

Neubau einer Loseverladung für Mehl und Kleie mit Fahrzeugwaage

Warum wann welches System?

Dargestellt an einem realisierten Beispiel aus der Praxis

Von Stefan Eberle, Martinsried bei München

1. Einleitung

Die Firma Schuster in Großaitingen bei Augsburg, eine Handwerksmühle mit einer Leistung von 65 t/24 h, plante seit Längerem eine unterfahrbare Loseverladung für Kleie und Mehl. Für die Realisierung wurde hierfür die Firma Ing. Stefan Kastemüller GmbH aus Martinsried bei München beauftragt, welche die Anlage schlüsselfertig, inklusive Silos, Maschinen, Fahrzeugwaage, Stahlbau und Steuerung lieferte.

An dem nachfolgenden, ausführlich dargestellten Beispiel soll aufgezeigt werden, welches Gesamtverladekonzept sich in vergangener Zeit häufig durchgesetzt hat. Des Weiteren wird eine Kombination von verschiedenen Silo- und Austragungs-systemen für verschiedene Produkte in einer Anlage dargestellt.

2. Standortwahl

Bisher wurden in der beschriebenen Anlage das Mehl und die Kleie über Verladeschnecken direkt aus den Silos verladen bzw. zuvor über eine Verladewaage verwogen. Die Zufahrt zu den Verladeschnecken war schwierig und nur durch ein Rückwärtsrangieren der Lkw möglich, daher war dieser Platz als neuer Standort für die Verladezellen nicht geeignet.

Nach der Untersuchung verschiedener Varianten wurde die zunächst angedachte Lösung einer Sackgassenverladung hinter einer bestehenden Halle verworfen. Bei dieser Lösung hätten die Fahrzeuge rückwärts einfahren müssen, was zwar in der Praxis häufig praktiziert wird, aber sehr umständlich und zeitaufwendig ist. Nach längerer Überlegung entschloss man sich, das gesamte Konzept der innerbetrieblichen Fahrwege komplett neu zu gestalten und das Gelände entsprechend anzupassen. Dies erschien zwar im ersten Moment etwas aufwendiger, war aber dann doch die optimale Lösung für den Werksverkehr.

3. Grundkonzept

Da die Örtlichkeiten begrenzt und auch wenig gute Möglichkeiten zur Lkw-Verladung gegeben waren, entschloss man sich, nicht eine getrennte Verladung für Kleie und eine für Mehl zu installieren, sondern eine gemeinsame Anlage für beide Produkte zu realisieren. Dies ist, bedingt durch eine zum Teil unvermeidbare Staubeentwicklung, bei der Kleieverladung nicht ideal, da die Gefahr besteht, dass hierbei die Mehilverladung mit Kleie verstaubt wird und es zu Kleie-Kontaminationen bei der Mehilverladung kommen könnte. Durch eine optimal gestaltete Verladetechnik und sorgfältige Bedienung der Kleieverladung kann dieses Problem aber minimiert werden. Zudem waren sowohl eine Kleie- als auch eine Mehilverladung erforderlich, was in getrennten Bauwerken deutlich teurer geworden wäre. Bei der realisierten Lösung werden viele Komponenten nur einmal benötigt, wie Fahrzeugwaage, Zugangstreppen, Rolltore usw.

Da eine hygienische, kontaminationsfreie Verladung ohne mechanische Förderung gewünscht wurde, werden die Mehle und auch die Kleie mittels einer Druckpneumatik in die Silozellen gefördert und aus diesen direkt auf den Lkw verladen. Vor dem Transport in die Verladezellen werden die Mehle noch zur Kontrolle gesiebt und gepallt. Als zusätzliche Sicherheit wurde ein Inline-Magnet in den Pneumatikstrang integriert, der auch feinste magnetische Metallteile zurückhält.

