

## HVG-Mitteilung Nr. 2051

Überblick über gängige Einlegetechniken und deren Einfluss auf den Schmelzprozess

J. Rosenthal, R. Sims, EME Maschinenfabrik Clasen GmbH, Erkelenz

Vortrag in der gemeinsamen Sitzung der Fachausschüsse III und VI der DGG  
am 15.10.2003 in Würzburg

### 1. Einleitung

Eine stabile Produktion von qualitativ hochwertigen Produkten erfordert eine lückenlose Kontrolle des Produktionsprozesses, angefangen bei den Rohstoffen bis hin zum kalten Ende. Einem Teil dieses Prozesses, der Beschickung des Schmelzofens mit Gemenge, wird jedoch nicht immer die nötige Aufmerksamkeit zuteil, obwohl die Gemengebeschickung einen maßgeblichen Einfluss auf die Schmelzleistung, die Glasqualität und die Lebensdauer des Schmelzofens haben kann. Faktoren, die für den Betreiber von größter wirtschaftlicher Bedeutung sind.

### 2. Anforderungen

Aus Sicht des Ofenbauers und des Betreibers gibt es vier Hauptbereiche, die berücksichtigt werden müssen:

- das Schmelzverhalten des Gemenges,
- die Glasqualität,
- der Verschleiß des Feuerfestmaterials und
- die Konstruktion des Doghouse.

### 3. Schmelzverhalten des Gemenges

Der Schmelzprozess besteht aus komplexen chemischen Reaktionen und physikalischen Abläufen. Diese Reaktionen finden bei hohen Temperaturen statt. Gemenge ist ein guter Wärmeisolator, so dass die Wärmeübertragung innerhalb eines Gemengehaufens sehr gering ist. Es ist schwierig, ausreichend Energie in das Zentrum eines Gemengehaufens zu leiten, damit der Schmelzprozess stattfinden kann. Demzufolge hat die Dicke und die Oberfläche der Gemengesicht einen direkten Einfluss auf die notwendige Verweilzeit des Gemenges im Ofen. Zu dicke Gemengehaufen können dazu führen, dass nicht ausreichend geschmolzenes Gemenge in den Verarbeitungsprozess gelangt.

Der beste Weg, dies zu verhindern, ist eine Begrenzung der Dicke der Gemengehaufen, die Bedeckung einer größtmöglichen Fläche zur besseren Wärmeübertragung sowie die optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Glasbadoberfläche der Schmelzwanne. Des Weiteren sind große, ununterbrochene Gemengestränge sowie ein geschlossener Gemenge Teppich ohne Lücken zu vermeiden. Diese Faktoren werden weitgehend von dem zur Gemengebeschickung verwendeten Einleger bestimmt.

### 4. Glasqualität

Die Gemengebeschickung kann die Glasqualität beeinträchtigen, wenn zum Beispiel ungeschmolzenes Gemenge über den Quellpunkt in den Läuterbereich gelangt. Steine und

Schlieren treten dann als typischer Glasfehler auf. Die Gefahr wird noch erhöht, wenn Gemengeverbackungen in den Ofen gelangen, da diese nur sehr langsam schmelzen. Eine wechselnde und möglichst flächendeckende Aufgabe des Gemenges kann zu einer Verringerung dieses Problems beitragen. Auch die Flammenverteilung im Ofen, eine Zusatzbeheizung oder Bubbler können einen maßgeblichen Einfluss auf die Bewegung und die Verweildauer des Gemenges im Schmelzofen ausüben, wenngleich sie nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Gemengebeschickung stehen.

