

Facts About. Schäumen von Kunststoffen mit Inertgasen.

Linde Gas

Linde

Dieser Artikel erschien in der Fachzeitschrift „Kunststoffe“, Ausgabe 06/2005.

Einleitung.

Geschäumte Kunststoffe haben in den vergangenen Jahren stark an Bedeutung zugenommen. Es gibt auf dem Markt eine Vielzahl verschiedener Schaumstoffe und Herstellungsverfahren. Im Blickpunkt des Interesses und der Entwicklungen steht seit Jahren die Auswahl von umweltverträglichen und auch in der Zukunft einsetzbaren Treibmitteln.

Dieser Artikel vermittelt einen Überblick über die wichtigsten Herstellungsverfahren und beschreibt speziell Anwendungen und Einsatzgrenzen für die umweltfreundlichen Treibmittel Kohlendioxid (CO₂) und Stickstoff (N₂) sowie geeignete Versorgungskonzepte inklusive Druckerhöhungs- und Dosiersystemen.

Die Vorteile von geschäumten Produkten sind unbestritten und haben zu deren starker und immer noch wachsender Verbreitung geführt. Wesentliche Merkmale sind, neben dem geringen Rohstoffverbrauch, positive Produkteigenschaften wie niedrige Dichte, hervorragende Wärme- und Schalldämmung, mechanische Dämpfung, geringe Wasserdampfdurchlässigkeit und reduzierte Feuchtigkeitsaufnahme. Verschiedene Verfahren ermöglichen die Herstellung offen- oder geschlossenzelliger Schäume oder von Integralschäumen, die in verschiedensten Bereichen eingesetzt werden können. Wichtige Anwendungen haben geschäumte Produkte z. B. in der Verpackung, der Isolierung, der Schalldämmung sowie als Polstermaterial.

Beschreibung des prinzipiellen Herstellungsprozesses und verschiedener Schäumverfahren.

Die zellige Struktur von Schaumkunststoffen entsteht durch so genannte Treibmittel. Zusätzlich werden häufig Additive wie insbesondere Nukleierungsmittel und Stabilisatoren benötigt.

Wirtschaftlich bedeutsame Herstellungsverfahren sind insbesondere das Extrusionsschäumen und in der Zukunft voraussichtlich das Spritzgusschäumen, das Polyurethanschäumen und die Herstellung von EPS-Schaumstoff.

Die Herstellung von EPS (Expandiertes Polystyrol) soll hier nur am Rande erwähnt werden. Es handelt sich um ein Sonderverfahren zur Erzeugung eines Schaums, der gemeinhin als Styropor bekannt ist. Die Treibmitteldiskussion hat dieses Herstellungsverfahren nicht stark betroffen.

Das Schäumen beim Spritzgießen ist prinzipiell bereits lange Zeit bekannt und hat als mikrozelluläres Schäumen in den letzten Jahren einen neuen Schub bekommen. Dazu gab es in letzter Zeit zahlreiche Veröffentlichungen, weshalb dieses Thema hier nicht vertieft werden soll.

Chemisches Schäumen – physikalisches Schäumen

Wie bereits erwähnt wird ein Treibmittel benötigt, um den Aufschäumprozess hervorzurufen. Abhängig von Verfahren und Dichte werden chemische oder physikalische Treibmittel eingesetzt.

Chemische Treibmittel werden dem Kunststoffgranulat in der Regel als Pulver oder Granulat beigemischt und zersetzen sich bei höheren Temperaturen. Oberhalb der treibmittelspezifischen Zersetzungstemperatur wird ein gasförmiges Reaktionsprodukt abgespalten, zumeist Stickstoff oder CO₂, das als Treibmittel fungiert. Da dabei auch unerwünschte Nebenprodukte entstehen und chemische Treibmittel oft kostspielig sind, werden chemische Treibmittel hauptsächlich bei höheren Dichten eingesetzt.

Physikalische Treibmittel werden bei der Schaumextrusion oder beim Schaumspritzgießen in die Kunststoffschmelze eindosiert bzw. beim Polyurethanschäumen einem der Ausgangsprodukte zugeführt. Physikalische Treibmittel werden zur Erzeugung der häufig gewünschten niedrigen Dichten verwendet. Weitere Vorteile sind eine homogenere Schaumstruktur, eine bessere Prozessstabilität und wesentlich geringere Treibmittelkosten.

