

easy Fairs SCHÜTTGUT 2011

4. Fachmesse für Schüttguttechnologien in der verarbeitenden Industrie

Dortmund, Westfalenhallen, Halle 4, 18.-19. Mai 2011

Optimierte pneumatische Entleerung von Silofahrzeugen (LKW- und Bahntladung)

Dipl.-Phys.-Ing. Klaus Schneider

**KS-Engineering
Ingenieurbüro
Klaus Schneider**



Dipl.-Phys.-Ing. Klaus Schneider

KS-Engineering GmbH

Hansaring 25/27

50670 Köln

Optimierte pneumatische Entleerung von Silofahrzeugen (LKW- und Bahnentladung)

1 Einleitung

Ziel dieses Beitrages soll sein, die immer wieder auftretenden Fragestellungen bei der Planung von Entladestellen und –anlagen für Silo-Lkw und Bahnwaggon zu behandeln. In diesem Vortrag werden die Erfahrungen bei Planung und Betrieb von Silo-Lkws und Bahnwaggons beschrieben. Während bei ca. der Hälfte der Entladestationen keine Probleme auftreten, klagen ca. 30% der Betreiber über gelegentliche Schwierigkeiten und die restlichen 20% sind mit ihrer Anlage überhaupt nicht zufrieden. Daran sind oft Missverständnisse und ungenügende Kenntnis der Leistungsfähigkeit solcher Entlader schuld.

2 Vorstellung verschiedener Fahrzeuge

Zunächst sollen die häufigsten Typen von Straßen- und Bahnfahrzeugen und deren Besonderheiten vorgestellt werden.

2.1 Silo-LKW

- Euter-Fahrzeug (liegender Behälter mit 1-3 Zitzen) (siehe Abbildung 1 im Anhang)
- Kippsilo-Fahrzeug (liegender Behälter, der über Hydraulik aufgerichtet und entleert werden kann) (siehe Abbildung 2 im Anhang)
- Bananenfahrzeug (liegender Behälter aus 2 Kegelstümpfen) (siehe Abbildung 3 im Anhang)

Das Euterfahrzeug hat eine Entleerung nach unten und kann nicht gekippt werden. Typische Einsatzbereiche sind:

- Lebensmittel, feine Stäube

Gleiches gilt für das mittlerweile äußerst selten gewordene Bananenfahrzeug. Auch hier gibt es nur die liegende Position zum Entladen. Typische Einsatzbereiche sind beispielsweise:

- Transport von staubförmiger Kohle

Bei den Kippsilo-Fahrzeugen kann der Silotank über eine Hydraulik fast senkrecht gestellt werden. Dadurch wird ein gutes Nachrutschen des Materials (manchmal aber auch ein Verpressen) gewährleistet.

Die Gefahr des Verpressens lässt das Kippsilo für sehr feine und haftende Stäube deshalb nicht so geeignet erscheinen.

2.2 Eisenbahn-Waggons

Beispielhaft für die Vielzahl möglicher Bahnwaggons mit Siloaufbau sollen vorgestellt werden:

- Eierbecher
- Moderne Aluminiumwaggons (Westfalen)
- Kalkstein-Waggons Schkopau (VTG)

Die sogenannten „Eierbecher“ (siehe Abbildung 4 im Anhang) waren bis in die Achtziger Jahre ein sehr verbreiteter Waggontyp für den Transport von losem, blasfähigem Staub und sind teilweise auch heute noch im Einsatz. Jedoch ist die geringe Ladekapazität und das umständliche Handling bei der Entladung Ursache für die mittlerweile fast vollständige Verdrängung dieses Waggontypes gewesen.

In den letzten Jahren hat der Aluminium-Kessel (siehe Abbildung 5 im Anhang) auch in der Technologie für Schüttgutwaggons Einzug gehalten. Es ergibt sich dadurch ein immenser Beladungsvorteil. Statt ca. 60 t (wie ein gleichgroßer Waggon mit Stahlkessel) erlaubt der Aluminiumkessel eine Zuladung von ca. 73 t. Insgesamt kann dadurch ein Vollzug mit 20 Waggons statt nur 1200 t Nutzlast bei gleicher Länge ca. 1460 t bewegen.

Die in Abbildung 6 im Anhang gezeigten Kalksteinmehlwaggons wurden Anfang/Mitte der 90er Jahre entwickelt und dienen seither dem Transport von Kalksteinmehl zu einer Kraftwerksanlage.

Anders als bis dahin üblich, wurden diese Waggons mit einer Vollautomatik für die Entladung ausgerüstet. Es wurden z.B. Druckaufnehmer und elektrisch betätigte Umschaltklappen installiert. Wie wir später noch näher erläutern werden, führte die automatische Entladung zu einem nicht unerheblichen Zeitgewinn und erleichtert auch dem Bediener die Arbeit.

3 Technische Daten der Fahrzeuge und Waggons

Bevor auf die Planung einer Entladeanlage eingegangen werden soll, hier einige grundsätzliche Aussagen zu den eingesetzten Silo-Fahrzeuge und Bahnwaggons.

3.1 Max. Druck und Volumina

Aufgrund des eingesetzten Materials für den Tank ist der max. zulässige Behälterdruck begrenzt. Bei Silo-Lkw's wird aufgrund des niedrigen Eigengewichtes durchgängig Aluminium verwendet. Der max. zulässige Druck beträgt daher

für LKW: 2,0 bar(ü) und

für Bahn-Waggons: 2,5 bar(ü).

Das zulässige Gesamtgewicht für Silofahrzeuge mit 2-achsiger Zugmaschine und 3-achsigem Auflieger beträgt nach der StVZO max. 40 Tonnen. Davon entfallen auf die Zugmaschine und den Aufbau ca. 12-15 Tonnen. Als reine Nutzlast verbleiben somit ca. 25-28 Tonnen.

Damit diese Spanne möglichst vollständig ausgenutzt werden kann, sollten aufgrund der unterschiedlichen Schüttdichten der Fördergüter die Volumina der Aufliebertanks möglichst an das max. Nutzgewicht angepasst werden. Daher werden für z.B. leichte Schüttgüter mit einer Schüttdichte von unter 500 kg/m³ Silofahrzeuge mit Volumina bis zu 60 m³ eingesetzt.

Gleiches gilt auch für die Bahnwaggons. Hier ist die Achslast ebenfalls begrenzt. Beispielsweise beträgt für den hier abgebildeten Kalksteinmehlwaggon das max. zulässige Gesamtgewicht 90t, wenn für jede der 4 Achsen eine Achslast von 22,5 t zulässig ist.

Bei einem Stahlkessel beträgt die mögliche Zuladung aufgrund des höheren Eigengewichtes nur 64t, bei Verwendung eines Aluminiumkessel jedoch ca. 72t, d.h. die Verwendung leichter Materialien (Alu) führt zu einem merklichen Transportvorteil durch Erhöhung des Nutzlastanteils.

