

Startklar mit dem neuen Füller?

ABNAHME FLASCHENFÜLLMASCHINE | Egal, wie sorgfältig der Brauer sein Bier gesotten, vergoren und filtriert haben mag, im letzten Arbeitsschritt, der Abfüllung, entscheidet sich mitunter die Qualität wie auch die Stabilität des Produktes. Bei der Abfüllung in Flaschen gibt es einige technologische Faktoren, die einen Einfluss auf die Bierqualität haben. Die gilt es zu beherrschen und bei der Anlagenabnahme im Blick zu halten.

DIE ANSCHAFFUNG einer neuen Abfüllanlage ist in der Regel ein kostspieliges Unterfangen, das jedoch für das Produkt hinsichtlich der Geschmacksstabilität einen enormen Fortschritt bedeuten kann. Bevor hier die technologischen Feinheiten zur Abnahme einer Füllmaschine vorgestellt werden, lohnt sich ein kurzer Blick auf die formellen Rechte und Pflichten eines Anlagenbetreibers.

Sicherheit

In der ersten Planungsphase ist die DIN 69901-5 mit Begriffen zum Projektmanagement wie „Lastenheft“ und „Pflichtenheft“ sehr hilfreich. Oberste Priorität eines jeden Unternehmers muss immer die Gesundheit seiner Mitarbeiter und Kunden sein. Diese zentrale Forderung geht nicht nur aus dem deutschen Grundgesetz hervor („Recht auf Leben und körperliche

Unversehrtheit“ nach Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG), sondern ist auch Inhalt des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG). In § 3 ProdSG ist festgehalten, dass alle möglichen Gefahren, die von der Anlage selbst und den damit produzierten Gütern ausgehen, ausgeschlossen werden müssen. Bevor die Anlage betrieben wird, ist ein Blick in die Maschinenrichtlinie (RL 2006/42/EG) hilfreich. Artikel 5 dieser Richtlinie ist als To-do-Liste zum Erfüllen der Sicherheitsanforderungen bei Inverkehrbringen und Inbetriebnahme zu sehen. Die allgemeinen Schutzkonzepte für das Personal ergeben sich jedoch nur im Einklang mit der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV). Lässt sich die Maschine nun ohne Sicherheitsbedenken bedienen – hierfür ist eine erfolgreiche sogenannte CE-Abnahme notwendig – gilt es, die Sicherheit der hergestellten Lebensmittel zu gewährleisten. Für alle Anlagenbetreiber in der Lebensmittelbranche ist nach Artikel 14

VO (EG) Nr. 178/2002 und § 3 LMHV vorgeschrieben, dass nur sichere und hygienisch nicht nachteilig beeinflusste Güter hergestellt werden dürfen. Weiterhin dürfen die geltenden Umweltschutzbestimmungen nicht außer Acht gelassen werden. Hier muss der Umgang mit den Immissionen, Chemikalien, Abwässern und Abfällen beherrscht werden. Sind all diese Punkte erfüllt, so kann sich der Anlagenbetreiber auf die technologischen und leistungsbezogenen Merkmale einer Abnahme konzentrieren.

Voraussetzungen für eine Abnahme

Jede vertragsgemäß hergestellte Anlage muss im Sinne von § 640 BGB abgenommen werden. Das heißt, dass die Abnahme durch den Käufer der Anlage sogar rechtlich verpflichtend ist. Um jedoch die Garantien aus dem Vertrag prüfen zu können, bedarf es eines reibungslosen Zusammenspiels zwischen Anlagenzulieferer und -betreiber. Dies ist allerdings nicht immer ganz einfach. In der Angebotsphase hilft die DIN 8784 für Mindestangaben und auftragsbezogene Angaben bei Getränkeabfüllanlagen.

Die Garantievereinbarungen können entweder in Form einer internen Abnahme zwischen den beiden Parteien oder in Form einer externen, neutralen Abnahmeuntersuchung durch einen Gutachter oder ein



Autoren: Dr. Hubertus Schneiderbanger (Foto), Dario Cotterchio, Prof. Fritz Jacob, Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, TUM School of Life Sciences, Freising

$$O_2\text{-GESAMT}(\text{mg/l}) = X \left[\frac{32 \cdot 1000 \cdot HS \cdot (4,15 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot T - 0,0701)}{0,082 \cdot T + 1,0332 \cdot 100} + 1 \right]$$

$$= X \cdot f_{\text{ges}}; \quad f_{\text{ges}} = [f_0 \cdot (f_1 + f_2) / f_3] + 1$$