Im Weiteren wird das Schäumen mit physikalischen Treibmitteln, insbesondere mit den noch relativ „neuen“ Treibmitteln CO₂ und Stickstoff, beschrieben.

Physikalisches Extrusionsschäumen.

Für das Extrusionsschäumen werden geeignete Extrusionsanlagen benötigt, die sich erheblich von Standardanlagen unterscheiden. Abhängig von der Ausstoßleistung und vom Produkt werden nur ein Extruder oder aber zwei Extruder (in Tandem-Anlagen) eingesetzt. Bei den für größere Ausstoßleistungen häufig verwendeten Tandem-Anlagen dient der Primärextruder zur Treibmitteleinspeisung und Homogenisierung, während der Sekundärextruder der gezielten Kühlung der treibmittelbeladenen Schmelze dient.

Das Treibmittel wird mit einer Dosierpumpe unter hohem Druck über ein Einspritzventil in den Extruder injiziert. Die Treibgasmenge lässt sich direkt einstellen und auf das Polymer und die zu erzielende Schaumdichte anpassen. Durch die Schneckebewegung erfolgt eine gute Verteilung in der Polymerschmelze. Durch Diffusion wird eine weitere Homogenisierung des Schmelze-Treibmittel-Gemisches erreicht. Der Druck im Extruder muss bis zum Austritt aus der Extrusionsdüse aufrecht erhalten werden, um ein vorzeitiges Aufschäumen zu verhindern. Am Werkzeugaustritt führt ein plötzlicher starker Druckabfall zu einer Übersättigung der Schmelze mit dem Treibmittel. Das Aufschäumen startet, d. h. die bereits vorhandenen Keime wachsen und bilden die Schaumblasen.

Zur Erhöhung der Schaumhomogenität werden häufig so genannte Nukleierungsmittel eingesetzt, die als Keimbildner wirken und durch die eine große Anzahl kleiner Blasen gebildet werden. Durch Extrusion lassen sich Produkte für viele Anwendungszwecke schäumen, die vor allem in der Verpackungs-, Bau- und Automobilindustrie eingesetzt werden.

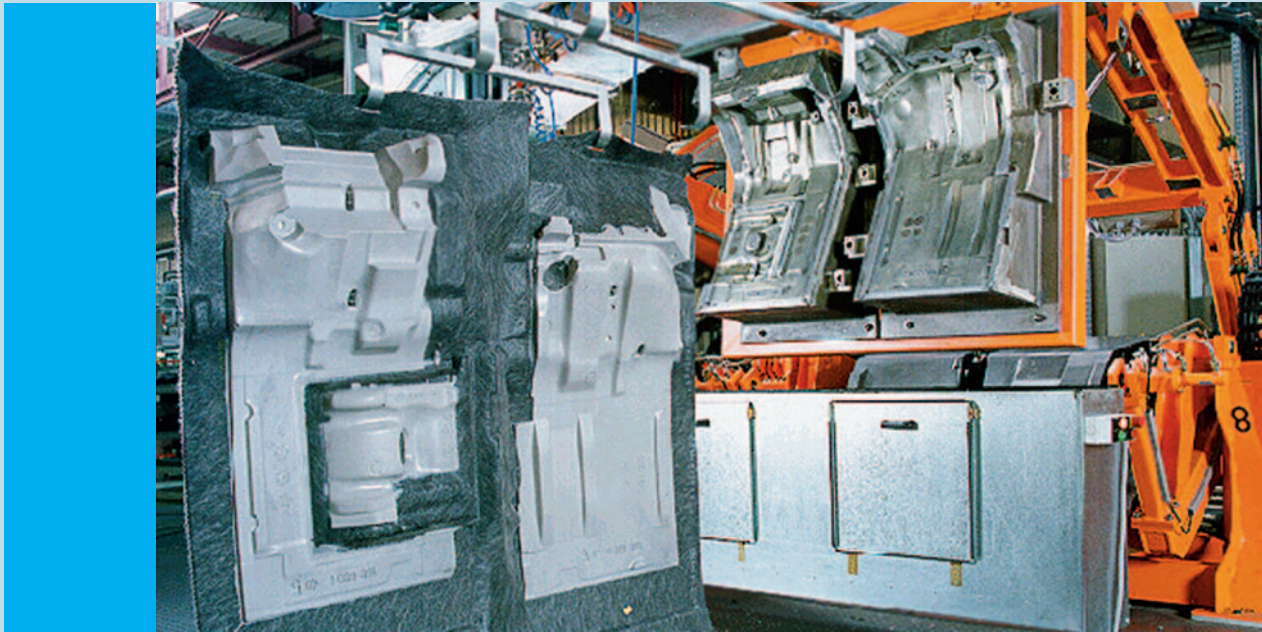
Schaumextrusionsanlage in Tandembauweise, bestehend aus Zweischneckenextruder und Einschneckenextruder (Foto: Fa. Berstorff).

