

16. Füllmaschinen für Glasflaschen

16.1 Allgemeine Hinweise

Die Flaschenfüllmaschine (FFM) ist die zentrale Maschine der Füllanlage. Sie bestimmt im Wesentlichen den Durchsatz der gesamten Anlage. Alle vor- und nachgeschalteten Maschinen werden in ihrer Ausbringung so ausgelegt, dass die FFM störungsfrei laufen kann. Sie wird deshalb auch als Limitmaschine bezeichnet. Der Nenndurchsatz einer Füllanlage entspricht dem der FFM.

Unterscheidende Merkmale der FFM sind vor allem:

- Die Anzahl der Füllstellen,
- Die Teilung der FFM (Abstand der zweier Behälter, s.u.),
- Die Anordnung der Füllstellen (Kreisbahn, in Reihe) und
- Das Füllprinzip.

Zur Charakterisierung des Nenndurchsatzes (in Behältern je Zeiteinheit) gehört die Behältergröße (s.a. Abbildung 287), die ihn erheblich beeinflusst.

Der Nenndurchsatz einer FFM wird weniger konstruktiv begrenzt als vielmehr durch die realen Einsatzkriterien, die zu einer Verminderung der Effektivausbringung führen, beispielsweise die Häufigkeit des Sorten-, Gebinde- und Ausstattungswechsels je Abfüllschicht und durch Störungen aller Art. Letztere lassen sich durch konsequenten Einsatz spezifikationsgerechter Packmittel und Packhilfsmittel gemäß STLB beeinflussen.

Jede mit einem Stopp verbundene Störung bedingt einen Bremsvorgang, die Beseitigung der Störung bzw. Störquelle und einen Anlaufvorgang. Hinzukommen oft noch Funktionsstörungen (Unter- und Überfüllung, O₂-Aufnahme) als Folge eines Stopps.

Anlauf- und Verzögerungszeiten lassen sich infolge des großen Massenträgheitsmomentes der Füllmaschine nicht beliebig minimieren. Die Minderausbringung je Stopp steigt also mit der Füllmaschinengröße exponentiell.

FFM werden in der Regel mit Durchsätzen von 6.000 bis zu ≤ 72.000 Fl./h betrieben bezogen auf 0,5-L-Flaschen (gefertigt wurden bereits FFM mit einer Ausbringung von bis zu 120.000 Fl./h bei 0,33-L-Fl.).

16.2 Verfahrenstechnische Aufgabenstellung

Die wesentlichen verarbeitungstechnischen Aufgaben einer FFM sind:

- Füllen des Behälters mit dem Getränk ohne vermeidbare Verluste,
- Sicherung der Nennfüllmenge in jedem Behälter unter Beachtung der zulässigen Toleranzen gemäß der gesetzlichen Grundlagen (Fertigpackungsverordnung [262]) und
- Erhaltung der Getränkequalität.

Zu dem letztgenannten Punkt gehören vor allem die Vermeidung von Kontaminationen, der O₂-Aufnahme und CO₂-Verluste.

16.3 Durchsatz einer FFM

Der Nenndurchsatz der FFM ist insbesondere von der Füllstellenzahl, der Teilung und der Drehzahl abhängig. Aus der Füllstellenzahl und der Teilung ergeben sich der Teilkreisdurchmesser (s.u.) und damit der Grundflächenbedarf der FFM.

Die Behälterfüllzeit ist wichtiger Teil der Gesamtfüllzeit (s.a. Abbildung 288). Diese setzt sich zusammen aus der Zeit für:

- Übergabe des Behälters auf die Kreisbahn,
- Anpressen des Behälters an das Füllorgan,
- Vorevakuieren (s.u.) und Vorspannen des Behälters.
Dieser Schritt wird nur bei Sauerstoff empfindlichen Produkten wie z. B. Bier und Wein eingesetzt.
In der Regel wird mehrfach vorevakuiert, mit CO₂ gespült und vorgespannt, um einen möglichst niedrigen O₂-Partialdruck zu sichern,
- Öffnen des Getränkezulaufes,
- Füllen des Behälters,
- Schließen des Getränkezulaufes,
- „Beruhigen“ des Getränks,
- Entlasten des Behälters und ggf. eine Korrektur der Füllhöhe,
- Abziehen des Behälters vom Füllorgan und
- Übergabe des Behälters von der Kreisbahn an den Transferstern.

Die eigentliche Füllzeit wird von der Behältergröße (Nettovolumen) und der Querschnittsfläche der Mündung bestimmt. Beide Größen ergeben die notwendige Füllzeit, aus der sich dann mit den o.g. Nebenzeiten die erforderliche Verweilzeit t_{ges} auf der Kreisbahn errechnen lässt. Diese Zeit lässt sich in der Regel nicht reduzieren.

Die genannten Zeiten sind bei gegebener Behältergröße (Höhe) fixe Werte, von denen nur die eigentliche Füllzeit (Öffnen des Getränkezulaufes bis Druckentlasten) nicht oder nur unter bestimmten Bedingungen minimierbar ist.

Für den Durchsatz einer FFM folgt, dass dieser mit steigender Gebindegröße exponentiell zurückgeht (s.a. Abbildung 287), da sich die Füllzeit verlängert.

Die Zeit zwischen Abziehen und Anpressen der Behälter ist im Prinzip Verlustzeit, die sich aber nur begrenzt minimieren lässt, da diese Vorgänge eine von der Behälterhöhe abhängige Zeit benötigen. Ebenso beeinflusst die Geometrie der Ein- und Auslaufsterne diese Verlustzeit.

