

Wäge-, Abfüll- und Verpackungsprozesse

von

Dr.-Ing. Dirk Drechsel und

Dipl.-Ing. Franz Vetter

Mit 259 Bildern und 68 Tabellen

Oldenbourg Industrieverlag München

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----------|
| Vorwort | V |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Wägetechnik | 5 |
| 2.1 Historie der Waage..... | 6 |
| 2.2 Masse, Kraft und Massenstrom..... | 10 |
| 2.3 Aufgaben der Wägetechnik..... | 14 |
| 2.4 Begriffe der Wägetechnik..... | 16 |
| 2.5 Messprinzipien..... | 21 |
| 2.5.1 Mechanische Waagen..... | 23 |
| 2.5.2 Elektronische und elektromechanische Waagen..... | 28 |
| 2.5.2.1 Dehnungsmessstreifen (DMS)..... | 28 |
| 2.5.2.1.1 Messkörper bzw. Verformungskörper..... | 31 |
| 2.5.2.1.2 Verschaltung der Dehnungsmessstreifen..... | 35 |
| 2.5.2.1.3 Messwerterfassung mit DMS-Wägezellen..... | 37 |
| 2.5.2.1.4 Digitale DMS-Wägezelle..... | 41 |
| 2.5.2.2 Schwingsaiten-Messgeber..... | 42 |
| 2.5.2.3 Differentialtransformator..... | 46 |
| 2.5.2.4 Elektromagnetische Kraftkompensation (EMK)..... | 47 |
| 2.5.3 Hybride Waagen..... | 52 |
| 2.5.4 Vergleich, Einsatz und Auflösung der Messprinzipien..... | 57 |
| 2.6 Applikationen..... | 60 |
| 2.6.1 Diskontinuierliche Waagen..... | 61 |
| 2.6.1.1 Standardwaagen..... | 61 |
| 2.6.1.2 Abfullwaagen..... | 63 |
| 2.6.1.3 Prozesswaagen..... | 66 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 2.6.1.4 | Laborwaagen..... | 69 |
| 2.6.1.4.1 | Feuchtegehaltbestimmung..... | 70 |
| 2.6.1.4.2 | Dichtebestimmung..... | 73 |
| 2.6.2 | Kontinuierliche Waagen..... | 75 |
| 2.6.2.1 | Bandwaage und Dosierbandwaage..... | 76 |
| 2.6.2.2 | Differentialdosierwaage..... | 82 |
| 2.6.2.3 | Dosierrotorwaage..... | 87 |
| 2.6.2.4 | Coriolis-Durchflussmesser..... | 91 |
| 2.6.2.4.1 | Schüttgut-Coriolis-Durchflussmessgerät..... | 91 |
| 2.6.2.4.2 | Flüssigkeit-Coriolis-Durchflussmessgerät..... | 95 |
| 2.6.2.5 | Prallplatte, Messschurre und deren Kombination..... | 99 |
| 2.6.2.5.1 | Messschurre..... | 99 |
| 2.6.2.5.2 | Prallplatte..... | 101 |
| 2.6.2.5.3 | Smart-Flow-Meter..... | 102 |
| 2.6.2.6 | Quasikontinuierlicher Vibrationsdosierer..... | 106 |
| 2.6.2.7 | Vergleich kontinuierlicher Waagen..... | 108 |
| 2.7 | Messgenauigkeit und Dosiergenauigkeit..... | 110 |
| 2.7.1 | Definition der Messgenauigkeit..... | 111 |
| 2.7.2 | Genauigkeit der Waage..... | 112 |
| 2.7.3 | Genauigkeit der Dosierung..... | 116 |
| 3 | Abfüll- und Verpackungsprozesse..... | 121 |
| 3.1 | Definitionen der Abfüll- und Verpackungsprozesse..... | 122 |
| 3.2 | Abfüll- und Verpackungslinie..... | 123 |
| 3.3 | Automatisierte Abfüll- und Verpackungslinie..... | 127 |
| 3.4 | Abfüllanlagen..... | 129 |
| 3.4.1 | Klassifizierung von Abfüllanlagen..... | 129 |
| 3.4.2 | Verpackung, Gebinde und Packmittel..... | 133 |
