

Rechteck-Stahlsilos für rieselfähige Schüttgüter

Von Dipl.-Wirtsch.-Ing. Markus Becker, Geschäftsführender Gesellschafter, OCTOGON GmbH

Durch die in Zeitabständen überarbeitete und geänderte Normung sowie den technisch häufig falsch verwendeten Begriff „Silo“ bestehen in der Praxis sehr unterschiedliche Vorstellungen, was definitionsgemäß ein Silo ist, welche Anforderungen er zu erfüllen und wie er im Sinne des Betreibers zu funktionieren hat.

Um eine begrifflich und sachlich korrekte Zuordnung zwischen baulicher Aufgabenstellung (Silo) und dem aktuell durch die harmonisierte europäische Normung (Eurocode) vorgeschriebenen Berechnungsverfahren zu ermöglichen, wird zunächst die Abgrenzung zu anderen Formen der Schüttgutlagerung erläutert, gefolgt von Kriterien für die Auswahl von Rechteck-Stahlsilos. Im Kapitel Berechnungsgrundlagen werden die wesentlichen Einflussgrößen für die erforderlichen statischen Nachweise sowie für Bemessung und Konstruktion genannt. Vor der abschließenden Zusammenfassung werden Bauweisen von Rechtecksilosystemen und statische Besonderheiten einzelner Systeme dargestellt.

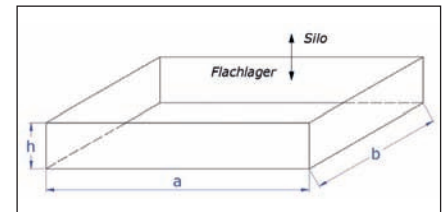
Abgrenzung zu anderen Formen der Schüttgutlagerung

Bei der Kategorisierung von Silos für rieselfähige Schüttgüter werden unterschiedlichste Begriffe verwendet. Die Einteilung erfolgt im Hinblick auf das verwendete Grundmaterial, z.B. Holz-, Stahl-

und Betonsilos, oder nach gewerblichen Einsatzbereichen, z.B. Silos für Landwirtschaft, Mühlen und Industrie. Diese Bezeichnungen sind zwar üblich, geben aber keinerlei Auskunft darüber, ob es sich bei dem genannten Bauwerk tatsächlich um einen Silo oder eine andere Form der Schüttgutlagerung handelt.

Ausschließlich die Geometrie des Lagerraums entscheidet, ob das Bauwerk nach den Rechenregeln der Silotheorie oder nach anderen Kriterien auszulegen ist.

Vom Prinzip her gilt: Ist die erreichbare Schüttguthöhe h in abgegrenzten Lagerräumen deutlich größer ist als deren Grundflächenabmessungen $a \times b$, mathematisch formuliert also $h \gg a, b$, handelt es sich eindeutig um Silos, d.h. Hochsilos im klassischen Sinn. Im umgekehrten Fall, der sich etwa mit $h < 0,4 \times \min(a; b)$ beschreiben lässt, handelt es sich um Flachlager, für die andere Lastansätze gelten. In der derzeit gültigen DIN EN 1991-4 sind die Lastansätze für Flachlager (in der DIN EN 1991-4 werden Flachlager als Stützwandsilos bezeichnet) nicht geregelt. Es wird lediglich ein Lastansatz empfohlen, der zu einem mit der Tiefe linear zunehmenden Schüttgutdruck auf die Wände führt. Wird der Berechnungsempfehlung gefolgt, so wird bei dem mehr oder weniger willkürlich festgelegten Übergang von $h < 0,4 \times \min(a; b)$ abrupt der



