

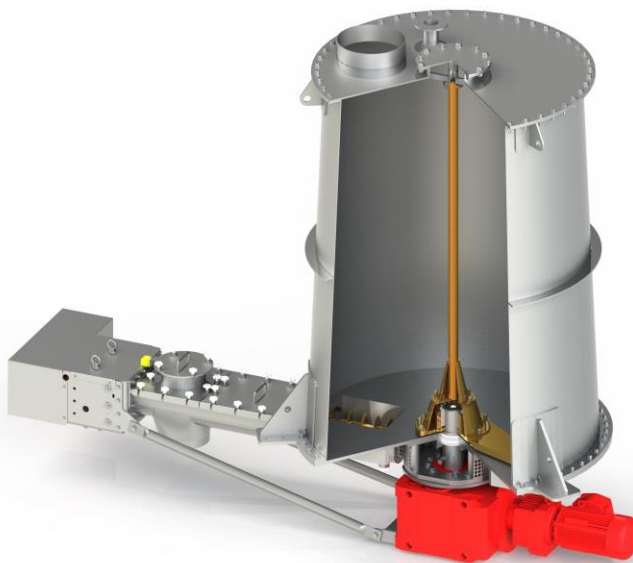
## Bunker - darin, daraus und darum

Mit Bevorratungen, wie Silos und Bunkern, ist es ein bisschen wie mit Schuhen: Sie sollen passen, sie sollen keine Engstellen haben, der 'Inhalt' soll gut rein- und wieder herauskommen. Komfort kann nicht schaden. Nur meist werden Schuhe fertig konfektioniert angeboten und nicht auf individuelle Bedarfsfälle zugeschnitten.

Für Silos und Bunker kann es bereits in der Planungsphase problematisch werden. In Gebäuden bzw. im Stahlbau sind verfügbare Höhen oft recht begrenzt. Wie erforderliche Nutzvolumen unterbringen? Wenn die Höhe nicht reicht, muß mehr in die Breite gegangen werden. Wie gestalten? Was ist eine günstige Form? Eckig oder Rund? Unten mit Auslaufkonus? Gibt es eine Alternative, mit der die größte Ausdehnung über möglichst die gesamte Höhe ausgenutzt werden kann und somit das gewollte Fassungsvermögen, weder durch die Geometrie, noch durch Abflußeinrichtungen, wie Auslaufkonen, wesentlich eingeschränkt wird?

Sogenannte Pastenbunker haben Austragshilfen und gegebenenfalls oben auch Verteileinrichtungen für die Befüllung, wodurch der Querschnitt im Wesentlichen von oben bis unten beibehalten werden kann.

Als Austragshilfen können Förderschnecken in Form eines Schneckenbodens dienen, diese mit ihren Fördergewinden ineinander kämmend angeordnet, um Toträume zu vermeiden oder ein Räumer, drehend mit Flügeln bzw. Armen, um Bewegung in den Bunkervorrat zu bringen, ihn in der Fläche zu verteilen und so den Abfluß an bestimmter oder bestimmten Stellen zu ermöglichen. Ein Schneckenboden bildet einen, von oben gesehen, rechteckigen Austrag, wodurch er für Bunker mit rechteckigem Grundriß günstig erscheint. Aus Bevorratungen mit rundem Grundriß ragt er horizontal heraus, so daß der Platzvorteil fraglich wird, insbesondere mit einer Sammelschnecke darunter für eine bestimmte Abgabeposition des Bunkerinhalts.



Hier eingegangen wird auf Bunker und Silos als Bevorratungen mit rundem Grundriß und für wenig bzw. eingeschränkt fließfähige Stoffe. Solche Anwendungen führten zu dem teils landläufigen Begriff 'Pastenbunker'. Eine wirkliche Paste dürfte jedoch so anhaftend sein, daß sie mit derartigen Austragshilfen und Förderern kaum aus einem Bunker entleert werden kann.

