

Entmischung von Gemenge, Auswirkungen auf die Schmelze und Gegenmaßnahmen

Jörg Leckert, Annette Goß, Osram GmbH, Augsburg

Vortrag im Fachausschuss III der DGG am 21. März 2007 in Ilmenau

## 1 Einleitung und Problemstellung

Für den Glasherstellprozess ist eine gute Durchmischung des Gemenges sehr wichtig. Die Anforderungen an die Rohstoffe sind vor allem eine möglichst ähnliche Korngröße aller Rohstoffe (0,05 bis 0,5 mm) sowie eine gute Rieselfähigkeit und Stabilität der Körner.

Bei der Osram GmbH werden im Glaswerk in Augsburg zwei Weichgläser für die Lampenfertigung produziert. Nach der Gemengeverwiegung und -mischung erfolgt der Gemengetransport zu den Wannen in beiden Fällen über pneumatische Leitungen. Der Vorteil dieser pneumatischen Förderung ist die Sauberkeit, der Nachteil die teilweise Gemengeentmischung und Zerkleinerung in den Bögen der Förderleitungen. Bei einer Wanne befindet sich aus diesem Grund unmittelbar vor dem Tagesbunker noch ein zweiter Mischer. Bei der zweiten Wanne wurde dieser aus Platzgründen weggelassen. Bis 2001 war letztgenannte Wanne nur mit einer Einlegemaschine und einem Tagesbunker mit rundem Querschnitt, aber dezentralem Auslauf ausgestattet, siehe Abbildung 1a.

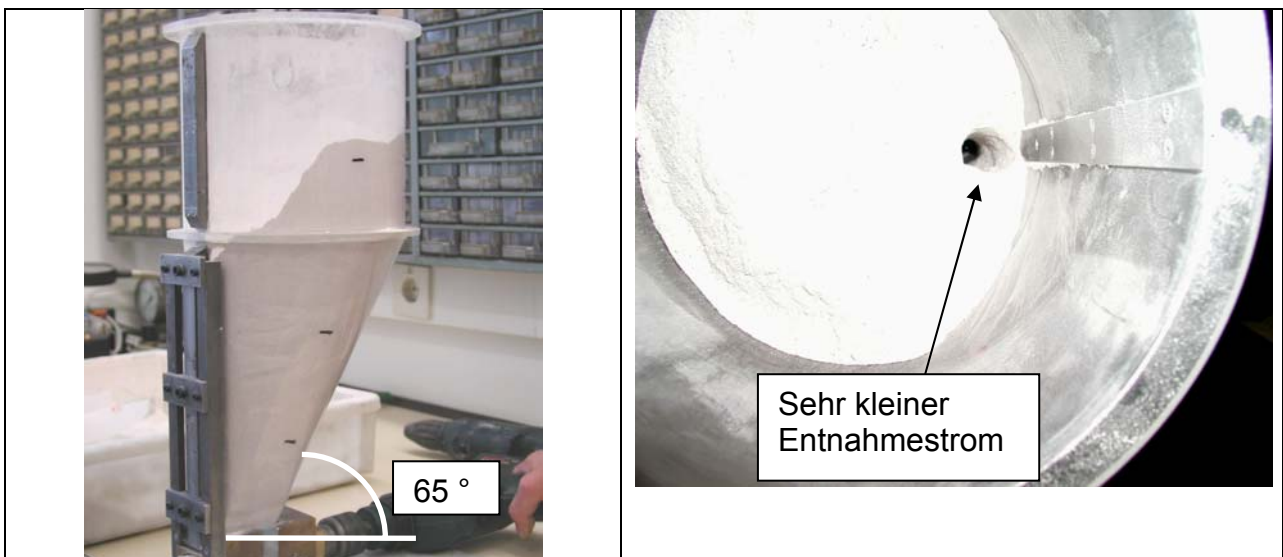
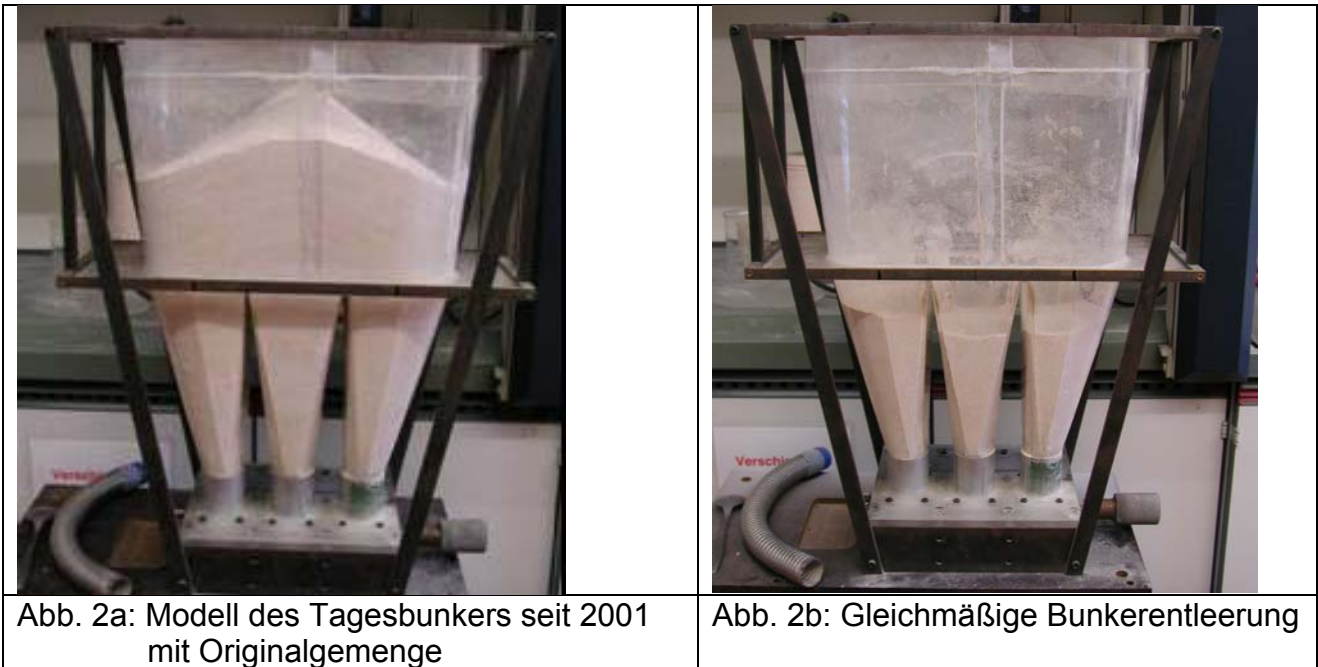


