

Bis zum Jahre 1971 wurde im VEB Landtechnische Industrieanlagen (LIA) Nauen der Hochsilo HS 09 gefertigt und errichtet. Die technologische Ausrüstung stammte teilweise aus Importen und teilweise aus Fertigungsbetrieben der DDR.

Als Weiterentwicklung entstanden die Hochsiloanlagen HS 091 und HS 25.

In den folgenden Abschnitten sollen kurz die bauwerkseitigen Änderungen am HS 091 gegenüber dem HS 09 beschrieben und die wichtigsten Baugruppen des Hochsilobauwerks HS 25 erläutert werden.

1. Hochsilo HS 091

Mit dem Hochsilo HS 091 stellt der VEB LIA Nauen einen gegenüber dem bisher produzierten Hochsilo HS 09 veränderten Typ vor. Die konstruktiven Änderungen an der Silohülle wurden durch Änderungen der technologischen Ausrüstung notwendig. Der Grundaufbau des HS 091 hat sich gegenüber dem HS 09 nicht verändert. Nach wie vor besteht die Behälterwand aus Betonformsteinen, die in den Stirn- und Seitenwänden profiliert sind (Nut und Feder). Sie werden ohne Bindemittel aneinander gefügt und gegenseitig versetzt angeordnet, so daß eine Verbundwirkung der Behälterwand entsteht.

Eine vorgespannte Stahluwehrung aus verzinktem Rundstahl gibt den erforderlichen Zusammenhalt und dient zur Aufnahme des Siloinnendruckes bei befülltem Silo.

Entsprechend den Druckverhältnissen im Silo sind die Rundstähle in unterschiedlichen Abständen über die gesamte Wandhöhe verteilt. Jeder Stahling besteht aus Teilstücken, die durch Spannschlösser miteinander verbunden sind. Die in der Behälterwand vorhandenen Einstiegluken werden durch einen entsprechend geformten Lukenschacht umschlossen.

Am Fuß des Silos befinden sich zwei gegenüberliegende verschließbare Luken, die die Ausgänge eines abgedeckten Kanals bilden. Dieser Kanal dient zur Aufnahme des leistungsfähigeren Kettenförderers FK 42.

Auch die Hochsilokuppel hat sich im Grundaufbau nicht verändert. Sie schließt die Silohülle nach oben hin ab und verhindert ein Eindringen von Regen und Schnee in den Silo. Im Innenraum der Kuppel befindet sich ein zeltartiges Stützgerüst, dessen vier Stützstreben mit dem an der einen Seite befindlichen Stützlager auf dem Silorand aufliegen, in der Mitte durch ein Kreuzstück zusammengefaßt sind und mit dem anderen Ende oben am Kroneering enden. Dieses Stützgerüst dient einmal zur Aufhängung der Verteil- und Entnahmemaschine VES-7 (mit Hilfe des Zentralseils) sowie des Ziehkörpers und zum anderen zur oberen Befestigung des Kuppelgerüsts.

Beim HS 091 wurden gegenüber dem HS 09 die nachfolgend beschriebenen Änderungen vorgenommen.

1.1. Seil- und Kabelführung

Die Verteil- und Entnahmemaschine VES-7 wird im Zentrum des Silos durch das Zentralseil und an der Behälterinnenwand durch einen Tragring in Arbeitsstellung gehalten. Der Tragring ist an 7 Stahlseilen befestigt, die am oberen Silorand durch Umlenkstationen umgelenkt und der Seilwinde in einem Strang mit dem Tragseil und dem Seil der Kabelführung zugeführt werden. Alle Seile sind gegen Abspringen gesichert.

Beim Heben oder Senken des Tragrings durch die Winde werden alle Seile um den gleichen Betrag in der Länge verändert. Um die Kräfte des Zentralseils zu kompensieren, ist die Seilumlenkung gegen das Stützgerüst durch ein Stützrohr zusätzlich abgesichert. Eine Haube schützt die Seilumlenkung vor Witterungseinflüssen.

