



Was Brauer über die Qualitätsmerkmale von zylindrokonischen Tanks (ZKT) wissen sollten

Und was bei der Planung eines
Tankkellers zu beachten ist

Inhalt

Einleitung: Warum zylindrokonische Tanks?	03
Qualitätsvorgaben und Prüfverfahren	04
Welche Gesetze/Vorgaben/Normen sind zu beachten?	04
Welcher Druck ist zu berücksichtigen?	05
Aufbau, Material und Ausstattung	06
Welche Werkstoffe werden verbaut?	06
Was ist kalt bzw. warm gewalzter Stahl?	06
Was bedeutet Rautiefe und welche Bedeutung hat diese beim Tankbau?	06
Was ist bei der Isolierung eines Tanks zu beachten?	08
Mit welchen Armaturen wird ein ZKT üblicherweise ausgestattet?	09
Was wird unter dem Begriff Dom-Armaturen zusammengefasst?	09
Wie ist der moderne Dombereich gestaltet?	09
Gestaltung der Tankkühlung	10
Welchen Einfluss hat das Gärstadium auf die Auslegung und Ansteuerung der Kühlzonen?	10
Welche Systeme zur Tankkühlung sind praktikabel?	10
Richtlinien zur Auslegung der Tankgeometrie, des Tankvolumens sowie zur Wahl der optimalen Aufstellung	11
Wie hoch darf die Würzehöhe in einem ZKG sein?	11
Gibt es ein ideales Verhältnis von Würzehöhe zu Durchmesser?	11
Wie wird ein ZKT aufgestellt?	11
Autor: Dipl.-Ing. Hartmut Kienle	12
Über Ziemann Holvrieka	12

Einleitung

Warum zylindrokonische tanks?

Wichtigster Vorteil eines zylindrokonischen Tanks (ZKT) gegenüber der klassischen Kombination aus offenem Bottich und liegendem Lagertank ist die geschlossene Gärführung. Sie senkt das Risiko einer mikrobiologischen Kontamination fast auf null. Weitere für den Brauer bedeutende Vorzüge sind:

- Ideales Gefäß für die CO₂-Rückgewinnung, was den Braureibetrieb autark von anderen CO₂-Quellen macht
- Hefe kann gezielt geerntet werden, was die Gefahr ihrer Autolyse reduziert
- Hocheffiziente automatische CIP-Reinigung
- Direkte Tankkühlung senkt Kälteverbrauch
- Höheres Gär- und Lagervolumen bezogen auf Betriebsfläche
- Große technologische Flexibilität
- Einfach, weil modular erweiterbar
- Von manuell bis vollautomatisch zu betreiben

Um diese vielen Vorzüge nachhaltig nutzen zu können, muss der Tank jedoch hohen Qualitätsanforderungen entsprechen. Und er muss auf die jeweiligen Bedürfnisse der Brauerei hinsichtlich Größe, Ausstattung und Installation exakt zugeschnitten sein.

Viele für diese Aufgabe unerlässlichen Grundlagen und Tipps aus der langjährigen Praxis des Tankbaus sind im vorliegenden White Paper zusammengetragen. Ziel war es, die wesentlichen Fragen zur Auswahl und dem Einsatz eines ZKTs umfassend und vor allem praxisnah zu beantworten.



Abbildung 1: Gegenüber offener Gärung...



Abbildung 2: ...haben zylindrokonische Tanks den Vorteil, dass das Risiko einer Kontamination fast auf null sinkt.

Qualitätsvorgaben und prüfverfahren

Welche Gesetze/Vorgaben/Normen sind zu beachten?

Ganz grundsätzlich sind alle ZKTs bis zu einem gesetzlich definierten Betriebsdruck Behälter, die der gängigen Praxis entsprechen und keiner spezifischen Zertifizierung bedürfen. Wird dieser Gasdruck überschritten, müssen die ZKTs als Druckbehälter behandelt werden, die den entsprechenden Vorgaben gerecht werden müssen.