Abb. 1a: Modell des Tagesbunkers bis 2001, Seitenansicht mit Originalgemenge

Abb. 1b: Draufsicht des Modells des Tagesbunkers bis 2001 => Auslaufverhalten

Die Probleme bei diesem Tagesbunker waren die Asymmetrie und der unzureichende Winkel von 65° zur Waagerechten. Sie führten dazu, dass das Gemenge nur an der senkrechten Seite durch einen eng begrenzten Entnahmestrom geflossen ist. Auf der anderen Seite blieb das Gemenge stehen, siehe Abb. 1b. Dadurch kam es bei Störungen der Gemengeförderung vor, dass kein Gemenge mehr in die Einlegemaschine gelangte, obwohl der Füllstandseinzeiger des Bunkers voll meldete. Durch die Verwendung von Klopfern wurde die Gemengeoberfläche dann zwar eingeebnet, dadurch gelangte jedoch undefiniert Gemenge mit nicht homogener Zusammensetzung in die Schmelzwanne. Dies führte teilweise zur Schaumbildung in der Schmelzwanne und dadurch zum Absinken der Bodentemperaturen, Ansteigen der Kappentemperaturen sowie zu Knoten, Gispn und Blasen im Glas. Anhand von Versuchen mit Originalgemenge im Modellbunker konnte das ungünstige Fließverhalten eines derartigen Bunkers gut simuliert werden.