3.2 Technischer Aufbau der Silo-LKW

Die heutigen Silo-Lkw's verfügen meist über einen bordeigenen Kompressor mit einer Luftmenge von ca. 550-780 m³/h. Damit lassen sich Förderleitungen DN100 problemlos bedienen. Dies hat eine schnellere Entleerung des Lkw's zur Folge, da der Druckverlust bei gleicher Luftmenge und Entladeleistung über eine DN100-Leitung natürlich viel geringer ist als in einer Leitung DN80. (In die Druckverlustberechnung geht die Luftgeschwindigkeit quadratisch ein, mithin ist der Druckverlust in fünfter Potenz vom Leitungsdurchmesser abhängig) Manche Silolieferanten bieten allerdings immer noch Standardfüllleitungen DN80 an und verursachen dadurch längere Entladezeiten und der Energieeinsatz ist unnötig hoch.. Nur bei sehr schwerem oder grobem Schüttgut, welches hohe Transportgeschwindigkeiten erfordert, können DN80-Leitungen vorteilhaft eingesetzt werden.

3.3 Technischer Aufbau der Bahnwaggons

Die Bahnwaggons sind unterschiedlich aufgebaut. Man unterscheidet verschiedene Ausführungsvarianten und Volumina. Im Normalfall sind die Bahnwaggons bei der pneumatischen Entleerung auf Fremdluft, d.h. stationäre Verdichter, angewiesen.

Daher ist in jedem Fall ein Anschluss für Förderluft am Waggon vorhanden. Die Förderleitungen werden ebenfalls flexibel über Schläuche angebunden. Im Allgemeinen erfolgt die Umschaltung der Kammern manuell, bei einigen Waggons ist eine komplette Steuerung der Entladung vorgesehen. Dabei werden dann die einzelnen Kammern über Sensoren und druckluftbetätigte Klappen ferngesteuert umgeschaltet und entleert. Die eigentliche Steuerung ist ortsfest an der Entladestation aufgebaut. Über eine Steckverbindung erfolgt die Anbindung der Aktoren und Sensoren auf dem Waggon mit der Steuerung.

3.4 Entladehilfen an den Silo-LKW

Am Silo-LKW werden (können) Außenrüttler angebracht werden. Weiter sind rund um den Entnahmekonus entweder sogenannte Belüftungspfeifen bzw. -düsen oder aber ein Fluidtex-Gewebe angegeben. Soll bei feinem Gut eine gleichmäßige Durchlüftung erreicht werden, sind in jedem Fall diese Belüftungsgewebe zu bevorzugen. Erfahrungen haben gezeigt, dass bei schlecht fließenden feinen Stäuben die Entladezeit durch Verwendung solcher Fluidgewebe entscheidend verkürzt werden kann. So ließ sich für TiO_2 nur so eine gesicherte Entladung bewerkstelligen, während bei der Verwendung von Fahrzeugen mit Belüftungspfeifen sich die Entladung (= Ausfließen aus dem Silobehälter) stundenlang hinzog.

3.5 Entladehilfen an den Bahnwaggons

Die Entladehilfen an Bahnwaggon sind ähnlich wie die am Lkw. Auch hier ist eine gleichmäßige Durchlüftung mittels Gewebe zu bevorzugen. Vollautomatisierte Waggons haben zusätzlich auch die Möglichkeit über Betätigen von Klappen, automatisches Be- und Entspannen des Behälters etc. ein besseres Ausfließen zu erreichen.

4 Planung einer Entlade-Anlage für Silo-LKW

Sehr oft wird die Entladeanlage zunächst mit niedriger Priorität geplant und man stellt erst bei der Inbetriebnahme fest, dass Schwierigkeiten bei der Entleerung der Silo-LKW auftreten.

Insbesondere bei Nutzung des bordeigenen Kompressors wird oft dessen begrenzte Leistungsfähigkeit vergessen. Auch wird oft standardmäßig eine Leitung DN80 verwendet und die Abhängigkeit der Durchsatzmengen von Leitungsdurchmesser, Längen und Krümmern ist meist unbekannt.

4.1 Grundsätzliche Überlegungen

Folgende Überlegungen sollten vor der Planung einer Entladeanlage angestellt werden:

- Leitungsgröße, installierte Kompressorleistung
- Leitungsverlauf (horizontal/senkrecht)
- unterschiedliche Materialien, Neigung zur Propfenbildung
- Einfluss der Leitungslänge auf Entladeleistung
- Einfluss Leitungsdurchmesser auf Entladeleistung
- Förderung direkt aus dem Silofahrzeug
- Kühlung der Förderluft
- Eigener Verdichter auf Entladestelle

Entladeanlagen für Silo-LKW's sollten daher sorgfältig geplant werden. Wichtigstes Kriterium ist, dass die Förderleitung möglichst nur senkrecht am Silo hoch verläuft und der LKW unmittelbar neben dem Silo platziert werden kann.

Folgende Grundfragen sollten zunächst geklärt werden:

- Welchen Förderleitungsdurchmesser brauche ich aufgrund meines Verbrauches wirklich? Wie groß sollte die Speicherkapazität des Silos mindestens sein (Berücksichtigung von Lieferausfallzeiten, z.B. Wochenenden)?
- Wie nahe kann ich mit den LKW's an das Silo heranzufahren? Wird der nachfolgende Verkehr durch das zu entladende Fahrzeug behindert?
- Wie viele Fahrzeuge sollen gleichzeitig entladen werden? Wie sind die Filter auszuliegen?
- Sind besondere sicherheitstechnische Erfordernisse zu berücksichtigen, z.B. Kühlung der Förderluft, Explosionsschutz, Brandschutz etc.?

4.2 Pneumatische Silobefüllung

Die meisten Schüttgüter werden in einem Silofahrzeug oder einem Kesselwagen der Bahn angeliefert und sollen beim Kunden in Silos gelagert werden. Dazu werden sie vielfach pneumatisch in das Silo gefördert. Folgende grundsätzliche Systeme werden dabei unterschieden (siehe Abbildung 7 im Anhang).

4.2.1 Entladung ohne Fremdluft (nur LKW)

Merkmale:

- Die Förderluft wird vom bordeigenen Kompressor erzeugt
- Der Tank des Silofahrzeuges oder Kesselwagens ist der Druckbehälter

Eingesetzt bei Standardanwendungen:

- Keine besonderen Anforderungen an die Qualität der Förderung
- Leitungslänge (horizontal+vertikal) < 50 m

Geeignet für Durchsatzleistungen von:

- Bis zu ca. 16 m³/h bei einer Förderleitung DN80
- Bis zu ca. 28 m³/h bei einer Förderleitung DN100

Größere Leitungsdurchmesser sind bei Verwendung bordeigenen Kompressoren nicht sinnvoll, da die Leistung der Bordkompressoren begrenzt ist und damit die Fördergeschwindigkeiten zu hoch.