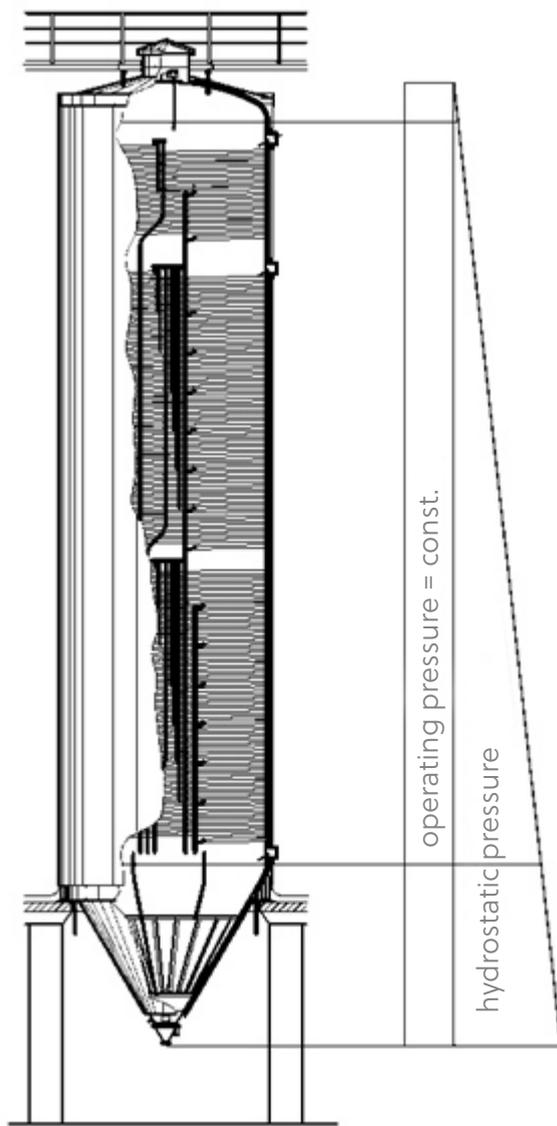
In Europa regelt beispielsweise die DGRL 97/23/EG die Vorgaben der Druckbehälter.

Hierin ist definiert, dass ein Tank mit einem Betriebsdruck größer 0,5 bar ein prüfungspflichtiger Druckbehälter ist. Bei weniger als 0,5 bar gilt gute Ingenieurspraxis.

Die Konstruktion und Dimensionierung von Druckbehältern wird ebenfalls in verschiedenen Regelwerken beschrieben. Weltweit maßgeblich sind hier das AD 2000-Regelwerk, die EN 13445 sowie der ASME Code.

Welcher Druck ist zu berücksichtigen?

Im Brauereibereich sind das der CO₂-Spundungsdruck (P_{Spundung}) sowie der hydrostatische Druck der Flüssigkeitssäule (P_{Hydro}). Beide addieren sich zum Betriebsdruck PS (s. Abb. 3):



$$PS = P_{\text{Spundung}} + P_{\text{Hydro}}$$

P_{Hydro} zehn Meter Wassersäule entsprechen hierbei einem bar Überdruck.

Abbildung 3: Der Betriebsdruck setzt sich zusammen aus dem Spundungsdruck und dem hydrostatischen Druck

Aufbau, Material und Ausstattung

Welche Werkstoffe werden verbaut?

Hochwertig ZKTs bestehen grundsätzlich aus rostfreiem Edelstahl. In den meisten Anwendungen wird ein 1.4301 verwendet. Sind die Arbeitsbedingungen allerdings sehr korrosiv, kommen höher legierte Stähle wie 1.4404 zum Einsatz. In diesem Fall steigen die Materialkosten.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

Was ist kalt bzw. warm gewalzter Stahl?

Stahl wird vor der Auslieferung in die gewünschte Blechdicke gewalzt. Kalt nachgewalzter Stahl hat eine etwas höhere Festigkeit als sein Ausgangsmaterial und eine deutlich glattere Oberfläche, was gleichbedeutend mit einem geringeren Schleif- und Veredelungsaufwand beim Tankbau ist.

Was bedeutet Rautiefe und welche Bedeutung hat diese beim Tankbau?

Die Oberfläche eines gewalzten Stahlblechs ist nicht glatt, obwohl sie mit bloßem Auge betrachtet diesen Eindruck vermittelt. Unter dem Mikroskop sieht sie vielmehr aus wie das Profil eines Gebirges. Die gemittelte Rauheit in μm wird in einem R_a Wert angegeben.