Ein Beispiel für heutiges, erfolgreiches Schäumen mit CO₂ als Treibmittel – XPS-Dämmplatten für die Bauindustrie (Foto: BASF; Produkt: Styrodur).



Polyurethanschäumen.

Mit CO₂ als Treibmittel
hergestellter Teppich für
die Mercedes A-Klasse
(Foto: Fa. Krauss-Maffei
Kunststofftechnik GmbH).



Polyurethanschäum (PUR-Schaum) entsteht durch die chemische Reaktion von Polyol und Isocyanat. Meistens wird einem der beiden Reaktionspartner ein zusätzliches physikalisches Treibmittel zugegeben, um die Dichte zu reduzieren. Die beiden Reaktionspartner werden in Arbeitsbehältern gelagert und im Kreislauf zum Mischkopf und wieder zurück zum Arbeitsbehälter gefahren. Zahlreiche Additive beeinflussen die Schaumeigenschaften. Im Mischkopf werden die Reaktionskomponenten zusammengeführt und ausgetragen, wobei die chemische Reaktion startet.

Im kontinuierlichen Verfahren werden Halbzeuge in Form von Blöcken oder Platten hergestellt; im diskontinuierlichen Prozess hingegen werden im Schussbetrieb Formteile geschäumt. Man unterscheidet generell grob zwischen Weichschäumen und Hartschäumen, mit Variationen dazwischen. PUR-Schäume werden z. B. als Isoliermaterial, für Möbel und Matratzen, zur Verpackung oder im Automobilbereich eingesetzt.

Physikalische Treibmittel.

Physikalische Treibmittel haben sich für viele Anwendungen, speziell bei niedrigen Dichten und hohen Anforderungen an die Schaumhomogenität, durchgesetzt. Die Auswahl des physikalischen Treibmittels hat einen großen Einfluss auf die Schaumqualität und die Kosten des geschäumten Produkts. Daneben spielt die Umweltverträglichkeit eine immer größere Rolle.

Das Montreal-Protokoll und die darauf aufbauenden Folgevereinbarungen stellen eine große Herausforderung für die Schaumproduzenten dar. Trotz der guten Eigenschaften und der einfachen Handhabung der früher verwendeten Fluorchlorkohlenwasserstoffe herrschte weltweit Einigkeit darüber, diese als Treibmittel aufgrund ihres Ozonzerstörungspotentials (ODP) zu verbannen. Auch die teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe sind nicht umweltverträglich und in vielen Ländern ebenfalls schon verboten.

Als Alternativen gibt es Kohlenwasserstoffe, insbesondere Isobutan und Pentan, und die Inertgase CO₂ und Stickstoff. In vielen Fällen hat sich CO₂ als das Treibmittel der Wahl herauskristallisiert, da es in Polymeren eine wesentlich höhere Löslichkeit als Stickstoff hat.

Inertgase haben viele Vorteile:

- Umweltverträglich, da kein ODP und nur minimales GWP (Global Warming Potential)
- Niedriger Gasverbrauch, da hoher Aufschäumgrad
- Hohe Wirtschaftlichkeit, da kostengünstig
- Unbrennbar
- Ungiftig
- Chemisch inert
- Es entstehen keine Rückstände im Schaumprodukt

Das CO₂ wird übrigens nicht eigens produziert, sondern fällt bei anderen Produktionsprozessen sowieso an. Bevor es sozusagen ein zweites Mal verwendet wird, muss es noch gereinigt, getrocknet und unter Druck verflüssigt werden.