Die maximal mögliche Drehzahl n resultiert also aus der Gesamtfüllzeit t_{ges} als Summe aus Füllzeit und Nebenzeiten für die Füllung eines Behälters:

$$n_{max} \leq 1/t_{ges} \quad \text{Gleichung 23}$$

n_{max} = maximale Drehzahl in 1/s

t_{ges} = Gesamtfüllzeit in s

Für den Weg l einer Umdrehung des Teilkreises gilt:

$$l = \pi \cdot d = z \cdot s \quad \text{Gleichung 24}$$

l = Umfang des Teilkreises in m

d = Teilkreisdurchmesser in m

z = Anzahl der Füllorgane = Zahl der Behälter/Umdrehung

s = Teilung in m

Aus der Drehzahl n_{\max} und der Anzahl der Füllorgane z errechnet sich der max. Durchsatz der FFM in Behälter/h:

$$\text{max. Durchsatz} = n_{\max} \cdot z \cdot 3600 \text{ s/h}$$

Gleichung 25

Abbildung 287 Durchsatz von Flaschenfüllmaschinen als Funktion der Füllstellenzahl und der Flaschengröße (ca.-Werte)
 obere Kurve: niedrige Getränke-temperatur
 untere Kurve: höhere Getränke-temperatur

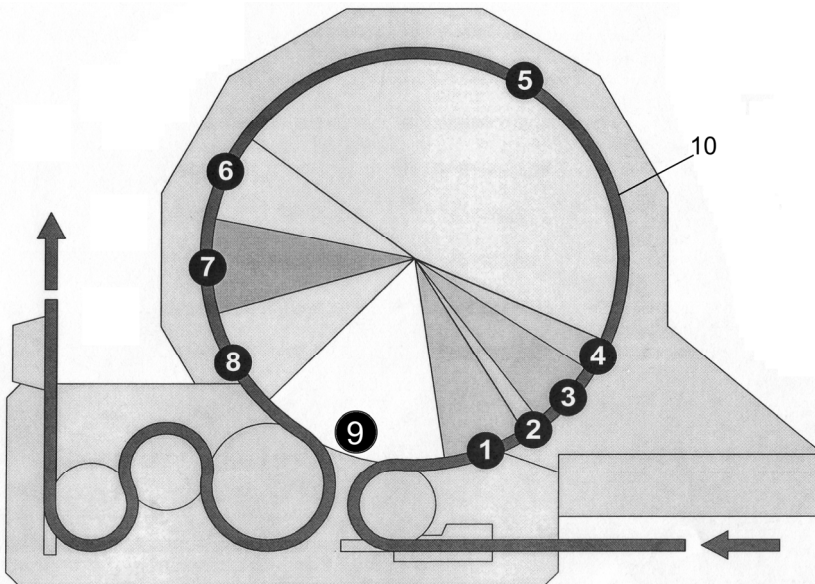
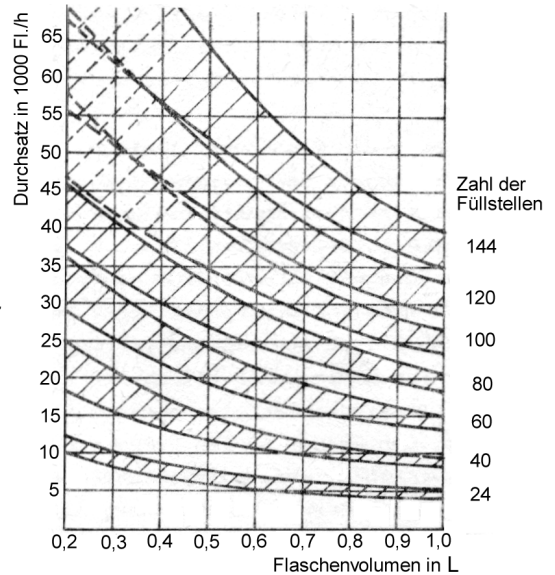


Abbildung 288 Verfahrensschritte bei der Behälterfüllung auf der Kreisbahn der FFM. Im Beispiel handelt es sich um eine FFM mit zweistufiger Vorevakuierung.
 1 erste Evakuierung 2 CO₂-Spülung 3 zweite Evakuierung 4 Vorspannen
 5 Füllen 6 Beruhigen 7 Füllhöhe korrigieren 8 Entlasten 9 Abziehen der Behälter, Ausblasen des Füllventils, Anpressen der Behälter 10 Teilkreis

16.4 Füllprinzipien

Es kann bei der Getränke- und Fluidfüllung unterschieden werden nach:

- Dosierungsvariante des Füllgutes in den Behälter (Flasche, Dose);
- Füllguttemperatur;
- Druckniveau, bezogen auf die Atmosphäre;
- Der treibenden Kraft für den Getrankeeinlauf in den Behälter.

Seit etwa 1996 kommt noch die Aseptik als zu beachtendes Kriterium hinzu (kaltsterile Füllung), s.a. Kapitel 20.

Dosierung des Füllgutes

Unterschieden wird in:

- **Maßfüllung:**
 - Füllung nach online gemessenem Volumen;
 - Füllung eines vorab festgelegten Volumens;
 - Füllung nach Masse (Wägeprinzip; nicht für Getränke);
 - Füllung nach online gemessener Masse.

Die Onlinemessung wird mit einem magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät (Volumenstrommessung; MID) oder mit einem Massedurchflussmessgerät (Coriolis-Prinzip) realisiert.