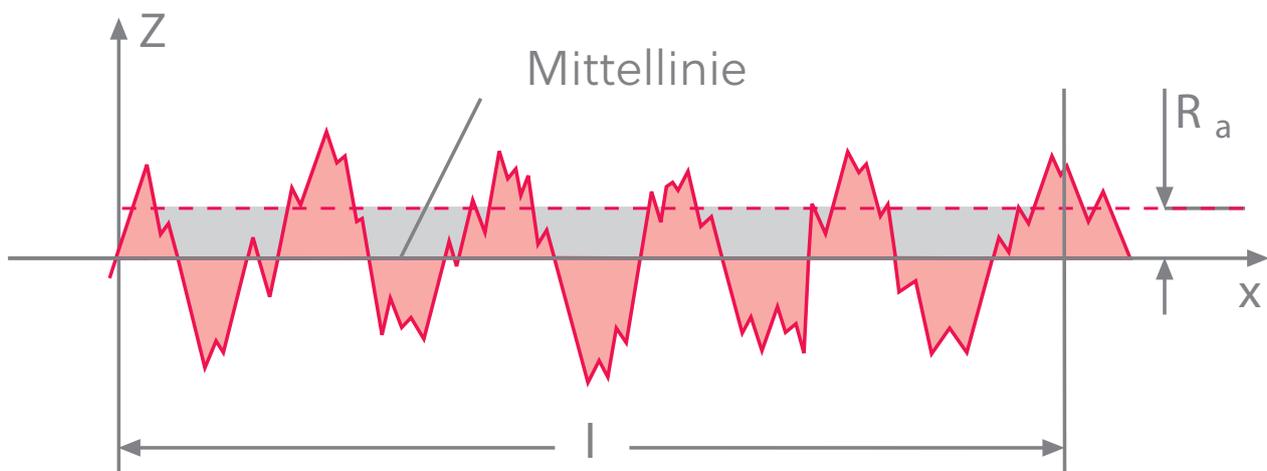


Abbildung 4: Erläuterung des R_a -Wertes.

Je nach Rautiefe können Mikroorganismen an der Oberfläche haften bleiben und bei der Reinigung nicht oder nur mit höherem Aufwand ausgewaschen werden. Das bedeutet eine potenzielle Kontaminationsgefahr für das Endprodukt oder steigende Reinigungskosten.

Beim Tankbau werden daher in den gängigen Vorgaben des hygienischen Anlagenbaus wie beispielsweise den EHEDG-Richtlinien Rautiefen von kleiner $0,8 \mu\text{m}$ vorgegeben.

Beeinflussen kann der Tankbauer die Oberflächengüte einerseits durch die Materialauswahl. So haben kaltgewalzte Stähle eine glattere Oberfläche als warmgewalzte. Andererseits werden die Oberflächen der Tanks auf den entsprechenden Wert kleiner $0,8 \mu\text{m}$ geschliffen (s. Abb. 5). Durch zusätzliche Maßnahmen wie mechanisches oder elektrisches Polieren können die Rautiefen auf Werte zwischen $0,3 \mu\text{m}$ bis $0,4 \mu\text{m}$ verringert werden. Das ist jedoch mit zusätzlichen Arbeitsschritten und folglich auch Kosten verbunden.

Die wichtigsten Tankbereiche mit Blick auf die Rautiefen sind der Boden, die Schweißnähte sowie der Konus. Bei letzterem gilt zu berücksichtigen, dass bei einem flachen Konuswinkel die Oberflächengüte steigen sollte, damit alle Mikroorganismen sicher abgleiten können. Der eingeschlossene Konuswinkel eines ZKTs liegt im Bereich zwischen 60° und 90° , üblich sind aber Werte zwischen 60° bis 75° .

