

Im Vergleich: Hochleistungs-Mischsysteme zur Dryblend-Compoundierung von Fensterrezepturen

Aufbau und Funktion von Mischsystemen sowie Vorteile und Nutzen der neusten Maschinenteknik

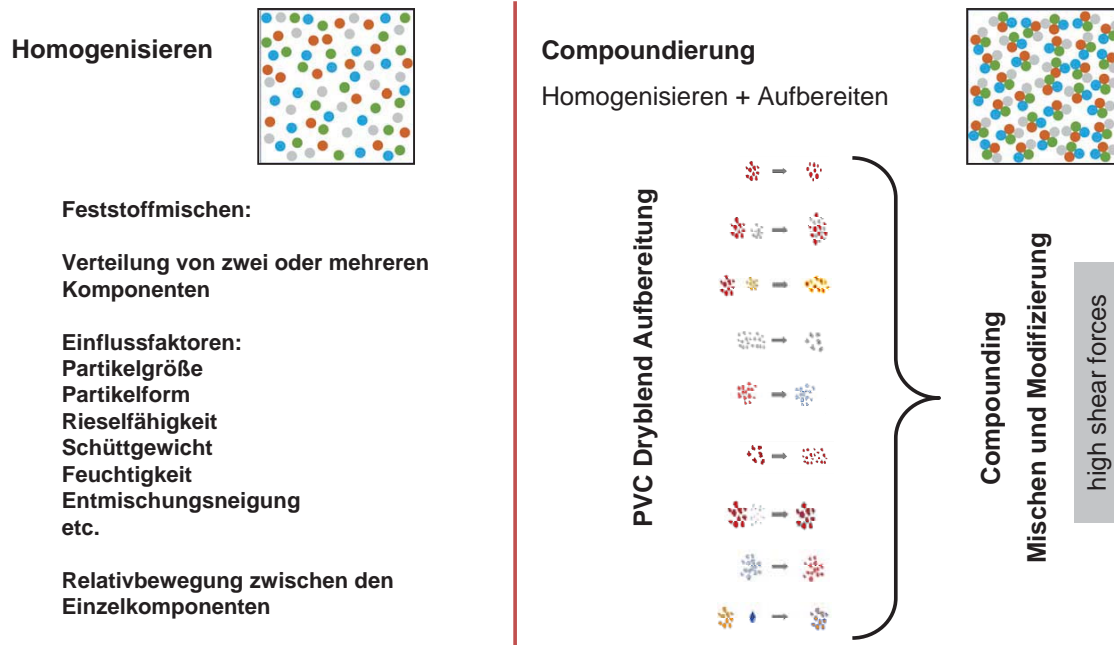
Referent: Dipl.-Ing. Henning Kreis, Zeppelin Reimelt GmbH, Kassel

Inhalt

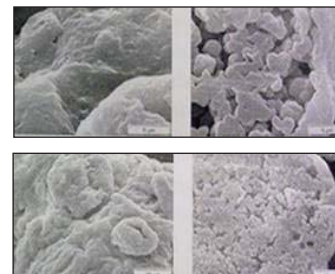
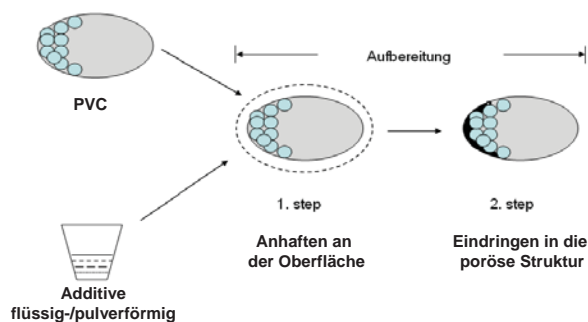
1. Grundlagen PVC Compoundierung
2. Entwicklung Mischsysteme - Rückblick
3. Standardleistung von Mischsystemen
4. Kühlprozessanforderungen
5. Effiziente horizontale Kühltechnik
6. Verifizierung Abkühlprozess HCE Baureihe
7. Gegenüberstellung der Ergebnisse

1. Grundlagen

Homogenisieren oder Compoundieren?



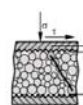
1.1 Hart PVC Aufbereitung



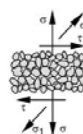
Anforderung Standard Hart PVC

Homogene fortwährend gleich bleibendes, trockenes, entmischungsfreies und farblich neutrales Dryblend. Mit konstant hohem Schüttgewicht für gutes reologisches Verhalten und gut eingearbeiteten Additiven und maximalen Füllstoffkonzentrationen zur Erzeugung hochglänzender, passgenauer Profile.