Wie meist allgemein gefordert – so auch in diesem Beispiel –

werden große Silozellen zur Kapazitätserweiterung, viele Silozellen für Spezialprodukte und eine kurzfristige flexible Auftragsverladung mit hoher Leistung gewünscht. Somit ist eine auftragsbezogene Verwiegung bzw. Transport von einzelnen fertig verwogenen Aufträgen auf die Verladezellen ungeeignet. Bei dieser Verladeart werden oftmals große Zellen mit kleinen Aufträgen nicht optimal genutzt und bei kurzfristigen Auftragsänderungen sind die Verladezellen blockiert. Daher hat es sich in den vergangenen Jahren durchgesetzt, aus den Silozellen herauszuwiegen. Die Möglichkeit, die Silozellen auf Messdosen zu setzen, ist technisch zum Teil relativ aufwendig, des Weiteren ist eine Eichung schwierig. Da Fahrzeugwaagen heutzutage relativ günstig sind, hat sich daher die Lösung mit Fahrzeugwaagen durchgesetzt, welche direkt unter den unterfahrbaren Silozellen angeordnet sind, wie auch in diesem Beispiel. Es gibt zwar viele technische Lösungen, damit der Lkw während der Beladung nicht verfahren muss, wie z. B. verfahrbare Trogkettenförderer, schwenkbare Luftförderrinnen und Schnecken, bis hin zu verfahrbaren Fahrzeugwaagen. Diese Lösungen haben aber zum Teil viele Nachteile, wie z. B. zusätzlich benötigte Gebäudehöhen, reduzierte Verladeleistungen, erhöhter Energieaufwand, mechanische Förderer nach den Verladezellen, Produktreste und Toträume in den Sammel- und Fördersystemen und – das wichtigste und meist ausschlaggebende Argument – der oftmals erhebliche Mehrpreis für diese Systeme.

Da der Lkw-Fahrer während der Verladung sowieso dabei ist, wird zumeist akzeptiert, dass der Lkw bei Wechsel der Tankwagen-Kammern bzw. der Tanköffnung verfährt. Die Verladeleistung bei Mehl ist direkt aus den Zellen mit einer Luftauflockerung sehr hoch (150 t/h und mehr). Dadurch ist eine Befüllung der Tanks sehr schnell möglich und das Umsetzen des Fahrzeuges dauert auch nicht lange. Bei großen Tanklastzügen und Aufträgen muss durch das fluidisierte Mehl, welches sich im Tank gut verteilt, nicht jeder Tankstutzen geöffnet werden. Bei kleinen Silokammern und Aufträgen muss der Fahrer, wenn er die Verladung alleine durchführt, mehrmals auf den Lkw steigen. Daher wurden in den vergangenen Jahren, meist bei kleineren und mittleren Anlagen wie auch hier, unterfahrbare Verladezellen mit einem jeweils eigenen Verladebalg je Silozelle und einer darunter installierten Fahrzeugwaage realisiert.

4. Silozellen: Anzahl und Fassungen

Im Rahmen der Klärung des Grundkonzeptes wurden vom Kunden das Fassungsvermögen der Silos sowie die Zellenanzahl wie folgt festgelegt:

- eine Zelle für Mehl mit einer Fassung von 110 m³ für Großkunden,
- vier Zellen für Mehl mit einer Fassung von je 30 m³ für kleinere Aufträge und Spezialprodukte,
- zwei Zellen für Kleie mit einer Fassung von je 85 m³, was in etwa je eine Lkw-Ladung ergibt.

Daraus ergaben sich das Gesamtkonzept und die Anlagenprojektion (Abb. 1).

5. Mehlsilozellen und Austragsysteme

Bei der großen Mehlzelle wurde eine runde GFK-Zelle aus glasfaserverstärktem Kunststoff (Abb. 2) verwendet, da dieser Werk-