X = gemessener O ₂ -Gehalt im Bier nach Schütteln (mg/l)	f₀ = 32,000 * HS
HS = % Kopfraumvolumen	f₁ = 0,000000415 * T ²
T = Temperatur in Kelvin (K)	f₂ = 0,0002 * T - 0,0701
	f₃ = 8,47224 * T

Abb. 1 Berechnung des Gesamtsauerstoffgehalts nach Vilachá und Uhlig [1]

für den 0,33-l-Behälter:	$O_2\text{-GESAMT (errechnet)} - O_2 \text{ im Bier(ungeschüttelt)}$	= ml Luft im Kopfraum
	<u>0,848</u>	
für den 0,355-l-Behälter:	$O_2\text{-GESAMT (errechnet)} - O_2 \text{ im Bier(ungeschüttelt)}$	= ml Luft im Kopfraum
	<u>0,788</u>	
für den 0,5-l-Behälter:	$O_2\text{-GESAMT (errechnet)} - O_2 \text{ im Bier(ungeschüttelt)}$	= ml Luft im Kopfraum
	<u>0,560</u>	
für den 1,0-l-Behälter:	$O_2\text{-GESAMT (errechnet)} - O_2 \text{ im Bier(ungeschüttelt)}$	= ml Luft im Kopfraum
	<u>0,280</u>	

Abb. 2 Berechnung des Luftgehalts im Flaschenhals [1]

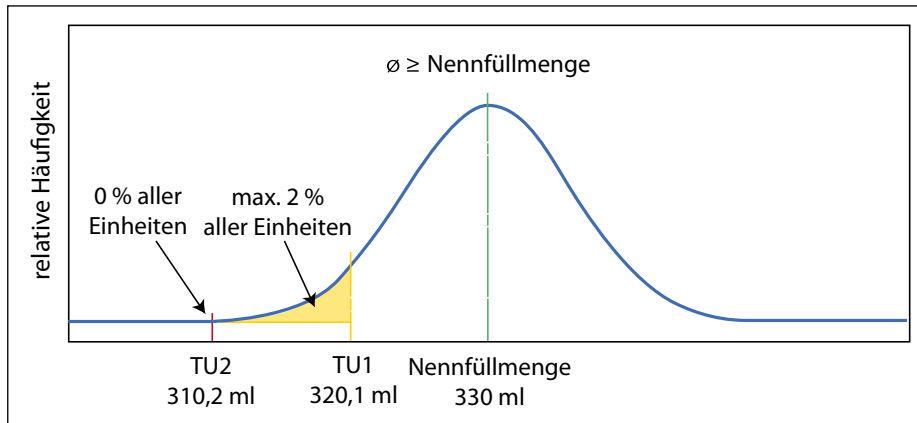


Abb. 3 Prüfkriterien der Füllmengenkontrolle einer Charge mit der Nennfüllmenge 330 ml [2, 3]

Institut realisiert werden. Doch was gilt es hierbei zu kontrollieren? Dieser Artikel soll aus der Sicht des Forschungszentrums Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, das seit vielen Jahren als neutraler Gutachter tätig ist, einen Überblick über sinnvolle Untersuchungsmerkmale geben.

Am Tag der Abnahme der Flaschenfüllmaschine gibt es fundamentale Grundlagen zu beachten, welche die Validität der Ergebnisse erst ermöglichen. Wie bereits erwähnt, ist nicht nur der Anlagenbauer, sondern auch der Getränkeproduzent in der Bringschuld. So ist es z. B. wichtig, dass bei einer Abnahme das vereinbarte Produkt (zumeist die Hauptsorte der Brauerei) mit den vereinbarten Merkmalen in ein bewertbares Gebinde abgefüllt wird. Zu den vereinbarten Merkmalen zählen beispielsweise der CO_2 -Gehalt des abzufüllenden Guts, die garantierte Abfülltemperatur, ein einwandfreies Spanngas (zumeist CO_2), aber auch ein reinigbares Leergut, das nicht schon seit dem letzten Sommer auf dem Hof steht. Auch muss gewährleistet sein, dass das Produkt in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Eine Abnahme mit ständigen Unterbrechungen und Produktwechsellern macht objektive Aussagen über die Leistungsfähigkeit, Genauigkeit im Abfüllbild und die Verbräuche der Anlage unmöglich.

Oft wird vergessen, dass bereits zur Abnahme eingewiesenes und gut geschultes Personal in der Füllerei stehen muss, um später die Maschine und nicht den Menschen bewerten zu können.