Die Kabelführung dient zur Stromversorgung und zur Umlaufkontrolle der Verteil- und Entnahmemaschine VES-7. Zwei feste Leitungen führen auf der linken Innenseite des Lukenschachtes zum oberen Abzweigkasten. Von diesem geht ein Kabel direkt in den Silo. Durch ein Rohr gezogen ist es am Stützrohr befestigt. Zur VES-7 wird es gleitend an einem Seil geführt und legt sich etwa 0,8 m über dem Tragring in Schlaufen ab. Das Tragseil bleibt ständig gespannt.

1.2. Größere Kuppelluke, abgesenkte Arbeitsbühne und verbesserter Aufzug

Beim HS 091 wurde eine breitere Kuppelluke eingesetzt, die verschließbar ausgebildet ist. Direkt vor der Kuppelluke ist eine gegenüber dem HS 09 um etwa 250 mm abgesenkte Arbeitsbühne angebracht. Diese dient in erster Linie als Arbeitsfläche zur Bedienung des Aufzugs. Die abgesenkte Arbeitsbühne entspricht den Forderungen des Arbeitsschutzes.

Auch entfällt dadurch das umständliche Öffnen bzw. Schließen der Lukenklappe.

Der Aufstieg zur Arbeitsbühne erfolgt wie beim HS 09 über eine Leiter, die an der Verspannung der Silohülle befestigt ist. Um auf die Arbeitsbühne zu gelangen, ist der Bodenteil der Arbeitsbühne, der über der Aufstiegsleiter liegt, klappbar ausgebildet.

Auf der linken Seite der Arbeitsbühne ist ein Ausleger mit einer Tragfähigkeit von 250 kp (beim HS 09 hatte der Ausleger eine Tragfähigkeit von 90 kp) montiert. Dieser Ausleger ist schwenkbar im Grundkörper angeordnet und kann nach Aufziehen der Last durch die vergrößerte Kuppelluke in den Siloinnenraum ein- bzw. ausgeschwenkt werden. Im Gegensatz zum HS 09 wird die angehängte Last nicht von Hand, sondern durch eine Motorseilwinde, die sich am Fuß des Silos befindet und von Silo zu Silo umgesetzt werden kann, aufgezogen. Die Bedienung des Auslegers und der Seilwinde erfolgt grundsätzlich von der Arbeitsbühne aus.

1.3. Lukenschacht, Lukendeckel und Beleuchtung

Zum Einsteigen in den Silo, zur Wartung und Pflege der im Silo eingesetzten Maschinen und Geräte ist das durchgehende Lukenband in der Behälterwand vorgesehen. Wie beim Hochsilo HS 09 ist das Lukenband durch einen Schacht aus verzinktem Stahlblech umschlossen, der als Rückenschutz beim Besteigen dient. An der rechten Wand des Schachtes sind 5 Glühlampen gleichmäßig verteilt angebracht, die den Schacht ausreichend beleuchten.

Die Luken sind durch Lukendeckel aus Schichtholz verschließbar. Um den Gasaustausch im Silo weitgehend zu vermeiden, wurden die Lukendeckel zusätzlich mit Gummi abgedichtet. An jedem Lukendeckel befinden sich Steigeisen, die bei verschlossenen Luken eine Steigleiter bilden.

1.4. Befüllereinrichtung

Im Gegensatz zum HS 09 wird beim HS 091 eine neu konstruierte Befüllereinrichtung eingesetzt. Das Gebläsesteigrohr ist nicht mehr drehbar gelagert, sondern fest mit Hilfe von drei Rohrführungen an der Silohülle angeschlossen. Da sich das Gebläsesteigrohr jetzt rechts neben dem Aufstieg befindet, ist ein Durchbruch durch die Arbeitsbühne nicht mehr notwendig. Damit entfallen auch die Arbeitsschwernisse