Zeichnung 1: Flachlager

Lastansatz für den Schüttgutdruck von der Silo- zur Flachlagertheorie gewechselt (siehe Zeichnung 1). Der Vergleich mit dem in der DIN EN 1991-4 empfohlenen Lastansatz und den zuvor üblichen Lastansätzen für Flachlager zeigt, dass die Lasten nach der DIN EN 1991-4 teilweise deutlich höher sind. Aus diesem Grund wurden von der OCTOGON GmbH Untersuchungen initiiert, an bestehenden Flachlagern durch Messungen die tatsächlich herrschenden Wanddrücke zu ermitteln. Die aufwendigen Messungen erfolgen im Sommer 2015, die Ergebnisse werden nach Auswertung veröffentlicht. Unabhängig von der unglücklichen Definition der „Stützwandsilos“ in der DIN EN 1991-4 ist aufgrund der Bauwerksgeometrie prinzipiell zwischen den Lagerformen Flachlager und Silo zu unterscheiden. Es würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, auf alle möglichen Aspekte einzugehen, die bei der Auswahl des „richtigen“ Lagersystems eine Rolle spielen könnten. Gleichwohl sind nachstehend einige der wesentlichen Faktoren genannt, die für eine solche Entscheidung technisch relevant sind. Dazu zählen insbesondere:

Standortbedingungen, z.B. Baugrundbeschaffenheit einschließlich Erdbebenzone, baurechtliche Gegebenheiten, Emissionsschutz
Logistik/Betriebsabläufe, z.B. Lagergesamtgröße und benötigte Einzelvolumen, Umschlagshäufigkeit und Automatisierungsgrad
Produkteigenschaften, z.B. spezifisches Gewicht, Fließfähigkeit und Klimatisierungsbedarf
Prozesstechnische Anforderungen, z.B. gleichmäßige Volumenströme ggf. auch unter first-in-first-out-Bedingungen, konditionierte Rohware und gleichbleibende Endproduktqualität.

Die je nach Betriebszweck individuelle Kombination dieser Faktoren führt i.d.R. zur Auswahl eines Lagersystems, wobei bestimmte Anforderungskombinationen ihre sinnvolle Lösung erzwingen, z.B.:

Kieswerk/Betonwerk: Aus dem Schüttverhalten und dem spezifischen Gewicht der Rohwaren ergibt sich vielfach die zweckmäßige Lagerung im Flachlager.

Getreideerfassung mit Einzelvolumen > 1.000 m³: Das Einzelvolumen ist standardmäßig in Rundsilos gut technisch realisierbar und ökonomisch sinnvoll.

Automatisierte Prozesse mit Einzelvolumen < 400 m³: Die automatische Rohwarezuführung und Einlagerung der Zwischen- oder Endprodukte nach der Be- oder Verarbeitung von Schüttgütern erfolgt typischerweise aus bzw. in Rechteck-Stahlsilos.

Kriterien für die Auswahl von Rechteck-Stahlsilos

Wie die Beispiele des vorherigen Abschnitts zeigen, sind einzelne

Bauweisen für bestimmte Zwecke prädestiniert, viele Möglichkeiten denkbar. Rechteck-Stahlsilos (im Folgenden nur noch Rechtecksilos genannt) werden in vielen Bereichen der automatisierten Verarbeitungsprozesse, z.B. bei der Saatgut- und Tierfutterherstellung, der Kaffeerösterei oder bei Mahlprodukten eingesetzt. Die Gründe hierfür liegen in der Vorteilhaftigkeit ihrer Bauweise, denn Rechtecksilos können:

- ▶ in Blöcken ohne Zwischenräume errichtet werden
- ▶ mit profilierten und glatten Wänden ausgerüstet sein, auch innerhalb des gleichen Zellenblockes ohne Zwischenraum
- ▶ mit unterschiedlichen Zellengrößen ohne Platzverlust errichtet werden
- ▶ Tragkonstruktion für Dach und Wand sein
- ▶ für zentrischen oder exzentrischen Auslauf bemessen werden
- ▶ für mechanische oder pneumatische Austragung ausgelegt werden
- ▶ für Massen- oder Kernfluss ausgelegt werden
- ▶ mit unterschiedlichen Beschichtungen ausgeführt werden
- ▶ hermetisch dicht ausgeführt werden
- ▶ standardmäßig Einzelvolumen von bis zu 400 m³ haben
- ▶ in extrem kurzer Bauzeit errichtet werden

Welche dieser Gestaltungsmöglichkeiten im Einzelfall in Anspruch zu nehmen sind, um die Qualität des Endprodukts sicherzustellen oder technische und baurechtliche Vorschriften einzuhalten, richtet sich

						6	
5		7	9			2	
	2				3		9
				9			5 2
					7 8		
9		6			5 1		
	4	5		1		3	
8		1					7
6						5	

LOGISCH ZUR LÖSUNG.