Auch Flügelradmesszellen werden eingesetzt.

- **Niveaufüllung:**
alle Behälter werden bis zu einer festgelegten Höhe gefüllt.

Bei der Maßfüllung nach Volumen muss die Getränketemperatur berücksichtigt werden (Bezugstemperatur ist üblicherweise 20 °C). Maßgefüllte Behälter haben oft unterschiedliche Füllhöhen und sehen scheinbar „schlecht“ gefüllt aus.

Die Massebestimmung ergibt bei nach Volumeneinheiten gehandelten Getränken keine Vorteile, da die Dichte beachtet werden muss.

Die Niveaufüllung setzt maßhaltige Packmittel voraus, deren Volumen auch bei Druckbeaufschlagung konstant bleibt.

Die erforderliche Dosiergenauigkeit wird von den gesetzlichen Grundlagen bestimmt. In Deutschland sind es das „*Mess- und Eichgesetz*“ [263] und die „*Fertigpackungsverordnung*“ [262].

Füllguttemperatur

Unterschieden wird nach:

- Kalter Füllung (Füllguttemperatur unterhalb des Taupunktes, es bildet sich Schwitzwasser auf der Behälteroberfläche);
- Füllung bei Raumtemperatur (die Füllguttemperatur ist \geq als die Raumtemperatur; Schwitzwasserbildung ist im Prinzip ausgeschlossen);
- Warmer Füllung (die Füllguttemperatur ist deutlich höher als die Raumtemperatur);
- Heißer Füllung (das Getränk wird mit Pasteurisationstemperatur in die Behälter gefüllt).

Die Heißabfüllung ist für Bier ungeeignet (u.a. zu hoher erforderlicher Fülldruck), sie wird bei Obst- und Gemüsesäften und -produkten praktiziert. Die Füllguttemperatur muss bei der Festlegung der Pack- und Packhilfsmittel sowie der Verpackungsform beachtet werden. Glas- und Metall-Packungen sind universell einsetzbar, Kunststoff-Packungen sind limitiert.

Druckniveau, bezogen auf die Atmosphäre

Stille Getränke können bei beliebigem Druck gefüllt werden, in der Regel bei Normaldruck oder Vakuum. Die zugehörigen FFM werden als Normaldruck-, Schwerkraft- oder Vakuum-FFM bezeichnet. Dabei wird je nach Vakuumbreite in *Vakuum-* und *Hochvakuum-*Füllmaschinen unterschieden.

Gashaltige Getränke müssen mit Überdruck gefördert und gefüllt werden, um Gasverluste zu vermeiden. Der Überdruck muss deutlich über dem Sättigungsdruck des Gases liegen, er ist vom Gasgehalt und der Temperatur abhängig.

Die zugehörigen FFM sind Überdruck-Füllmaschinen, die im Allgemeinen das „isobarematische Prinzip“ nutzen. Dabei wird im zu füllenden Behälter erst der gleiche Druck aufgebaut wie über dem Getränk und danach wird der Getränkeeinlauf freigegeben, um CO₂-Schaumbildung zu vermeiden. Treibende Kraft ist also die Schwerkraft.

Für Überdruck-Füllmaschinen wird auch das Synonym *Gegendruck-*Füllmaschinen verwendet, das aber nicht korrekt ist.

Die isobarematische Füllung ist eine Gleichdruckfüllung unter Nutzung der Schwerkraft bei unterschiedlichem Druckniveau: Unterdruck, Normaldruck oder Überdruck.

Die treibende Kraft für den Getränkeeinlauf in den Behälter

Treibende Kraft für den Getränkeeinlauf in die Behälter ist entweder

- Eine Höhendifferenz zwischen Getränkespiegel und dem Gebinde, also die Schwerkraft, und/oder
- Ein Differenzdruck (z. B. zur Atmosphäre oder zwischen Füllgut und Behälter).

Höhendifferenz

Die Einlaufgeschwindigkeit des Getränkes ist von der Höhendifferenz zwischen Getränkespiegel im Vorratsbehälter und Gebinde abhängig. Sie lässt sich nach Gleichung 26 abschätzen (ohne Berücksichtigung der Rohrreibungsverluste im Füllorgan):

$$w = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \qquad \text{Gleichung 26}$$

w = Einlaufgeschwindigkeit in m/s

g = Fallbeschleunigung $\hat{=}$ 9,81 m/s²

Δh = durchschnittliche Höhendifferenz leerer/gefüllter Behälter zum Getränkespiegel in m

Die Höhendifferenz wird bei der Überdruckfüllung (isobarematisches Prinzip) und bei der Normaldruckfüllmaschine genutzt.

Differenzdruck

Ein Differenzdruck wird bei der Füllung stiller Getränke mittels einer Vakuumfüllmaschine angewendet. Dabei wird die Druckdifferenz zwischen Atmosphäre und dem Vakuum im Behälter genutzt.

Bei der isobarematischen Füllung kann eine zusätzlich geschaltete Druckdifferenz zwischen Druck über dem Getränk und dem Druck im Gebinde zur Erhöhung der Füllgeschwindigkeit gemäß Gleichung 26 zur Anwendung kommen (auch als Schnellfüllphase bezeichnet; sie kann bei der Flaschen-, Dosen- und Kegfüllung genutzt werden).