Folgende Ausrüstung ist mindestens erforderlich:

a) Förderleitung: - Vor-Ort-Bedienkasten (VOK)

- TW-Kupplung mit Initiator
- Absperrorgan in der Förderleitung

b) Silo: - Überfüllschutz (LH), Leermelder (LL)

- Über-/Unterdrucksicherung
- EntlüftungsfILTER

Darüber hinaus lassen sich noch weitere steuerungstechnische Feinheiten (wie z.B. verwechslungssichere Anschlüsse) realisieren.

Grundsätzlich ist jedoch darauf zu achten, dass das aufnehmende Silo ausreichend für zumindest eine Wagenladung dimensioniert ist und darüber hinaus genügend Speicherraum im Silo vorhanden ist, damit sich nach Einfüllen des Materials das Auslaufverhalten ändert.

Beispiel: Verbrauch ca. 5 – 6 t pro Tag, Reichweite ca. 5 Tage, Füllmenge jeweils 25 t. Daraus ergibt sich bei einer Schüttdichte von 800 kg/m^3 ein Mindest-Silovolumen von $32 + 12,5 = \text{ca. } 42 \text{ m}^3$.

4.3 Umrüstung der Förderleitung

Mit sogenannten „Boostern“ lässt sich der Entladevorgang u.U. erheblich beschleunigen.

Es besteht die Möglichkeit auch die Lkw-Entladung mit einer Pfropfenförderung auszurüsten. Abbildung 7 zeigt eine derartige mobile Anlage der Firma SST. Dieser sogenannte Zerhacker wird zwischen Silo-Lkw und Förderleitung geschaltet. Es werden so Materialpfropfen bestimmter Länge und Frequenz erzeugt. Der Förderdruck wird auf einem bestimmten Wert beschränkt und die Entladung kann kontinuierlich erfolgen.

4.3.1 Fremdluftunterstützte Förderung

Merkmale:

- Die bordeigene Förderluft wird durch zusätzliche Druckluft unterstützt (hohe Förderleistung) oder ersetzt (schonende, entmischungsfreie Förderung)
- Der Tank des Silowagens oder Kesselwagens ist der Druckbehälter

Mögliche Anwendungsfälle:

- Wenn eine entmischungsfreie Förderung gefordert ist (z.B. bei Vormischung oder Fertigprodukt)
- Wenn die Kornzerstörung durch den Abrieb minimiert werden soll (z.B. bei Natriumpercarbonat, Struktursand)
- Bei hoher Förderleistung bis zu $115 \text{ m}^3/\text{h}$
- Bei langen Befüllstrecken bis zu 300 m
- Wenn kein bordeigener Kompressor vorhanden ist (z.B. Kesselwagen)

Beispiel: Entladung von Kohlenstaub-Silo-LKW

An uns wurde die Forderung herangetragen, Kohlenstaub aus einem LKW (über insgesamt knapp 200 m, davon 45 m vertikal, 9 Krümmer a 90° , 4 Krümmer a 45°) zu entladen. Vorgegebene Entladezeit für 26 t waren 30 Minuten. Gewählt wurde eine gestufte Förderleitung mit 200 mm Enddurchmesser. Die Luftmenge liegt bei ca. $2500 \text{ m}^3/\text{h}$. Mit dieser Anordnung war es möglich, die Entladezeit sicher im Bereich 25 – 30 min zu halten.

4.3.2 LkW-Pfropfenförderung

Die LkW-Pfropfenförderung besteht aus den bereits vorher vorgestellten Grundkomponenten *erweitert um*:

- Die Druckluftversorgung des Tank- oder Kesselwagens zur kontrollierten Luftzufuhr
- Das Impulsventil (IV) zur Erzeugung von Materialpfropfen mit dazwischen eingelagerten Luftpolstern
- Die Relaisstationen (ER) mit Nebenluftsystem zur Vermeidung von Stopfern und zur schonenden, entmischungsfreien Förderung
- Erweiterung der Rohrnennweite im Förderverlauf für besonders schonenden und entmischungsfreien Transport

(siehe hierzu die Abbildungen 8 – 10 im Anhang)

4.4 Schräge Leitungen

Manchmal kann es vorteilhaft sein, die Förderleitungen nicht nur horizontal und vertikal zu verlegen, sondern steil mit einem Winkel von 60 – 90° zur Horizontalen. Auch wenn der relative Druckverlust ansteigt, wird der Gesamtdruckverlust merklich geringer bzw. die Förderleistung wird signifikant höher. Die Abbildungen 11 bis 13 zeigen ein Beispiel aus einer Altkunststoff (DSD) Silowagen-Entladung. Ursprünglich wurde die Entladestation so konzipiert, dass alle 3 Leitungen zu den Silos ungefähr gleich lang waren (ca. 65 m). Da aufgrund der horizontalen Leitungen und Krümmer öfters Verstopfungen zu beobachten waren, entschloss man sich auf unser Anraten, die Leitung direkt an den Silos möglichst senkrecht nach oben durchzuführen (Leitungslängen neu ca. 40 – 45 m). Die Ergebnisse nach Installation zeigten, dass die Förderleistung um ca. 53 bis 65% bei sonst unveränderten Bedingungen gesteigert werden konnten. Verstopfungen kamen nur noch äußerst selten vor.

4.5 Einbindung der LKW-Entladung in einen verfahrenstechnischen Prozess

Die direkte Einbindung der LKW-Entladung in einen verfahrenstechnischen Prozess erfordert eine besonders sorgfältige Planung.

Beispielsweise sollten aus einem Silo-LKW heraus 4 Brenner in einem Kraftwerk mit insgesamt 10 t/h Tiermehl versorgt werden. Die Aufgabe wurde durch einen sogenannten Verteiler mit Fremdluftbeaufschlagung (siehe Abb. 14 und 15) gelöst. Die Förderung war sehr gleichmäßig (siehe Abb. 16) und arbeitete über die gesamte Einsatzperiode von 2,5 Jahren zuverlässig.

Ein anderes Beispiel ist das direkte Verblasen von Rückständen (z.B. Filterasche) aus bis zu 3 Silo-LKW gleichzeitig über eine Leitung 450 m Untertage in eine Silo-Empfangsstation.

5 Planung einer Entlade-Anlage für Bahnwaggons

Bei der Entladung von Bahnwaggons spielt neben der reinen Förderung die Nebenzeiten eine wichtige Rolle. Das Zeitmanagement (Rangierbetrieb/Entladezeit/Umlauf) hat großen Einfluss auf das gesamte Betriebsgeschehen.

Bei der Bahnentladung sind grundsätzlich Verdichter anlagenseitig vorzusehen. Das folgende Beispiel beschreibt die Auslegung der Kalksteinmehlentladung für das KW Schkopau.