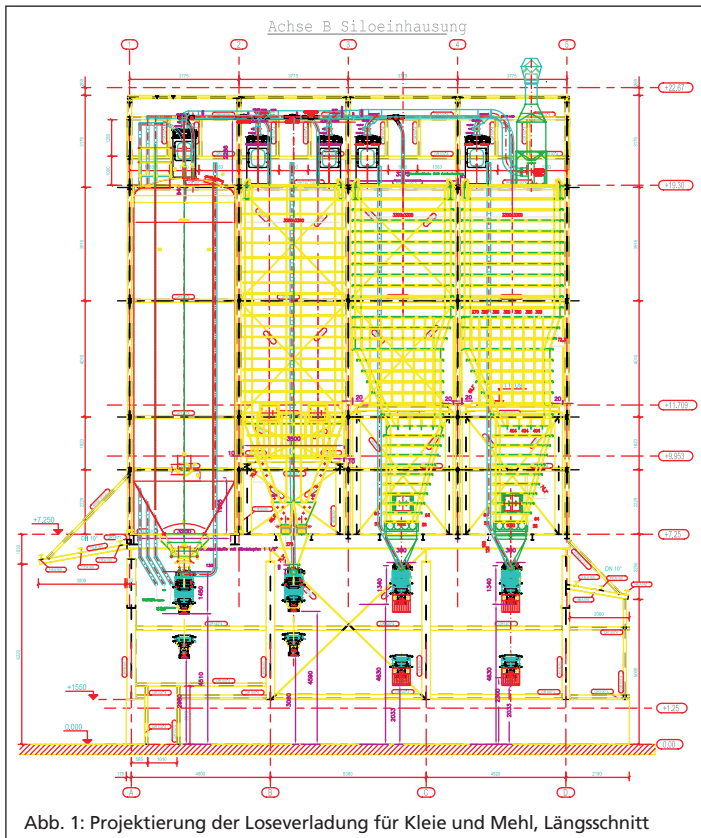


Abb. 1: Projektierung der Loseverladung für Kleie und Mehl, Längsschnitt

stoff nachweislich lebensmittelunbedenklich ist, eine sehr glatte Oberfläche und einen hohen Eigenisolationswert besitzt. Dies ist die Grundlage für eine hygienische, restfreie Verladung und dient der Vorbeugung einer eventuellen Kondens- und Schimmelbildung im Deckelbereich.

Herstellungsbedingt ergibt sich auch eine kantenlose Deckel- und Anschlusskonstruktion mit gerundeten Übergängen, was das Risiko von Anhaftungen minimiert. Diese Zellen müssen weder außen noch innen mit Farbe beschichtet werden, daher besteht keine Gefahr, dass sich Farbplatten ablösen und somit das Produkt kontaminieren.

In diesem Fall wurden die Zellen aus optischen Gründen weiß eingefärbt. Hier wird bei der Aufbringung der letzten äußeren Schicht ein Farbpulver mit aufgebracht. In der Standardausführung ist das Material grünlich und transparent. Die Haltbarkeit dieses Werkstoffes beweisen viele Anlagen, die seit Jahrzehnten im Freien der Witterung und der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.

Preislich sind GFK-Silos vergleichbar mit Aluminiumsilos, aber günstiger als Edelstahlsilos und nur etwas teurer als Normal-



Abb. 2: GFK-Silozelle, \varnothing 3,5 m, bei der Anlieferung auf einem Tieflader

stahlsilos. Angesichts der vielen Vorteile gegenüber allen anderen vorher genannten Werkstoffen ist der glasfaserverstärkte Kunststoff die beste Lösung bei runden Behältern. Daher hat sich auch im vorgestellten Beispiel der Betreiber für dieses Silosystem entschieden.

Nochmals zusammenfassend die Vorteile dieser Variante:

- ein nachweislich lebensmittelunbedenklicher Werkstoff der produktberührenden Silowände,
- keine Beschichtung oder Farbanstriche, die sich ablösen können,
- keine Gefahr von Korrosion oder Rostbildung,
- vollkommen glatte Zellen, sowohl innen als auch außen,
- eine hygienisch nahtlose Konstruktion ohne Kanten mit runden Übergängen am Dach und Konus,
- eine restfreie Ausführung,
- ein Silowerkstoff mit einer isolierenden Wirkung durch seine dickwandige Kunststoffwand, dadurch eine geringe Gefahr von Kondensbildung,
- günstiger Preis.

Bei den kleinen Silozellen entschied man sich aus Platz- und Preisgründen für einen geteilten, eckigen Stahlsiloblock (Abb. 3). Dies ist im Prinzip das gleiche System, welches bei den Kleiezellen verwendet wurde. Auf dieses wird ausführlich bei der Position Kleieverladung eingegangen.