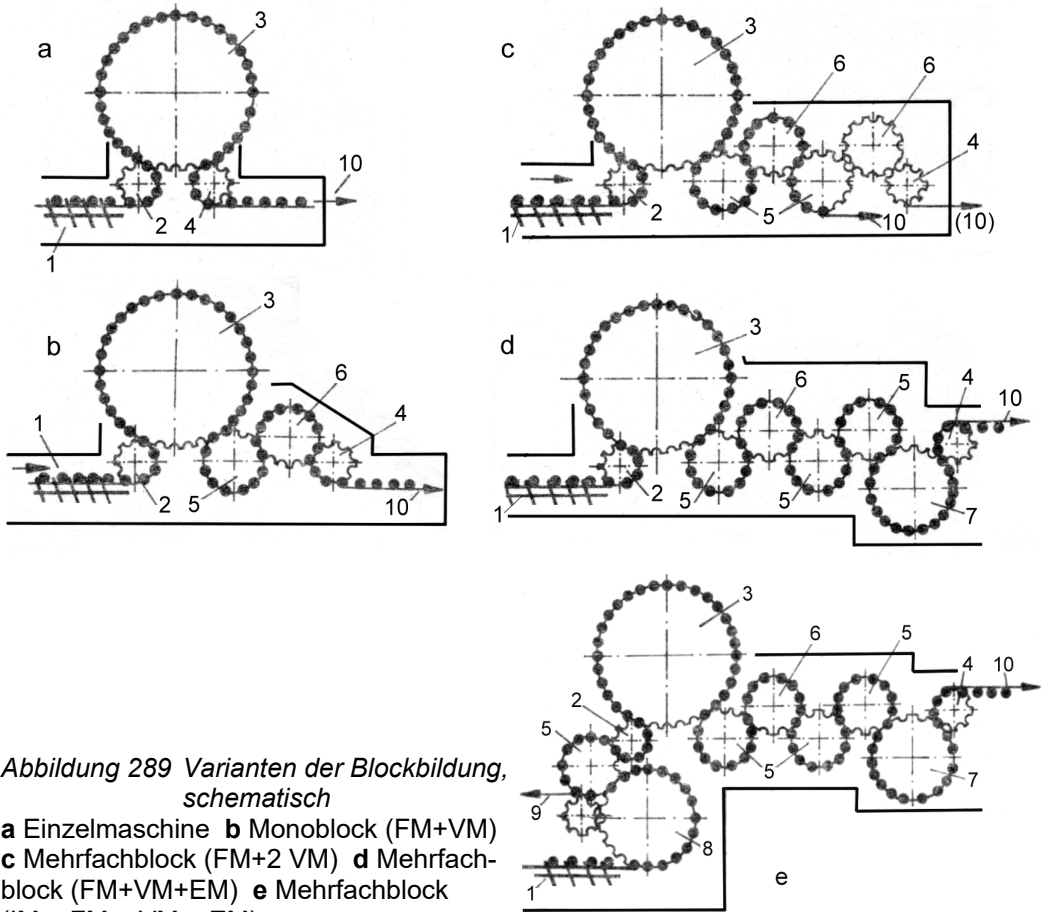


Abbildung 289 Varianten der Blockbildung, schematisch

a Einzelmaschine **b** Monoblock (FM+VM)
c Mehrfachblock (FM+2 VM) **d** Mehrfachblock (FM+VM+EM)
e Mehrfachblock (IM + FM + VM + EM)

IM Inspektionsmaschine **FM** Füllmaschine **VM** Verschleißmaschine **EM** Etikettiermaschine
FRM Flaschenreinigungsmaschine
1 Einlaufschnecke **2** Einlaufstern FM **3** Flaschenrundlauf FM **4** Auslaufstern
5 Übergabestern **6** Verschleißmaschine **7** Etikettiermaschine **8** Leerflascheninspektionsmaschine
9 Flaschenausschleusung **10** Flaschenauslauf
11 Flaschenrücklauf zur FRM

Die wirksame Druckdifferenz bestimmt die Einlaufgeschwindigkeit des Getränkes in den Behälter (Gleichung 27; ohne Berücksichtigung der Rohrreibungsverluste im Füllorgan):

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$

Gleichung 27

w = Einlaufgeschwindigkeit in m/s
 Δp = Druckdifferenz in N/m²
 ρ = Dichte in kg/m³

Aus der Gleichsetzung von Gleichung 26 und Gleichung 27 ergibt sich:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h.$$

Da das in einen Behälter laufende Flüssigkeitsvolumen von der Fließgeschwindigkeit w und der Fließquerschnittsfläche A bestimmt wird ($\dot{V} = w \cdot A$) folgt, dass eine Vergrößerung der konstruktiv problematischen Höhendifferenz gemäß Gleichung 26 wenig zur Verbesserung der Füllgeschwindigkeit beiträgt. Limitierend ist die nutzbare Querschnittsfläche, die bei Getränkeflaschen durch die Mündungsgeometrie begrenzt ist. Die zumindest zeitweise bei der Füllung eines Behälters nutzbare Druckdifferenz gegenüber der Atmosphäre bietet bessere Möglichkeiten zur Erhöhung des Volumenstromes.

16.5 Prinzipieller Aufbau von Flaschenfüllmaschinen

FFM können gestaltet werden als:

- Reihenfüllmaschinen (Synonym: Linearfüller) oder
- Rotationsfüllmaschinen.

Reihenfüllmaschinen arbeiten taktweise: die Gebinde werden einzeln oder im Pulk gefördert und gefüllt. Der Durchlauf durch die Füllmaschine kann ein- und mehrreihig sein. Die Zahl der Füllorgane entspricht der Zahl der Behälter, die in einem Takt gefüllt werden. Einsatz beispielsweise bei der Kegfüllung, der Füllung von pastösen Molkerei- und Obst- und Gemüseprodukten oder in der Kosmetikindustrie und Pharmazie.