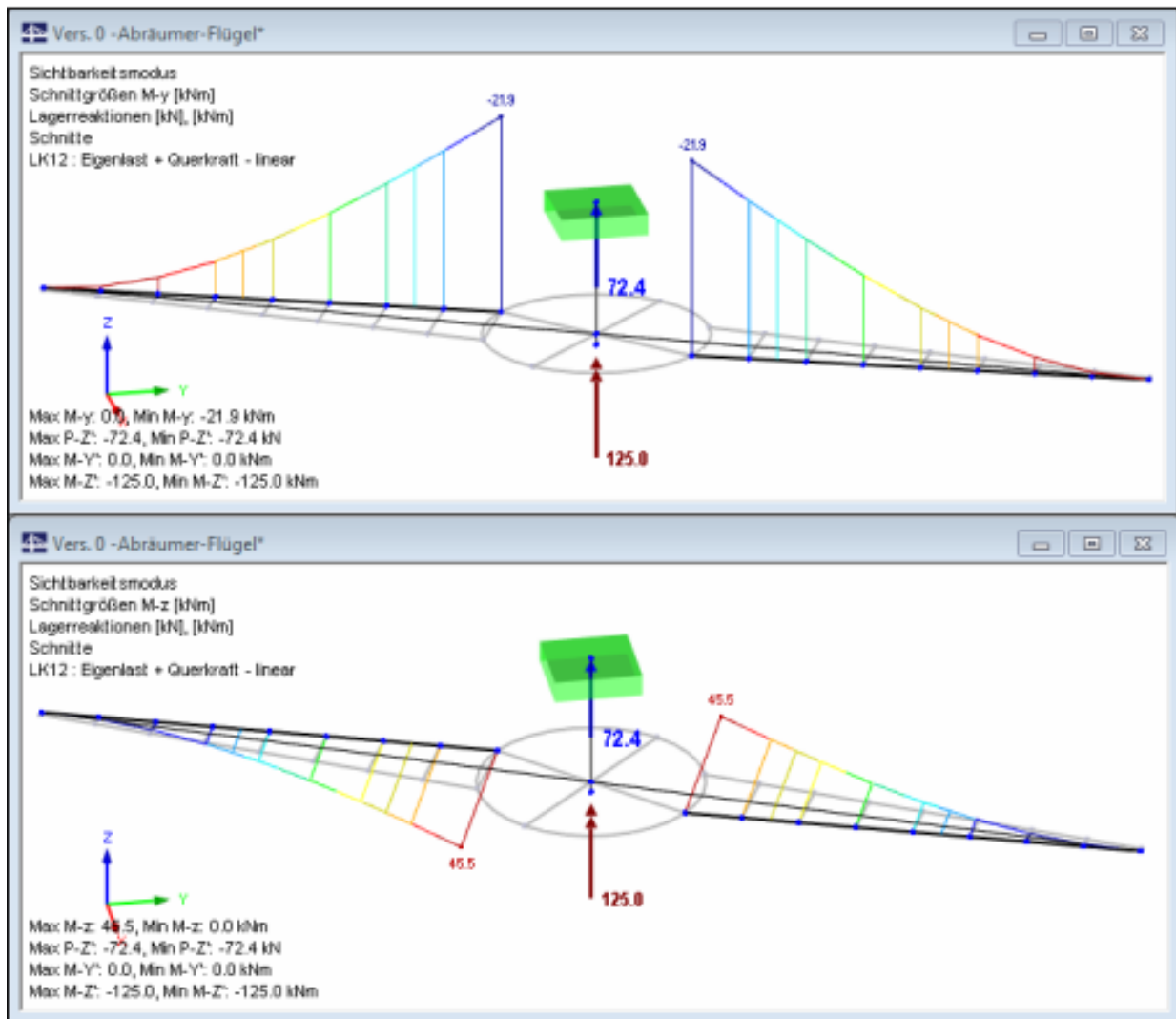
Um die Bunkerwandreibung zu reduzieren, keinen Kernfluß und erst recht keine Verstopfung in der Bevorratung zu provozieren, ist der Mantel etwas konisch gestaltet. Das heißt, der runde Querschnitt wird nach unten größer. Die Geometrie ist daher die eines Kegelstumpfs.