STELLEN SIE UNS RUHIG EINE KNIFFLIGE AUFGABE FÜR DAS HANDLING IHRER SCHÜTTGÜTER!

Individuell finden wir für unsere Kunden die richtige Lösung für das Fördern, Lagern, Austragen und Dosieren von schwierigen Schüttgütern. Dabei profitieren Sie von unserem Know How gepaart mit Effizienz und einzigartiger Technologie.



HIER FINDEN SIE KNIFFLIGE AUFGABEN DIE WIR BEREITS GELÖST HABEN!



ACHEMA 2015
 Besuchen Sie uns in Frankfurt am Main,
 15. - 19. Juni 2015 | Halle: 6.0, Stand: D2

nach der Art des einzulagernden Schüttguts und der jeweiligen Aufgabenstellung bzw. nach den Auflagen aus den jeweiligen Baugenehmigungen. Aus diesen Gründen sollte eine Planung in jedem Fall neben der Klärung der vorstehenden Punkte folgende Fragen zum Anforderungsprofil an neu zu errichtende Silos klar beantworten:

a) Für welche Schüttgüter sind die Silos zu bemessen?

Als Antwort auf diese Frage wird häufig das spezifisch schwerste einzulagernde Produkt genannt. Dies kann aufgrund der Schüttguteigenschaften das für die Bemessung relevante Produkt sein. Dies ist aber nicht zwingend, daher werden Schüttgüter durch mehrere Kennwerte beschrieben, die in die statische Berechnung eingehen. Als Betreiber sollte man daher alle Produkte nennen, die in den Silos eingelagert werden sollen, dann wird auch die Statik mit den richtigen Kennwerten ermittelt (siehe auch Abschnitt „Berechnungsgrundlagen für Rechtecksilos“).

b) Sind außer den statisch erforderlichen Schüttgutkennwerten weitere Eigenschaften des Schüttguts bekannt, die Einfluss auf die Siloauswahl haben?

Neben den für die statische Bemessung relevanten Faktoren gibt es weitere Schüttguteigenschaften, die von Bedeutung für die Siloausführung sind. So beeinflussen z.B. Neigung zur Brückenbildung, Hygroskopie sowie Fließ-, Adhäsions-, Kohäsions- und Abriebeigenschaften u.a. das Auslaufverhalten. Außerdem wirken sie auf die Beschichtung des Silos, so dass gegebenenfalls zusätzliche Überlegungen

und Maßnahmen erforderlich sind, um unerwünschte Nebeneffekte zu vermeiden.

c) Welchen Einfluss haben Ablagerungen im Silo?

Je nach Qualitäts- und Hygieneanforderungen stellen Ablagerungen in Silos ein mehr oder weniger großes, in jedem Falle aber ein Problem dar. Tendenziell sind Blechdoppelungen, Steckfugen, 90°-Ecken, nicht senkrechte Flächen von Wänden und Trichtern sowie Schraubverbindungen ablagerungsgefährdete Stellen im Silo, die sich – je nach Silokonstruktion – auch nicht alle vermeiden lassen. Maßstab sind hier neben eigenen oder vorgegebenen Qualitätsstandards auch Hygieneanforderungen im Sinne eines HACCP-Konzepts, die umso höher ausfallen, je dichter das Schüttgut in den Bereich Lebensmittel einzuordnen ist. Sicher zutreffend ist die Auffassung, dass die Vermeidung von Ablagerungen billiger ist als deren routinemäßig notwendige, aber sehr aufwendige Beseitigung.

d) Welches Dichtheitskonzept ist mit der Silokonstruktion realisierbar?

Silodichtheit ist eine logische Forderung bei der Einlagerung von Schüttgütern. Wie weit sie im Einzelfall gehen muss, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. So ist für Explosions- und Brandschutz mindestens Staubdichtheit erforderlich. Denn bei nach außen tretendem Staub würden die Ex-Schutz-Maßnahmen nach ATEX-Richtlinien und der vorbeugende Brandschutz nach der Industriebau-Richtlinie einen nicht mehr bezahlbaren Umfang einnehmen. Heutige Entstäubungs-

konzepte mit gezielter Absaugung und entsprechender Luftmenge an den Entstehungsherden gewährleisten die Einhaltung der üblicherweise geforderten Brand- und Ex-Schutz-Maßnahmen für Silos.