Rotationsfüllmaschinen füllen auf einer Kreisbahn. Dazu müssen die Behälter vom linearen Förderer nach der Vereinzelung auf die Kreisbahn übergeben werden und nach der Füllung wieder auf den Förderer zurückgeführt werden. In der Regel werden die Behälter einreihig gefüllt, auch die 2-bahnige Flaschenführung wird bzw. wurde vereinzelt praktiziert (großer technischer Aufwand).

In der Regel wurde die FFM mit der Verschließmaschine kombiniert (Synonym: geblockt). Beide Maschinen werden synchron betrieben und haben bzw. hatten einen gemeinsamen Antriebsmotor (Synonym: Monoblock), s.a. Kapitel 16.6.2.4. Statt einer Verschließmaschine können auch mehrere verschiedene Verschließer geblockt werden. Aktuell erhalten alle Maschinen individuelle synchronisierte Antriebe.

Vorteile der Blockung sind geringerer Grundflächenbedarf, weniger Transportelemente und Transportstörungen, geringere Lärmentwicklung, weniger Bedienungsaufwand. Bei der Füll- und Verschließmaschine kommt noch die kürzere Zeit bis zum Verschließen hinzu.

Weitere Blockungen werden bei Inspektions-, Füll- und Verschließmaschine und Etikettiermaschine praktiziert. Bei Einweg-Linien können der Rinser und bei EW-PET-Linien die Streckblasmaschine mit der Füll- und Verschließmaschine geblockt werden.

16.6 Bau- und Funktionsgruppen von Rotations-Flaschenfüllmaschinen

16.6.1 Gestaltungsprinzipien

Die Anforderungen an die FFM wurden seit den 1970er Jahren immer anspruchsvoller. FFM für die kaltsterile Füllung lassen keine gestalterischen Kompromisse zu.

Die Entwicklung der Forderungen, insbesondere bei Bieren, zu immer geringeren O_2 -Gehalten schafft gute Voraussetzungen für das Wachstum von streng anaerob lebenden Mikroorganismen. Deshalb müssen vor allem im Bereich der unver-

geschlossenen Behälter (Ein- und Auslaufbereich der Füll- und Verschleißmaschine, Förderbänder) Kontaminationsquellen, wie die Aerosolbildung und Biofilmbildung, konsequent ausgeschaltet werden.

Von modernen Füllmaschinen wird deshalb u.a. gefordert:

- Die FFM wird auf höhenverstellbaren (Kalotten-)Füßen aufgestellt (die Gewinde müssen abgedeckt sein). Die Füße leiten die Belastung auf den Fußboden über Edelstahlplatten mit Gummieinlage ein. Bodenfliesen müssen säurefest verfugt sein und über ausreichendes Gefälle zum Fußboden-Wassereinlauf verfügen. Wassereinläufe müssen so dimensioniert werden, dass alle anfallenden Wassermengen ohne Stau abgeleitet werden können. Sie müssen eine zuverlässige Scherbenrückhaltung besitzen. Der Fußboden muss ausreichend temperaturwechselbeständig sein (bei Kunststoffbeschichtungen in der Regel nicht gegeben).
- Die Korrosionsbeständigkeit von Bauelementen aus Nicht-Edelstahl wird durch Beschichtungen und Verkleidungen, vorzugsweise aus Edelstahlblech, Rostfrei[®], erreicht. Verkleidungen müssen spaltfrei, möglichst dicht verschweißt, ausgeführt werden.
- Produktberührte Oberflächen sollten zur Erleichterung der Reinigung und Desinfektion nach dem CIP-Verfahren, aber auch für die manuelle Reinigung, eine möglichst glatte, porenfreie, korrosionsbeständige Oberfläche besitzen. Glatte, spaltfreie Oberflächen werden angestrebt. Diese müssen so gestaltet werden, dass Pfützenbildung sicher verhindert wird, Flüssigkeitsreste quantitativ ablaufen und Scherben problemlos abgeleitet werden können. Alle Oberflächen der FFM sollen sich für die automatische Schwallreinigung eignen. Werkstoffübergänge bzw. Montagespalten sollten vermieden werden, das allseitige Verschweißen ist vorzuziehen.
- Die Werkstoffoberflächen sollen eine möglichst geringe Rauheit haben. Der Mittenrauwert (nach DIN EN ISO 4762 [441]) der produktberührten Oberflächen sollte $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$ betragen, anzustreben sind Werte $\leq 0,8 \mu\text{m}$.
- Die Oberflächenbeschaffenheit der Schweißnähte sollte mit der der Werkstoffe übereinstimmen, geringe Differenzen sind zulässig.
- Voll-, Rohr- oder Kastenprofile sind grundsätzlich zu bevorzugen, sie müssen an den Enden verschlossen werden, vorzugsweise durch Schweißung. Offene Profile (Winkel-, U-, Doppel-T-Profile) sollten nicht verwendet werden.
- Zu vermeiden sind offene Bohrungen, offene Gewinde bei Schrauben/Muttern, Spalten von Klemmverbindungen, Sacklöcher, Steck- und Klemmverbindungen von Kunststoffteilen/Edelstahl usw. Schrauben- oder Bolzenverbindungen sind zu vermeiden. Punktschweißungen und offene Falzkanten sind unzulässig, ebenso geschlitzte Klemmverbindungen und versenkte Innensechskant-Schrauben. Müssen Innensechskant-Schrauben versenkt eingesetzt werden, können die Sacklöcher durch geeignete Stopfen verschlossen werden.