| 3.4.3 | Schüttgutabfüllung..... | 135 |
| 3.4.3.1 | Nettopacker und Nettoverwiegung..... | 137 |
| 3.4.3.2 | Bruttopacker und Bruttoverwiegung..... | 139 |
| 3.4.4 | Flüssigkeitsabfüllung..... | 146 |
| 3.5 | Verpackungsanlagen..... | 150 |
| 3.5.1 | Weichpackmittel-Abfüll- und Verpackungsanlagen..... | 150 |
| 3.5.1.1 | FFS-Verpackungsanlage..... | 151 |
| 3.5.1.2 | Schlauchbeutelmaschine..... | 153 |
| 3.5.2 | Palettierer- und Depalettierer..... | 155 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.5.3 | Roboter..... | 159 |
| 3.5.4 | Kennzeichnungssysteme..... | 164 |
| 3.5.5 | Fixierungs- und Sicherungssysteme..... | 166 |
| 3.6 | Kontrollsysteme..... | 170 |
| 3.7 | Abfill- und Logistikzentrum..... | 171 |
| 4 | Automatisierungstechnik..... | 173 |
| 4.1 | Steuerung..... | 173 |
| 4.2 | Waagensteuerung..... | 175 |
| 4.2.1 | Diskontinuierliche Algorithmen..... | 176 |
| 4.2.2 | Kontinuierliche Algorithmen..... | 180 |
| 4.2.3 | Signalverarbeitung..... | 184 |
| 4.3 | Signal- und Datenkommunikation..... | 187 |
| 4.3.1 | Technologien des Signalaustausches..... | 188 |
| 4.3.2 | Bussysteme..... | 192 |
| 5 | Projektierung, Planung und Handhabung..... | 203 |
| 5.1 | Mechatronik..... | 204 |
| 5.2 | Waage..... | 204 |
| 5.2.1 | Produktion..... | 205 |
| 5.2.1.1 | Wägezellen..... | 205 |
| 5.2.1.2 | Begriffe der Wägezellen..... | 206 |
| 5.2.1.3 | Einbau der Wägezellen..... | 209 |
| 5.2.1.4 | Lager..... | 212 |
| 5.2.1.5 | Lenker..... | 215 |
| 5.2.1.6 | Behälterkonstruktion..... | 219 |
| 5.2.1.7 | Rohrleitung und Kabelführung..... | 223 |
| 5.2.1.8 | Kompensatoren..... | 225 |
| 5.2.1.9 | Druckkompensation und Entlüftung..... | 227 |
| 5.2.1.10 | Störkräfte..... | 234 |
| 5.2.2 | Labor..... | 235 |
| 5.2.2.1 | Standort..... | 235 |
| 5.2.2.2 | Auftrieb..... | 240 |
| 5.2.2.3 | Elektrostatische Aufladung..... | 244 |
| 5.2.2.4 | Magnetische Felder..... | 247 |
| 5.2.2.5 | Aufstellung..... | 248 |
| 5.2.2.6 | Luftströmung..... | 250 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.2.2.7 | Klima..... | 253 |
| 5.2.2.8 | Vibrationen und Schwingungen..... | 255 |
| 5.3 | Abfüll- und Dosiereinheit..... | 256 |
| 5.3.1 | Produkteigenschaften..... | 256 |
| 5.3.1.1 | Flüssigkeit..... | 256 |
| 5.3.1.1.1 | Viskosität..... | 257 |
| 5.3.1.1.2 | Oberflächenspannung und Kontaktwinkel..... | 259 |
| 5.3.1.1.3 | Kompressibilität..... | 262 |
| 5.3.1.1.4 | Dampfdruck und Gaslöslichkeit..... | 263 |
| 5.3.1.2 | Schüttgut bzw. Feststoff..... | 263 |
| 5.3.1.2.1 | Schüttdichte, Schüttguldichte und Kompressibilität..... | 267 |
| 5.3.1.2.2 | Fließverhalten..... | 270 |
| 5.3.1.2.3 | Böschungswinkel..... | 276 |
| 5.3.1.2.4 | Partikel- bzw. Kornbeschaffenheit..... | 277 |
| 5.3.1.2.5 | Fluidisation und Entgasung..... | 279 |