### **5. Verschleiß des Feuerfestmaterials**

Durch Kontakt beansprucht kaltes Gemenge das Feuerfestmaterial sowohl thermisch als auch mechanisch. Einlegemaschinen ohne Doghouse, wie z.B. Schneckeneinleger, bilden oftmals einen beträchtlichen Gemengehaufen unmittelbar an der Aufgabestelle, der sowohl mit den Feuerfestmaterialien des Oberbaus als auch mit den des Beckens in Berührung kommt und so zu Verschleiß führt. Bei U-Flammenwannen mit nur einem Doghouse kann der Versuch lange Gemengestränge zu vermeiden, die zu schnell durch die Schmelzzone gedrückt würden, zur Folge haben, dass das Gemenge an die Ofenrückwand und die gegenüber liegende Seitenwand gedrückt wird. Dies wiederum erhöht den Verschleiß der Feuerfestmaterialien an diesen Berührungspunkten in der Wanne.

### **6. Ausführung des Doghouse**

Die Verwendung eines Doghouse an einem Schmelzofen kann mehrere Nachteile mit sich bringen. Während der Aufheizphase ist die Ausdehnung der Feuerfestmaterialien im Doghousebereich schwer zu kontrollieren. Risse und Undichtigkeiten sind die Folge. Über das Doghouse geht Energie verloren. Auch ist der unkontrollierte Eintritt von Falschluff möglich. Das Feuerfestmaterial des Doghouse unterliegt erhöhtem Verschleiß, so dass es im weiteren Verlauf der Ofenreise zu einem Schwachpunkt in der Konstruktion und somit der Lebensdauer des Schmelzofens werden kann.

Dennoch ermöglicht ein Doghouse die Verwendung von Einlegesystemen, mit denen die Gemengeverteilung auf der Glasbadoberfläche beeinflusst werden kann, was wiederum eine positive Auswirkung auf die erreichbare Schmelzleistung und die Glasqualität hat. Es sorgt auch für einen relativ „ruhigen“ Bereich im Oberofen, wodurch das sogenannte „carry-over“ von feinen Gemengebestandteilen und deren Ablagerung in Regeneratoren, Rekuperatoren und Abgaskanälen reduziert wird. Auch schützt das Doghouse die Einlegemaschine vor der direkten Wärmeeinstrahlung.

Die Form eines Doghouse muss an den jeweiligen Typ der Einlegemaschine angepasst werden. So können Berührungspunkte und somit thermische und mechanische Beanspruchung zwischen kaltem Gemenge und den Feuerfestmaterialien der Wanne auf ein Minimum reduziert werden. Strahlungsverluste werden durch ein möglichst kleines Doghouse minimiert. Eine gute Abdichtung zwischen der Einlegemaschine und dem Doghouse-Oberbau schränkt den Eintritt von kalter Falschluff ein.

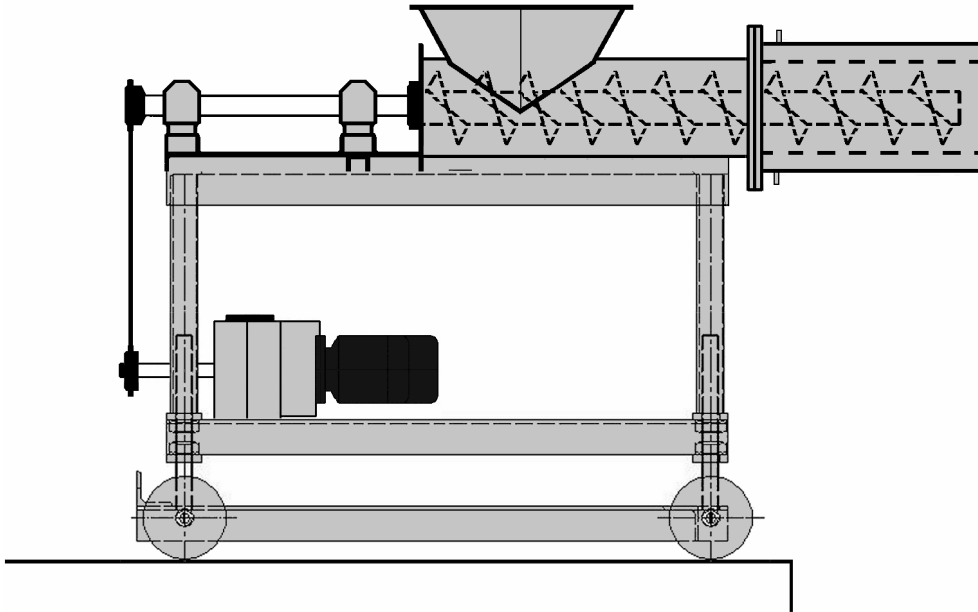


Abbildung 1: Scheckeneinlegemaschine.