Gewindeenden müssen mit Hutmuttern abgeschlossen werden.
Vorteilhaft sind Hutmuttern mit integrierter O-Ring-Dichtung.

- Produktberührte Teile müssen sich für die CIP-R/D eignen und sie müssen sterilisierbar sein.
Die CIP-Parameter müssen an die maximal vorkommenden Rauheiten angepasst werden.
- Blechstöße von Wärmedämmungs-Verkleidungen müssen im Bereich von Flüssigkeitseinwirkungen korrosionsgeschützt und flüssigkeitsdicht ausgeführt werden.

FFM, insbesondere solche für Aseptik-Füllanlagen, müssen nach den Richtlinien der EHEDG (European Hygienic Equipment Design Group) gefertigt werden (sie müssen auch den Forderungen des US 3-A-Standards 74-00 entsprechen).

Aus verschiedenen Gründen ist es nicht sinnvoll, für einzelne Ausrüstungselemente größere Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit zu stellen, als sie das „schwächste Glied der Kette“ erfüllen kann, es sei denn, sie können mit anderen Argumenten begründet werden.

Die Oberfläche von Blechverkleidungen und dünnen Werkstoffen sollte so strukturiert werden, dass mechanische Beschädigungen (Kratzer, Dellen usw.) wenig auffällig bleiben. Polierte und matt geschliffene Oberflächen sind sehr empfindlich!

Kreisschliff-Oberflächen und gestrahlte Oberflächen (Glasperlen gestrahlt) sind relativ unempfindlich.

16.6.2 Bau- und Funktionsgruppen

Wichtige Bau- und Funktionsgruppen einer FFM sind (s.a. Abbildung 290):

- Das Maschinengestell mit dem Vortisch (moderne FFM werden bereits ohne Vortisch gefertigt);
In diesen Fällen werden Vereinzelungen und Übergabesterne mit Einzelantrieben ausgerüstet;
- Der / die Antrieb(e);
- Der Füllmaschinenrotor mit:
 - dem Huborganträger und Huborganen
 - dem Getränkebehälter (Synonym: Füllmaschinenkessel);
- Die Füllorgane;
- Die Füllorganansteuerung bzw. die Füllmaschinensteuerung;
- Der Medienverteiler;
- Die Vorrichtungen für die FM-Außenreinigung.

16.6.2.1 Maschinengestell

Das Maschinengestell lässt sich bei der klassischen Bauweise in den sogenannten Vortisch und die Rotorbaugruppe unterteilen. Bei kleineren FFM können beide Baugruppen eine Einheit bilden. Im Vortisch sind die Antriebe der Behälterzu- und -ableitung und der Antrieb untergebracht. Bei Monoblock-Füll- und Verschleißmaschinen nimmt der Vortisch auch die Verschleißmaschine(n) auf. Auch der Rotorantrieb kann dazugehören. Bei modernen FFM werden Rotorbaugruppe, Verschleißer und Übergabebaugruppen separat aufgestellt und angetrieben (s.o.).

Zu den Elementen der Behälterzu- und -ableitung zählen die Einlaufschnecke, der Behälterstopp, der Einlaufstern, der Übergabesterne und der Auslaufstern. Bei mehreren

Verschleißmaschinen können weitere Übergabesterne und ggf. auch Vereinzelschnecken vorhanden sein.

Die Rotorbaugruppe umfasst die Rotorlagerung und den Rotor, bestehend aus den Huborganen mit Behälterträgern und dem Getränkebehälter inklusive der Füllorgane.