Wichtig:
 Perfekter Umlauf mit hoher Aspirationswirkung
 Minimiere Siebrückstände und minimierter Verschleiß



Scherung innerhalb der Scherflächen



Scherung durch Partikelreibung

1.2 Trombenausbildung



Trombe

Beschreibung durch:

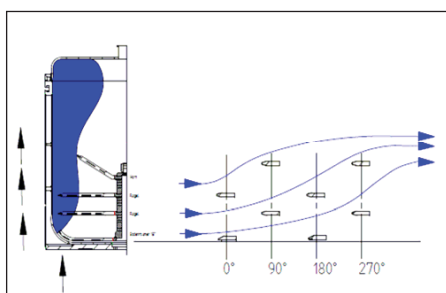
- Umlaufgeschwindigkeit
- Ausprägung
- Selbstreinigungseffekt
- Einzugsverhalten

Einfluss durch:

- Umfangsgeschwindigkeit
- Werkzeuggeometrie
- Ausföhrung der Werkzeuge
- Anzahl der Werkzeuge
- Höhe des Behälters
- Höhe der Werkzeugwelle
- Bodenschalenradius



Selbstreinigungseffekt



Material-Flussverhalten

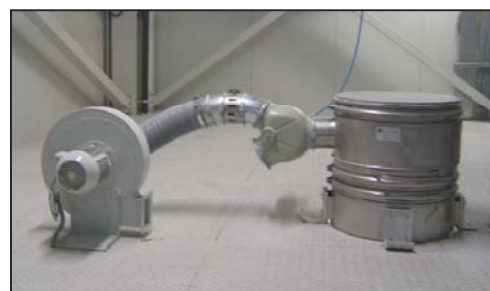
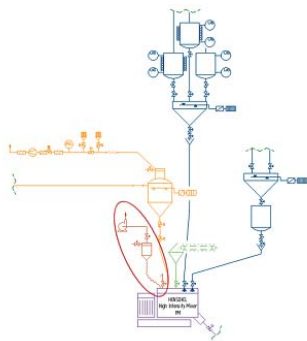
Guter Materialumlauf

- Homogene Mischung
- Ausstoßleistung variabel einstellbar
- Keine Belagsbildung durch Selbstreinigungseffekt

1.3 Aspirationssystem

Vermeidung von Kondensatbildung
 Reduzierung von Feuchtigkeit
 Vermeidung von Mischerdeckelablagerungen:

- Filtergehäuse mit Spezialfilterpatronen
- Druckluftabreinigungseinheit
- Radialventilator



2. Entwicklung Mischsysteme - Rückblick



1954 Erfinder H. Beck/Fa. Alpine
 Ursprung Henschel Fluidmischer



1963 1000^{te} Kombination verkauft
 3 – 4 Chargen/h bei manueller Befüllung



1970 Patent Kühlring



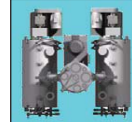
1978 Patent FMD
 Doppelmischerantrieb



1984 Patent Kontinuierlicher Turbo Mischer



1989 Entwicklung KMH
 Erster Horizontalmischer



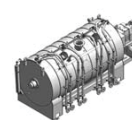
1991 Erste Kombination von Heizmischer
 mit zwei vertikalen/horizontalen
 Kühlmischern