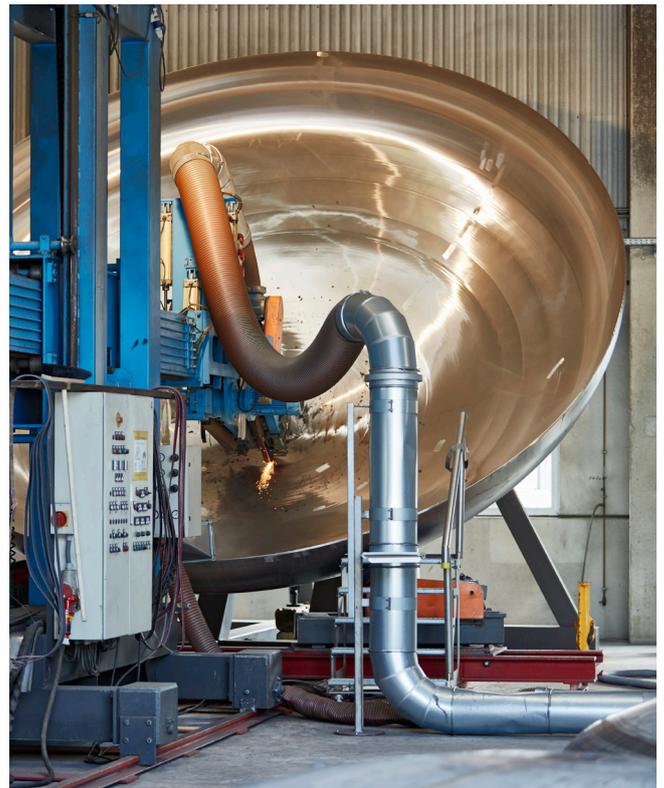


Abbildung 5: Oberflächen der Tanks werden auf Rautiefen kleiner $0,8 \mu\text{m}$ geschliffen

Was ist bei der Isolierung eines Tanks zu beachten?

Die Dicke des Isolationsschaums sollte mindestens 120 mm betragen. Diese Isolationsschicht muss zuverlässig vor Feuchte geschützt werden. Jegliche Feuchtigkeit – das gilt auch für Dampf oder Kondensat – schädigt die Tankisolation irreversibel.

Zur Umgebung hin wird die Isolierung durch Edelstahl- oder Aluminiumbleche abgedichtet. Werden Tanks vom Hersteller zum Endkunden per Seefracht transportiert, hat Aluminium dabei den Vorteil, dass es nicht wie Edelstahl vom Chlorid des Salzwassers angegriffen wird.

Zu beachten ist weiterhin, dass nur bei Temperaturen größer 5 °C geschäumt werden darf, um eine Kondensatbildung zu verhindern. Um die Isolierung zuverlässig vor Feuchtigkeit zu schützen, ist ein so genanntes Zeppelin-dach ungeeignet. Hier entstehen bei Temperaturschwankungen konstruktionsbedingt Spannungen zwischen den Metalllagen, welche die Vernietung des Dachs auf Dauer sprengen können. Das Dach wird undicht. Die optimale Lösung sind hier Edelstahldächer mit einer definierten Regenwasserabführung (Abb. 7).

Weiterhin sollte die Laufstegabtragung im Dombereich möglichst nicht durch die Dachisolierung des Tanks geführt werden. Denn nur in diesem Fall bleibt die Isolierung wirklich unbeschädigt. Sie ist folglich auch auf Dauer dicht, der Tank somit vor Beschädigung durch Witterungseinflüsse zuverlässig geschützt.

Bauseitig zu beachten ist darüber hinaus der Bereich zwischen Tankfuß und Isolationsbeginn des Tanks. Dieser Bereich muss vor allem bei Outdoor-Installationen bauseitig abgedichtet sein, um diese potenzielle Eintrittsöffnung für Feuchtigkeit aus der Umgebung zu schließen.



Abbildung 6: Ein ZKT wird isoliert



Abbildung 7: Eine definierte Regenwasserabführung schützt die Isolierung vor Feuchtigkeit



Abbildung 8: Bauseitig ist der Bereich zwischen Tankfuß und Isolationsbeginn zu beachten

Mit welchen Armaturen wird ein ZKT üblicherweise ausgestattet?

Ganz grundsätzlich unterschieden werden:

- Armaturen zum Befüllen und Entleeren
- Sicherheitsarmaturen (Vakuum, Überdruck)
- CIP-Armaturen
- Gas-Armaturen z.B. für CO₂ oder Sterilluft

Hinzu kommen noch Kontrollinstrumente für beispielsweise Temperatur oder Füllstand sowie eine Probenahmeverrichtung.