Hier zu sehen ein Pastenbunker mit Verteilrechen oben für die gleichmäßige Befüllung, dieser über eine Zentralwelle gemeinschaftlich über den Ausräumer von unten angetrieben. Die Austragsdosierung übernimmt eine Doppelförderschnecke mit kämmenden Fördergewinden, um deren Förderflächen wirksam zu halten:

Das Getriebe des Antriebs übernimmt dabei die Radialkräfte zur Führung der Arbeitswelle, des Räumers und sogar der Zentralwelle inkl. Verteilrechen. Da die Arbeitswellenabdichtung unmittelbar unter dem Bunkerinhalt funktionieren muß, bei Schadstoffen, Gas und/oder Explosionsgefahr absolut dicht zu sein hat und keine Zündquelle bilden darf, muß sie schleißbeständig, sorgfältig und ggf. technisch aufwendig ausgeführt sein. Diese Rotationsdichtung kann mit Sperrgas gesichert und unterstützt oder als trocken laufende Gleitringabdichtung ausgeführt sein.

Der Räumler, oder Ausräumer genannt, hat 2 bis 4 Flügel, die in Bewegungsrichtung Schneiden haben. Damit soll in den Vorrat eingetaucht werden, wobei der Drehmomentbedarf, abhängig von der Schüttgutspannung und Zeitstandsverfestigung des Vorrats, gewaltig sein kann. 30.000 Nm Antriebsnennmoment (11 kW bei 3 U/min) sind hierfür keine Seltenheit. Bereits für 15 m<sup>3</sup> Nutzvolumen können 90.000 Nm Antriebsmoment erforderlich werden, inkl. Losbrechmoment nach längerer Lagerung bzw. längerem Stillstand.

Für den Räumler und insbesondere für seine Flügel werden nicht nur Scherkräfte, sondern durch die Normalkraft und den Abtrieb beim Eintauchen in den Vorrat auch erhebliche Biegekräfte wirksam, die für die zuverlässige Dauerfestigkeit berücksichtigt werden müssen. Hier ein Auszug für einen Pastenbunker mit unten 3,5 m Ø (Boden-Ø), 6 m Höhe und 125 kNm Losbrechmoment:



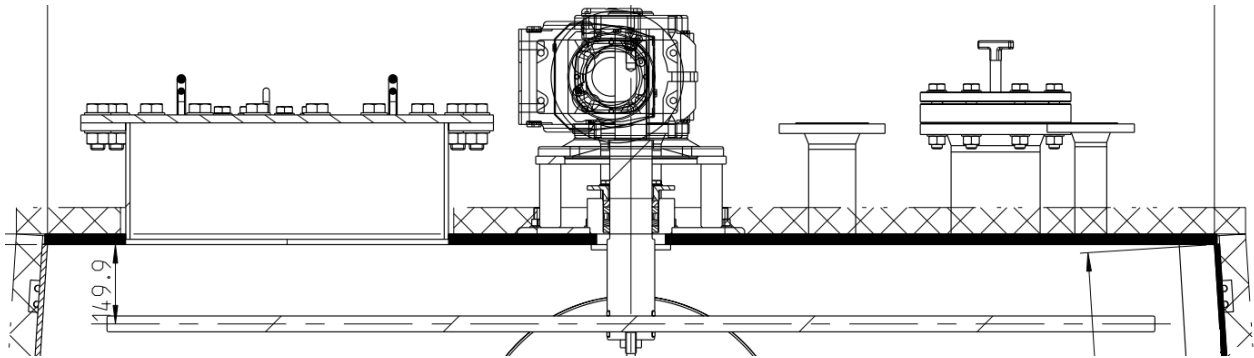
Ein solcher Pastenbunker ist hier zu sehen, wobei der Verteilrechen, aufgrund der Bunkerhohe, von oben separat angetrieben wird:



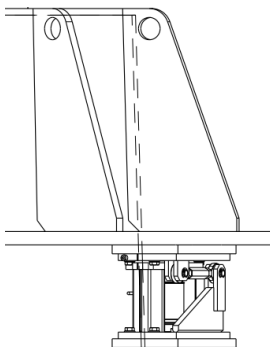
Bei dieser Einheit ist für möglichst viel Vorratshöhe beim größtmöglichem Bunker-Ø so wenig Platz für den Räumerantrieb verfügbar, daß der Antrieb nur aus einem Motor, ohne Getriebe, bestehen kann. Daher kam hier ein Hydraulikmotor mit weiter außen stehendem Hydraulikversorgungsaggregat zum Einsatz. Abhängig von Anfahrmoment und Leckagevolumen/Zeit können hiermit geringste Ausräumerdrehzahlen gefahren werden. Wichtig wird das bei thixotropen Stoffen im Bunkerraum, denn deren Eigenschaften und Art sollen durch den Bunkeraustrag ja möglichst nicht verändert werden.