Sehr häufig ist Luftdichtheit in Verbindung mit einer gezielter Luftzu- oder Luftabführung notwendig, denn sowohl für die Zuführung mit gasförmigen Stoffen, z.B. zur Konservierung, Inertisierung oder thermischen Produktbehandlung im Silo als auch bei produktabhängigen Ausgasungen (z.B. CO₂ bei Röstkaffee) oder bei der Ungezieferbehandlung sind außerplanmäßige Leckagen nicht wünschenswert bzw. unzulässig.

Teilweise hängen die Punkte a) bis d) voneinander ab und fordern damit bestimmte Merkmale von Silokonstruktionen ein, insbesondere zusammen mit den zuvor genannten vorteilhaften Gestaltungsmöglichkeiten von Rechtecksilos. Diese Möglichkeiten müssen aber auch in prüffähigen Statiken rechnerisch abbildbar sein, sonst gehen die Ansprüche des Betreibers an die Silonutzung ins Leere. Daher wird im nächsten Abschnitt auf einige Berechnungsgrundlagen eingegangen.

Berechnungsgrundlagen für Rechtecksilos

An den theoretischen Grundlagen der Lastermittlung und Auslegung hat sich durch die europäische Harmonisierung der Normen nichts Entscheidendes gegenüber der zuvor gültigen DIN 1055 Teil 6 geändert. Daher besteht keine Notwendigkeit detaillierter Erläuterungen bereits bekannter Rechenregeln.

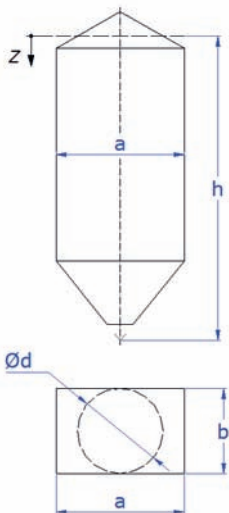
Für die Entscheidungsfindung ist es aber gegebenenfalls nützlich zu

Womit lassen Sie beim Absacken von Granulaten die Konkurrenz weit hinter sich?

wissen, wie man einen Silo zweckmäßig gestaltet, weshalb einige grundlegende Zusammenhänge nachstehend genannt sind.

Aktuell sind die Lasten in Rechtecksilos nach Eurocode 1, hauptsächlich gemäß DIN EN 1991-1-4 (Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter), zu ermitteln. Die Bemessung und Konstruktion erfolgt nach Eurocode 3, hauptsächlich gemäß DIN EN 1993-4-1 (Silos).

Berechnungen für Rechtecksilos nach den o.g. Normen gelten bei einem Silo mit langer Seite a , kurzer Seite b und Höhe h (= Schüttguthöhe im Silo einschl. Trichter) für folgende Geometrie (Anmerkung: Die gleichen Normen gelten auch für Rundsilos, die aber aufgrund ihres von Rechtecksilos völlig abweichenden Tragverhaltens in separaten Abschnitten der Normen behandelt werden.): $a, b < 60$ m; $h < 100$ m; $h/d < 10$ (d : Durchmesser bei runden Silos; $d = \min [a; b]$ bei rechteckigen Silos). Zur weiteren Veranschaulichung siehe Zeichnung 2.



Zeichnung 2: Definitionsgemäße Geometrie für die Siloberechnung nach Eurocode mit $a =$ größeres, $b =$ kleineres Achsmaß, Füllguthöhe $h =$ eingeebnete Schüttgutoberfläche bis theoretische Spitze des Trichterauslaufs

Am Verhältnis h/d , der „Schlankheit“ des Silos, wird schnell erkennbar, dass sich die Größe der im Geltungsbereich dieser Normen baubaren Rechtecksilos – bei transportablen Komponenten – mit üblichen Achsmaßen von $\max(a, b) = 4$ m bei einer Silohöhe von maximal 40 m bewegt. Vor Ort zu errichtende Betonsilos können deutlich höhere



Achsmaße und damit auch größere Höhen aufweisen, wodurch gleichzeitig der typische Einsatzbereich für Rechtecksilos aufgezeigt ist.