Hier sollte täglich ein Zug mit 1200 t/d Kalksteinmehl im Umlauf be- und entladen werden. Da die bis dahin üblichen Wagen zu sehr langen Zügen und untolerierbaren Rangierzeiten geführt hätten, entschloss man sich zum Bau neuer, spezieller Kalksteinmehlwaggons mit einer automatischen Steuerung für die gleichzeitige Entladung von 4 Waggons mit je 60 t Nutzlast.

Die Entladung der nächsten Gruppe erfolgte nach dem Verholen des Zuges. So war es möglich, den kompletten Zug in ca. 6 Stunden zu entladen und den Umlauf (Rücktransport zum Erzeuger, Füllen und Transport zum Kraftwerk) in 24 Stunden zu realisieren.

Die wichtigsten technischen Daten und Fakten sind in den Abbildungen 17 bis 19 zusammengestellt.

Die Automatik zur Steuerung befindet sich als sogenannte Black-Box direkt am Entladegleis.

Die Anlage arbeitet seit mehr als 15 Jahren zuverlässig. Ein Schwachpunkt war anfangs die Qualität und Zuverlässigkeit der Steckverbindung. Dieser Punkt wurde aber durch Einsatz einer den rauen Bedingungen des Bahnbetriebes besser angepassten Steckerkombination gelöst.

6 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auch Entladeanlagen für Silo-LKW und Bahnwaggons sorgfältig geplant werden müssen.

Besonders wichtig hierbei ist:

- Art und Verhalten des Fördergutes
- Längen und Durchmesser der Förderleitungen und dazu passende Luftmengen und die „begrenzten“ Förderdrücke.
- Aufstellungsorte der Silo-Lkw
- Bei Silo-Lkw mit eigenem Kompressor bevorzugt DN100-Förderleitungen wählen
- Auch ein „schräger“ Leitungsverlauf kann Vorteile haben

Insgesamt sind auch extreme Aufgabenstellungen und sogar die direkte Einbindung der Fahrzeugentladung in einen verfahrenstechnischen Prozess möglich.

7 Anhang



Abbildung 1: Euter-Fahrzeug (Quelle: Spitzer)



Abbildung 2: Kippsilo-Fahrzeug (Quelle: Spitzer)

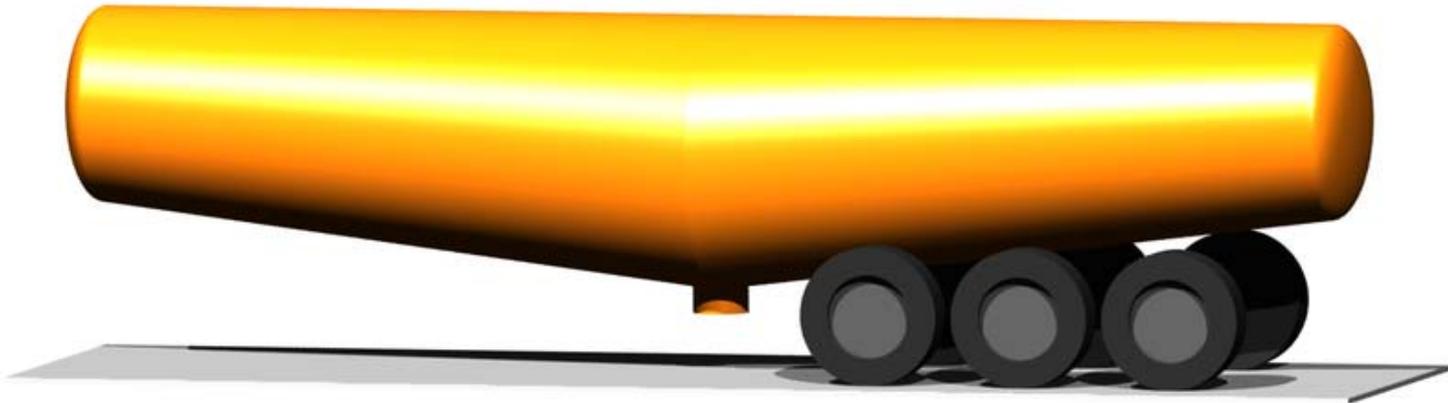


Abbildung 3: Bananenfahrzeug (Quelle W. Feld)

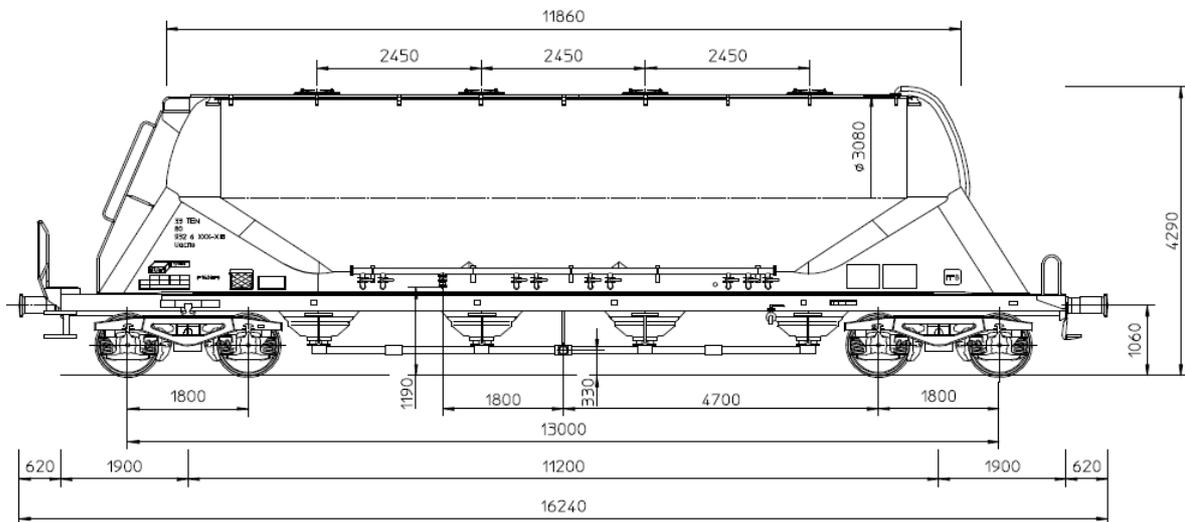


Abbildung 4: Ucs-Waggon, sogen. „Eierbecher“

Schüttgutwagen Uacns



Volumen : 82 m ³	Schüttgutwagen	Kesselmaterial: Aluminium
-----------------------------	----------------	---------------------------