## 7. Einlegemaschinen

Es gibt eine Anzahl von verschiedenen Typen von Einlegemaschinen, die üblicherweise eingesetzt werden. Die wichtigsten werden nachstehend beschrieben, wobei die Einlegemaschinen der EME Maschinenfabrik Clasen als Beispiel angeführt werden.

### 7.1 Schneckeneinlegemaschine

Dieser Einleger besteht aus einer horizontalen Förderschnecke mit wassergekühltem Vorderteil, das durch eine Öffnung in der Seitenwand des Oberbaus eingeführt wird. Das Gemenge fällt durch die Schwerkraft in die Schnecke und wird durch die Schneckenbewegung in die Wanne gefördert. Die Aufgabemenge wird durch Verändern der Drehgeschwindigkeit der Schnecke geregelt. Diese Konstruktion benötigt kein Doghouse, lediglich eine einfache Einführöffnung im Oberbau. Hierdurch ist auch ein einfaches Abdichten rund um den Einleger herum möglich, um das unkontrollierte Eintreten von kalter Luft zu vermeiden.

Jedoch hat dieses Prinzip eine Reihe von Nachteilen. Es ist ein wassergekühlter Mantel rund um das Gehäuse erforderlich, um die Förderschnecke vor den hohen Temperaturen im Schmelzofen zu schützen. Dies kann Schäden an den Feuerfestmaterialien im Aufgabebereich verursachen.

Dieser Einleger schiebt durch den Druck des nachfallenden Materials das Gemenge in die Wanne, er hat jedoch keinen Einfluss auf die Form oder die Größe des Gemengehaufens sowie auf dessen Bewegung im Schmelzofen. Da das Gemenge durch die Funktionsweise des Einlegers nicht vom Aufgabebereich wegbewegt wird, besteht ein hohes Maß an Berührung zwischen kaltem Gemenge und den Feuerfestmaterialien in unmittelbarer Umgebung der Einlegeöffnung sowohl im Oberofen als auch im Bereich des Beckens, was zu weitreichenden Schäden führen kann. Auch besteht die Gefahr, dass Gemenge unter die Glasbadoberfläche gedrückt wird und untergeht. Hinzu kommt noch, dass der Einsatz von Scherben begrenzt ist, da diese erhöhten Verschleiß an der Förderschnecke hervorrufen.