Abb. 3: Vierteiliger Stahlsiloblock für Mehl bei der Montage

Als Austragung wurde ein bewährtes Luftauflockerungssystem mit Luftkissen eingesetzt, welches über einen Seitenkanalverdichter gespeist wird. Auch hier ist eine Restfreiheit gewährleistet und es werden sehr hohe Austragsleistungen bei niedrigem Energieaufwand erzielt. Der Energiebedarf liegt bei unter 1,5 kW bei einer Leistung von bis zu 150 t/h. Das fluidisierte Mehl verteilt sich optimal im Lkw-Silo und es gibt keine mechanischen Einbauteile.

6. Kleiesilosystem und Austragung

Die Kleiesilos werden ebenso wie die Mehlsilos pneumatisch von vorhandenen Mehl- und Kleiesilos befüllt. Bei den installierten zwei Silozellen für Kleie (Abb. 4) wurden fertige, durchgehend verschweißte, eckige Glattwandstahlsilos eingesetzt. Gegenüber den in diesem Bereich häufig verwendeten „Sandwich“-Plattensteck- oder Schraubsystemen hat dieses System viele Vorteile.



Abb. 4: Kleiesilo mit Spezialtrichter bei der Montage

Die fertig verschweißten Stahlsilozellen sind innen stoßfrei, glatt und können komplett im Werk oberflächenbehandelt und durchgehend mit einem lebensmittelunbedenklichen Lack beschichtet werden. Dieser kann bei einem Transport und der Montage nicht beschädigt werden. Außer der Silobefestigung und dem Einsetzen der Bleche zwischen den Silodecken sind keine Schweißarbeiten vor Ort notwendig. Eine Nachbehandlung oder Ausbesserung des Lackes in den Silozellen nach der Montage, wie bei anderen Systemen, ist nicht erforderlich. Dadurch ist eine sichere, langlebige Haltbarkeit der Farbbeschichtung sichergestellt.

Bei den fertigen Glattwandstahlsilos können die zeitaufwendigen Arbeiten zur Herstellung der Silos günstig in Produktionsstätten erfolgen und müssen nicht zu hohen Montagekosten vor Ort erbracht werden. Durch die individuelle Herstellungsweise können optimale Konstruktionen gewählt bzw. kann die Trichterkonstruktion den produktspezifischen Eigenschaften angepasst werden. In diesem Fall wurden die Silozellen mit einer Trichtersymmetrie für schwerfließende Produkte ausgeführt, die eine sichere und zuverlässige Austragung ermöglicht.

In der Übersicht die Vorteile der eingesetzten Variante:

- schnelle kostengünstige Montage der Silos,
- innen vollkommen glatt und ohne Verbindungsstöße,
- absolut dichtes Silosystem, da durchgehend verschweißte bzw. keine undichten Zwischenräume oder Spalten, in welche Produkt eindringen kann,

- keine oder nur wenige Zuganker im Normalfall erforderlich,
- lebensmittelunbedenklicher Werkstoff,
- durch eine vollständig fertige Herstellung im Werk ist eine optimale Vorbereitung des Untergrundes und Lackierung möglich,
- individuelle Konstruktionsmöglichkeiten für alle baulichen und produktspezifischen Aufgabenstellungen.

Die Silozellen werden individuell konstruiert sowie hergestellt und sind lediglich in den äußeren Abmessungen durch den Transport bzw. deren Kosten begrenzt.

In diesem Fall wurden zwei Silozellen mit den äußeren Abmessungen von 3,5 x 3,5 m mit einer Gesamthöhe von 11,6 m installiert, welche jeweils ein Fassungsvermögen von 85 m³ besitzen. Die aufwendigen Trichterkonstruktionen und Mehrfachschneckenaustragungen ermöglichen eine zuverlässige Austragung, auch bei längeren Lagerzeiten der bekannterweise schwerfließenden, problematischen Kleie. Die Vierfach-Schneckenaustragung mit progressiver Gewindesteigung besitzt eine sehr große Austragsfläche und hat sich in Verbindung mit einer optimalen Trichterkonstruktion bei Kleie und anderen schwerfließenden Produkten als zuverlässiges Austragssystem bewährt. Jede Schneckenaustragung hat eine Leistung von 50 t/h. Diese stellt bei der sehr leichten Kleie in der Praxis ein beeindruckendes Verladevolumen dar und ist im Prinzip nur durch den Verladebalg begrenzt. Da auch aus beiden Zellen gleichzeitig auf einen Lkw verladen werden kann, werden hier theoretische Verladeleistungen von 100 t/h erreicht. Die Kleiesilozellen, ebenso wie die Mehlsilozellen, wurden mit Berstscheiben (Abb. 5) zur Druckentlastung im Explosionsfall ausgestattet und sind für diesen Fall auf Druckstoßfestigkeit statisch dimensioniert.