* VEB Landtechnische Industrieanlagen Nauen



Bild 1. Behälter HS 25 mit Steilförderer

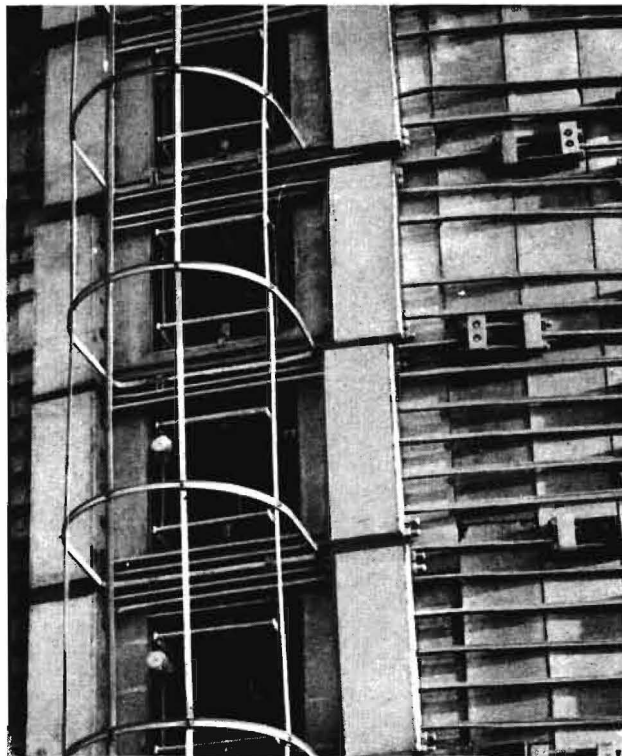


Bild 2. Luken des HS 25

auf dieser Bühne. Das Gebläsesteigrohr besteht aus einzelnen Teilstücken, die durch Schellen miteinander verbunden sind. Über ein Teleskoprohr wird die Rohrleitung an das neue Gebläse angeschlossen.

Der obere Rohrteil ist gekrümmt und führt durch die Kuppel ins Zentrum des Silos. Am Ende des mehrteiligen Rohrbogens ist eine zweiteilige Leiteinrichtung angebracht, die das kurz gehäckselte Siliergut in den Trichter der Verteilmaschine VES-7 leitet.

2. Hochsilo HS 25

Die gewählten Hauptdaten der Bauhülle sind:

Behälterdurchmesser	$D = 12,0 \text{ m}$
Behälterwandhöhe	$h = 22,0 \text{ m}$
Umbauter Raum	$V = 2\,500,0 \text{ m}^3$

Der Hochsilo HS 25 wird grundsätzlich in einem einreihigen Verband von 4 oder 6 Stück errichtet und, auch in dieser Batterie bewirtschaftet.

Der Silo (Bild 1) besteht aus der Behälterwand, die unten auf einem Betonfundament aufsitzt und oben durch ein Flachdach abgeschlossen wird. Über die gesamte Silobatterie verlaufen auf den Dächern ein durchgehender Laufsteg und eine durchgehende Doppelfahrschiene für einen verfahrbaren Bandförderer. Oberhalb der Silobatterie befindet sich in ihrer Längsachse ein Kran-Laufträger für einen 1-Mp-Elektrozug, der sich über mehrere Portale (2 Portale je Silo) direkt auf der Behälterwand abstützt.

2.1. Behälterwand

Die Behälterwand ist berechnungsmäßig — weil eine verbindliche TGL für Lastannahmen Hochsilos fehlt und aufgrund einer Festlegung durch die Staatliche Bauaufsicht — nach DIN 1055 Blatt 6 für Silage der Klasse II ausgelegt. Sie besteht aus Silosteinen mit den gleichen Abmessungen, wie sie beim HS 091 verwendet werden. Aufgrund der stärkeren Belastung durch den größeren Seitendruck der Silage sind sie allerdings in einer höheren Betongüte (B 450) ausgeführt.

Ähnlich wie beim HS 091 befindet sich an einer technologisch festgelegten Stelle der Behälterwand ein senkrecht, verkleidetes Lukenband, das zum Ein- und Aussteigen der Arbeitskräfte bei Kontrolle, Wartung und Pflege der technologischen Ausrüstung im Silo dient. Dieses Lukenband besteht aus aufeinander gestellten Betonlukerahmen, die durch Lukendeckel verschließbar sind. Diese Lukendeckel sind konstruktiv gleich denen des Hochsilos HS 091 ausgebildet (Bild 2).