Physikalische Treibmittel – Übersicht

Anmerkung: ODP = Ozone Depletion Potential (Ozonzerstörungspotential)

GWP = Global Warming Potential (Erderwärmungspotential)

Treibmittel	Chemische Formel	Molgewicht [g/mol]	Siedepunkt [°C]	Dampfdruck [bar]	Brennbar	ODP	GWP
Kohlendioxid	CO ₂	44,0	-56,6		Nein		0,00025
Stickstoff	N ₂	28,0	-195,7		Nein		
Isobutan	C ₄ H ₁₀	58,1	-11,7	50,53	Ja		
Cyclopentan	C ₅ H ₁₀	70,1	49,3		Ja		0,00275
Isopentan	C ₅ H ₁₂	72,1	29,0	14,23	Ja		
CFC-11	CFCl ₃	137,4	23,8	15,32	Nein	1,0	1,0
HCFC-22	CHF ₂ Cl	86,5	-40,8	151,40	Nein	0,05	0,35
HCFC-142b	CF ₂ ClCH ₃	100,5	-9,2	49,16	Ja	0,05	0,38
HCFC-134a	CH ₂ FCF ₃	102,0	-26,5	96,52	Nein		0,27

Schäumen mit Inertgasen.

Vieles spricht für Inertgase, speziell CO₂. Jeder Anwender wird über kurz oder lang über CO₂ als Treibmittel nachdenken. CO₂ gilt aber nach wie vor als „schwierig“ zu handhaben. Flüssiges CO₂ ist ein sehr spezielles Treibmittel, das sich stark von anderen flüssigen Treibmitteln unterscheidet. Es wird normalerweise nahe am kritischen Punkt im Siedezustand gelagert, neigt zum Verdampfen und ist relativ kompressibel, was die Dosierung erschwert.

Beim **Extrusionsschäumen** ist eine sehr gute Dosierung trotz schwankendem Extruderdruck eine entscheidende Voraussetzung für eine gleichmäßige Schaumstruktur. Membranpumpen sind sehr verbreitet beim Dosieren von flüssigen Treibmitteln, in der Vergangenheit von FCKWs und heute hauptsächlich von Kohlenwasserstoffen. Sie wurden an die Bedürfnisse beim Dosieren von CO₂ angepasst. Um Dosierprobleme und Kavitationsschäden durch die Bildung von Gasblasen zu vermeiden, müssen das CO₂ und die Pumpenköpfe sehr gut gekühlt werden.

Eine preislich und technisch sehr interessante Alternative ist die von der Linde AG speziell für diesen Anwendungsfall entwickelte Inertgas-Dosiereinrichtung DSD 500, die eine äußerst genaue Dosierung trotz schwankender Gegendrücke im Extruder ermöglicht.

Es gibt zur Zeit aber noch Einsatzgrenzen für Inertgase. Sollen ganz niedrige Dichten beim Extrusionsschäumen – hauptsächlich für Polyethylen und Polypropylen – erzielt werden, haben Kohlenwasserstoffe Vorteile. CO₂ erfordert aufgrund der begrenzten Löslichkeit höhere Prozessdrücke und kann dem Schaum bei der Expansion nicht so viel Wärme entziehen, da der Phasenübergang von der flüssigen in die gasförmige Phase fehlt.

Doch mehr und mehr Produkte werden mit CO₂, in Sonderfällen auch mit Stickstoff, geschäumt. So werden heute XPS-Dämmplatten für die Bauindustrie, Schaumfolien aus Polyethylen (PE), z. B. für Deckeldichtungen, Kabelisolierungen aus PE und teilweise Lebensmittelverpackungen aus Polystyrol umweltfreundlich geschäumt. Auch entsprechend modifiziertes Polypropylen lässt sich bis Dichten von 200 kg/m³ und niedriger mit CO₂ schäumen.