1994 Entwicklung FM2
 PVC Kombination mit Flachkühlmischer
 KMI

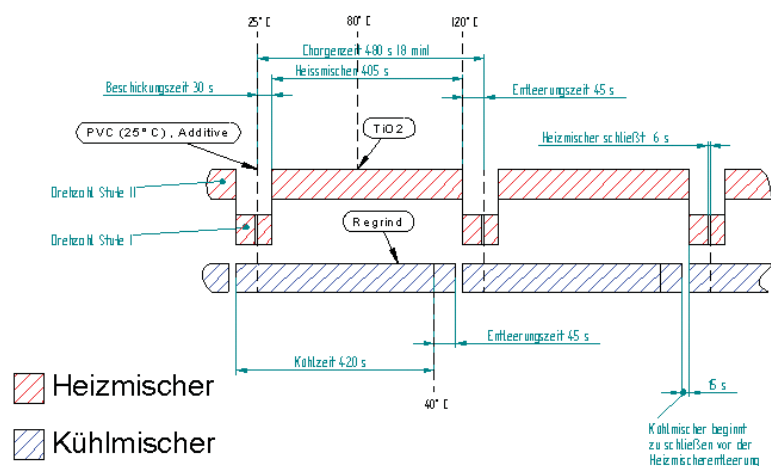


2000 Hochleistungsmischer mit
 serienmäßigem frequenzgeregeltem
 Motor



2004 Horizontaler Kühlmischer
 mit Hochdruck Kammersystem

3. Standardleistung von Mischsystemen Zeitschema Standard PVC Aufbereitung



3.1 Chargengewicht und Durchsatzleistung

Chargengewicht = Volumen x 80 % Füllgrad x Schüttgewicht

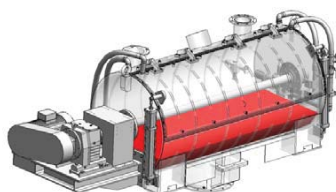
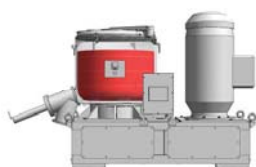
$$G = V \times 0.8 \times \gamma_s$$

$$= 1,200 \text{ l} \times 0.8 \times 0.5 \text{ kg/l} = 480 \text{ kg}$$

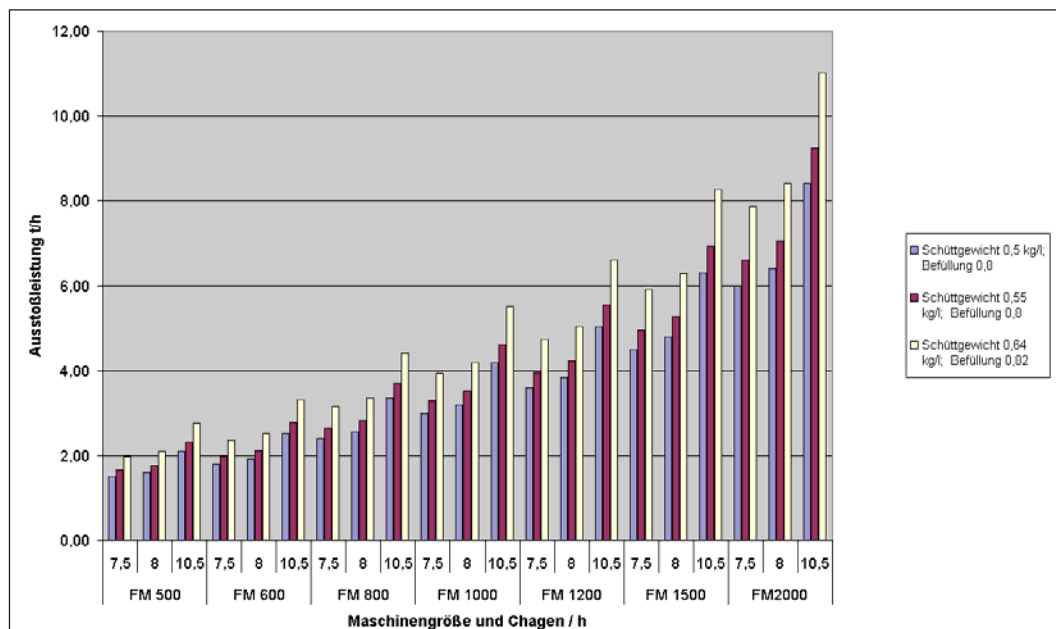
Motorstärke = Chargengewicht x spezifische Antriebsleistung