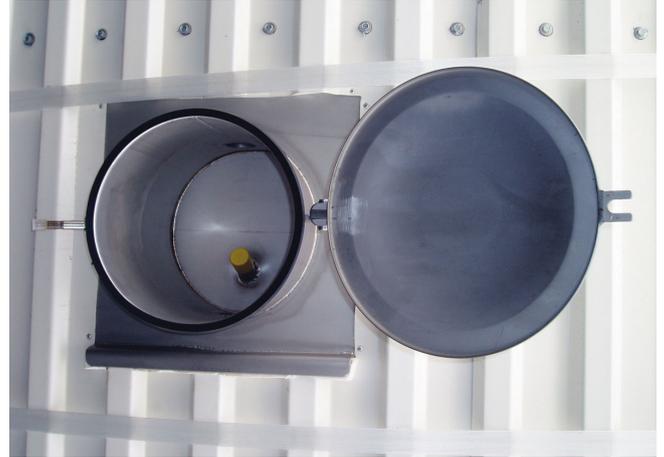


Abbildung 9: Temperaturmessfühler am ZKT

Was wird unter dem Begriff Dom-Armaturen zusammengefasst?

Die Dom-Armaturen umfassen in der Regel:

- Ein Überdruckventil
- Ein Vakuumventil
- Die CIP-Reinigung mit Zuleitung
- Einen Füllstandsensoren sowie
- Einen Drucksensor

Der Tank-Dom ist darüber hinaus ein Mannloch, über das der Tank im Bedarfsfall begangen werden kann.

Wie ist der moderne Dombereich gestaltet?

Moderne Domhauben bestehen aus witterungsbeständigem Kunststoff, z.B. Polyurethan. Sie sind aufgrund des Werkstoffs sehr leicht. Sie müssen außerdem nicht isoliert werden, weil Kunststoff im Vergleich zu Edelstahl ein schlechter Wärmeleiter ist.

Alle relevanten Bereiche der Laufsteganlage wie Lauffläche oder Geländer bieten ferner höchstmögliche Arbeitssicherheit. Aus diesem Grund sollte das Justieren der Laufsteganlage auch direkt vom gesicherten Podest aus erfolgen. Nicht zuletzt sollten die Konstruktion und die Herstellung des Laufstegs weitgehend standardisiert sein, um trotz Edelstahleinsatz preislich attraktiv sein zu können.



Abbildung 10: Moderne Domhauben aus Kunststoff sind deutlich einfacher zu handhaben

Gestaltung der Tankkühlung

Wie viel Wärme muss bei der Gärung abgeführt werden?

Bei der Vergärung von einem kg Extrakt erzeugt die Hefe etwa 587 kJ (= 0,16 kWh) Wärmeenergie.

Bei einem Stammwürzegehalt von 12° Plato und einem Vergärungsgrad von 80 % werden pro hl etwa 8,3 kg Extrakt vergoren. Daraus ergibt sich eine Wärmeabgabe von 4.573 kJ pro hl. Als kalkulatorischer Richtwert kann 4.300 bis 4.600 kJ Wärmeenergie pro hl angesetzt werden.

Welchen Einfluss hat das Gärstadium auf die Auslegung und Ansteuerung der Kühlzonen?

Etwa $\frac{2}{3}$ der Kälteenergie wird bei der Haupt- und $\frac{1}{3}$ bei der Nachgärung erzeugt. Während der Hauptgärung wird die Gärwärme mit der oberen Kühlzone abgeführt, die so ausgelegt sein soll, dass ihre Kälteleistung gerade der anfallenden Gärwärme entspricht. Somit wird die Schalthäufigkeit der Magnetventile auf ein Minimum reduziert.

Zur Abkühlung auf Schlauch- oder Lagertemperatur innerhalb von 24 bis 48 Stunden werden alle Kühlzonen des ZKTs eingeschaltet. In dieser Prozessphase ist die größte Kühlleistung notwendig. Pro Grad Temperaturerniedrigung und hl Bier sind etwa 420 kJ abzuführen.

Zum Halten der Lagertemperatur dient dann nur noch die untere Kühlzone und die Konuskühlung. Der reale Gesamtkältebedarf einer solchen Bierproduktion liegt in einem Bereich von 8.600 bis 9.000 kJ/hl.

