

EINFACH UND GUT

Optimales Lösen von Gasen in Getränken

Lösen von Kohlendioxyd kommt in Frage bei alkoholfreien Erfrischungsgetränken, Bier, Perl- und Schaumwein, und selbst Milch wird mit CO₂ versetzt oder karbonisiert. Die Mengen die gelöst werden sollen sind unterschiedlich hoch. Bier enthält praktisch immer bereits CO₂ und durch das Karbonisieren soll ein bestimmter CO₂-Gehalt eingestellt werden. Die hier zugeetzten CO₂-Mengen beginnen bei gerade über 0 g/l und enden bei etwa 2g/l, so daß CO₂-Gehalte im fertigen Bier von 5 bis 6 g/l erreicht werden. Die Genauigkeitsanforderungen sind meist im Bereich von ±0,05 g/l und relativ leicht zu erfüllen, da die Biertemperatur niedrig ist und störende Fremdgase, insbesondere Sauerstoff, in vernachlässigbar kleinen Mengen vorliegen.

Karbonisierte Milch ist nicht unbedingt in jedem Kühlregal zu finden. Hier soll auch nicht ein Kribbeln auf der Zunge erzeugt werden, sondern bei Ultra-Hoch-Erhitzter Milch soll der Kochgeschmack abgemildert werden. Meist werden nicht bestimmte CO₂-Gehalte verlangt sondern ein bestimmter pH-Wert. Wenn es auch nur kurzfristig oder punktuell zu einer Unterschreitung des Sollwertes kommt, gerinnt sofort das Eiweiß in der Milch und die gesamte Charge ist sofort und vollständig unbrauchbar.

Es gibt sehr verschiedene Methoden Perl- und Schaumwein herzustellen. Die Anforderungen an die Karbonisierung können dementsprechend schwierig aber auch

sehr einfach zu erfüllen sein. Auf ein und derselben Anlage einen „Vinho verde“ und einen hoch karbonisierten Schaumwein herzustellen, ist sicherlich eine der anspruchsvolleren Aufgaben.

Alkoholfreie Erfrischungsgetränke enthalten üblicherweise 5 bis 9 g/l CO₂. Die Karbonisierungen sind häufig in Mixern, die die Verfahrensabschnitte Entgasen, Mischen und Karbonisieren in einem Apparat zusammenfassend integrieren. Stand-alone-Lösungen haben häufig mit schwankenden Temperaturen, extremen Durchfluß-Schwankungen und beträchtlichen Mengen von Fremdgasen, insbesondere mit gelöstem Sauerstoff zu kämpfen. Vorkarbonisierungen sind möglich. Genauigkeitsanforderungen sind häufig gering, teilweise werden jedoch auch Genauigkeiten gefordert, die geringer sind als die Auflösung des eingesetzten Referenz-Meßsystems.

Lösen von anderen Gasen, wie z.B. Stickstoff, Sauerstoff, Luft oder Argon

In gekühlter Anstellwürze aber auch bei der Hefevermehrung werden Luft oder Sauerstoff gelöst. Die Genauigkeitsanforderungen sind gering. Häufig werden sogar nur untere Grenzwerte genannt. Stickstoff, z.B. in britischen Bieren, kann einen Schaum, der an Schlagsahne erinnert, produzieren. Damit der Wirt eine Chance hat, das Getränk in einer akzeptablen Zeit möglichst verlustfrei in ein konsumentengerechtes Behältnis zu füllen, sollte der CO₂-Gehalt ebenfalls kontrolliert eingestellt und nicht zu hoch gewählt werden. Hohe und sehr hohe N₂-Gehalte, insbesondere bei hohen Genauigkeitsanforderungen, sind nicht einfach zu erzeugen. Werte von über 100 mg/l bei einer Genauigkeit von ± 1 mg/l sind unter Produktionsbedingungen mit einem vertretbaren Aufwand kaum möglich. Die häufig üblichen N₂-Gehalte von 30 bis

80 mg/l mit Genauigkeiten von 2 bis 3 mg/l sind hingegen einfach zu erreichen.

Mit Sauerstoff versetztes Wasser soll das Wohlbefinden steigern. Dies ist ein Produkt, das aus Nordamerika kommend auch anderen Märkten neue Impulse geben könnte. Meist sind nur sehr hohe Mindestwerte gefordert. Der apparative Aufwand steigt mit der Höhe der zu erzielenden Sauerstoffwerte, insbesondere werden bei sehr hohen Werten hohe Drücke und/oder niedrige Temperaturen benötigt.