Beim **PUR-Schäumen** hängt die Wahl des Treibmittels stark vom Verwendungszweck des Schaums ab. Schäume für Isolierzwecke, z. B. Isolierplatten oder die Dämmung für Kühlmöbel, werden vorwiegend mit Pentan geschäumt, da hiermit sehr gute Isoliereigenschaften erzielt werden. Durch geeignete Wahl des Treibmittels lassen sich sehr leichte Schäume herstellen. Mit CO₂ können die niedrigsten Dichten, weit unter 20 kg/m³, produziert werden. Wichtige Produkte, die im kontinuierlichen Blockweichschaumverfahren (Slabstock) mit CO₂ hergestellt werden, sind Schäume für Möbel und Matratzen, speziell mit niedrigeren Dichten.

Im diskontinuierlichen Prozess werden z. B. Teppichhinterschäumungen oder andere schallabsorbierende Teile im Auto, aber auch ansatzweise bereits Autositze, mit CO₂ geschäumt. CO₂ erlaubt aber nicht nur das Verschäumen zu niedrigen Dichten, es hat noch weitere Vorteile, die es zunehmend interessant machen. Die Material- und Fertigungskosten sind niedriger, wodurch sich Investitionen in erforderliche CO₂-Beladungssysteme schon in kurzer Zeit amortisieren. Verbesserte mechanische und akustische Eigenschaften und eine bessere Verarbeitbarkeit, z. B. reduzierte Harnstoffbildung bei Weichschäumen, machen es überdies attraktiv.

Beim diskontinuierlichen PUR-Schäumen gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Treibmittel CO₂ einzuspeisen. Man unterscheidet zwischen der Einspeisung in eine Komponente, häufig Polyol, unmittelbar vor dem Mischkopf (Online-Prozess) und der CO₂-Beladung einer Reaktionskomponente im Tagesbehälter (Batch-Prozess). Der Batch-Prozess ist preiswerter und für Anwender geeignet, denen eine konstante CO₂-Beladung genügt. Der technisch anspruchsvollere Online-Prozess ermöglicht es dem Anwender, den CO₂-Gehalt von Schuss zu Schuss zu wechseln. Für diese Technik wird eine hochdynamische und trotzdem genaue CO₂-Dosierung benötigt. Die Linde AG hat hierfür mit einem bekannten Anlagenhersteller eine Dosiereinheit entwickelt, die diese Anforderungen erfüllt.

Equipment und Versorgungskonzepte.

Die oben beschriebenen physikalischen Besonderheiten von CO₂ erfordern ein auf die jeweiligen Bedürfnisse und Anforderungen abgestimmtes Versorgungs- und Dosierkonzept. Abhängig vom Gaseverbrauch und vom benötigten Druck muss das unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten optimale Konzept ausgewählt werden.

Hochdruckdosierpumpen

Die Anforderungen an die CO₂-Versorgung beim Schäumen von Kunststoffen sind hoch. Spezielle Dosierpumpen, die für flüssiges CO₂ geeignet sind und bei Drücken bis 500 bar exakt dosieren können, sind notwendig. Diese Dosierpumpen benötigen flüssiges CO₂, in der Regel vollkommen frei von Gasblasen und mit einem möglichst hohen Vor- druck von ca. 60 bar.

Linde war sicherlich einer der Vorreiter, was die knifflige Dosierung von Inertgasen beim Schäumen betrifft. Aufbauend auf Entwicklungsarbeiten und Erfahrungen seit Anfang der 1990er Jahre wurde konsequent an der Optimierung und Weiterentwicklung der Inertgas-Dosieranlagen gearbeitet.