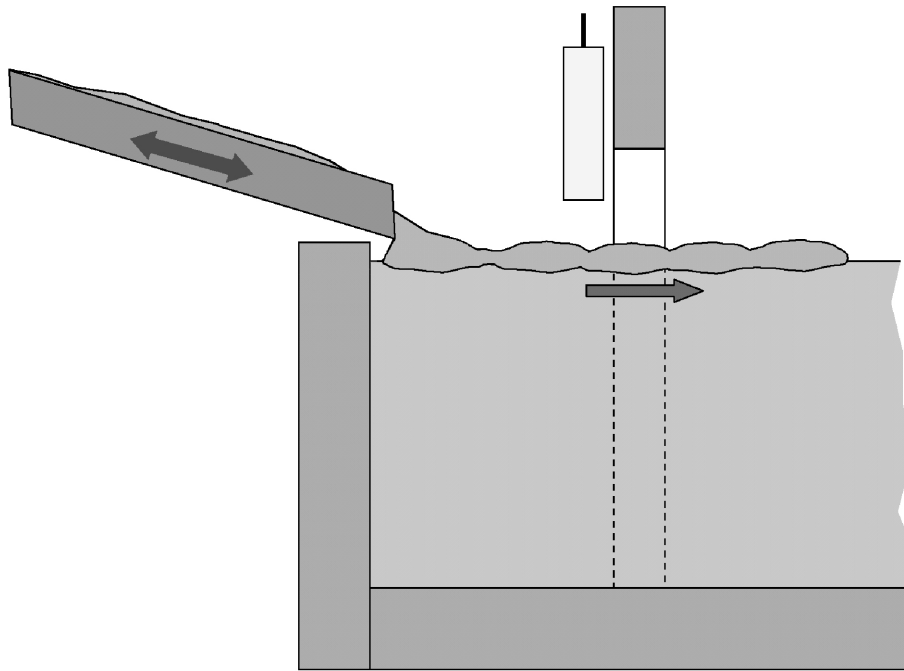


Abbildung 2: Grundprinzip der Schurreinlegemaschine.

## 7.2 Kolbeneinlegemaschine

Der Kolbeneinleger ist in vieler Hinsicht dem Schneckeneinleger ähnlich, jedoch wird die Schnecke durch einen reversierenden Kolben ersetzt, der das Gemenge in den Schmelzofen schiebt. Auch die Vor- und Nachteile sind ähnlich denen des Schneckeneinlegers. Der Kolbeneinleger eignet sich nur für sehr feines Gemenge mit geringen Scherbenzusätzen und für kleine Ofenleistungen.

## 7.3 Schurreinlegemaschine (Typ SB)

Für diesen Einlegertyp ist ein Doghouse erforderlich, da das Material auf die Glasbadoberfläche aufgelegt wird. Hauptmerkmal dieses Typs ist eine geneigte Rinne unterhalb des Einlauftrichters. Die Schurre wird vor- und zurückgefahren. Bei der Vorwärtsbewegung wird die Schurre mit Gemenge gefüllt, das durch Schwerkraft aus dem Einfülltrichter nachrutscht. Des Weiteren wird das vor dem Einleger auf dem Glasbad schwimmende Gemenge weiter in den Ofen hinein geschoben. Fährt die Rinne zurück, wird das auf der Schurre befindliche Gemenge in den Ofen eingelegt, da es durch die Gemengesäule des Einfülltrichters oder eine zusätzliche Einrichtung abgestreift wird. Der Aufbau wird in Abbildung 2 dargestellt. Die Aufgabelleistung kann durch Veränderung der Geschwindigkeit der Schurrenbewegung sowie durch den Neigungswinkel der Schurre geregelt werden. Der Hub der Schurre ist eine weitere Regelgröße, um das Einlegebild zu beeinflussen.

Mit dem Schurreinleger kann Einfluss auf die Vortriebsgeschwindigkeit des Gemenge Teppichs im Ofen genommen werden, solange Gemenge nachgelegt wird. Bei Unterbrechung des Einlegevorganges wird dieser Einfluss auch unterbunden. Dann bestimmen nur noch die Glasströmungen die Bewegung des Gemenge Teppichs. Ein Aufbrechen des Gemenge Teppichs in einzelne Inseln ist nicht möglich.