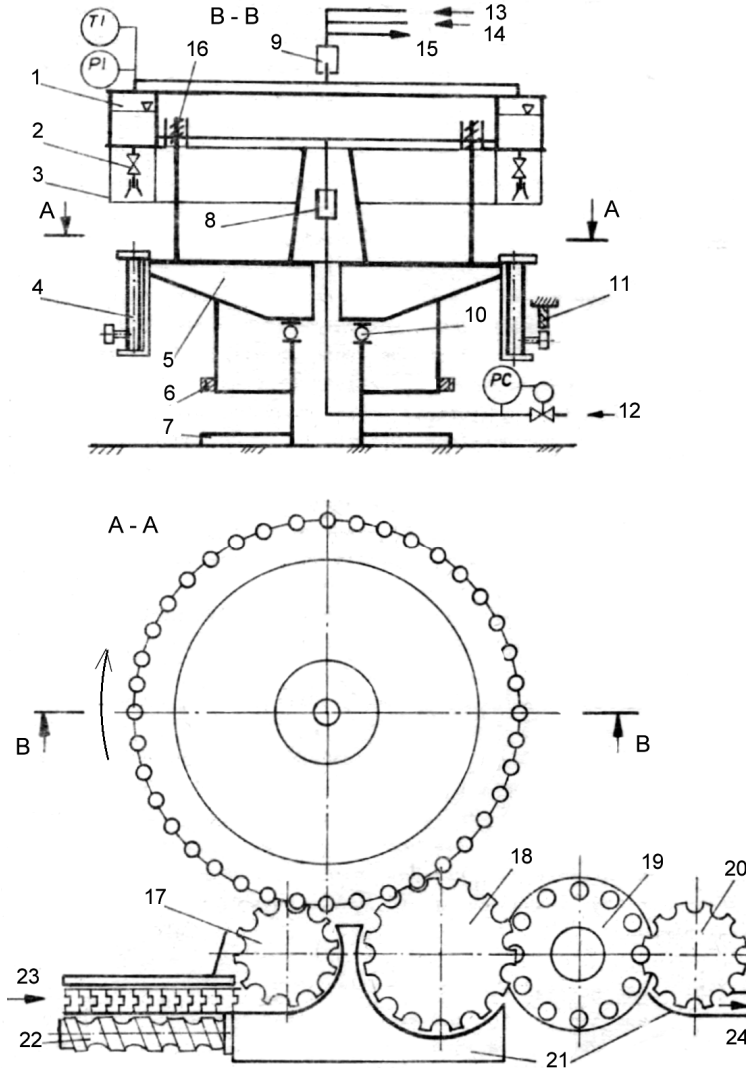


Abbildung 290 Füllmaschine, schematisch

- 1 Füllmaschinenkessel 2 Füllorgan 3 Splitterschutz 4 Huborgan 5 Huborganträger
- 6 Antriebszahnkranz 7 Gestell 8 koaxiale Getränkezuführung 9 koaxialer Medienverteiler 10 Rotorlager (Kugeldrehverbindung) 11 Abzugskurve für Huborgane
- 12 Getränkezufuhr/CIP-VL 13 Spanngas 14 Druckluft 15 Vakuum-Anschluss
- 16 Höhenverstellung für Kessel 17 Einlaufstern 18 Übergabestern 19 Verschleißmaschinenrotor 20 Auslaufstern 21 Behälterführung 22 Einlaufschnecke 23 Behältereinlauf 24 Behälterauslauf

Die Rotorlagerung (Synonym: Kugeldrehverbindung) erfolgt mit einem Kugellager, kombiniert als Axial- und Radiallager. Das Lager muss gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Scherben zuverlässig geschützt sein (der Austausch ist in der Regel zeit- und arbeitsaufwendig). Der Lagerdurchmesser soll möglichst groß sein.

Das Maschinengestell nimmt auch die Steuerorgane für die Ansteuerung der mechanisch betätigten Füllorgane auf („Steuerring“). Moderne FFM verzichten in der Regel auf mechanische Steuerelemente.

Die Maschinengestelle werden entweder gegossen (Vorteile des Gusses sind vor allem die Steifigkeit und die Schwingungsdämpfung) oder als Schweißkonstruktion ausgeführt. Die Vorteile der Schweißkonstruktion sind vor allem Kostenvorteile bei der Fertigung, kurze Fertigungs- und Lieferzeiten sowie schnelle Reaktionsmöglichkeiten auf Änderungswünsche. Maschinengestelle als Schweißkonstruktion ermöglichen die komplette Ausführung in Edelstahl Rostfrei®.

Der Korrosionsschutz wird durch Beschichtungen oder Edelstahlblech-Verkleidungen gesichert. Die Verkleidungen müssen die Scherben und Getränkereste ableiten. Dabei gelten die gleichen Gesichtspunkte wie bei der Gestaltung des Vortisches (s.u.).

Die Aufstellung des Gestells wird mit höhenverstellbaren Kalottenfüßen vorgenommen. Das direkte Aufsetzen des Gestells auf den Fußboden wird nicht mehr praktiziert.

16.6.2.2 Vortisch

Der Vortisch der FFM kann Teil des Maschinengestells sein, aber auch - vor allem bei neuzeitlichen Maschinen - aus mehreren selbstständigen Baugruppen bestehen.

Abbildung 291c zeigt einen historischen Vortisch in massiver Bauweise.

Der Vortisch nimmt die Zu- und Ablaufkette, die Einteilschnecke und den Einlauf-, Übergabe- und Auslaufstern sowie den Antrieb auf (s.u.).



Abbildung 291a Gestaltungsvarianten für modernere Vortische: „roof table“ (nach Krones)

Die zweckmäßige, reinigungsfreundliche Gestaltung des Vortischs ist eine relevante Forderung aus Sicht der Reinigung/Desinfektion (Abbildung 291a und b). Gefordert werden u.a.:

- Geneigte Oberflächen, die sich selbsttätig entleeren und keine Flüssigkeitsreste speichern (sogenannte *Roof-table*-Ausführung);
- Glatte und allseitig geschlossene, minimierte Oberflächen;
- Geeignet für die automatische Schwallreinigung.



Abbildung 291b Gestaltungsvarianten für moderne Vortische (nach KHS)

Roesicke berichtete über die Vorteile dieser Gestaltung [264]. Die Schutzrohre der Antriebswellen werden dicht mit den Blechen verschweißt. Die Abbildung 291a und b zeigen Beispiele ausgeführter reinigungsoptimierter Vortische.