Abb. 5: Neue Silodecke mit Berstscheiben und Aufsatzfilter

7. Mehl- und Kleie-Aspirationssystem

Um Produktmischungen zu vermeiden und die Silozellen explosionstechnisch nicht zu verbinden, entschied man sich für einzelne Aufsatzfilter für jedes Silo und einen zentralen Ventilator (Abb. 6), der die Abluft mit einem Reststaubgehalt kleiner als 20 mg/m³ vorschriftsmäßig über das Dach ableitet. Die Verladebälge werden über dasselbe System besaugt und sind über eine Absperrklappe und eine Aspirationsleitung einfach mit der jeweiligen dazugehörigen Silozelle verbunden. Die gesamte Anlage hat somit lediglich einen Ventilator und eine Abluftstelle. Jede Silozelle wird nur besaugt, wenn diese befüllt wird oder aus dieser verladen wird. Auch eine getaktete Besaugung befüllter Zellen zur Kondensvermeidung ist möglich. Jeder Filter wird über eine pneumatisch betätigte Klappe angesteuert, dadurch

wird Energie gespart und eine hohe betriebssichere Aspirationsleistung erreicht.



Abb. 6: Zentralventilator für alle Aufsatzfilter mit Schalldämpfer

8. Gebäudeausführung

Es ist selbstverständlich möglich, die Silozellen im Freien aufzustellen. Die meisten Anlagen wurden aber in den vergangenen Jahren verkleidet, entweder mit einfachem Trapezblech oder mit „Sandwich“-Paneelen. Die Vorteile einer Verkleidung gegenüber einer unverkleideten Variante bestehen darin, dass die Gefahr einer Kondensbildung am Silodeckel durch die zusätzliche Isolierung reduziert wird, die Maschinenteknik und Silozellen vor Witterungseinflüssen geschützt sind und ein optisch besserer und hygienischer Gesamteindruck der Anlage entsteht. Des Weiteren ist auch sichergestellt, dass bei eventuellen späteren kleinsten Undichtigkeiten kein Regenwasser in die Silozellen eindringen kann. Deshalb hat sich in der Vergangenheit die Verkleidung der Silozellen stark durchgesetzt, wie auch in diesem Beispiel (Abb. 7).



Abb. 7: Fertig verkleidete Loseverladung mit Isopaneelen und Zugangstreppe

Bei diesen Anlagengrößen wird zumeist eine Stahlkonstruktion eingesetzt (Abb. 8), da Betongebäude hier zu teuer sind. Ein wichtiges Thema ist der Zugang zum oberen Teil der Anlage. Einfache Steigleitern sind zwar kostengünstig, aber sehr unkomfortabel und werden heutzutage meist im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nicht akzeptiert. Daher werden häufig aufwendige Treppenkonstruktionen benötigt, wie auch in diesem Fall, welche selbstverständlich nach allen Regeln der Vorschriften ausgeführt werden müssen. Dies bedeutet zum Beispiel eine Mindestbreite von 1 m, Zwischenpodeste usw.