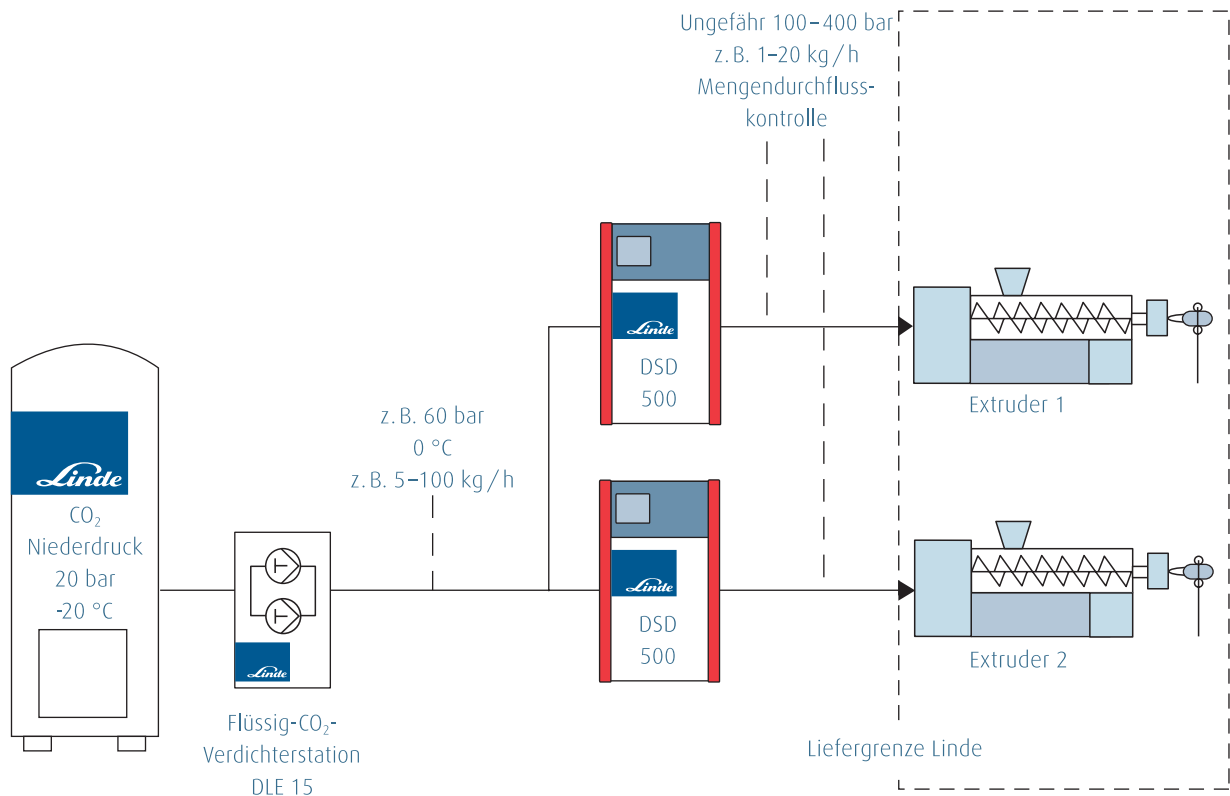
Das Ergebnis ist die **Hochdruckdosiereinheit DSD 500**. Im Produktionsbetrieb bei zahlreichen Referenzkunden weltweit hat sie ihre absolute Tauglichkeit für flüssiges CO₂ und gasförmigen Stickstoff bewiesen. Sie verdichtet das von der Gaseversorgung ankommende Treibmittel in speziellen, druckluftbetriebenen Kompressoren auf Drücke bis 500 bar und dosiert auch bei starker Gegendruckfluktuation sehr gleichmäßig. Dies ist einer Kombination aus einem patentierten Massenstromregelungskonzept und einem hochgenauen Proportionalregelventil zu verdanken.

Die äußerst kompakte und bedienerfreundliche Anlage weist speziell folgende Vorteile auf:

- Die Durchflussmenge wird äußerst genau und unabhängig von Druck und Temperatur im Extruder geregelt, auch bei sehr kleinen Dosiermengen
- Die Anlage passt sich automatisch an die Prozessdruckverhältnisse an
- Das hochdynamische Regelventil reagiert in kürzester Zeit auf Prozessänderungen
- Im Gegensatz zu herkömmlichen Dosierpumpen ist die DSD 500 unempfindlich gegenüber Gasblasen im flüssigen CO₂. Die aufwändige Kühlung vor und in der Dosiereinheit entfällt
- Im Gegensatz zu anderen Dosierpumpen ist die DSD 500 auch zur Dosierung gasförmiger Treibmittel (z. B. Stickstoff) geeignet



Hochdruckdosiereinheit DSD 500.



CO₂-Versorgungs- und Dosierkonzept für das Extrusionsschäumen, bestehend aus LC0₂-Verdichterstation DLE 15 und Hochdruckdosiereinheit DSD 500.