Durchsatzleistung = Chargengewicht x Anzahl der Chargen

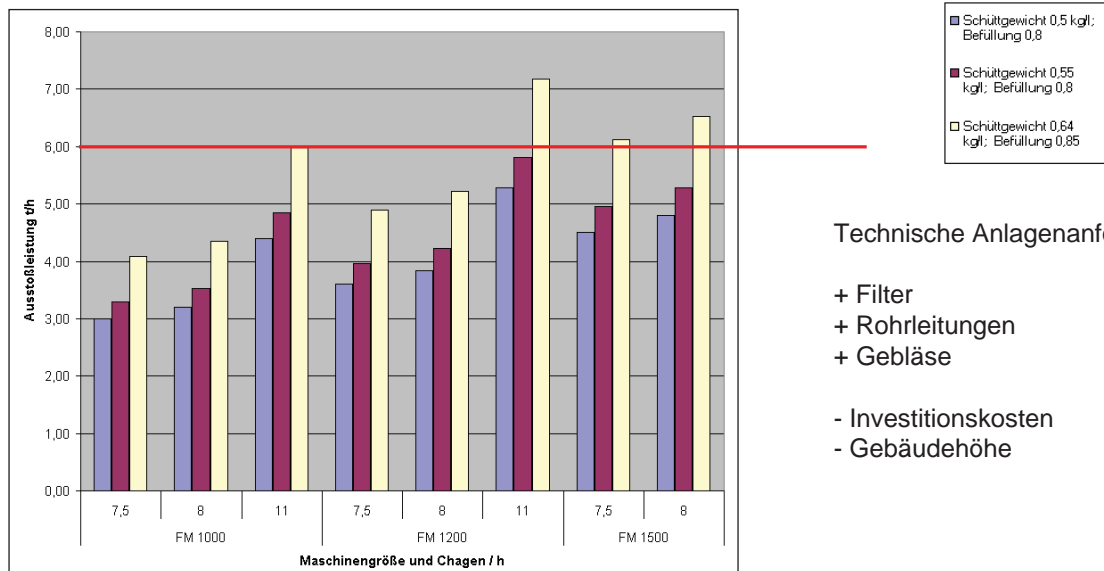
$$Q = 480 \text{ kg/Charge} \times 7,5 \text{ Chargen/h} = 3600 \text{ kg/h}$$



3.2 Theoretische Heizmischer Ausstoßleistungen



3.2.1 Auszug Theoretische Heizmischer Ausstoßleitungen



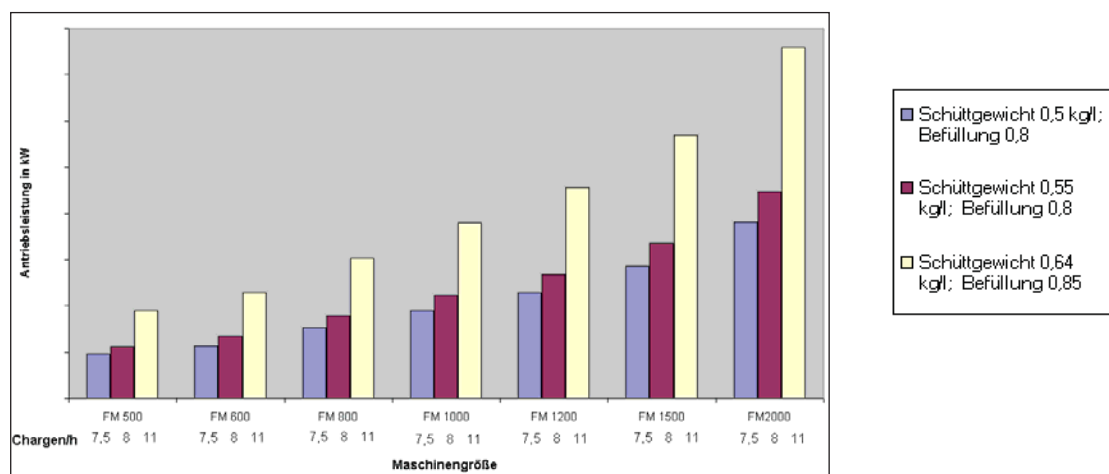
Technische Anlagenanforderung:

+ Filter
+ Rohrleitungen
+ Gebläse

- Investitionskosten
- Gebäudehöhe

Anlagentechnische Grenze => FM 1500

3.3 Theoretische Heizmischer Antriebsleistungen

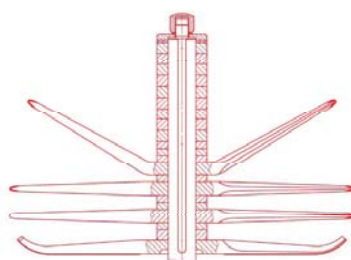


FM 1200 Antrieb bei Schüttgewicht 0,5 kg/l und Befüllung 80 %
 Motorstärke P = Chargengewicht x spezifische Antriebsleistung
 = >200 kW

FM 1200 Antrieb bei Schüttgewicht 0,64 kg/l und Befüllung 82 %
 Motorstärke P = Chargengewicht x spezifische Antriebsleistung
 = >400 kW