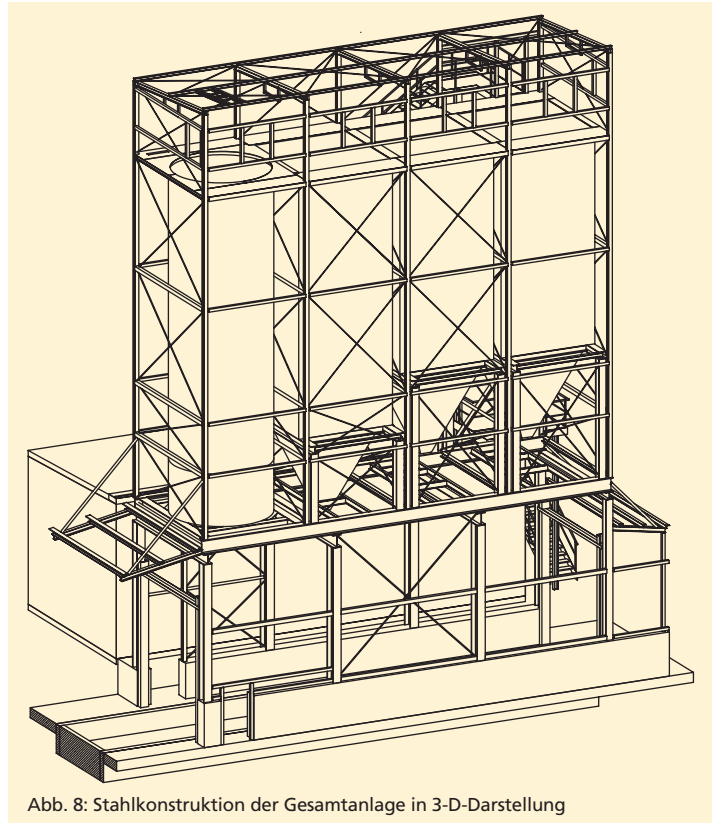


Abb. 8: Stahlkonstruktion der Gesamtanlage in 3-D-Darstellung

Die Siloauflageebene wurde komplett mit einem Bodenbelag aus Mehrschichtholzplatten abgedeckt. Dies ermöglicht nicht nur einen optimalen Zugang und Arbeitsschutz, sondern isoliert den Silobereich von unten und verhindert auch das Eindringen von Vögeln in den Silobereich. Die obere Siloebene wurde mit Tränenblechplatten vollflächig zu den Silozellen abgedeckt.

Das Gebäude wurde an beiden Stirnseiten mit Rolltoren versehen, was bei der Verladung, wenn zumindest ein Tor geschlossen ist, einen Durchzug und somit Staubaustritt verhindert. Des Weiteren wird der Verladebereich nicht nur vor Witterungseinflüssen und Vögeln geschützt, sondern kann auch als Lkw-Garage benutzt werden.

9. Montageablauf

Da die neue Verladung an einer bisher wenig genutzten zweiten Laderampe installiert wurde, war der Normalbetrieb während der Montage der neuen Anlage relativ problemlos möglich.

Nach der Herstellung der Fundamente wurden die Grubeneinfassung und Auflagen für die Fahrzeugwaage mit der Bodenplatte durch eine örtliche Baufirma gegossen. Die Fundamente wurden 1,5 m nach oben gezogen, dadurch dienen diese gleichzeitig als Anfahrtschutz für den Stahlbau (Abb. 9).

Die Fertigteileplatte der Fahrzeugwaage wurde vor der Montage des Stahlbaus eingehoben, um einen ungehinderten Montagefreiraum für den Kran zu gewährleisten. Danach wurde die erste Ebene des verzinkten Stahlbaus montiert. Anschließend wurden



Abb. 9: Fundamentplatte mit Anfahrschutz und Fahrzeugwaage

die „just in time“ angelieferten Silozellen mit zwei Autokränen aufgerichtet (Abb. 3) und auf die Stahlträger gesetzt (Abb. 10).



Abb. 10: Stahlbau bei der Montage der Silozellen

Die GFK-Silozellen besitzen Hebegleitösen und müssen nach der Befestigung auf dem Stahlbau oben nicht ausgehängt werden, da diese nur unten befestigt sind. Die Spezialeisele werden einfach unten gelöst und oben über die Hebegleitösen herausgezogen. Für die Stahlzellen wird oben zum Aushängen eine Arbeitsbühne benötigt. Die Silozellen sind in wenigen Stunden montiert. Auch die Einbauteile auf der oberen Siloebene (Filter/Ventilator/Schalldämpfer) wurden bei dieser Gelegenheit auf die Stahlkonstruktion gesetzt.