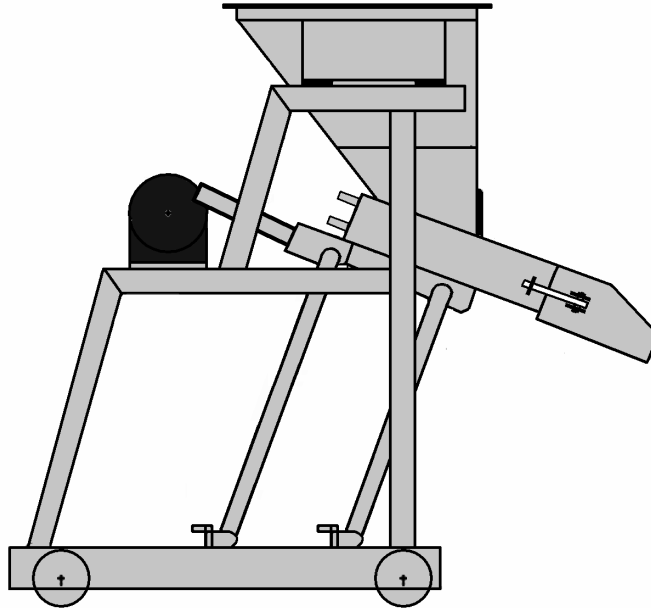


Abbildung 3: Die EME Schurreinelegemaschine Typ BS

Querflammenwannen werden von der Rückseite mit Gemenge beschickt und das Doghouse kann fast genauso breit wie der Schmelzofen selbst sein. Eine Anzahl von Schurreinelegern kann nebeneinander aufgestellt werden. Diese Kombination sorgt für eine beinahe komplette Bedeckung der Glasbadoberfläche. Die Tatsache, dass in diesem Fall die Gemengeeinlage nicht in kleinere, einzelne Haufen aufgebrochen wird, wird durch die große Fläche, die bedeckt wird, kompensiert. Auch kann durch die Verwendung von mehreren Schurreinelegern die Gemengeverteilung über den Wannenquerschnitt im Hinblick auf die Temperaturverteilung und die Strömungsverhältnisse optimiert werden. Hierbei handelt es sich um eine typische Anordnung für große Wannen wie zum Beispiel für Floatglas. Das für Schurreineleger erforderliche große Doghouse ist besonders schwierig abzudichten. Das Schurrenvorderteil kann je nach Anforderung mit Luft oder Wasser gekühlt werden.

#### 7.4 Geschlossenes Doghouse Schwingeneinlegemaschine (Typ ESE)

Diese Bauform des Einlegers hat eine wassergekühlte Schwinge, die sich unterhalb eines kleinen Aufgabetrichters befindet. Die Schwinge ist gebogen und schwenkbar. Befindet sich die Schwinge in der rückwärtigen Position ist der Auslauf des Aufgabetrichters frei und das Gemenge kann auf die Glasbadoberfläche fließen. Fährt die Schwinge nach vorne, wird dieser Gemengehaufen mit der Vorderseite der Schwinge in den Schmelzofen geschoben, während der Auslauf des Aufgabetrichters geschlossen wird. Beim Zurückfahren der Schwinge wird der Auslauf des Aufgabetrichters wieder frei gegeben und frisches Gemenge fällt in die Lücke, die durch das gerade eingeschobene Gemenge entstanden ist. Der Einlegerhythmus beginnt von vorne.

Die Aufgabeeleistung kann durch Änderung der Schwingengeschwindigkeit sowie durch die Größe des freien Querschnittes des Auslaufes des Aufgabetrichters beeinflusst werden. Eine manuelle Verstellung des Schwingenhubes ist möglich. Die Abflussmenge des Aufgabetrichters kann mit Hilfe eines Schiebers verändert werden.

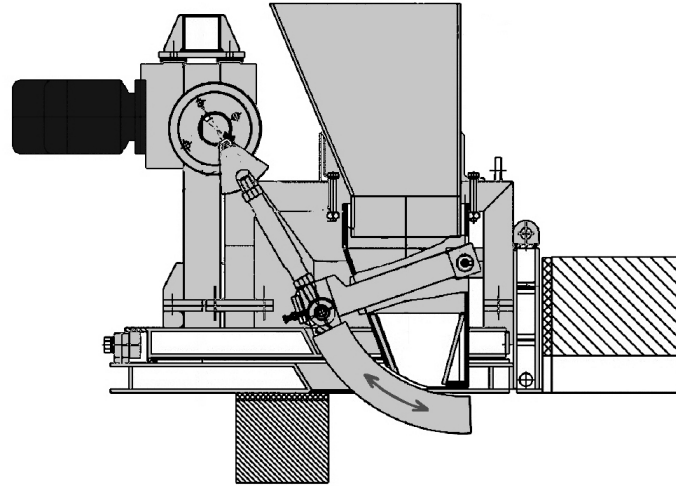


Abbildung 4: Geschlossenes Doghouse Schwingeneinlegemaschine Typ ESE

Da die Aufgabe- und Schiebebewegung miteinander verbunden sind, wird das Gemenge bei Unterbrechung der Gemengeeinlage nicht mehr vorwärts geschoben. Es ist daher schwierig, das Gemenge in einzelne Haufen aufzubrechen, insbesondere bei höheren Leistungen. Eine Verbesserung kann durch Oszillieren des Einlegers erzielt werden. Die Schurre mit Aufgabetrichter schwenkt um ca.  $10^\circ$  nach links und rechts und kann somit Gemenge in verschiedene Richtungen aufgeben.