■ Leistungsabnahme

In der Praxis ist immer noch die Abnahmeuntersuchung für die Leistung gemäß DIN 8783 und DIN 8782 beliebt. Allerdings gilt zu beachten, dass diese Normen zurückgezogen wurden, es sollte mit DIN 8743 und DIN 8784 gearbeitet werden. Mit diesen Normen lassen sich ebenfalls die Leistungsfähigkeit der Anlage und mögliche Schwachstellen aus dem Umfeld ausmachen. Hierbei ist es wichtig, die anlagenbedingten Störungen aufzunehmen und den entsprechenden Wirkungsgrad der Anlage zu ermitteln. Neben der reinen Leistung spielen jedoch auch viele weitere technologische Aspekte eine wichtige Rolle.

■ Technologische Abnahmekriterien Mikrobiologischer Status

Explizite rechtliche Vorgaben, wie die Nennfüllmengenanforderungen nach §9 aus der neuen Fertigpackungsverordnung (FPackV), gibt es nur wenige. Vielmehr heißt es aus Sicht des Gesetzgebers, dass ein einwandfreies Produkt hergestellt wer-

den muss. Dieses Produkt darf keine Gefahr für den Konsumenten darstellen und muss über die Dauer des MHDs seine grundlegenden Qualitätseigenschaften aufrechterhalten. Um ein einwandfreies Produkt abfüllen zu können, muss zunächst die mikrobiologische Sicherheit gewährleistet sein. Daher sollte im Rahmen einer Abnahme in jedem Fall der mikrobiologische Status der gesamten Anlage vor Abfüllbeginn überprüft werden. Sowohl die Reinigungsleistung der CIP muss zwingend kontrolliert werden (am besten mittels Spülwasserproben) als auch die Umfeldhygiene des Füllers mittels Tupferproben. Die Tupferproben werden anschließend nach dem Bewertungssystem gemäß Prof. Back ausgewertet. Bei einem gereinigten Füller sollte ein Wert von zehn Prozent an Positivbefunden bei den Tupfern nicht überschritten werden. Es empfiehlt sich, auch das Spanngas mikrobiologisch zu untersuchen, um eine mögliche Infektion durch das CO_2 ausschließen zu können. Gleiches gilt für die HDE (Hochdruckeinspritzung).

Im Falle einer mikrobiologischen Verunreinigung in den Rohrleitungen oder z. B. dem Füllkessel sind zumeist die ersten abgefüllten Produkte von einer Kontamination betroffen, bevor sich ein gewisser Auswascheffekt bemerkbar macht. Daher ist es ratsam, aus der ersten Abfüllrunde 3–5 Flaschen vom Band zu entnehmen und diese mikrobiologisch zu untersuchen. Zeitgleich sollte am Füllereinflauf ebenfalls eine Produktprobe genommen werden, um die Ursache einer möglichen Kontamination einschränken zu können.

Auch wenn die Flaschenreinigungsmaschine nicht im Umfang der Abnahmeuntersuchungen enthalten ist, so ist es sinnvoll, die gereinigten Flaschen dennoch mikrobiologisch zu untersuchen, um eine Kontamination durch diese ebenfalls ausschließen zu können. Gibt es Bedenken hinsichtlich der mikrobiologischen Situation an der Flaschenreinigungsmaschine oder am Füller, sollten darüber hinaus unbedingt sterile Flaschen zur Überprüfung in die Maschine gestellt und abgefüllt werden. Somit kann eine Kontamination durch die gereinigten Flaschen ausgeschlossen werden.

Ergänzend empfiehlt das Forschungszentrum, bei Abnahmen die Umgebungsluft zu Abfüllbeginn am Flaschenfüller zu untersuchen (empfehlenswert ist ein automatischer Probennehmer mit definiertem

Ansaugvolumen), um auch diese Kontaminationsquelle ausschließen zu können. Nach einer Abfüllzeit von ca. drei Stunden werden die dargestellten Proben in der Regel wiederholt, um eine mögliche Verschlechterung der mikrobiologischen Situation, z. B. durch geplatze Flaschen, bewerten zu können. Der Wert der Positivbefunde bei den Tupferproben sollte nun 30 Prozent nicht überschreiten.