Nach der Silomontage wurde das restliche Gebäude eingerüstet und der Stahlbau mit Isopaneelen (Abb. 11) verkleidet. Danach erfolgte die Maschinenmontage und Verkabelung.



Abb. 11: Verkleidung aus Isopaneelen bei der Montage

10. Steuerung

Da die Verladeanlage einen nicht unwesentlichen Teil des Mehlsilobereiches darstellt und die dortige Steuerung (Abb. 12) veraltet war, entschloss man sich, eine komplett neue Steuerung mit Visualisierung (Abb. 13) für den Mehlsilobereich mit der neuen Verladung zu installieren.

Auch die alten Hauptsteuerteile wurden gegen einen neuen Leistungsteil (Abb. 14) ersetzt. Diese zusätzlichen Kosten zahlen sich langfristig aus, da es sinnvoll ist, gleich ein neues zukunftsfähiges System zu installieren und nicht die alte Technik aufwendig zu erweitern. Die neue Steuerung wurde mit dem vorhandenen Warenwirtschaftssystem vernetzt und ist jederzeit erweiterungsfähig für alle Eventualitäten auch bezüglich Rückverfolgbarkeit und Anlagenerweiterungen.

11. Zusammenfassung

Mit der ausführlich beschriebenen Loseverladung für Mehl und Kleie mit Fahrzeugwaage wird eine optimierte Lösung gezeigt. Ferner wird erklärt, welche Vor- und Nachteile die unterschiedlichen Systeme und Materialien haben und warum man sich in diesem Fall für die gezeigten Lösungen entschieden hat. Dar-

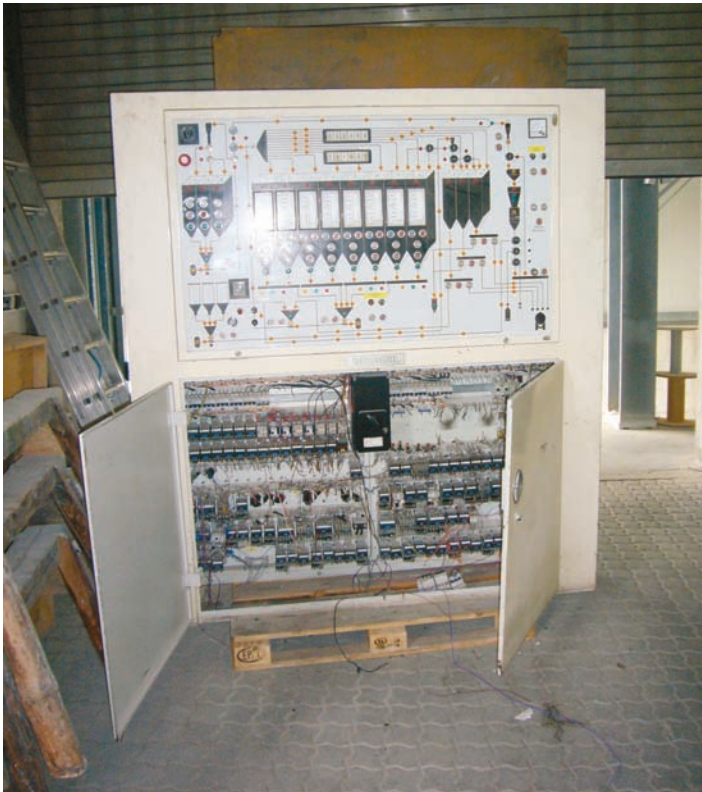


Abb. 12: Alte Steuerung mit Schaltbild



Abb. 14: Neuer Leistungsteil der neuen Steuerung

gestellt ist das Beispiel an einer vor Kurzem realisierten Anlage bei einer fortschrittlichen Handwerksmühle.

12. Schlussbemerkung

Natürlich hat es bis heute bzw. wird es auch in Zukunft keine „Standard-Loseverladung“ geben, da bei jedem Kunden und Betrieb andere Kriterien entscheidend sind. Jeder Werkstoff und

jedes System hat seine Vor- und Nachteile, die abgewogen werden müssen, auch wenn letztendlich nur der Preis zu einer Entscheidung führt. Daher kann und wird es auch in Zukunft keine exakt baugleiche realisierte Lösung geben. Deshalb ist es wichtig, einen systemunabhängigen Anbieter zu haben, damit eine exakt für den Kunden zugeschnittene Lösung gefunden werden kann.