Bei teilweise fließenden Schüttgütern haben sich angestellte Räumerflügel bewährt, die während ihrer Umlaufbewegung den Bunkerinhalt geringfügig anheben (Auftrieb erzeugen), um eine Auflockerung im Bodenbereich des Bunkers zu bewirken. Sonst könnten verbackene Schollen die Abgabestellen bedecken oder gar verschließen. Für die Räumerflügel ist hierbei mehr Oberflächenreibung zu berücksichtigen.

Eher für die Vollfüllung des Bunkers wird der Verteilrechen bedeutend. Er sollte sich mit etwas Abstand zum Bunkerdach drehen, um Verdrängungsraum zu haben. Günstig für die Verteilung der Bunkerfüllung, wenn dieser recht voll und fast voll, erwiesen sich Verteilarme in Form runder Stäbe, denn deren Flächenträgheitsmoment gegen die Biegebelastung, durch die Bunkerfüllungsbewegung und durch das Eigengewicht der Arme, ist relativ hoch.



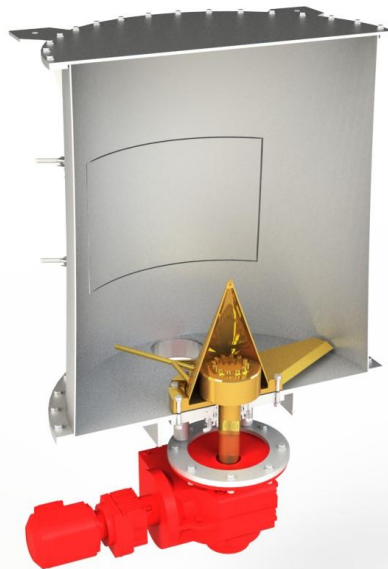
Als praktisch und gut nutzbar stellte sich Wägetechnik für die Füllstandserfassung heraus. Hierfür sind außen am Bunker, oben, im oberen Drittel oder seltener unten, Auflagepratzen angebracht. Darunter können die Wägezellen mit ihren Fesselungen (Einbausätzen) platziert werden. Natürlich sind auch hier, wie bei sonstigen Bevorratungen, 3 Kraftmeßstellen günstig für die zuverlässige Messung.



Derartige Bevorratungen können auch zur Homogenisierung von Mischungen oder, Produkten mit diversen Partikelgrößen, eingesetzt werden. Viele Stoffe entmischen sich ohne unmittelbar bewegende Mechanik, durch den Einfluß liquider Bestandteile bzw. mit zeitversetzten Nachfüllvorgängen. Zur Homogenisierung können oberhalb des Ausräumers Verteilarme installiert werden. Aufgrund deren Bewegung in der Bunkerfüllung erfordern sie natürlich zusätzliches Drehmoment. Mit dem Auftrieb durch die Räumerflügel und ein bis zwei solcher Verteilebenen ist das Homogenisieren meist ausreichend

eingerrichtet. Es sei denn, der Bunkervorrat wird merklich verdichtet und ist so anhaftend, daß die Bunkerwandreibung Bewegungseinflüsse in unteren Bunkerbereichen bis nach oben verhindert. Dann sollten entweder Mischwerkzeuge (Verteilarme) über mehr Bunkerhöhe realisiert werden oder gleich ein Mischer, wie ein Vertikal-Konusschneckenmischer verwendet werden.

Hier zu sehen ein kleinerer Pastenbunker mit einer zusätzlichen VerteilarmeEbene zwecks Homogenisierung:



Wie bei vielen anderen Anwendungen auch, gibt es kein grundsätzliches Rezept, nicht mal zur Vorgehensweise in der Planung. Es kommt auf den Einzelfall an und die Erfahrungen, letztlich der Fachfirma, jedoch unter sinnvoller Abwägung der Interessen und Umstände des Betreibers.

Christian Hütt / SEGLER

Telefon 05435 9510-21, Fax 05435 9510-33  
Mobil 0151 16716632, E-mail [ch@segler.eu](mailto:ch@segler.eu)