Im Zusammenhang mit der Vergrößerung dieser Wanne (2001) wurde auch ein größerer Tagesbunker für drei Einlegemaschinen erforderlich. Für die Auslauftrichter wurde nun ein steilerer Winkel von  $\geq 75^\circ$  zur Waagerechten gewählt. Die Bunkerform ist aus räumlichen Gründen elliptisch, siehe Abbildung 2a. Um das Auslaufverhalten dieses Tagesbunkers vor der Inbetriebnahme zu untersuchen, wurden wiederum Modellversuche durchgeführt. Die Entleerung des Bunkers verlief dabei sehr gleichmäßig, siehe Abb. 2b. Die Bunkerbefüllung wurde nicht simuliert.



Nach der Inbetriebnahme des Bunkers tauchten jedoch Probleme auf, speziell dann, wenn die Gemengeförderung (diskontinuierliche Gemengeförderung alle 10 bis 20 Minuten) für längere Zeit unterbrochen war. Wiederum wurde Schaumbildung in der Wanne mit den bereits genannten Folgen vor allem an den Außenseiten beobachtet. Gemengeproben aus den drei Einlegemaschinen (ELM) bewiesen, dass über die beiden äußeren Einlegemaschinen feineres Gemenge zugeführt wird als über die mittlere.

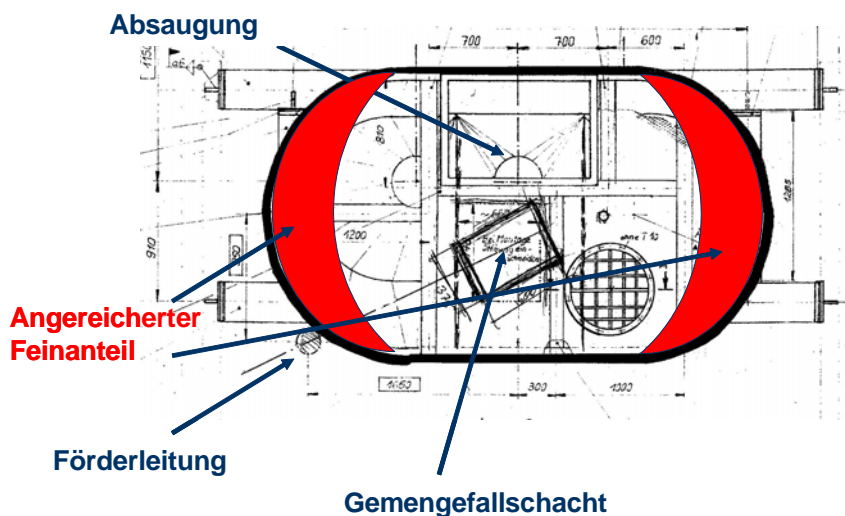


Abb. 3: Prinzipskizze Blick von oben in den Bunker mit angereicherterem Feinanteil

Der Blick oben in den Tagesbunker bestätigte die starke Anreicherung feiner Gemengebestandteile am Rand. Die Ursache musste also bereits die Bunkerbefüllung sein. Wenn das Gemenge über den Fallschacht mit Prallblech herunterfällt, kommt es zur Verstaubung und zur Anreicherung der feinen Gemengebestandteile (Pottasche, Soda) am Rand des Bunkers, siehe Abbildungen 3 und 4. Die Druckentlastung der pneumatischen Förderleitung verstärkt diese Wirkung. Bei einer Gemengestörung gerät dann der Feinanteil undefiniert in den Gemengestrom und schließlich in die Schmelzwanne.