Auf der Fundamentsohle und um 180° versetzt angeordnet befinden sich zwei Lukerahmen mit einer Öffnungsgröße von $800 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$. In Achse beider Lukerahmen verläuft der Entnahmekanal mit den Innenabmessungen von $900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm}$, der oben abgedeckt und im Zentrum des Behälters mit einem Zentralschachtverschluß versehen ist. Diese Lukerahmen und der Entnahmekanal dienen zum Einschleusen des leistungsfähigeren Kettenförderers FK 60 (Bild 3).

Die Behälterwand ist innen mit einer luftdichten Auskleidung zur Verminderung der Gärverluste und zur Verhinderung von zu starker Erhitzung des Silagestockes versehen. In zwei Versuchsanlagen wurden mehrere Varianten von Auskleidungsmaterialien erprobt. Die bisherigen Versuche lassen noch nicht erkennen, welches Auskleidungsmaterial die günstigste Variante hinsichtlich Wirksamkeit, Preis, Technologie der Aufbringung und Nutzungsdauer darstellt. Die Untersuchungen werden gemeinsam mit der Deutschen Bauakademie Berlin fortgesetzt.

Die Behälterwand aus den trocken versetzten Silosteinen wird durch eine vorgespannte Umspannung aus Rundstahlringen (St 45/60) zusammengehalten. Die Umspannung hat zwei Aufgaben zu erfüllen. Sie soll einmal durch ihre eingetragene Vorspannung den leeren Behälter stabilisieren, zum anderen muß sie den auftretenden Innendruck durch das eingelagerte Füllgut aufnehmen.

Die Spannringe sind zur Montageerleichterung und aus Gründen eines begrenzten Vorspannungsverlustes durch Reibung aus mehreren Spannstäben zusammengesetzt und werden durch Spannschlösser miteinander verbunden

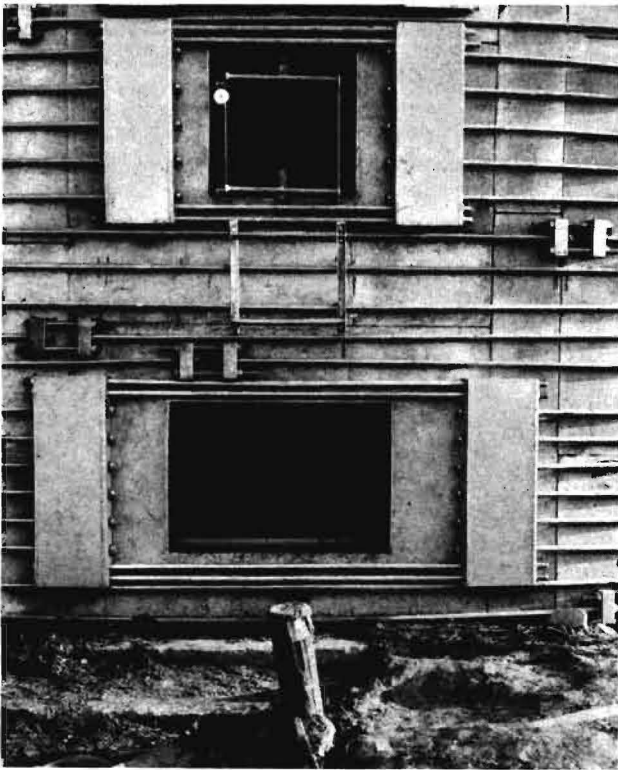


Bild 3. Lukenrahmen für den Kettenförderer FK 60

(Bild 4). Jedes Spannstangenende ist mit einem angestauchten Kopf versehen, über den ein geteiltes Druckstück geschoben wird. Je zwei Druckstücke werden durch zwei Gewindespindeln miteinander verbunden. Die an den Muttern der Gewindespindeln erforderliche Vorspannung wird durch Drehmomentenschlüssel erreicht.

Im Bereich der Lukenrahmen werden zu beiden Seiten eine entsprechende Anzahl von Spannrings durch Spannschienen zusammengefaßt und die Ringzugkräfte ober- bzw. unterhalb der Lukenöffnung durch Rahmenspannbänder umgelenkt.