Mit Argon, einem Edelgas, könnte man glauben, werden vielleicht besonders edle Getränke hergestellt? Mit Argon versetzte Getränke sind noch sehr unüblich. Das faszinierende an Argon sind weder der Geschmack noch sonstige physiologisch wertvolle Eigenschaften, sondern die Eigenschaft, sich im Verhältnis zu z.B. Stickstoff gut in Flüssigkeiten zu lösen. Argon ist relativ gut verfügbar und nicht besonders hochpreisig. Argon bietet sich als Ersatz der Flüssig-Stickstoffeinspritzung zur Stabilisierung durch Innendruck von mit stillen Getränken befüllten Kunststoffflaschen und Getränkedosen an. Im Vergleich zur Flüssig-Stickstoffanlage ist die Technik des Argonisierens sehr einfach. Die Genauigkeitsanforderungen sind sehr gering, es müssen eigentlich nur bestimmte Mindestkonzentrationen erreicht werden. Argon ist als Edel-

Raimund Kalinowski

Nach Lehre und Studium an der TU Berlin war er tätig als Inbetriebnehmer, in Forschung und Entwicklung, in Vertrieb und Abwicklung, war Betriebsleiter einer Brauerei in Nordamerika, leitete die Qualitätssicherung Produktion der deutschen Coca-Cola Zentrale, war Leiter der Brau- und Maschinentechnischen Abteilung der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin, leitete die Entwicklung sowie den Technischen Support bei Tuchenhausen Brewery Systems und ist seit Anfang April diesen Jahres zuständig für den gesamten Anlagenbau der Nocado-Gruppe, zu der im wesentlichen die Firmen Nocado-Armaturenfabrik, Nocado-Setec, Nocado-Schwarte, Kalinox und Esau&Hueber gehören.

gas extrem reaktionsträge und physiologisch unbedenklich, als Luftinhaltsstoff ist Argon in vielen Ländern nicht separat zulassungspflichtig. Erfahrungen mit den nationalen und internationalen Kontrollbehörden liegen jedoch praktisch nicht vor.

Technische Lösungen: Tank basierte Systeme

Der einfachste und älteste Apparat ist sicherlich der mit Gas vorgespannte Tank. An der Grenzschicht zwischen der Flüssigkeit und dem Gas findet ein Gasaustausch gemäß der Partialdrücke statt, d.h. das Gas wird von der Flüssigkeit aufgenommen und direkt gelöst. In Abhängigkeit vom Getränk und von der Temperatur wird der Druck gewählt und geregelt. Das System arbeitet weitgehend unabhängig von einer eventuellen Vorkarbonisierung und auch von anderen gelösten Fremdgasen, wie z.B. Sauerstoff in den üblicherweise vorkommenden Mengen. Es wird selbst von starken Volumenstromschwankungen kaum beeinflusst und entspricht weitgehend der üblichen Referenzmeßmethode, bei der der Sättigungsdruck bestimmt wird und dem Gasgehalt einer Referenzflüssigkeit (meist Wasser) bei gleichem Sättigungsdruck gleich gesetzt wird.

Da ja ein Gasaustausch entsprechend den Partialdrücken stattfindet, würde sich das Gas im Tank mit der Zeit mit denen in der Flüssigkeit vorher gelösten Gasen anreichern. Dieses verhindert man, indem man einen Teil des Gases ständig ersetzt. Häufig werden diese Systeme mit einer Druckentgasung kombiniert, so daß das zu ersetzende Gas aus dem Tank in einer vorgeschalteten Druckentgasungsstufe genutzt werden kann. Bei hohen gewünschten Gehalten an gelösten Gasen arbeiten die tankbasierten Systeme mit sehr guter Genauigkeit. Sie sind robust, relativ einfach zu steuern und fast wartungsfrei. Durch die notwendige Konstruktion benötigen sie eine etwas aufwendigere Spülung oder Reinigung bei Produktwechseln, haben durch den steten Gasverbrauch etwas höhere Betriebskosten und sind schlecht auf niedrige Gasgehalte einzustellen. Bei sehr niedrigen Gasgehalten müßte der Tankinnendruck unter dem atmosphärischen Druck liegen.

Dies ist theoretisch zwar möglich, aber sicherlich nicht wirtschaftlich praktikabel.