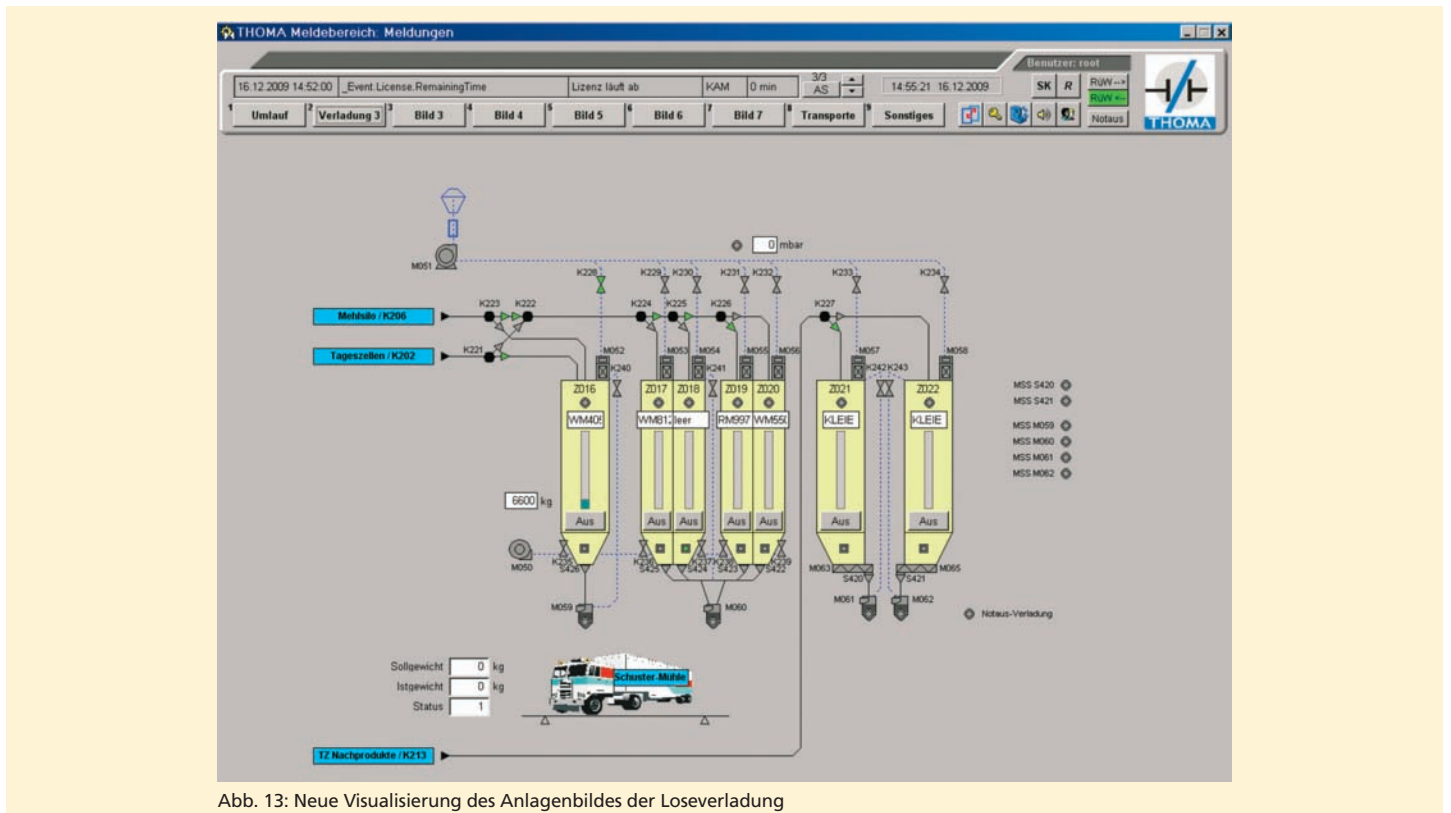


Abb. 13: Neue Visualisierung des Anlagenbildes der Loseverladung