2.2. Dach

Den oberen Abschluß des Hochsilos bildet ein Flachdach, das als belüftetes Einschalen-Kaltdach ausgebildet ist. Das Dach ist mit Hilfsmitteln begehbar und statisch für Schneegebiet IV nach TGL 20 167 ausgelegt (Bild 5). Es besteht aus einer Dachträgerlage mit Abdeckung. Die Stahl-Dachträgerlage stützt sich über einen Ringträger auf dem Umfang der Behälterwand ab. Dieser Ringträger dient zugleich zur Befestigung der gesamten Seilführung für die Anhängung der technologischen Ausrüstung im Silo. Das Dach ist oben mit 2 mm starkem Alu-Blech belegt und dichtet den Siloinnenraum gegen Niederschläge ab. Die Dachträgerlage besteht aus zwei im Abstand von 1975 mm und symmetrisch zur Siloachse liegenden Hauptträgern, die durch Querträger so miteinander verbunden sind, daß in einer Hälfte eine Öffnung von etwa $6,5 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$ verbleibt, während die andere Hälfte mit einer festen Abdeckung versehen ist. Die so verbleibende Öffnung dient einmal zum Befüllen des Behälters und zum anderen zum Ein- und Umsetzen von im Silo arbeitenden Maschinen. Diese Dachöffnung ist durch Auflegen eines Deckels in Stahl-Aluminium-Konstruktion verschließbar.

An beiden Hauptträgern sind seitlich im Abstand von etwa 0,9 m Stichträger angelenkt, die sich mit dem anderen Ende auf dem Ringträger abstützen und verschiebbar gelagert sind. Alle Stichträger sind untereinander im Abstand von 0,5 m durch Pfetten miteinander verbunden. Die Dachabdeckung (Alu-Blech) wird auf die verzinkte Dachträgerlage nach

Bestreichen der Auflageflächen mit Bitumen durch Blechschrauben befestigt. Auf dem Dach des Hochsilos läuft ein verfahrbarer Bandförderer, der ein Glied der Befüllkette darstellt und mit seinem Abwurfpunkt über die Dachöffnung gezogen werden kann. Der Bandförderer läuft mit seinen Rädern auf Fahrschienen, die sich über die gesamte Hochsilobatterie erstrecken. Beide Fahrschienenstränge stützen sich auf die Dach-Hauptträger ab.

Einseitig neben den Fahrschienen verläuft ebenfalls über die gesamte Silobatterie ein Laufsteg, von dem aus alle erforderlichen Arbeitsgänge zur Silobedienung auf den Dächern ausgeführt werden können. Er besteht aus zwei Längsträgern mit Geländer, zwischen denen selbsttragende Stahlgitterroste eingelegt sind. Statisch ist der Laufsteg nach TGL 20 167 für eine Belastung von 150 kp/m^2 ausgelegt. Er stützt sich auf einem Dach-Hauptträger und auf 2 Stichträgern ab.

2.3. Krananlage

Über die gesamte Silobatterie — in rd. 5 m Höhe über Oberkante Fahrschiene — verläuft ein Kranbahnträger, der sich über mehrere Portale direkt auf den Behälterwandungen abstützt. Auf dem unteren Flansch des I-Kranbahnträgers läuft ein Seil-Elektrozug mit Elektrofahwerk mit einer Tragkraft von 1,0 Mp. Die Krananlage dient zum Ein- und Ausbringen von Maschinen in bzw. aus den Hochsilos durch die verschließbare Dachöffnung. An einem Ende der Silobatterie ist der Kranbahnträger mit einem 4,5 m langen Ausleger versehen, an dem die Maschinen im zerlegten Zustand von unten aufgenommen und an der Behälterwand nach oben befördert werden.