Als weitere geometrische Merkmale gehen exzentrisch zur Silomitte angeordnete Befüll- und Entleerungspunkte lasterhöhend in die Berechnung ein. Die Zuschläge wirken sich zwar geringer aus als bei den hier deutlich empfindlicheren Rundsilos, wirken sich aber bei Exzentrizitäten $e > 0,25 d$ unter Umständen spürbar aus (schüttgutabhängig).

Die zur Siloauslegung heranzuziehenden Lasten hängen neben der Geometrie und der Bauweise des Silos (profilierter oder glatter Wände, siehe unten) wesentlich vom Schüttgut ab. Hier hatte es bereits mit der Ablösung der 1987-er DIN 1055 T6 in 2005 zwei wesentliche Änderungen gegeben, die sich auch im Eurocode wiederfinden:

Erstens sind die Kennwerte der 25 in der Norm gelisteten Schüttgüter mit einer statistischen Streuung anzusetzen, d.h. im Unterschied zur 1987-er Norm sind seit 2005 die Vertikal-, Horizontal- und Wandreibungslasten nicht mehr mit nur einem Kennwert für die jeweilige Lastsituation, sondern es sind die unter Berücksichtigung der Streuung ungünstigsten Kennwertkombinationen zu ermitteln.

Zweitens wird seit 2005 vorgeschrieben, dass die Kennwerte für nicht in der Norm gelistete Schüttgüter durch Versuche zu ermitteln sind. Die Ergebnisse werden in einem Schüttgut-Kennwertgutachten dokumentiert und Bestandteil der Statik. Damit sind die vor 2005 z.T. verwendeten Ähnlichkeitsbetrachtungen bei Schüttgütern hinfällig. Lastansätze für Schüttgüter mit nicht bekannten Kennwerten über

„verhält sich wie das Schüttgut ...“ oder „ist durch die Kennwerte des Schüttguts ... abgedeckt“ zu ermitteln, ist unzulässig.

Diese Änderungen in den Berechnungsvorschriften haben die statischen Nachweise zwar komplizierter werden lassen, sind aufgrund der Streuung der Schüttguteigenschaften bei den Naturprodukten und einer Vielzahl industriell entwickelter Schüttgüter aber der zutreffendere Ansatz.

Wesentlichen Einfluss auf die Lasten in Silos hat die Bauform der Silowände: Profilierte Wände erzeugen durch ihre Form eine höhere Wandreibung und aktivieren dadurch die innere Reibung im Schüttgut. Sie bewirken quasi ein „verbessertes Abstützen“ des Schüttguts in den Wänden mit der Folge eines vergleichsweise gegenüber glatten Wänden geringeren Horizontaldrucks. Glatte Wände müssen daher bei gleicher Silogeometrie und gleichem Schüttgut eine höhere Steifigkeit aufweisen, um dem höheren Horizontaldruck standzuhalten. Dieser Sachverhalt einerseits und die gegenüber der profilierten einschaligen Silowand deutlich aufwendigere Bauweise andererseits führen zu den bekannt höheren Kosten von Glattwandsilos. Es wurde zwar bereits auf die Bedeutung der Schüttgutkennwerte hingewiesen. Da die Bedeutung für die Berechnung in der Praxis häufig nicht richtig eingeordnet wird, ist aber noch auf die „Schüttgutwichte“ besonders einzugehen.

In der Norm wird die „Wichte“ als die auf 1 m^3 wirkende Gewichtskraft des betreffenden Schüttguts mit der Einheit kN/m^3 angegeben; wohl bekanntester Wert ist der obere Wert für Weizen mit $9,0 \text{ kN/}$

m^3 . Hier wird aus der Praxis häufig argumentiert, der Wert sei viel zu hoch und beinhalte bereits 10% Reserve, man bewege sich viel zu sehr auf der sicheren Seite. Diese Argumentation geht aber am Thema vorbei, da jede Schüttgutsäule sich mit zunehmender Silotiefe verdichtet, so dass das unten liegende Schüttgut seine statischen Kennwerte verändern wird. Diese Kennwerte sind es aber, die das Verhalten des Schüttguts in der Silotiefe bestimmen und die für nicht gelistete Produkte mittels Schüttgut-Kennwertgutachten als Basis für statische Berechnungen zu ermitteln sind. Die Schüttgutwichte ist daher für die statische Auslegung für eine Packungsdichte der Schüttgutpartikel bei einem Druckniveau zu bestimmen, das der Packungsdichte bzw. dem Druckniveau im Bereich des maximalen vertikalen Fülldrucks im Silo entspricht.