Sauerstoffaufnahme und Luft im Flaschenhals

Neben dem hygienischen Status der Anlage ist die Sauerstoffaufnahme durch den Abfüllprozess entscheidend. Sauerstoff ist als Oxidationsmittel für das Produkt Bier äußerst schädlich und verschlechtert die Geschmacksstabilität deutlich. Demnach sollte sowohl die Sauerstoffkonzentration im Bier vor der Abfüllung wie auch im späteren Verlauf im Gebinde möglichst niedrig sein. Sauerstoffwerte zwischen 0,02–0,05 mg/l sind hier im Füllereinflauf als gut zu bezeichnen. Diesen Wert gilt es nach Möglichkeit stets direkt vor der Entnahme von Gebinden vom Füllerband zu detektieren, um Schwankungen im Sauerstoffgehalt ausschließen zu können und um eine exakte Sauerstoffaufnahme durch den Abfüllvorgang zu ermitteln. Die Gesamtsauerstoffaufnahme sollte bei modernen Abfüllanlagen einen Wert von 0,1 mg/l nicht überschreiten. Die Gesamtsauerstoffaufnahme entspricht dabei der Differenz aus dem Sauerstoffgehalt des Produktes nach Phasenausgleich (Flaschen werden defi-

niert für 5 min über Kopf geschüttelt) im abgefüllten, verschlossenen Gebinde und dem Sauerstoffgehalt des in den Füller einlaufenden Produktes. Der Gesamtsauerstoffgehalt (Produkt nach Phasenausgleich) wird nach Vilachá und Uhlig gemäß der Formel in Abbildung 1 berechnet.

Ein ebenfalls häufig geregelter Vertragsparameter ist der Luftgehalt im Flaschenhals. Übliche Werte von modernen Flaschenfüllmaschinen liegen hier bei unter 0,2 ml/Flasche und werden gemäß Abbildung 2 berechnet.

Auch der CO₂-Gehalt im Produkt ist zu erfassen, da es durch den Abfüllvorgang entweder zu einer Aufkarbonisierung oder zu einem CO₂-Verlust kommen kann. Zu merklichen CO₂-Verlusten kommt es bei modernen Abfüllanlagen mit Vorevakuierungen und CO₂ als Spanngas in der Regel nicht mehr. Bei zu hohen Differenzdrücken bei der Abfüllung kann es jedoch zu einer Aufkarbonisierung kommen.

Füllmengenkontrolle – rechtliche Anforderungen

Ein weiteres elementares Kontrollmerkmal stellt die Füllmengenkontrolle dar (je nach Verfahren auch die Füllhöhenkontrolle). Hierbei gilt es, in erster Linie die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten. Dies bedeutet im Einzelnen keine Unterschreitung der Charge im Mittel von der ausgegebenen Nennfüllmenge. Des Weiteren darf gemäß der FPackV auch die maximal zulässige Minusabweichung nicht unterschritten werden. Diese beträgt bei Gebindegrößen

von 300–500 ml drei Prozent der Nennfüllmenge. Maximal zwei Prozent der Gebinde dürfen die Technische Untergrenze 1 (TU1) unterschreiten. Bei einem 500-ml-Gebinde entspricht dies einer maximal zulässigen Unterfüllung von 485 ml und bei einem 330-ml-Gebinde sind es 320,1 ml. Zusätzlich zur TU1 darf jedoch die doppelte zulässige Minusabweichung, die Technische Untergrenze 2 (TU2), in keinem Fall unterschritten werden. Bei einem 500-ml-Gebinde entspricht dies einer maximal zulässigen Unterfüllung von 470 ml und bei einem 330-ml-Gebinde von 310,2 ml. Diese gesetzlichen Forderungen werden zur besseren Übersicht am Beispiel eines 330-ml-Gebindes in Abbildung 3 dargestellt. Die Feststellung der Losgröße und des benötigten Stichprobenumfangs ist Abschnitt 11 Anlage 3 FpackV zu entnehmen.

Füllgenauigkeit

Neben den rechtlichen Aspekten ist es jedoch wichtig, dass der Füller gleichmäßig befüllt, d. h. jedes Ventil möglichst identische Füllmengen in die Flasche befördert. Um dies festzustellen, wird in der Regel ein Garantiewert hinsichtlich der Standardabweichung bei der Füllmengenkontrolle festgelegt (üblich sind Werte von $s = 1,6 - 2,0$ ml). Hierzu sollte eine komplette Füllerrunde untersucht werden, um gegebenenfalls auch nicht optimal eingestellte Füllventile identifizieren zu können.

Die Messung der Füllmengenkontrolle sollte, sofern eine offizielle Abnahme vorliegt, als vernichtende Prüfung stattfinden

und nicht – wie früher üblich – mittels Messschablonen. Der Hintergrund liegt in der Rückführbarkeit der Messung zur Bezugsnormale, die bei Messschablonen nicht gegeben ist. Daher muss die Füllmenge gravimetrisch unter Einbeziehung der Dichte des abzufüllenden Getränks ermittelt werden. Die Überprüfung mittels Schablonen ist jedoch für den messtäglichen Gebrauch in der Brauerei weiterhin zu empfehlen.