Untergestell / Laufwerk		Behälter	
Länge über Puffer	16.240 mm	Volumen	82 m ³
Drehzapfenabstand	11.200 mm	Tankdurchmesser	3.080 mm
Eigengewicht *)	17,6 t	Länge über Böden	11.860 mm
Nutzlast *)	72,4 t	Wandstärke Behälter	6,0 mm
Gesamtgewicht	90,0 t	Wandstärke Böden	6,5 mm
Kleinster Bogenhalbmesser	35 m	Prüfüberdruck	3,75 bar
Achsfahrmasse	22,5 t	Betriebsdruck	-0,2 bar +2,5 bar
Höchstgeschwindigkeit : beladen	100 km/h	Behälterwerkstoff	AlMg 4,5 Mn
		Baujahr	2009

Abbildung 5: Aluminiumkessel neuerer Bauart

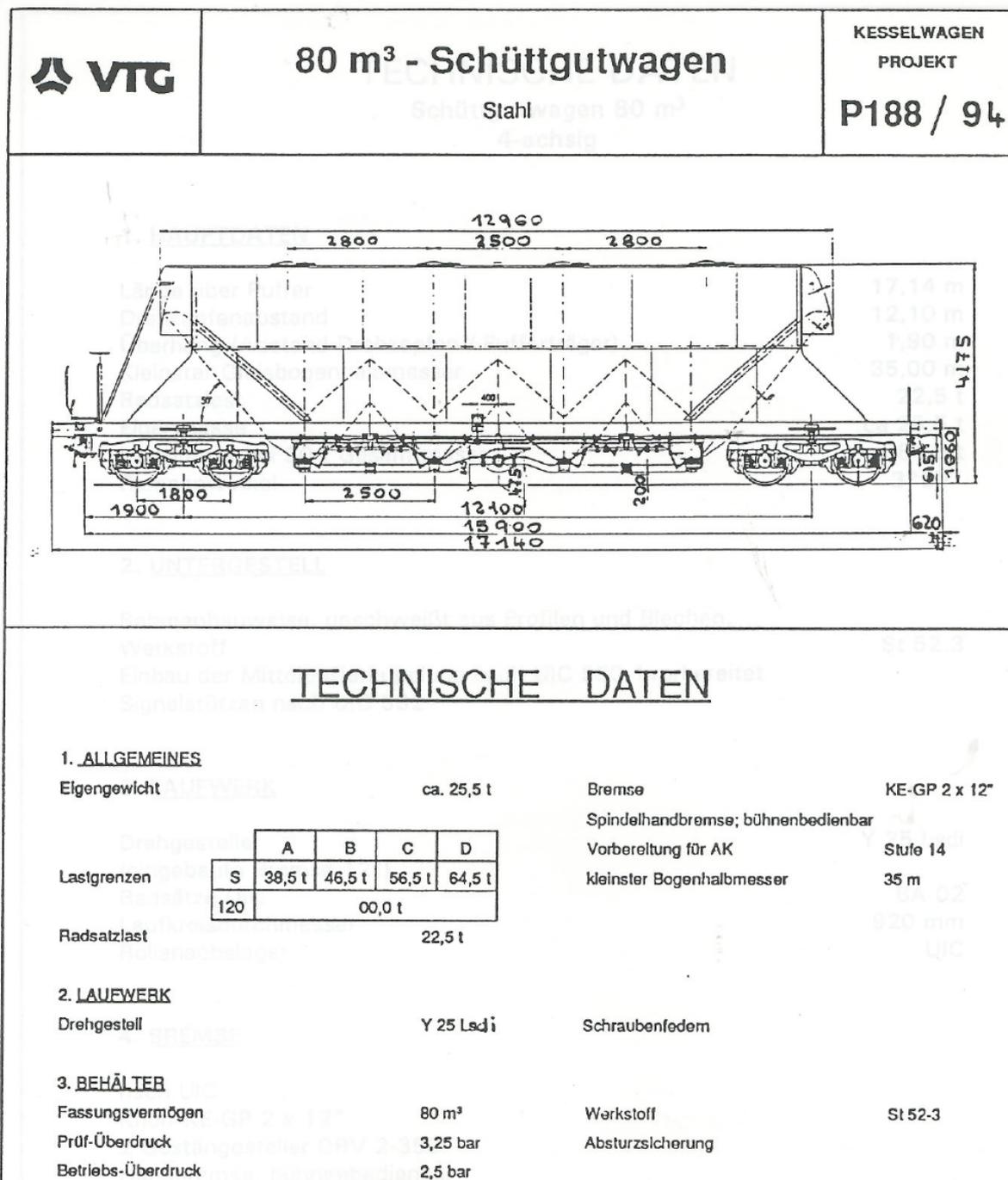


Abbildung 6: Stahl-Kalksteinmehlwagen (automatisiert) aus 1994

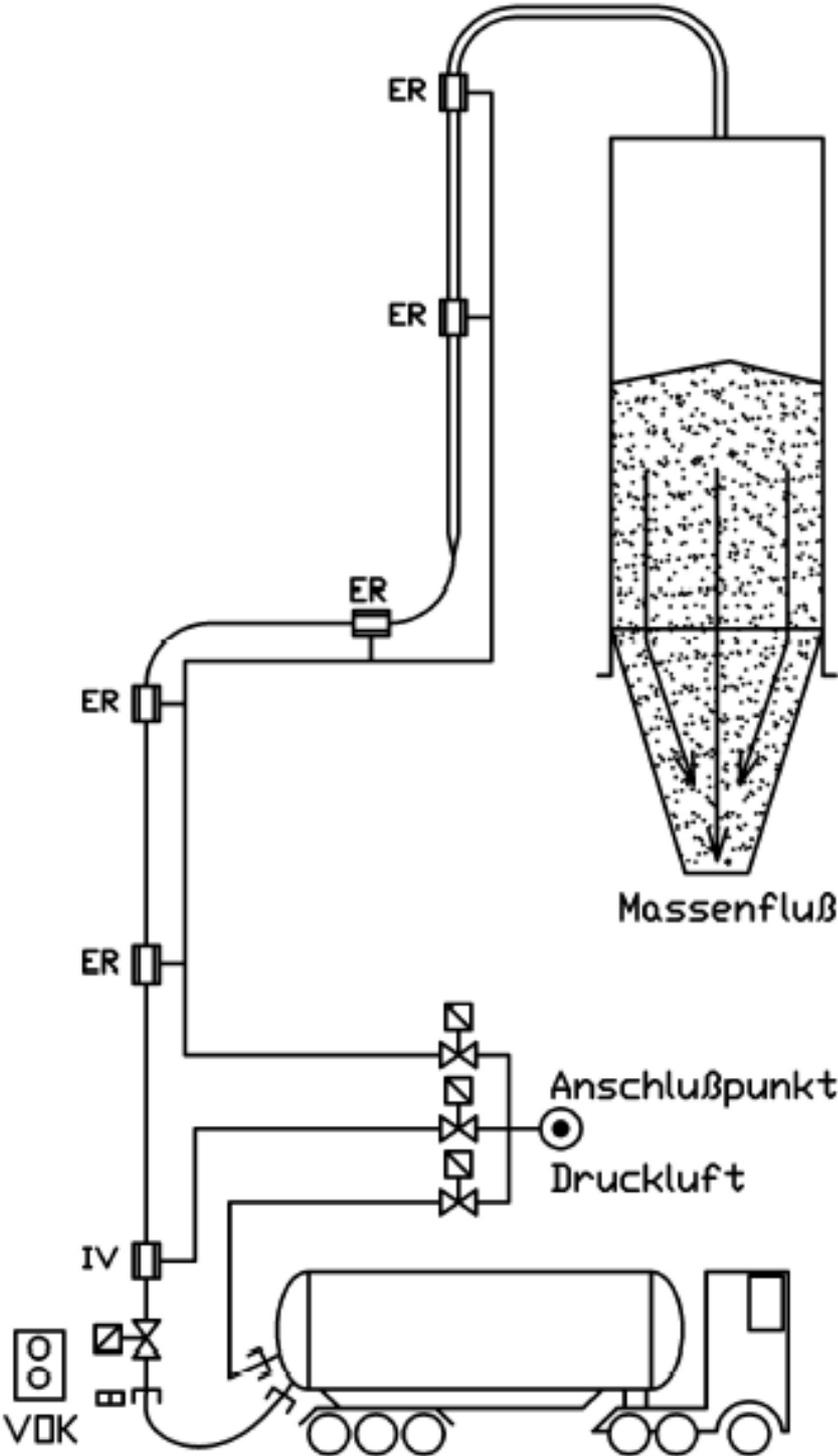


Abbildung 7: Schema Lkw-Pfropfenförderung



Abbildung 8: Silofahrzeugentladung (Quelle SST)



Abbildung 9 (oben links): Siloentladung nach Puls-Pneu Förderverfahren (Quelle SST)



Abbildung 10 (oben rechts): Puls-Pneu Förderleitungssystem (SST)