Die Wichte geht immer linear in die Berechnungen der Silolasten ein. Dennoch lässt sich daraus nicht ableiten, dass ein Schüttgut mit höherer Wichte auch die höheren Drücke im Silo erzeugt. Vielmehr ist es gerade ein Kennzeichen von Schüttgütern, dass die Lasten nur in Abhängigkeit von ihren weiteren Eigenschaften, insbesondere der Wandreibung, dem Winkel der inneren Reibung und dem Horizontallastverhältnis, vollständig beschreibbar sind. Daher gibt es nicht so selten die Situation, dass ein Schüttgut mit niedrigerer Wichte aber ungünstigerem Schüttverhalten höhere Lasten im Silo hervorruft als das spezifisch schwerere Produkt. Bei Unsicherheit über die Eigenschaften der einzulagernden Schüttgüter kann deshalb nur die Klärung mittels Kennwertgutachten emp-

Mit der weltweit schnellsten FFS-Anlage im Markt:

TOPAS SL

- Abfüllleistung bis 2600 Sack/h
- Hervorragende Zugänglichkeit
- Geringste Wartungsanforderungen
- Revolutionäres Bedienkonzept
- Mit Palettierer PLATINUM und Haubenstretcher ARGON zur Komplettlinie erweiterbar



Sie wollen mehr über die TOPAS SL wissen?
Besuchen Sie uns auf der ACHEMA in
Frankfurt, Halle 3.0, Stand F74!

Windmüller & Hölscher KG

Postfach 1660 · 49516 Lengerich · Telefon +49 5481 14-0
info@wuh-group.com · www.wuh-group.com



WINDMÜLLER & HÖLSCHER
IDEEEN AUS LEIDENSCHAFT

fohlen werden – falsche Annahmen haben hier gegebenenfalls fatale Folgen.

Bisher wurden in diesem Abschnitt nur auf die inneren Lasten eingegangen, die sich aus dem Schüttgut in Verbindung mit der Gestaltung der Silowand ergeben. Als Vorteil wurde im vorherigen Abschnitt aber auch die Möglichkeit genannt, Rechtecksilos als Tragkonstruktion für Dach und Wand zu verwenden. Diese sogenannte „Außen-aufstellung“ erzeugt zusätzliche Lasten, die vom Silo aufgenommen und bis in die Lasteinleitungspunkte im Fundament gebracht werden müssen. Als äußere Lasten sind – regional unterschiedliche – Windlasten (geregelt in DIN EN 1991-1-3) und Schneelasten (DIN EN 1991-1-4) anzusetzen. Gegebenenfalls sind – ebenfalls standortabhängig – Erdbebenlasten (DIN 4149, zukünftig DIN EN 1998) zu berücksichtigen. Die Umsetzung dieser Lasten ist abhängig von der Bauweise der Silos, über die der nächste Abschnitt einen kurzen Überblick geben soll.

Bauweisen von Rechteck-Stahlsilosystemen und statische Besonderheiten

Grundsätzlich gibt es vier Möglichkeiten, die für eine Rechteck-Stahlsiloanlage erforderlichen Komponenten zu gestalten:

1. Fertig geschweißte Zellen an einem Stück (siehe Bild 1)



Bild 1: OCTOGON-Glattwandzelle 2,5 m × 2,5 m × 8,5 m



Bild 2: OCTOGON-Dammwandsilo, vormontierte Wandelemente B = 3,55 m

2. Trennung in Stützen- und Wandelemente (siehe Bild 2)

3. Horizontal angeordnete Wandbaugruppen (siehe unten Zeichnung 4 „Stützenstoß bei horizontal angeordneten Wandbaugruppen“)