CO₂-Bereitstellung und Druckerhöhung bis zur Hochdruckdosierpumpe.

Abgestimmt auf die DSD 500 bietet die Linde AG ein komplettes Versorgungs- und Dosierkonzept aus einer Hand. Die Entscheidung über die beste Versorgungsvariante treffen die Spezialisten von Linde, aufbauend auf vielen Jahren Erfahrung beim Kunststoffschäumen, unter Berücksichtigung des kundenspezifischen Anforderungsprofils. Dies garantiert den Kunden minimale Investitionskosten, maximale Versorgungssicherheit und geringe Betriebsmittelkosten. Auch wenn der Kunde schon vorhandene Dosierpumpen verwenden möchte, ist die richtige Auswahl des geeigneten Tanktyps und der besten Druckerhöhungspumpe am Tank sehr wichtig. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Mitteldrucktanks oder Niederdrucktanks einzusetzen.

Im **Mitteldrucktank** ist das flüssige CO₂ unter einem Druck von max. 80 bar gespeichert. Dieser Tanktyp ist nicht isoliert. Um einen definierten Betriebszustand zu gewährleisten, wird der Tank mit einer Elektroheizung und einem Kälteaggregat ausgerüstet. Damit wird die Temperatur des CO₂ in einem engen Bereich konstant gehalten, wodurch ein definierter Tankdruck erzeugt wird. Dieser liegt bei der Versorgung von Dosierpumpen beim Schäumen typischerweise bei ca. 60 bar.

Im schaum- oder vakuumisolierten **Niederdrucktank** ist das flüssige CO₂ bei einem Druck von ca. 20 bar und einer korrespondierenden Temperatur von ca. -20 °C gespeichert. Diese Tankart hat prinzipielle Vorteile, z. B. geringere Herstellkosten, nahezu beliebig große Speicherkapazität und hohe Versorgungssicherheit.

Mitteldrucktanks stellen zwar den erforderlichen Druck bereit, aber da sich das CO₂ im Siedezustand befindet, neigt die Flüssigkeit dazu, auf dem Weg zum Verbraucher zu verdampfen, oder zumindest Gasblasen zu bilden. Dies erfordert auf jeden Fall eine intensive Kühlung des CO₂ vor oder in der Dosierpumpe.

Es empfiehlt sich in vielen Fällen, einen Niederdrucktank einzusetzen. Um den Eingangsdruck für das Hochdruckdosiersystem bereitzustellen, wird zusätzlich ein geeignetes Druckerhöhungssystem am Tank benötigt. Das ca. -20 °C kalte CO₂ wird auf ca. 60 bar verdichtet, wobei es sich etwas erwärmt. Die Temperatur der Flüssigkeit ist aber immer noch deutlich niedriger als die dem Druck von 60 bar entsprechende Siedetemperatur. An der Dosierpumpe steht somit **unterkühlte, blasenfreie Flüssigkeit** mit verringerter Kompressibilität zur Verfügung.

Die Linde AG hat für die Druckerhöhung zwei verschiedene, speziell für CO₂ entwickelte und erprobte Varianten entwickelt. Speziell für das kontinuierliche PUR-Schäumen wurde in Zusammenarbeit mit einem namhaften Maschinenhersteller eine **Druckerhöhungspumpe Typ CFA** entwickelt, die auch für große Ausstoßleistungen im Slabstockverfahren einsetzbar ist.

Mit der elektrisch angetriebenen Kolbenpumpe wird CO₂ auf einen Druck von max. 70 bar verdichtet und in einer Ringleitung vom CO₂-Tank über einen oder mehrere Verbraucher zurück zum CO₂-Tank im Kreislauf gefördert. An der Dosierpumpe steht somit bei Bedarf immer flüssiges, blasenfreies CO₂ zur Verfügung.

Die LCO₂-Verdichterstation DLE 15 basiert auf druckluftbetriebenen Kolbenverdichtern, die das CO₂ auf den einstellbaren Enddruck, in der Regel 60 bar, komprimieren. Die Verdichter wurden speziell an den Betrieb mit flüssigem, kaltem CO₂ angepasst.