Welche Systeme zur Tankkühlung sind praktikabel?

Eingesetzt wird die Direktkühlung des Tanks mit Ammoniak als Kältemittel. Eine beliebte Alternative ist die indirekte Tankkühlung über einen Kälte Träger wie Glykol.

Energetisch betrachtet ist die direkte Ammoniakkühlung eines Tanks etwa um 15 bis 20 Prozent effizienter als die indirekte Variante mit Glykol. Allerdings ist Ammoniak toxisch und deshalb auch seine maximale Menge in einer Kälteanlage in vielen Ländern der Welt gesetzlich begrenzt. Die Verteilung dieser Ammoniakmenge innerhalb einer Tankfarm ist mit Blick auf die Absicherung der notwendigen Rohrleitungsstrecken einerseits nicht unkritisch. Das in den Leitungen vorliegende Ammoniak steht andererseits nicht unmittelbar zur eigentlichen Kälteerzeugung zur Verfügung und die erzeugte Kälte lässt sich nur schwer speichern. Alternativ wird daher das Ammoniak bis zu seiner maximal zulässigen Menge in einer kompakten Anlage konzentriert und die entstehende Kälte in einem Kälte-trägerkreislauf zu den Tanks transportiert



Abbildung 11: Kühlung kann mit Kühlschlangen...



Abbildung 12: ...oder mit Dimpl-Plates erfolgen

Richtlinien zur Auslegung der Tankgeometrie, des Tankvolumens sowie zur Wahl der optimalen Aufstellung

Wie hoch darf die Würzhöhe in einem ZKT sein?

Aufgrund der Würzhöhe lastet auf den Hefezellen neben dem CO₂-Spundungsdruck auch ein statischer Druck. Ab welcher Höhe dieser Druck die Gärung beeinflusst, dazu finden sich in der Literatur ganz unterschiedliche Angaben. Meist wird für einen ZKT mit Mantelkühlung ein Wert von 15 bis 20 Meter Würzhöhe als maximaler Richtwert angegeben. Eine sehr vitale Hefe oder eine an den Druck adaptierte Hefe kann aber auch noch bei größeren Würzhöhen die gewünschte Bierqualität liefern. Höhere ZKTs sind in der Praxis daher auch anzutreffen.

Grundsätzlich ist die Würzhöhe und damit der hydrostatische Druck auf die Hefe nur so lange relevant, bis der Diacetylabbau erfolgt ist. Bei der reinen Lagerung spielt die tatsächliche Würzhöhe folglich eine untergeordnete Rolle.

Gibt es ein ideales Verhältnis von Würzhöhe zu Durchmesser?

Für das ideale Verhältnis von Durchmesser zu Würzhöhe werden in der Literatur Werte im Bereich von 1:2 bis 1:4 genannt.

Wie wird ein ZKT aufgestellt?

Die Aufstellung eines ZKTs erfolgt entweder mittels einer kur-zen Standzarge in einer Zwischendecke, mit einer hohen Standzarge direkt auf dem Fundament oder über mehreren Standfüßen (s. Abb. 13, 14 und 15).