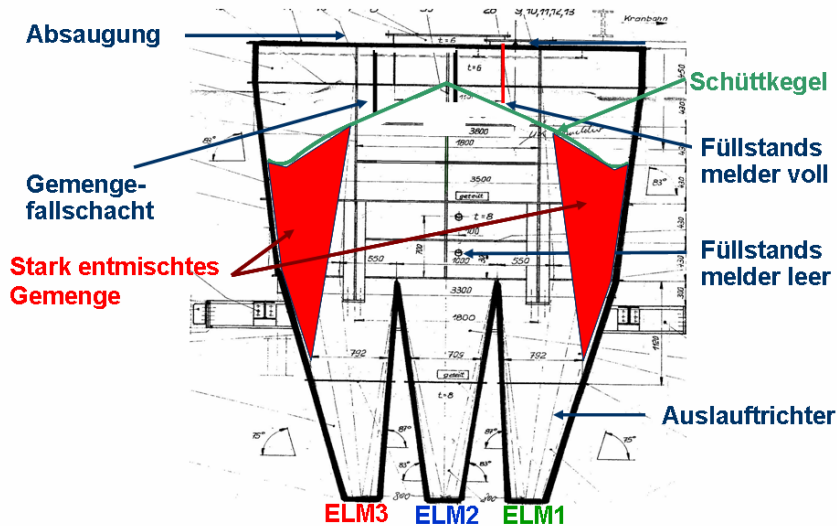


Abb. 4: Prinzipskizze Blick von der Seite auf Bunker mit entmischtem Gemenge

## 2 Untersuchungen

Um die Gemengeentmischung näher zu untersuchen, wurden aus den drei Einlegemaschinen (ELM 1 bis ELM3) Proben im Normalbetrieb und beim gezielten Ablassen des Bunkers entnommen und deren Schüttdichte und Korngrößenverteilung bestimmt. Darüber hinaus wurden Laborschmelzen aus Gemenge aus dem Mischer sowie aus stark entmischtem Gemenge hergestellt und chemisch analysiert. Die Ermittlung der chemischen Zusammensetzung des Gemenges selbst ist aufgrund der nur geringen Probenmenge, die analysiert werden kann, nicht repräsentativ genug.

### 2.1 Schüttdichte

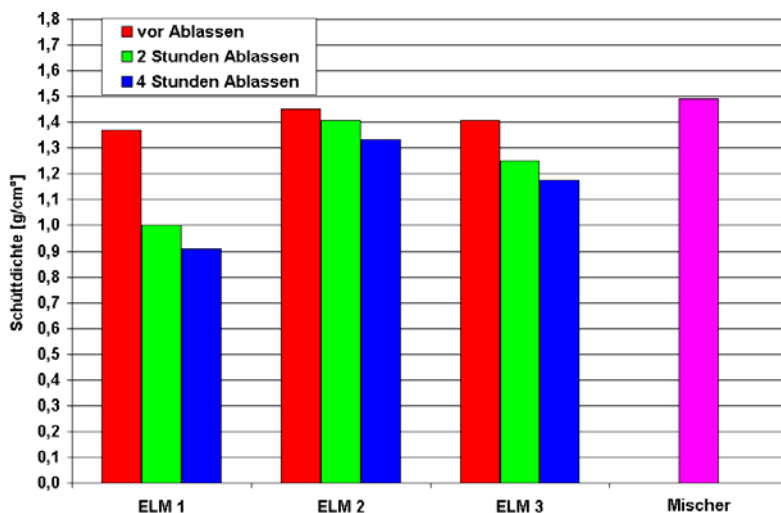


Abb. 5: Vergleich der Schüttdichten der Gemengeproben im Normalbetrieb und nach 2 und 4 stündigem Ablassen des Bunkers

Abb. 5 zeigt den Vergleich der Schüttdichten der einzelnen Gemengeproben im Normalbetrieb und nach 2 und 4 stündigem Ablassen des Gemengebunkers sowie von Gemenge, das aus dem Mischer entnommen wurde und die „Idealschüttdichte“ repräsentiert. In allen drei Einlegemaschinen ist das Ablassen auch mit einer Abnahme der Schüttdichte, d. h. einer Anreicherung an Feinmaterial wie Soda und Pottasche, verbunden. Darüber hinaus wird deutlich, dass dieser Effekt in der ELM 1 am stärksten ausgeprägt ist und in der mittleren ELM 2 am wenigsten. Die Ursache dafür ist der etwas zur ELM 3 verschobene Schüttkegel bedingt durch den dezentral angeordneten Gemengefallschacht, siehe Abb. 3.