4. Vertikal angeordnete Wandbaugruppen (siehe Bild 3)

Bauweise 1 hat den Vorteil der vollständigen Werkstattfertigung mit geringem Montageaufwand vor Ort. Bei der Errichtung eines Siloblocks entstehen aber Zwischenräume zwischen den einzelnen Zellen und der Silo wird mit zunehmender



Bild 3: OCTOGON-Glattwandsilo, Wandelement 3 m x 11,7 m

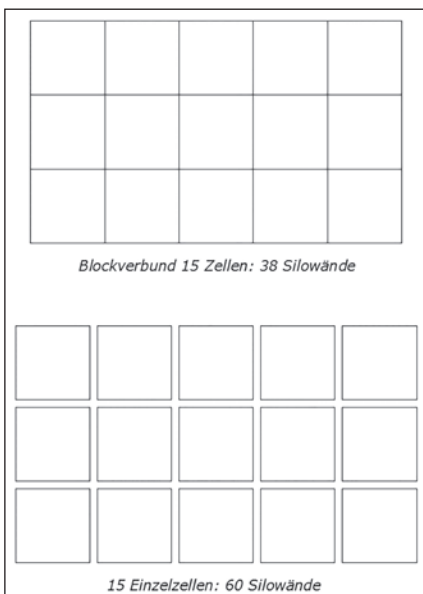
Zellenzahl immer aufwendiger, da – im Gegensatz zu allen drei anderen Bauweisen – keine gemeinsame Nutzung der Wände unmittelbar aneinander grenzender Silozellen stattfindet.

Dies erhöht die insgesamt erforderliche Stahlmasse mit steigender Zellenzahl erheblich. Auch die Zwischenräume zwischen den Zellen sind ein echter Nachteil, denn bei

dichter Aufstellung der Zellen sind die Zwischenräume nicht mehr zugänglich (Hygiene). Bei genügend großem Abstand erfordern sie mehr Bauraum bei verlängerten Förderwegen (siehe auch Zeichnung 3).

Die modulare Bauweise 2 ist in der Praxis als „geschraubter Dammwandsilo“ bekannt. Nur bei diesem System besteht die Möglichkeit der verzinkten Ausführung aller Wandbauteile. Es ist aufgrund der Struktur und Größe seiner Einzelbauteile schnell vorzufertigen, platzsparend zu transportieren und auch bei ungünstigen Platzverhältnissen zu montieren. Hierfür muss – zumindest im Vergleich zu den Bauweisen 1 und 4 – eine geringfügig verlängerte Montagezeit in Kauf genommen werden.

In Bauweise 3 können Silos mit profilierten und glatten Wänden errichtet werden. Hier werden – herstellerabhängig – jeweils über die Silobreite Elemente von etwa 1 m Höhe vorgefertigt. Auf der Baustelle werden diese Elemente aufeinander gesteckt und zwar in