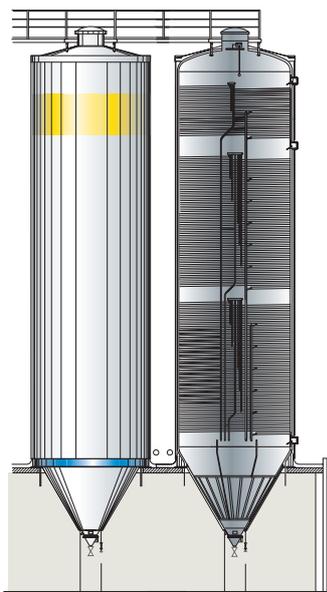


Abbildung 13: Aufstellung mit einer kurzen Standzarge auf einer Zwischendecke

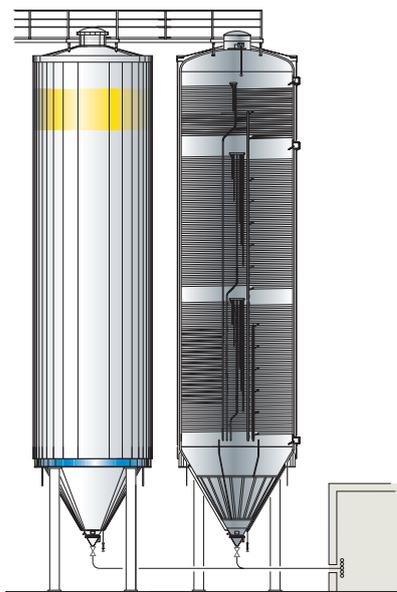


Abbildung 14: Aufstellung auf mehreren Standfüßen auf dem Rohfundament

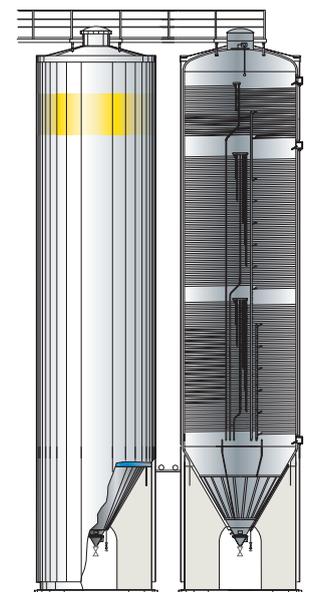


Abbildung 15: Aufstellung mit einer hohen Standzarge

Dabei gilt: Die Aufstellung mit einer hohen Standzarge ist die statisch stabilste Variante. Sie ist daher in Regionen mit Erdbeben oder großen Windkräften immer zu bevorzugen.

Autor

Hartmut Kienle

Dipl.-Ing. Hartmut Kienle

Hartmut Kienle ist Diplom-Ingenieur Maschinenbau (FH). Er studierte in Kempten im Allgäu. Erste berufliche Erfahrung sammelte er als Projektleiter in verschiedenen Unternehmen des Anlagenbaus. Seit 1999 arbeitet Hartmut Kienle bei ZIEMANN, zunächst als Leiter des technischen Büros. 2008 wurde er zum technischen Leiter für den Standort Bürgstadt bestellt.

Über Ziemann Holvrieka

Die Ziemann Holvrieka GmbH in Ludwigsburg/Deutschland wurde vor über 165 Jahren gegründet und ist einer der weltweit führenden Hersteller von Brauereianlagen. Die bekanntesten Biere der Welt werden in Anlagen aus Ludwigsburg gebraut. Zu den Kunden zählen Brauereien jeder Größe – von der Handwerksbrauerei bis zum internationalen Konzern.

Weiterhin bietet Ziemann Holvrieka eine große Auswahl an Tanks und Prozesstechnik für die Getränke- und Lebensmittelindustrie sowie für chemische Anwendungen. Nicht zuletzt aufgrund seiner langjährigen Erfahrung, seiner globalen Referenzen und seiner innovativen Lösungen ist Ziemann Holvrieka der zuverlässige Partner, wenn es um Modernisierungen, Kapazitätserweiterungen oder den Turnkey-Neubau geht.

Ziemann Holvrieka liefert maßgeschneiderte Lösungen für komplette schlüsselfertige Brauereianlagen oder Einzelkomponenten für den gesamten Brauprozess. Das Angebotsspektrum im Bereich der Würzebereitung reicht von der Malzannahme über die Schrotmühle, Maischgefäße, Läuterbottiche, Maischfilter, Würzpfannen und den Whirlpool bis hin zur Würzekühlung. Ebenfalls komplett abgedeckt wird der Kaltblock mit Gär- und Lagertanks, Drucktanks, Hefetanks und allen notwendigen CIP-Tanks. Ziemann Holvrieka engineert, realisiert und automatisiert in beiden Produktionsbereichen zudem die Prozess- und Reinigungstechnik, führt die Prozessverrohrung aus und bindet die notwendigen Utilities ein.

Danke für Ihre Zeit.

Für alle Anfragen wenden Sie sich bitte an eines unserer Verkaufsteams in einer Ziemann Holvrieka-Niederlassung in Ihrer Nähe.

Scannen Sie den QR-Code oder besuchen Sie www.ziemann-holvrieka.com