Dieser Einlegertyp ist sehr kompakt und benötigt nur ein kleines Doghouse. Die Grund- und Stirnplatte sowie die Schwinge müssen wassergekühlt werden und haben teilweise direkten Kontakt zum Feuerfestmaterial. Dies erfordert eine entsprechend große Menge an Kühlwasser. Diese Bauweise ermöglicht ein komplett abgedichtetes Doghouse. Abbildung 4 zeigt den Aufbau der geschlossenen Doghouse EME-Schwingeneinlegemaschine Typ ESE.

## 7.5 Pusher-Einlegemaschine (Typ CPO)

Bei diesem Einleger sind die Aufgabe- und Schiebebewegung unabhängig voneinander. Mittels einer Schwingförderrinne, die sich unterhalb des Aufgabetrichters befindet, wird im Doghouse Gemenge auf die Glasoberfläche aufgegeben. Das Gemenge wird dann von einem wassergekühlten Pusher, der vor dem Ende der Schwingförderrinne eine elliptische Bahn beschreibt, vorwärts geschoben. Das Grundprinzip wird in Abbildung 5 dargestellt.

Die Aufgabeeistung wird von der Fördergeschwindigkeit der Rinne, die unabhängig ist von der Bewegung des Pushers, bestimmt. Daher kann die Pusherfunktion nach Abschalten der Aufgabe fortgesetzt werden, wodurch einzelne Gemengehaufen gebildet werden können. Die Pusherbewegung bietet eine Reihe von Variablen, die zur Beeinflussung des Einlegemusters verwendet werden können. Diese sind Hub, Geschwindigkeit und Eintauchtiefe.

Diese Form von Einlegern wird oft mit einer Schwenkfunktion versehen, damit das Gemenge in zwei oder drei verschiedene Richtungen aufgegeben werden kann. Dies unterstützt die optimale Verteilung des Gemenges über eine größere Glasbadoberfläche und ist insbesondere geeignet für große U-Flammenwannen.