## 2.2 Korngrößenverteilung

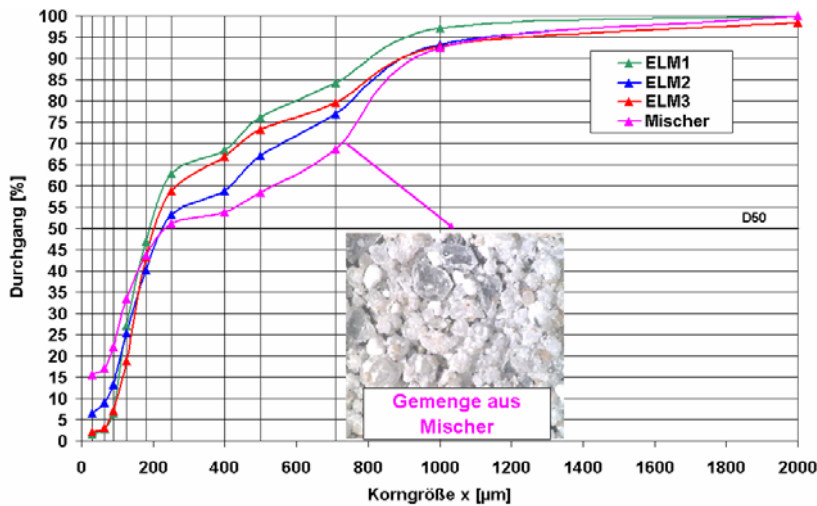


Abb. 6: Vergleich der Durchgangssummenkurven der Gemengeproben aus den einzelnen ELM mit Gemenge aus dem Mischer im Normalbetrieb

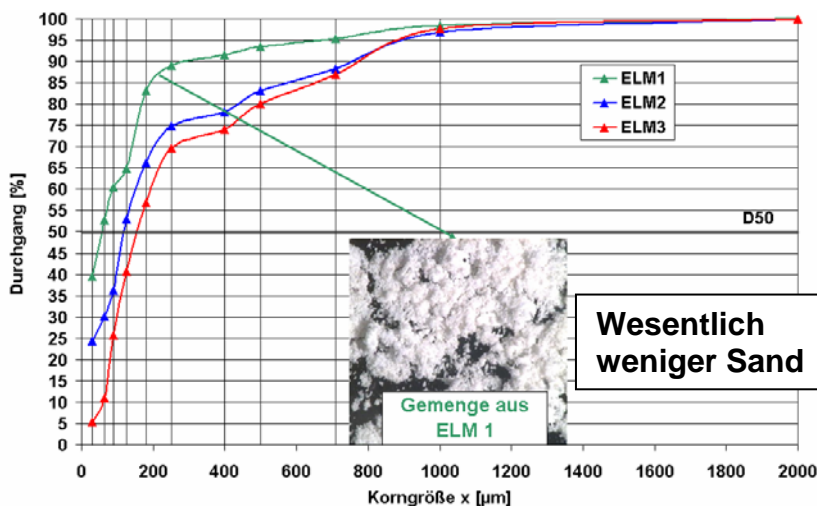


Abb. 7: Vergleich der Durchgangssummenkurven der Gemengeproben aus den einzelnen ELM nach 4 stündigem Ablassen

Die Ermittlung der Korngrößenverteilungen der einzelnen Gemengeproben mittels Siebanalyse bestätigt die Schüttdichtemessungen. Das Gemenge aus dem Mischer weist die größten Körner auf gefolgt von Gemenge aus ELM 2, 3 und 1, siehe Abb. 6. Beim Ablassen des Bunkers gerät immer mehr feines Gemenge in den Gemengestrom. Speziell in ELM 1 besteht das Gemenge zu einem großen Teil aus feinkörnigen Rohstoffen, siehe Abb. 7

## 2.2 Laborschmelzen und chemische Analysen

In der folgenden Tabelle ist die chemische Glasanalyse einer Laborschmelze hergestellt aus Gemenge aus dem Mischer und aus Gemenge aus ELM 1 nach 4 stündigem Ablassen dargestellt. Der geringere SiO<sub>2</sub>-Anteil bei der Probe aus ELM 1 zu Lasten von mehr Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O wird dabei sehr deutlich. Die Herstellung der Laborschmelze musste bei einer Temperatur von 1150 °C durchgeführt werden, ansonsten ist das Gemenge als Schaum aus dem Tiegel übergelaufen.