Die Druckregelung der tankbasierten Systeme hat einen Druckregelbereich, der absolut betrachtet nahezu konstant ist. Das heißt bei geringeren zu erzielenden Gasgehalten führt dies relativ zu überproportional großen Fehlern in der Gaskonzentration. Da die Systeme auf Sättigungsdruck beruhen, haben Temperaturschwankungen einen großen Einfluß auf den Gehalt an gelösten Gasen, sofern nicht eine automatische Temperaturkompensation installiert ist.

In-line Systeme mit statischen Mischern

In-line Systeme sind meist mit statischen Mischern ausgerüstet. Das Gas wird dem Flüssigkeitsstrom im berechneten Verhältnis zugegeben. In statischen Mischern werden die Gasblasen zerschlagen, um die Grenzfläche zwischen Gas und Flüssigkeit herauf zu setzen. Gasblasen haben die Neigung sich nach kurzer „Reisezeit“ zu größeren Blasen wieder zusammenzuschließen. Deshalb sind mehrere statische Mischer hintereinander geschaltet, um bis zur weitgehend vollständigen Lösung kleinste Blasen mit möglichst großer Grenzschicht zu gewährleisten. Die Probleme bei diesen Systemen sind im wesentlichen:

- bei schwankenden Durchflüssen ändern sich die Druckverhältnisse, die Wirkungsweise der statischen Mischer und auch der Anteil des nicht gelösten Gases,
- am Anfang der Anlage herrscht das höchste Konzentrationsgefälle und der höchste Druck bei der größtmöglichen Grenzfläche, d.h. beim Durchlauf durch die Anlage werden die Voraussetzungen für eine vollständige Lösung immer ungünstiger.

Der Druck im System sollte auch am Austritt noch deutlich über dem Sättigungsdruck liegen, um den Anteil nicht gelösten Gases zu minimieren. Bei kleinen und mittleren Gasgehalten arbeiten diese Systeme sehr gut. Bei hohen Gaskonzentrationen wären deutliche höhere Systemdrücke oder erweiterte Lösungsstrecken wünschenswert, sind aber aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus nicht sinnvoll, da bei geringeren Betriebskosten und dann vergleichbaren Investi-

tionskosten bessere Systeme verfügbar sind. Der große Vorteil dieser Anlagen ist, daß Sie in bestimmten Grenzen von Temperaturveränderungen nur wenig beeinflusst werden und als In-line System sehr einfach und schnell zu reinigen sind.

Verbesserte In-line Systeme mit statischen Mischern

Um eine gleichmäßigere Anströmung der statischen Mischer zu erzeugen, hat ein Hersteller von Karbonisierungen eine Umwälzleitung installiert. Da am Eintritt der Anlage jetzt bereits vorkarbonisiertes Produkt zur Verfügung steht, ist die Abnahme des Konzentrationsgefälles durch die Anlage hindurch geringer. Die negativen Einflüsse der Durchflussschwankungen werden durch die konstante Grundströmung deutlich abgemildert. Ein Großteil des Produktes passiert die Anlage mehrfach, dadurch können bei noch vertretbarem Aufwand auch mittelhohe CO₂-Gehalte mit recht guten Ergebnissen erzielt werden. Ein anderer Hersteller hat eine scheinbar geniale Idee erfolgreich in die Praxis umgesetzt: Am Austritt der Lösestrecke werden die ungelösten Gasblasen über einen Hydrozyklon abgetrennt und am Eintritt wieder zugegeben. Dadurch wird eine Lösung erreicht, die theoretisch vollkommen unabhängig ist von

- Druck,
- Temperatur und
- Durchfluß sowie vom
- spezifischen Löslichkeitsvermögen,

und selbst bei nur geringen Prozessdrücken knapp oberhalb des Sättigungsdruckes am Ausgang funktionieren muß. Das geniale an diesem System ist, daß sämtliche Gase und auch Gasgemische theoretisch vollständig gelöst werden.