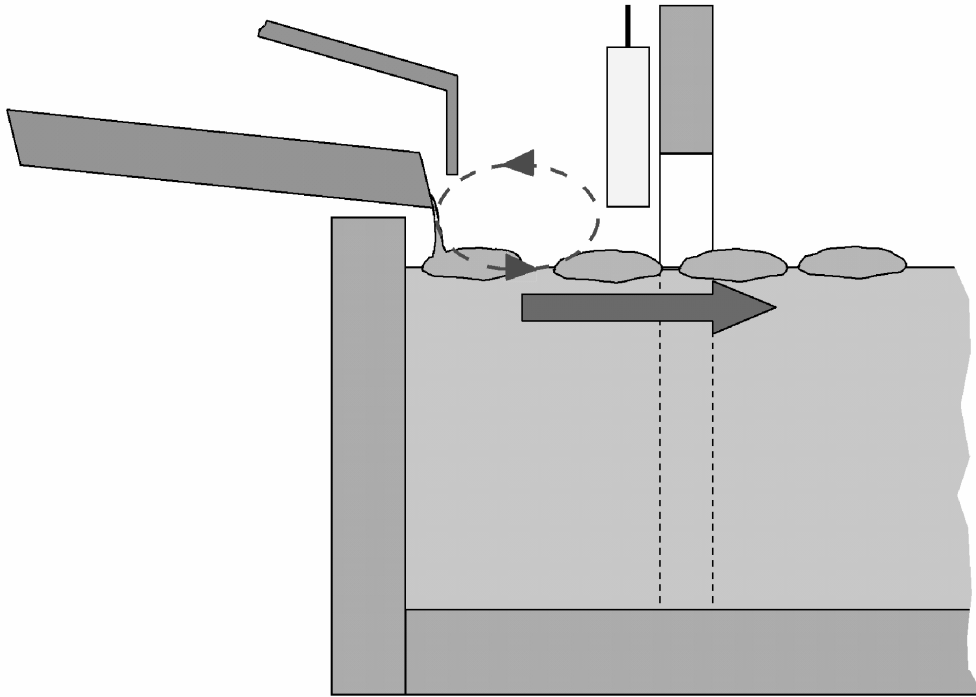


Abbildung 5: Grundprinzip der Pusher-Einlegemaschine

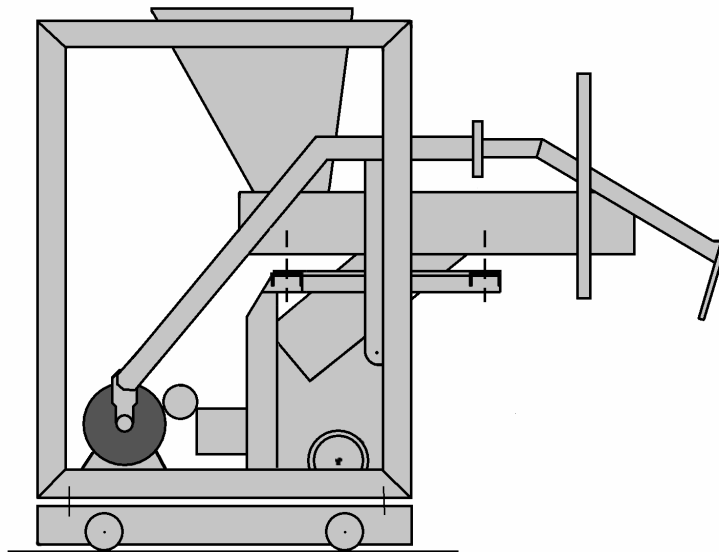


Abbildung 6: Die EME Pusher-Einlegemaschine Typ CPO

Die Einführung der beiden mechanischen Bauteile – der Rinne und des Pusherarms – in den Doghouse-Oberbau, die Bewegung des Pushers und das Oszillieren der Einlegemaschine, erschweren eine Abdichtung des Doghouse.

### **8. Zusammenfassung**

Eine Reihe von Faktoren müssen für die Auswahl des für eine bestimmte Anwendung am besten geeigneten Einlegers in Betracht gezogen werden. Die Auswahl kann zudem noch dadurch erschwert werden, dass einige der Anforderungen sich widersprechen.

Die Abdichtung des Doghouse ist ein wichtiger Gesichtspunkt, insbesondere bei sauerstoffbeheizten Wannen. Die Sauerstoffbeheizung wird oft für besondere Glassorten verwendet, bei denen niedrige Schmelzleistungen bedeuten, dass das Einlegemuster nicht so entscheidend ist wie bei anderen Anwendungen. Zudem ist der Anteil der verwendeten Scherben oftmals niedrig. Aus diesem Grund kann hier der Schneckeneinleger eine geeignete Lösung darstellen.

Querflammenwannen bieten den Vorteil, dass das Doghouse an die Rückwand gebaut wird und, falls erforderlich, fast genauso breit sein kann wie die Wanne. Dadurch kann Gemenge über die gesamte Breite des Schmelzofens eingelegt werden. Der Schurreinleger ist für diese Anwendung sehr gut geeignet.

Große Hochleistungs-U-Flammenwannen, insbesondere solche mit großen spezifischen Schmelzleistungen, sind in besonderem Maße abhängig von der verwendeten Einlegemethode. In solchen Fällen kann die Flexibilität der Gemengebeschickung, die die Pusherkonstruktion bietet, nicht übertroffen werden. Deshalb sind meist Pushereinleger an diesen Wannen im Einsatz.