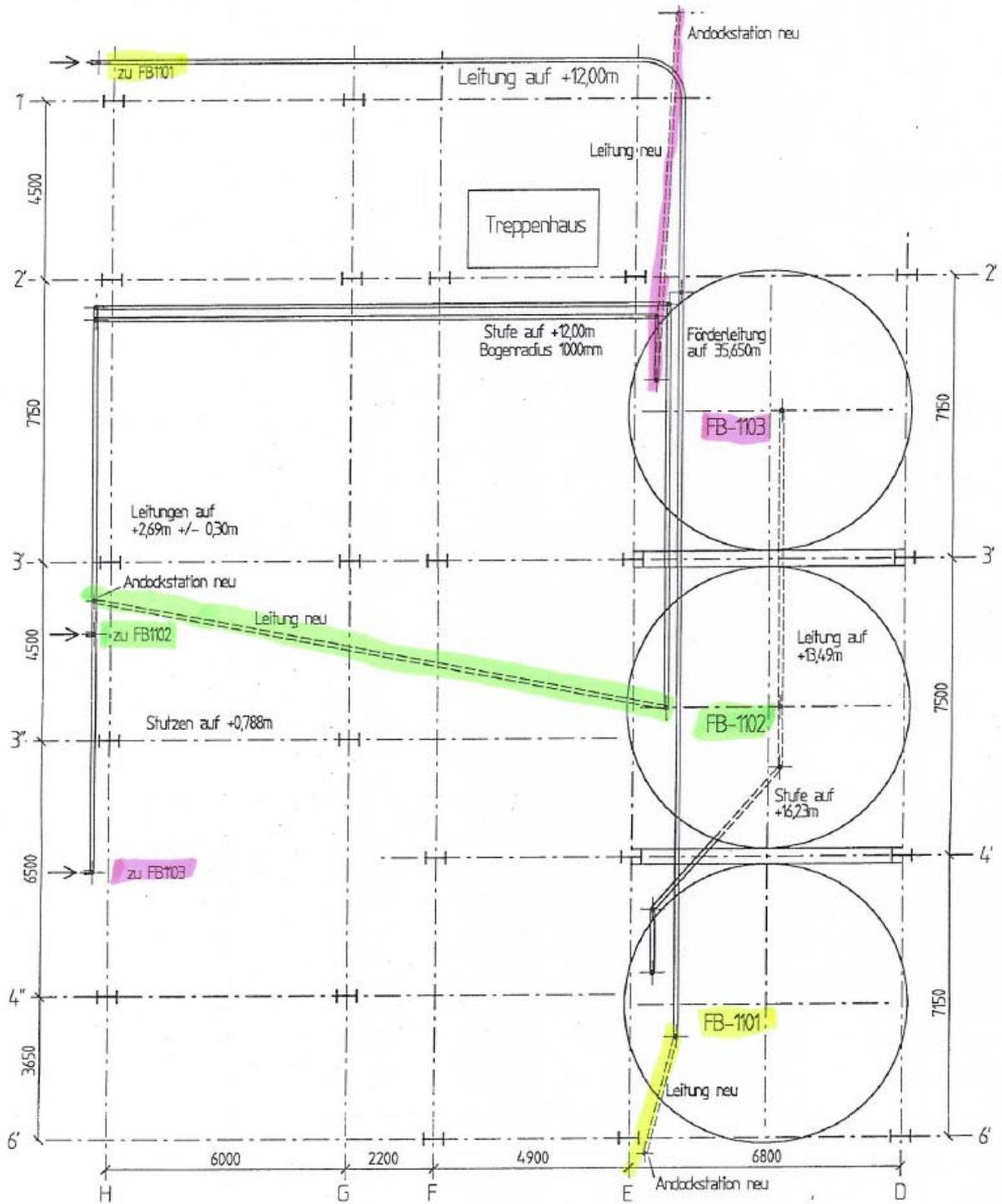


Abbildung 11: Aufbau der Entladeanlage alt/neu

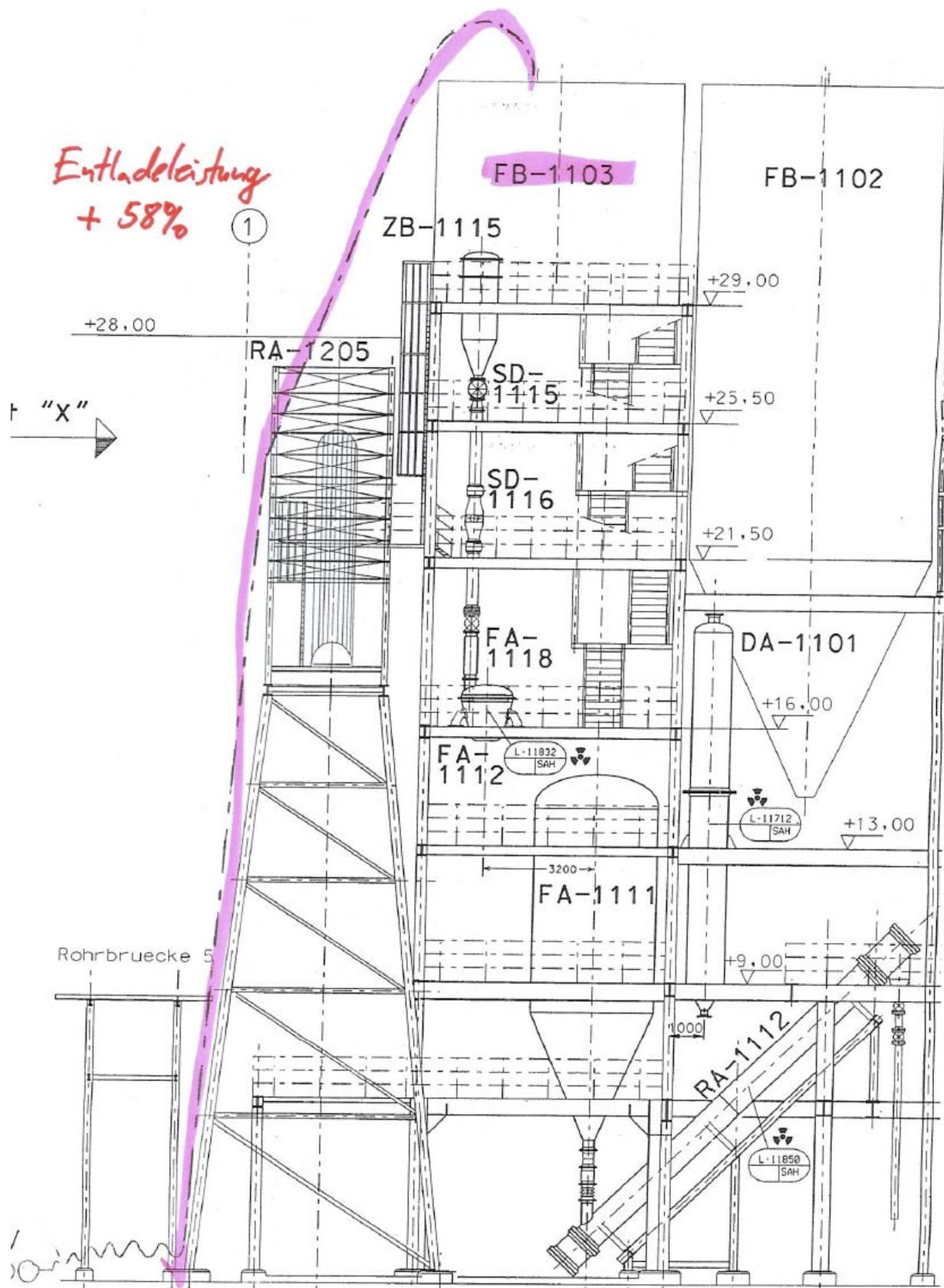


Abbildung 12: Neue Förderleitung für Silo FB-1103

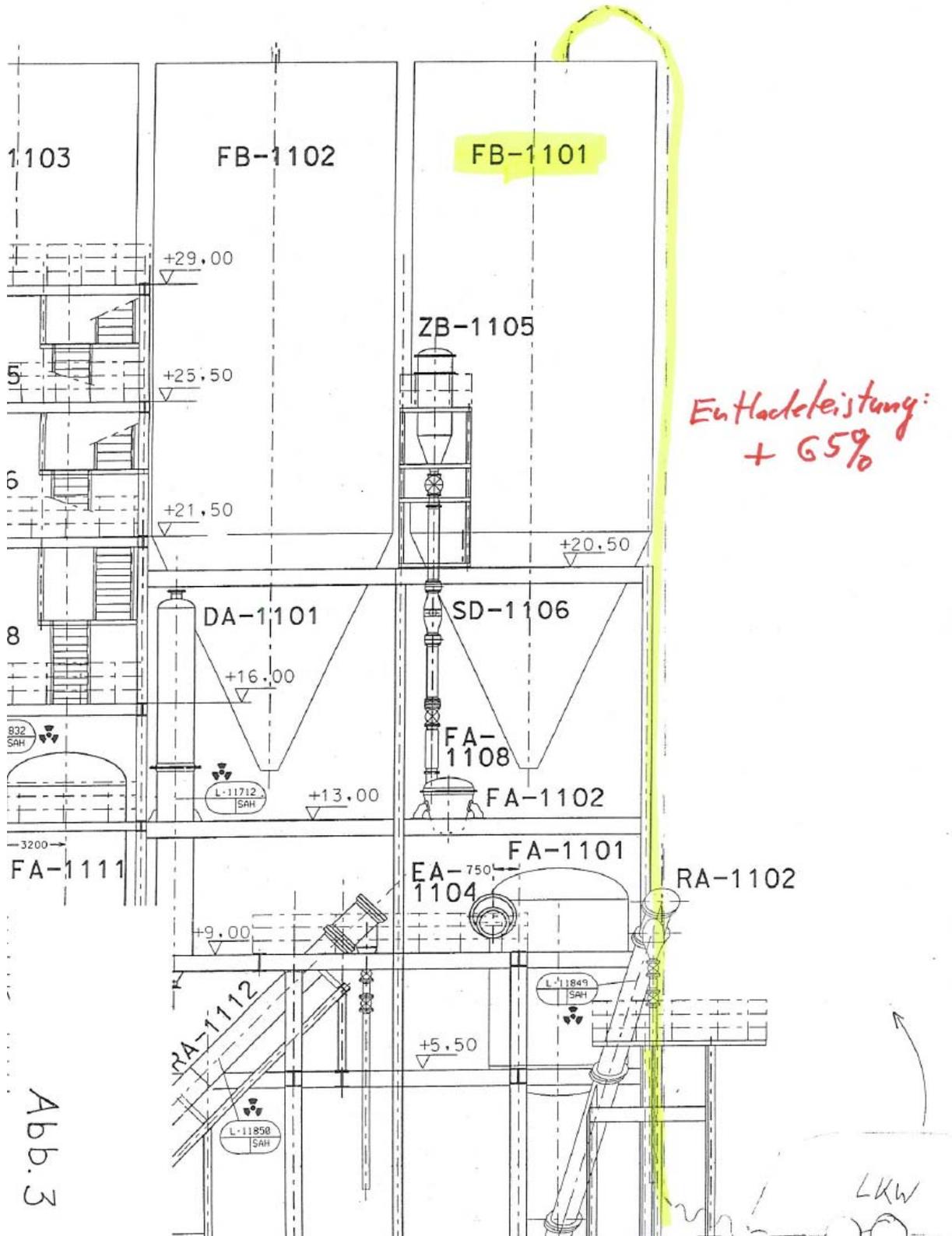


Abb. 3

Abbildung 13: Neue Förderleitung für Silo FB-1101



Abbildung 14: Entleerung eines Silo-Lkw mit Tiermehl



Abbildung 15: 4-fach-Verteiler hinter Silo-Lkw

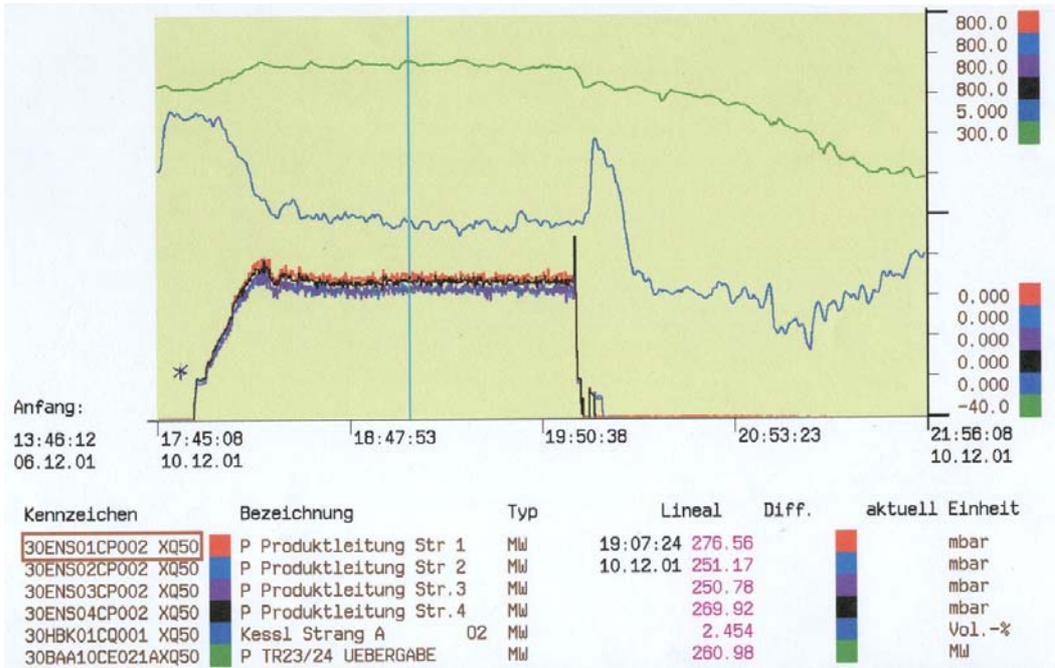