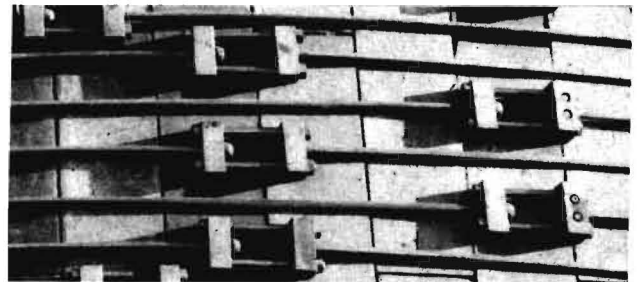
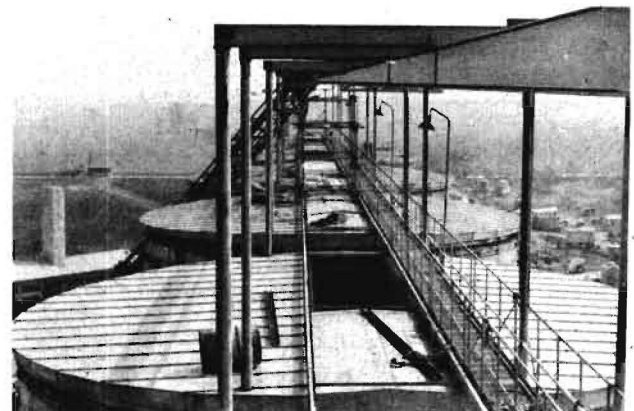


Bild 4. Detail der Umspannung am HS 25

Bild 5. HS-25-Anlage mit Kranbahn und Laufsteg



Am anderen Ende der Silobatterie befindet sich die auf dem Dach aufgebaute Pflegebühne. Sie dient einmal als erhöhtes Podest zur Wartung des Seil-Elektrozuges und zum anderen hat sie die Aufgabe, die Längskräfte des Kranbahnträgers abzufangen.

Der Elektrozug wird vom Laufsteg aus bedient. Seine Stromzuführung erfolgt über ein Schleppkabel, das neben dem Kranbahnträger in Rollenaufhängung geführt wird.

2.4. Arbeitsbühne

In der Mitte der Silobatterie, wo die Zuführung des Siliergutes durch den Steilförderer erfolgt, befindet sich als Verbindung zwischen beiden mittleren Hochsilos eine Arbeitsbühne. Dieser Bereich ist technologisch und konstruktiv der komplizierteste Teil der gesamten Hochsilanlage, da hier ein Kreuzungspunkt folgender Vorgänge vorliegt:

- Übergabe vom Steilförderer auf den verfahrbaren Bandförderer
- Transportweg für umzusetzende Maschinen durch den Elektrozug
- Übergang von Personen auf den Laufsteg
- Arbeitsflächen für die Wartung der Bandförderer.

Dabei sollte möglichst keine gegenseitige Behinderung der einzelnen Vorgänge auftreten.

Die Arbeitsbühne besteht aus einer geschlossenen Arbeitsfläche von etwa 5,2 m × 3,3 m mit beidseitigem Anschluß an den Laufsteg, einem Podest zur Wartung des Steilfördererantriebs, einer verschiebbaren Trichterhalterung für den Leitrichter des Steilförderers und einem Übergang für Personen über den verschiebbaren Bandförderer. Alle begehbaren Flächen sind mit rutschfesten Stahlgitterrosten ausgelegt.

A 8683

Bautechnische Probleme bei der Errichtung von Hochsilos

Dipl.-Ing. W. Günther*

DK 631.243.244

1. Bauweisen von Hochsilos

Die agrotechnischen Forderungen, die an Hochsilos für die Silagelagerung gestellt werden, haben einen bestimmenden Einfluß auf die Wahl der Bauweise. Andererseits sind die spezifischen Besonderheiten der Bauweisen für das Finden einer optimalen bautechnischen und ökonomischen Lösung zu berücksichtigen.

Der Silobehälter soll optimale gärbioologische Bedingungen schaffen und seine mechanisierte Bewirtschaftung ermöglichen. Ein direkter und ungehinderter Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Behälterinnerem ist während der Gärphase sicher auszuschließen.

Diese Hauptforderungen, die an den Silo gestellt werden, lassen sich am besten durch solche Bauweisen erfüllen, die eine nahtlose Ausführung der Behälterwand ermöglichen und damit jede bautechnisch bedingte Fuge vermeiden.

Es sind Bauweisen bekannt, die diese Forderung erfüllen, sich aber wegen der ungünstigen Materialökonomie bzw. wegen fehlender Vorfertigungskapazität vorerst nicht in die Praxis einführen lassen. Nachfolgend werden Bauweisen mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt, die kurzfristig realisiert werden können, aber auch solche, die im Prognosezeitraum für die DDR eine Bedeutung haben.