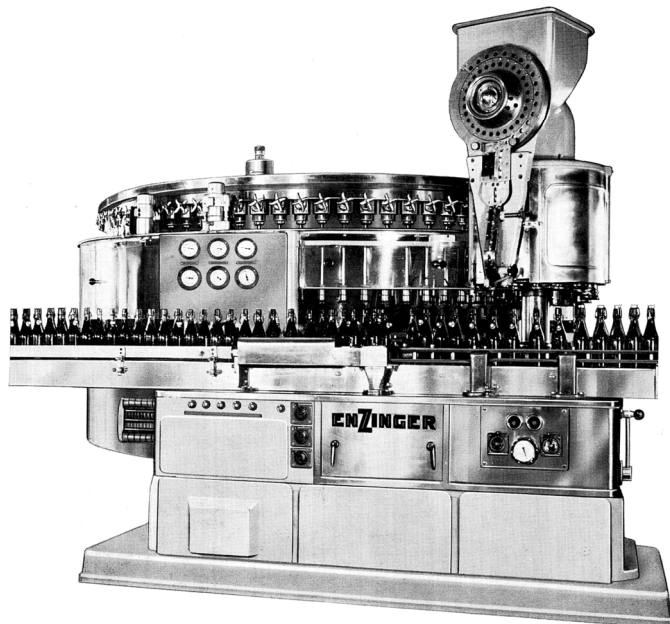


Abbildung 291c
FFM Typ Rex von Enzinger,
um 1964

Die Entwicklung ist zur Bauweise ohne speziellen Vortisch gegangen (Abbildung 292). Die Antriebe für die Einteilschnecke und die Transfersterne werden mit eigenen Verkleidungen ausgerüstet und direkt auf dem Boden abgestützt. Der Abstand untereinander wird formschlüssig gesichert. Alle Antriebe, auch die der Füllmaschine und Verschließmaschinen, werden als frequenzgesteuerte Servoantriebe ausgeführt und laufen synchron, eine mechanische Kopplung ist also nicht mehr erforderlich.



Abbildung 292 Bauweise einer FFM ohne separaten Vortisch (Monotec nach Krones)



Abbildung 292a Füll- und Verschließmaschine Innofill Glass DRS mit separaten Antrieben (nach KHS)

Die „Sterne“ führen die auf Gleitleisten oder -blechen stehenden Behälter in Aussparungen, die dem Teilungsmaß und dem Behälterdurchmesser entsprechen, auf einer kreisförmigen Bahn, die durch eine Führungskurve begrenzt wird. Die Führungen sind mit auswechselbaren Kunststoffprofilen besetzt (Verschleiß; s.a. Kapitel 7.2 und 7.3 sowie Abbildung 293a. Neuzeitliche Führungsgarnituren zeigt Abbildung 293b.

Bedingt durch die unterschiedlichen Gebindegrößen, müssen für unterschiedliche Behälterdurchmesser und -formen jeweils zugeordnete Einlaufschnecken, Sterne und Führungsgeländer vorrätig sein. Diese müssen unverwechselbar gekennzeichnet sein. Der Wechsel wird durch formschlüssige, zentrierte Kupplungselemente erleichtert. Der Antrieb erfolgt mittels einstellbarer form- und kraftschlüssiger Überlastkupplungen, deren Schaltzustand von Sensoren überwacht wird.

Moderne FFM (vor allem für PET-Flaschen Abbildung 293c) werden teilweise mit Klammersternen (Klemmsternen) ausgerüstet (s.a. Kapitel 7.5). Diese Elemente können Behälter mit unterschiedlichen Durchmessern erfassen und ohne Gleit- und Führungselemente auf einer Kreisbahn fördern, d.h., es werden keine speziellen Formateile benötigt und Umstellzeiten entfallen. Nachteilig ist bei den Klammersternen die Empfindlichkeit gegenüber Glasscherben. Die Hygiene wird durch die zahlreichen beweglichen Teile, Ecken und Kanten erschwert, ebenso die Reinigungsfähigkeit.

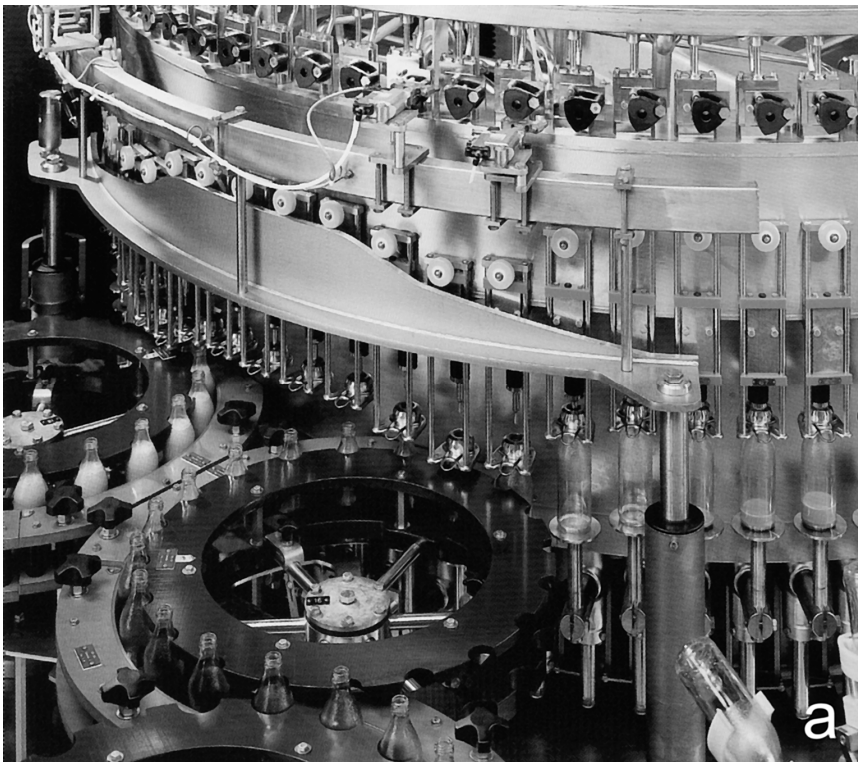


Abbildung 293a Ein- und Auslaufbereich einer FFM, schematisch (nach Krones) ältere Ausführung mit Formateilen