Für eine Abnahmeuntersuchung ist es jedoch ratsam, die Füllgenauigkeit als Füllmenge und nicht als Füllhöhe garantieren zu lassen. Die Füllhöhe zeigt in Verbindung mit der Standardabweichung zwar ebenfalls die Genauigkeit der Abfülleistung an, allerdings wird der Getränkebetrieb von den zuständigen Ämtern nach der Füllmenge und nicht nach der Füllhöhe überprüft. Somit hat der Betrieb bereits durch eine Abnahme die ersten Nachweise hinsichtlich der Füllmenge.

Ein weiteres Kriterium, das im Zuge der Füllmengenkontrolle überprüft werden kann, sind die Überschäumverluste, die aus einer aktiven HDE (Hochdruckeinspritzung) entstehen. Hierzu wird ebenfalls eine gesamte Füllerrunde hinsichtlich der Füllmengen kontrolliert, dieses Mal jedoch bei ausgeschalteter HDE. Aus der Differenz dieser Werte ergeben sich die Überschäumverluste (übliche Werte: 1,0–1,5 ml pro Flasche).

Verbrauchszahlen und Verlustquellen

Des Weiteren werden üblicherweise die Verbrauchszahlen der Anlage aufgenommen und ausgewertet. Eine moderne Flaschenfüllmaschine sollte im Energie-, Luft-, Wasser- und CO₂-Verbrauch sparsam sein, dabei jedoch die technologischen Garantiewerte, wie z.B. die Sauerstoffaufnahme, nicht beeinträchtigen. Daher sollten sowohl der CO₂-Verbrauch (Sollwert ca. 250–300 g/hl) wie auch der Wasserverbrauch an der Flaschendusche und der Luftverbrauch für den Korker und für die Huborgane erfasst werden. Voraussetzung hierfür sind jedoch notwendige Messeinrichtungen.

Auch die Restmengen an Bier beim Entleeren für einen Sortenwechsel können von Interesse sein, da diese Mengen an Verlustbier einen wirtschaftlichen Faktor darstellen. In der Praxis sind diese Verlustmengen jedoch nur schwer zu überprüfen, da die Gesamtmenge – ohne Verschnitt mit Wasser – in einem geeigneten Gefäß aufgefangen und das Volumen über einen Volumenzähler

detektiert werden muss. Eine weitere mögliche Verlustquelle an Produkt stellen die Flaschenplatzer dar. Die Maschine sollte so eingestellt sein, dass nicht mehr als 0,02 Prozent der abzufüllenden Flaschen bersten. Wird dieser Wert überschritten, ist in jedem Fall auch das Leergut auf seine Eignung hin zu untersuchen.

Da in der Regel auch der Verschleißer im Leistungsumfang mit enthalten ist, gilt es darüber hinaus die Anzahl an nicht ordnungsgemäß geschlossenen Flaschen über einen definierten Zeitraum aufzunehmen. Normale Werte liegen erfahrungsgemäß bei einem Anteil von nicht über 0,02 Prozent.

Fazit

Die Checkliste für eine technologische Füllerabnahme umfasst:

- Die mikrobiologische Überprüfung der Anlage;
- Füllmengenkontrolle;
- die Ermittlung der Überschäumverluste;
- die Überprüfung der Sauerstoffaufnahme durch den Abfüllprozess;
- eine Verbrauchsdatenaufnahme;
- ggf. die Kontrolle des CO₂-Gehalts im Füllereinlauf sowie im Produkt;
- ggf. die Erfassung von Flaschenplatzern;
- ggf. die Aufnahme von nicht ordnungsgemäß verschlossenen Flaschen.

Wenn alle dargestellten technologischen Parameter überprüft und eingehalten wurden, steht einer ökonomischen und für das Produkt sicheren Abfüllung nichts mehr im Wege. In der Regel ist eine Abnahme für alle Parteien sinnvoll und erstrebenswert: Die Brauerei erhält den Nachweis, dass die Maschine, wie vertraglich vereinbart, funktioniert und der Anlagenhersteller kann die Funktionalität seiner Anlage unter Beweis stellen. ■

Quellen

1. Schropp, H.-P.; et al.: „Technologische Abnahme und mikrobiologische Betrachtung von Getränkeabfüllanlagen“, BRAUWELT Nr. 5-6, 2013, S. 140 ff.
2. Klur, S.: „Entwicklung eines Konzepts zur vollumfänglichen Prüfung der Verkehrsfähigkeit von Bier und Biermischgetränken im Rahmen eines Gütesiegels“, Masterarbeit an der TU München, 2020.
3. Lütke Entrup, M.; Goetjes, D.: „Füllmengen aktiv steuern“, Fleischwirtschaft (6) 2019, S. 68–70.