### Laborschmelzen aus

	Gemenge aus Mischer bei 1450 °C	Gemenge aus ELM 1 (4 h Ablassen) bei 1150 °C (bei höheren Temperaturen überschäumen)
SiO <sub>2</sub>	70	38,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,8	0,8
Na <sub>2</sub> O	8,4	15,6
K <sub>2</sub> O	10,4	29,2
BaO	6,1	9,9
andere	3,3	6,0
Chemische Glaszusammensetzung in Gew.-%		

Tabelle 1: Vergleich der chemischen Glasanalyse von einer Laborschmelze, die aus Gemenge aus dem Mischer sowie aus Gemenge aus ELM 1 nach 4 h Bunkerablassen hergestellt wurde

## 3 Maßnahmen

Infolge der gewonnenen Erkenntnisse waren folgende Sofortmaßnahmen denkbar:

1. Absaugen feiner Gemengebestandteile und Rückführung in das Gemenge
2. Reduzierung der Nachblaszeit der pneumatischen Förderung
3. *Entfernen der mittleren Einlegemaschine*

Maßnahme 1 und 2 führte zu einer kleinen Verbesserung, löste das Problem aber nicht vollständig.

Außerdem wurden folgende konstruktive Maßnahmen am Gemengebunker erwogen:

1. *Installation von Mischerschnecken mit Ausräumer*
2. *Installation von 2 Trennwänden am Rand*
3. Installation eines zusätzlichen Mixers über dem Tagesbunker
4. Änderung der Förderleitung, um den Bunker symmetrisch zu befüllen

Alle kursiv geschriebenen Maßnahmen wurden zunächst am Modell ausprobiert:

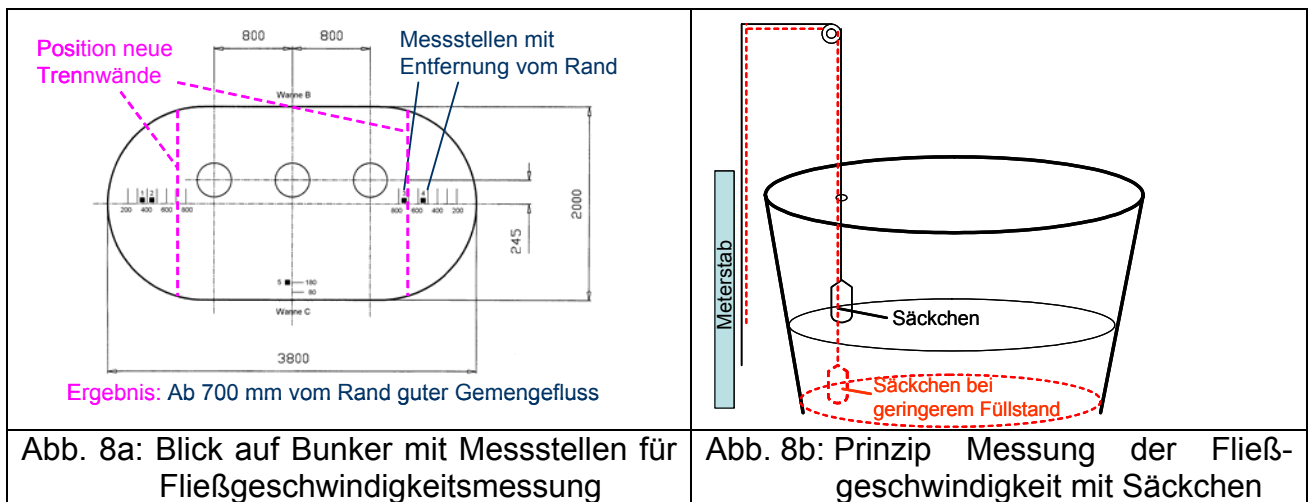
Die Entfernung der mittleren Einlegemaschine mit dem Hintergrund den Gemengestrom weiter auf die beiden Außenseiten zu verlagern und damit das regelmäßige Untermischen der feinen Gemengebestandteile zu erzielen, erwies sich im Modell als erfolgreich. Die Umsetzung an der Wanne brachte aber nicht den gewünschten Erfolg.