1.1. Monolithische Ausführung in Stahlbeton-Gleitbauweise

Hierbei handelt es sich um eine industriemäßige Bauweise, die bei Bauwerken mit symmetrischen Grundrißquerschnitten, vor allem aber im Silo- und Behälterbau, überall in der Welt mit gutem Erfolg angewendet wird.

Durchschnittliche Gleitgeschwindigkeiten von 20 cm/h sichern auch im Vergleich zu Montagebauweisen kurze Bauzeiten. Diese Bauweise ermöglicht infolge des vom Verfahren her erforderlichen kontinuierlichen Gleitens, einen fugenlosen Behälter herzustellen. Die theoretisch erforderliche Mindestwanddicke beträgt bei der Gleitbauweise 14 cm, damit der frische Beton genügend Eigenmasse hat und nicht infolge der Reibungskräfte zwischen ihm und der Schalung nach oben hin abreißt.

Für Gärfuttersilos von 1000 bis 3600 m³ Nutzraum werden aus bautechnologischen Gründen Wandstärken bis zu 25 cm erforderlich. Dadurch erhöht sich der spezifische Materialeinsatz gegenüber anderen Bauweisen ungünstig. Ein weiterer Nachteil dieser Bauweise ist die Witterungsabhängigkeit.

* Deutsche Bauakademie zu Berlin, Institut für Landwirtschaftliche Bauten

Bedingt durch das ständige Aufwärtsgleiten der Schalung verhindern Reibungskräfte, die zwischen Beton und Schalung entstehen, das Herstellen eines druckwasserdichten Betons. Die Behälterwand muß also zusätzlich gegen Korrosion und Flüssigkeitsdruck geschützt werden.

1.2. Montagebauweise

Formsteinbauweisen in der Art, wie sie vom englischen Silo Colman übernommen wurden, sind nur bedingt geeignet, die grundsätzlichen agrotechnischen Forderungen zu erfüllen. Die bautechnisch bedingten Fugen zwischen den einzelnen Steinen lassen sich durch den verwendeten Innenputz nicht ausreichend abdichten. Die Putzschicht wird beim 1. Füllvorgang auf Zug beansprucht, die dabei entstehenden Risse lassen einen direkten Gasaustausch und einen Gärstoffaustritt nach außen zu. Der stark aggressive Gärstoff fördert die Korrosion des Betons, vor allem aber des Stahls. Als Vorteile dieser Bauweise sind der geringe Materialeinsatz im Vergleich zur monolithischen Bauweise und die Witterungsunabhängigkeit zu nennen. (Betonverbrauch nur 36 Prozent im Vergleich zur monolithischen Bauweise.)

Als konstruktiver Nachteil im Vergleich zur Monolithbauweise kommt das Korrosionsschutzproblem der ungeschützten Spannbewehrung hinzu.

Die kleinformatische Fertigteilmontagebauweise gestattet aus statischen Gründen nur Behälterdurchmesser bis zu 12 m. Damit sind dem Bemühen um Kostensenkung je Bezugseinheit Grenzen gesetzt.

Vielversprechend für die Zukunft sind Hochsilos aus großformatigen Betonfertigteilen. Durch Anwendung großformatiger Fertigteile mit einer Wandfläche von etwa 15 m² läßt sich der Fugenaufbau je m² Wandfläche wesentlich reduzieren (88 Prozent). Durch die relativ große Masse der Elemente von 2 bis 3 t werden die waagerechten Fugen, die mit entsprechender Fugendichtung versehen sind, überdrückt. Die senkrechten Fugen werden durch Vorspannung außenliegender Spannglieder überspannt. Vorteile dieser Bauweise sind der geringe Materialeinsatz, die industriemäßige Massenvorfertigung und die Witterungsunabhängigkeit.

Als Nachteile kommen höhere Transport- und Montageaufwendungen hinzu. Zu klären ist für diese Bauweise der Aufbau zentraler Vorfertigungsstätten in Abhängigkeit des Bedarfs und der optimalen Transportentfernungen. Eine mögliche Variante hierzu bildet die Baustellenfertigung in einem „fliegenden“ Betonwerk.