Abbildung 16: Einbindung der Silo-LKW-Entladung in verfahrenstechnischen Gesamtprozess

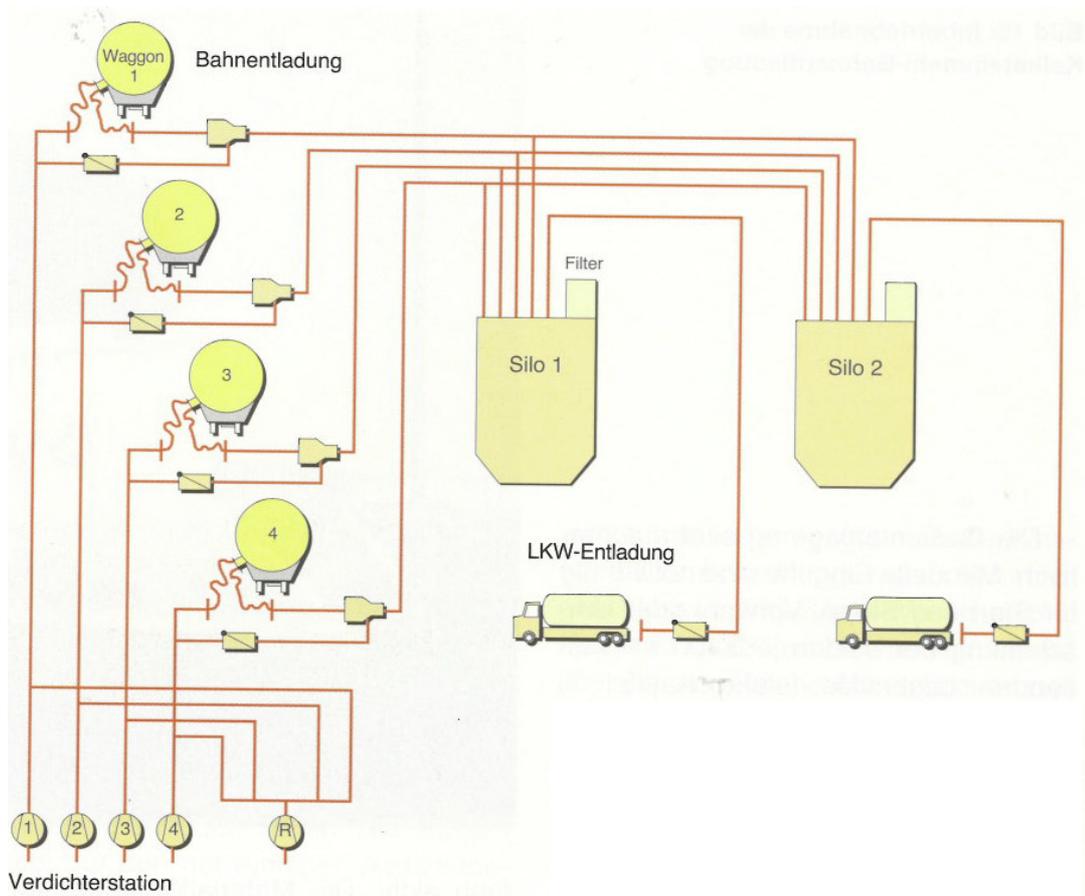


Abbildung 17: Schema der Kalksteinmehlentladung, Braunkohlekraftwerk Schkopau

Kalksteinmehl		
Maximaltemperatur	°C	50
Feuchtigkeit	%	< 1
Schüttdichte	kg/m ³	1 000
Bahmentladung		
Kesselwagen-Ausführung		Zwei-Kammer
Förderleistung	t/h	4 x 60
Förderlänge	m	330
Förderluftmenge im Ansaugzustand	m ³ /h	2 900
Maximaldruck in Förderleitung	bar	2,9
LKW-Entladung		
Kesselwagen-Ausführung		Silofahrzeug
Förderleistung	t/h	30
Förderlänge	m	39
Förderluftmenge	m ³ /h	426
Maximaldruck in Förderleitung	bar	1,9

Abbildung 18: Technische Daten Kalksteinmehlentladung, Braunkohlekraftwerk Schkopau



Abbildung 19: Inbetriebnahme der Kalksteinmehl-Bahmentladung, Braunkohlekraftwerk Schkopau