| 5.3.2 | Dosierorgan und Dosierung..... | 281 |
| 5.3.2.1 | Schüttgutdosierung..... | 282 |
| 5.3.2.1.1 | Zellenraddosierer bzw. Zellenradschleuse..... | 284 |
| 5.3.2.1.2 | Vibrationsdosierer bzw. Rinnendosierer..... | 286 |
| 5.3.2.1.3 | Schneckendosierer..... | 288 |
| 5.3.2.2 | Flüssigkeitsdosierung..... | 291 |
| 5.3.2.3 | Pulsationen im Massenstrom..... | 294 |
| 5.3.2.4 | Schutzmaßnahmen bei elektrostatischer Aufladung..... | 295 |
| 5.4 | Verpackungsmaschine..... | 298 |
| 5.5 | Projektmanagement..... | 302 |
| 5.6 | Planungsunterlagen..... | 304 |
| 5.7 | Spezifikation..... | 307 |
| 6 | Eichrechtliche Bestimmungen..... | 311 |
| 6.1 | Übersicht..... | 311 |
| 6.2 | Nichtselbsttätige Waage (NSW)..... | 314 |
| 6.3 | Selbsttätige Waage zum Abwägen (SWA)..... | 323 |
| 6.4 | Selbsttätige Waage zum diskontinuierlichen Wägen (SWW)..... | 326 |
| 6.5 | Selbsttätige Kontrollwaage (SKW)..... | 328 |
| 6.6 | Fertigpackungsverordnung (FPV)..... | 328 |
| 6.6.1 | Fertigpackungen gleicher Nennfüllmenge..... | 330 |
| 6.6.1.1 | Nennfüllmenge $\beta_A \ll 10\text{kg}$ | 331 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6.6.1.2 | Nennfüllmenge $Q_N > 10\text{kg}$ | 335 |
| 6.6.2 | Kontrollmessgeräte bzw. Kontrollwaagen..... | 337 |
| 6.6.2.1 | Nichtselbsttätige Waage (NSW) als Kontrollwaage (KW)..... | 338 |
| 6.6.2.2 | Selbsttätige Kontrollwaage (SKW) nach FPV..... | 340 |
| 6.6.3 | Aufzeichnungspflicht..... | 343 |
| 6.7 | Gewichtstücke und Normale..... | 345 |
| 6.8 | Eichung..... | 347 |
| 6.8.1 | Prozess der Eichung..... | 347 |
| 6.8.2 | Bauartzulassung..... | 348 |
| 6.8.3 | Prüfung..... | 351 |
| 6.8.4 | Kennzeichnung und Stempelung..... | 352 |
| 6.8.5 | Gültigkeitsdauer..... | 353 |
| 6.8.6 | Ort der Eichung..... | 354 |
| 6.9 | Vorzeitiges Erlöschen der Eichgültigkeit..... | 357 |
| 6.10 | Verstöße gegen das Eichgesetz..... | 358 |
| 7 | Anhang..... | 359 |
| 7.1 | Nennunschärfbereich U , von SKW [Strecker 99]..... | 359 |
| 7.2 | Beschaffenheitsprüfung von NSW [EA9]..... | 361 |
| 7.3 | Prüfung messtechnischer Eigenschaften bei Eichung von NSW [EA9].... | 362 |
| 7.4 | Rechtsgrundlagen bei Eichung von NSW [EA9]..... | 363 |
| 7.4.1 | Eichung nach EO §7(EWG-Richtlinie 90/384/EWG)..... | 364 |
| 7.4.2 | Ersteichung nach EO 9 Nr. 6.1 (EWG-Richtlinie 73/360/EWG)..... | 365 |
| 7.5 | Kennzeichnungen für Zulassungen und Eichungen [NA 82]..... | 366 |
| 7.6 | Prüfung von nichtselbsttätigen Waagen (NSW) [EA9]..... | 367 |
| 7.7 | Formelzeichen und Abkürzungen [EA9]..... | 371 |
| 7.8 | Prüfprotokoll von Handelswaagen [NAMUR NA34]..... | 372 |
| 7.9 | QM-Prüfprotokoll von Handelswaagen [NAMUR NA34]..... | 373 |
| 8 | Bildnachweis von Firmen..... | 375 |
| 9 | Literaturverzeichnis..... | 377 |
| 10 | Stichwortverzeichnis..... | 387 |