Da immer, selbst am Austritt der statischen Mischer, eine große Grenzfläche vorliegt, kann die Anzahl und der damit verbundene Druckverlust der statischen Mischer deutlich reduziert werden. In der Praxis haben sich bei diesem an sich genialen System zwei Haupt-Nachteile gezeigt: Die Lösung erfolgt unspezifisch und unabhängig vom Löslichkeitsvermögen des zugeführten Gases weitgehend vollständig, d.h. Verunreinigungen im zugeführten Gas werden praktisch vollständig gelöst,

da selbst bei schlechtem Löslichkeitsvermögen die ungelösten Gase abgetrennt werden und so oft zirkulieren, bis sie vollständig gelöst sind. Die Problematik soll hier bei der Karbonisierung von Bier an einem Beispiel erläutert werden:

- CO₂-Reinheit 99,8 Prozent,
- zuzusetzende CO₂-Menge 1g/l.

d.h. in dem einen Gramm (1000 mg) befinden sich 2 mg Fremdgase. Wenn man annimmt, daß die Fremdgase vollständig aus Luft bestehen (21 Prozent Sauerstoffgehalt in der Luft), würden sich im Bier 0,4 mg/l Sauerstoff lösen. Bei geringeren Reinheiten oder höheren Karbonisierungsraten kann dies zu einem Problem für die Bierqualität werden. Der Hydrozyklon sollte ein sehr leichtes Spiel haben, die ungelösten Gasblasen von der Flüssigkeit zu trennen. Da CO₂ etwa 500 mal leichter ist als die zu karbonisierenden Getränke, sollte es problemlos möglich sein, die ungelösten Gase über Gravitation abzutrennen. Durch die vorherrschenden Drücke wird das Massenverhältnis ungünstiger (die Gasblasen werden im Gegensatz zur Flüssigkeit komprimiert und dadurch relativ gesehen schwerer). Kleinstblasen werden bei der angewandten Technik des Hydrozyklons nur unzureichend entfernt. Bei einem beleuchteten (!) Schauglas am Austritt der Karbonisierung können die ungelösten Gasblasen visuell leicht nachgewiesen werden.

Düsensysteme

Düsensysteme sind fast so alt wie tankbasierte Systeme. Noll Mixer oder Füllpack-Karbonisierer sind auch heute noch, nach häufig über 20 Jahren Betrieb, zur Zufriedenheit Ihrer Betreiber im Einsatz, obwohl sie einige technische Nachteile haben. Sie sind praktisch nicht CIP-fähig und machen einen Lärm wie ein startendes Düsenflugzeug gleichen Baujahres. Da sie das zugeführte Gas nahezu auf Molekulargröße in der Flüssigkeit verteilen, kann es sehr schnell und entsprechend dem Löslichkeitsvermögen praktisch vollständig gelöst werden. Der Einfluß von Druck, Temperatur und Löslichkeitsvermögen ist relativ gering. Konstruktiv war es über lange Zeit nicht möglich, funktionsfähige Düsensysteme für größere Durchflußmengen zu realisieren, so daß parallel geschaltete Düsen mit der Problematik der Auftrennung des Flüssigkeitsstromes lange Zeit den Stand der Technik bestimmten. Nun ist vor wenigen Jahren eine Düse entwickelt worden, die die Vorteile des Düsenprinzips voll anwendet, jedoch für Durchflußleistungen

- von 20 bis 2000 hl/h in einer einzelnen Düse bereits physisch gebaut wurde, die
- voll CIP-fähig und von vielen unbemerkt inzwischen
- über 400 mal im Einsatz ist.

Insbesondere Brauereien setzen Anlagen bisher ein, die diese Düse verwenden. Im Bereich der alkoholfreien Erfrischungsgetränke sind Karbonisierungen, die auf dieser Düse basieren, noch nahezu unbekannt.

Schlußfolgerungen

Hier zeigt sich wieder einmal, daß die konsequente Weiterentwicklung eines einfachen, bewährten Systems in der Lage sein kann, bessere Ergebnisse liefern zu können, insbesondere auch im Vergleich zu wesentlich komplexeren und auch teureren Systemen. Sicherlich ist es für die meisten Anwender nicht notwendig, ihre vorhandenen Karbonisierungen aus qualitativen Gründen auszuwechseln. Kürzere Umstellzeiten und weniger Produktverluste können insbesondere in Verbindung mit einer deutlichen CO₂-Einsparung aus rein wirtschaftlichen Gründen eine Neuanschaffung rechtfertigen.

Die Möglichkeit, andere Gase wie Sauerstoff, Stickstoff oder Argon zu lösen, haben die meisten heute installierten Anlagen nicht und können auch damit nicht nachgerüstet werden. Somit ist für Anwender, die planen, andere Gase als CO₂ zu lösen, der optimale Zeitpunkt, auch die Wirtschaftlichkeit der vorhandenen Karbonisierung auf den Prüfstand zu stellen. □