Zeichnung 3: Erhebliche Einsparung an Silowänden bei Blockverbund-Bauweise

Zeichnung 4: Stützenstoß bei horizontal angeordneten Wandbaugruppen

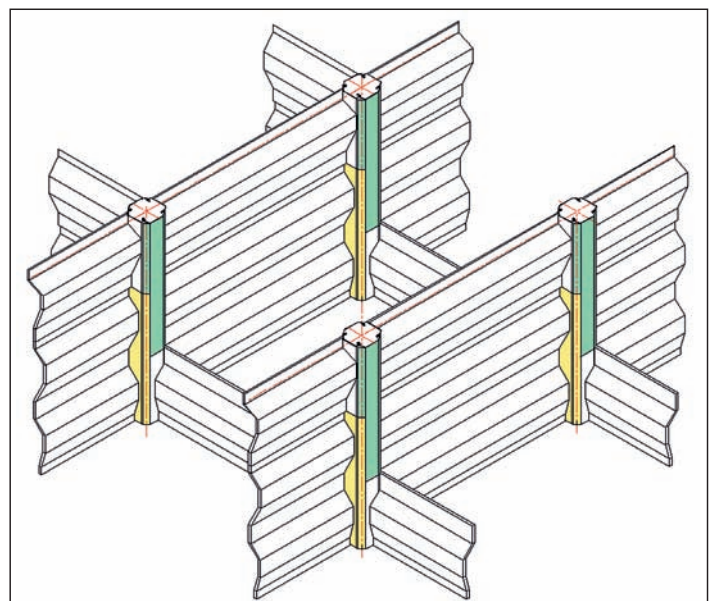




Bild 4: Patentierte Wandelemente-Verbindung im OCTOGON-Dammwandsilo

den beiden Achsrichtungen eines Silos jeweils um halbe Elementhöhe versetzt, um die Stoßverbindung von Wand und Stütze auf gleicher Höhe, den statisch extrem ungünstigen Generalstoß zu vermeiden. Bei profilierten Wänden kann der Wandblechstoß geschraubt sein; bei Glattwandausführung ist er gesteckt, d.h. abhängig von der jeweiligen Elementhöhe entsteht in den Silowänden die entsprechende Anzahl Stoßfugen, die – je nach eingelagertem Schüttgut – hygienische Probleme nach sich ziehen können. Auch Stoßfugen sind statisch kritisch zu sehen, da die Lastübertragung in Wandebene über nicht definierten Reibschluss erfolgt (siehe Zeichnung 4). Bauweise 4 verfügt wie Bauweise 1 über statisch nachweisfähige Wandscheiben und lässt sich sehr schnell montieren. Das System mit vertikal angeordneten Wandbaugruppen hat bei profilierten Wänden keine Blechdoppelungen in Ablaufrichtung des Schüttguts und bei Glattwandbauweise keine Stoßfugen. In beiden Fällen sind die Wandflächen verbindungsmittelfrei, lediglich an den unter 45° abgeschrägten Stützenssegmenten befindet sich eine Schraubenreihe mit flachen Linsenkopfschrauben zur Verbindung der Wandelemente untereinander (siehe Bild 4 und 5).



Bild 5: Patentierte Wandelemente-Verbindung im stoßfugenfreien OCTOGON-Glattwandsilo

Betrachtet man die Kriterien für die Auswahl von Rechtecksilos einschließlich der statischen und hygienischen Aspekte, so ist festzustellen, dass Bauweise 4 alle Anforderungen an ein mit modernen Fertigungsmethoden herstellbares Silosystem bei Vermeidung der sonst üblichen Nachteile einzelner Bauweisen erfüllt. Genau mit dieser Zielsetzung ist der Verfasser an die Entwicklung dieses Systems herantreten, das aufgrund der gegenüber den vorher bekannten Systemen neuartigen Konstruktion auch patentiert werden konnte.

Zusammenfassung

Rechtecksilos bilden einen nennenswerten Teil der zur Einlagerung von Schüttgütern angewandten Lagerformen ab. Die hier möglichen Silo-Einzelgrößen werden durch Normen klar festgelegt, die Lastermittlung für unterschiedliche Bauweisen hat durch vorgegebene statische Berechnungsvorschriften zu erfolgen. Die Kriterien für die Auswahl des geeigneten Systems

hängen wesentlich von Forderungen an die Einlagerungsqualität für die Roh-, Zwischen- und Endprodukte ab und sind außerdem vom Schüttgut und den weiteren Verarbeitungstechnologien abhängig. Soll die Produkteinlagerung sortensauber und ablagerungsfrei in einem hermetisch dichten Silo erfolgen, der außerdem noch höchsten Hygieneansprüchen genügt, so wird dies – unter ökonomischen Aspekten – insbesondere von den Silosystemen mit vertikalen Wandbaugruppen der Octogon GmbH erfüllt.

Octogon GmbH
Rheinstr. 5

34317 Habichtswald

Telefon 05606 - 6113

Telefax 05606 - 60602

www.octogon-gmbh.com

info@octogon-gmbh.com

Die Octogon GmbH 1995 gegründet, beschäftigt 9 Mitarbeiter. Das branchenübergreifende Leistungsspektrum des Unternehmens umfasst die Erstellung professioneller Schüttgutlager, die Errichtung ergänzender Funktionsbauten wie Maschinen- und Treppenhäuser, Annahmehallen, Überdachungen etc., Anlagenkonzepte nach individueller Anforderung, Tragwerksplanung und konstruktive Ausführung unter Einhaltung der technischen Regelwerke und der maßgeblichen Normen und Richtlinien sowie die ganzheitliche Projektplanung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen aus den verschiedenen Teilbereichen. Der Vertrieb erfolgt europaweit.