Die Installation von Mischerschnecken mit Ausräumer bewirkte nur, dass das Gemenge im Auslauftrichter gut vermischt wurde. Die Gemengeentmischung oben im Bunker wurde nicht verbessert, so dass diese Maßnahme verworfen wurde.



Die Installation von Trennwänden am Rand und damit eine Verkleinerung des Bunkervolumens wiederum mit dem Hintergrund das regelmäßige Untermischen der feinen Gemengebestandteile zu erzielen, zeigte im Modell so guten Erfolg, so dass eine Umsetzung in die Realität sinnvoll erschien. Um den richtigen Abstand der Trennwände vom Rand zu ermitteln, musste noch festgestellt werden, in welcher Entfernung vom Rand das Gemenge automatisch in den Gemengestrom gelangt. Dazu wurden folgende Versuche im realen Tagesbunker durchgeführt:

1. Kleine Löcher in den Deckel des Tagesbunkers in definiertem Abstand vom Rand bohren, siehe Abb. 8a.
2. 200 g Gemenge in kleine Säckchen füllen und an eine lange Schnur hängen.
3. Schnur durch die Löcher führen und die Säckchen auf der Gemengeoberfläche ablegen, siehe Abb. 8b.
4. Schnur über Umlenkrolle führen, Markierungen an Schnur anbringen und Meterstab installieren, siehe Abb. 8b.
5. Bunker gezielt ablassen und beobachten, inwieweit sich die Position des Säckchens verändert.



Nach diversen Versuchen stellte sich heraus, dass das Gemenge in einer Entfernung von 700 mm vom Rand gut fließt. Die geraden Trennwände wurden dementsprechend dort installiert und das Bunkervolumen so um ca. 15 % verkleinert. Der Querschnitt des Bunkers ist dadurch fast rechteckig.

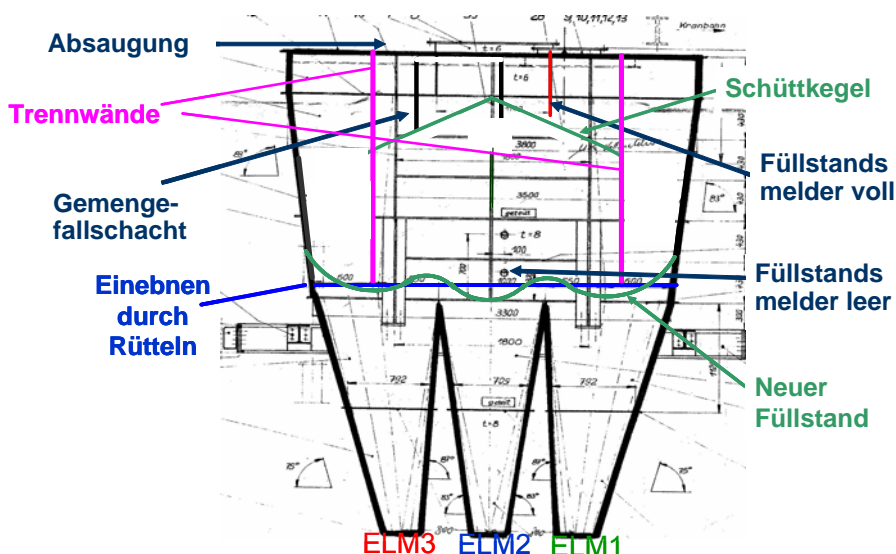


Abb. 9: Prinzipskizze Blick von der Seite auf Bunker mit Trennwänden und Darstellung der Füllstandssenkung incl. Rütteln

Außerdem wurde die Fahrweise des Bunkers verändert. Täglich wird der Füllstand einmal bis kurz über den Leermelder gesenkt, um größere Ansammlungen von feinem Gemenge am Rand endgültig auszuschließen. Wenn das niedrigste Gemengeniveau erreicht ist, wird noch einmal 20 Sekunden gerüttelt, um die Gemengeoberfläche einzuebnen, siehe auch Abb. 9. Anschließend wird der Bunker mit größeren Fördermengen und geringeren Förderzeitabständen wieder befüllt. Die Probleme sind seither nicht mehr aufgetreten.