Durch Kombination mit einem CO₂-Niederdrucktank ergeben sich für den Anwender klare finanzielle und technische Vorteile:

- Das flüssige CO₂ wird unterkühlt und blasenfrei abgegeben, d. h. auch bei empfindlichen Anwendungen ist ein Phasenseparator oder eine Rückkühlung nicht erforderlich
- Die Fördermenge passt sich automatisch und mit hoher Flexibilität dem Bedarf und den Bedarfsschwankungen an
- Die Investitionskosten für die Gaseversorgung und damit die Mietkosten für den Anwender sowie die Installationskosten sind deutlich niedriger
- Die LCO₂-Verdichterstation ist im Gegensatz zu anderen Systemen unempfindlich gegenüber einem saugseitigen Gasanteil im flüssigen CO₂. Dadurch entfallen die sonst üblichen Hilfsmaßnahmen wie z. B. hochwertige Isolation oder Rückkühlung
- Das Konzept bietet absolute Versorgungssicherheit, auch beim Umfüllen vom Tankwagen in den Tank. Saugseitig ist die Förderleistung und das Betriebsverhalten der Verdichterstation unempfindlich gegenüber Gasblasen im flüssigen CO₂ oder Druckschwankungen im Tank, wie z. B. beim Befüllen des Tanks

Fazit:

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich Inertgase aufgrund der geschilderten Vorteile mehr und mehr als physikalische Treibmittel für die verschiedenen Schäumverfahren durchsetzen. Ein durchdachtes und geeignetes Versorgungs- und Dosierkonzept, beginnend am Vorratstank bis hin zur Einspeisestelle in die Schäumenanlage, erleichtert den Verarbeitern den Umstieg auf diese umweltfreundlichen Treibmittel.

Vorsprung durch Innovation.

Linde Gas ist mehr. Linde Gas übernimmt mit zukunftsweisenden Produkt- und Gasversorgungskonzepten eine Vorreiterrolle im globalen Markt. Als Technologieführer ist es unsere Aufgabe, immer wieder neue Maßstäbe zu setzen. Angetrieben durch unseren Unternehmergeist arbeiten wir konsequent an neuen hochqualitativen Produkten und innovativen Verfahren.

Linde Gas bietet mehr – wir bieten Mehrwert, spürbare Wettbewerbsvorteile und erhöhte Profitabilität. Jedes Konzept wird exakt auf die Bedürfnisse unserer Kunden abgestimmt. Individuell und maßgeschneidert. Das gilt für alle Branchen und für jede Unternehmensgröße.

Wer heute mit der Konkurrenz von morgen mithalten will, braucht einen Partner an seiner Seite, für den höchste Qualität, Prozessoptimierungen und Produktivitätssteigerungen tägliche Werkzeuge für optimale Kundenlösungen sind. Partnerschaft bedeutet für uns jedoch nicht nur wir für Sie – sondern vor allem wir mit Ihnen. Denn in der Kooperation liegt die Kraft wirtschaftlichen Erfolgs.

Linde Gas – ideas become solutions.

Vertriebszentrum

Berlin

Telefon 030.609 08-0
Telefax 030.609 08-199

Hamburg

Telefon 040.85 31 21-0
Telefax 040.85 31 21-166

Köln

Telefon 022 36.39 08-0
Telefax 022 36.39 08-149

Mainz

Telefon 061 34.208-0
Telefax 061 34.208-25

Nürnberg

Telefon 09 11.42 38-0
Telefax 09 11.42 38-115

Düsseldorf

Telefon 02 11.74 81-0
Telefax 02 11.74 81-403

Hannover

Telefon 05 11.279 93-0
Telefax 05 11.279 93-53

Leuna

Telefon 034 61.853-0
Telefax 034 61.853-300

München

Telefon 089.310 01-0
Telefax 089.310 01-521

Stuttgart

Telefon 07 11.8 00 02-0
Telefax 07 11.8 00 02-19

Getränke, Industrie und Handel

Telefon 02 31.51 91-33 55
Telefax 02 31.51 91-33 13

Linde AG

Geschäftsbereich Linde Gas, Seitnerstraße 70, 82049 Höllriegelskreuth
Telefon 089.74 46-0, Telefax 089.74 46-12 16, www.linde-gas.de

