfahren .....   | 189 |
| 12.8.2 Pneumatische Spinntechnik .....   | 192 |
| Schrifttum zu Kap. 12 .....  | 192 |
| <b>13 Sichter</b> .....  | 194 |
| 13.1 Mahlfeinheit (Oberflächenbestimmung nach Blaine) .....                              | 194 |
| 13.2 Zentrifugalsichter .....  | 195 |
| 13.3 Zyklon-Umlaufsichter .....  | 196 |
| 13.4 Kanalradsichter .....   | 197 |
| <b>14 Verdrängungsverdichtung</b> .....  | 200 |
| 14.1 Vergleich mit früheren Druckwasseranwendungen .....                                 | 200 |
| 14.2 Aufladung durch Druckwellen (nach BBC) .....  | 201 |
| 14.3 Konstruktiver Aufbau der Druckwellenmaschine Comprex .....                          | 201 |
| 14.4 Eigenschaften des Comprex und die Besonderheiten Comprex-aufgeladener Motoren ..... | 203 |
| <b>15 Hochdruckwasserstrahlen, Einsatz bei der Kohleförderung</b> .....                  | 206 |
| 15.1 Wasserstrahlen .....  | 206 |
| 15.2 Vermischung von Wasserstrahlen mit der Umluft .....                                 | 208 |
| 15.3 Gesteinszerkleinerung durch Hochdruckwasserstrahlen .....                           | 209 |
| 15.4 Hydraulische Förderung bei großen Festteilchen .....                                | 212 |
| 15.5 Strömungstechnische Besonderheiten im Berg- und Tunnelbau .....                     | 213 |
| <b>Namen- und Sachverzeichnis</b> .....  | 219 |

**Inhalt von Band 1: Grundlagen**

Hydrostatik

Bewegungslehre

Einfluß der Reibung bei ablösungsfreien Strömungen

Ablösung

Bewegung fester Körper in strömenden Medien

Tragflügel

Kavitation

Gasdynamik

Strömungstechnische Messungen