3.4 Einfluss des Mischwerkzeuges

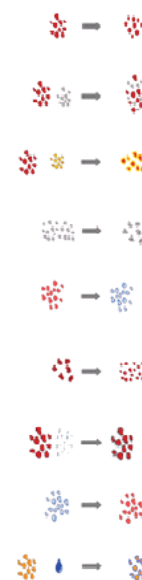
Umfangsgeschwindigkeit
 $V = \text{Durchmesser} \times \text{upm} \times 3,14$
 $V = 28 - 40 \text{ m/s}$



Werkzeugaufbau

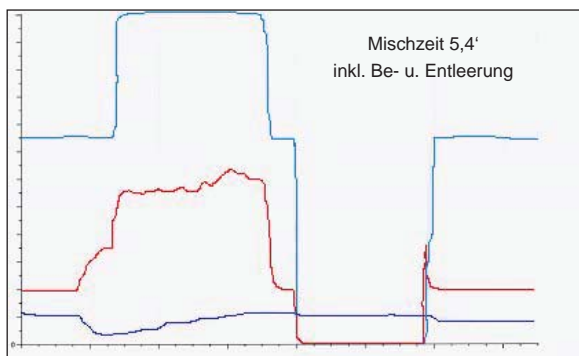


Behältergeometrie

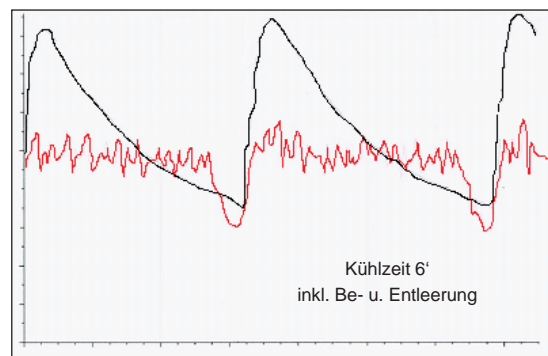


Compoundqualität

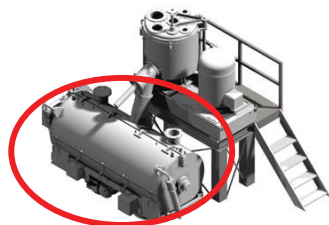
3.5 Mischsysteme mit hoher Chargenleistung



FM 1200 mit 32 m/s = 11,1 Chargen/h



HM 8000 mit 5 m/s = 10 Chargen/h



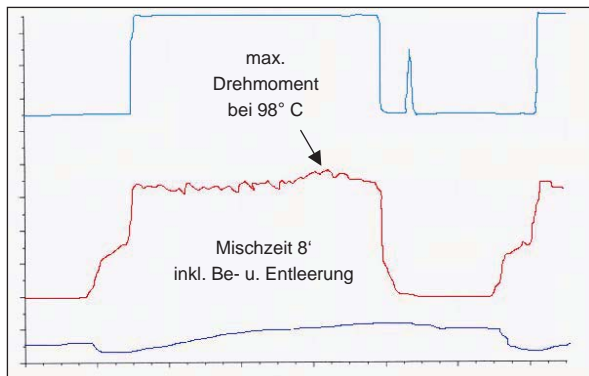
Kühlleistung SingleBatch 540 kg

Durchsatzleistung = Chargengewicht x Chargenanzahl

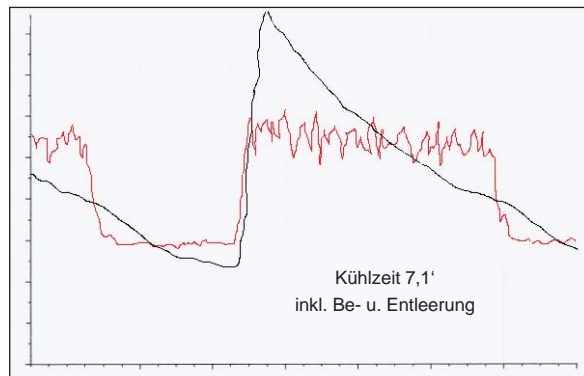
$Q = 540 \text{ kg/Charge} \times 10 \text{ Chargen/h} =$

5,4 t/h

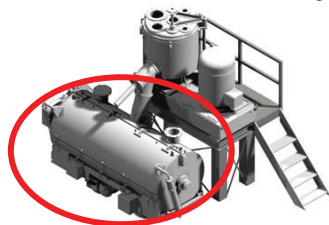
3.6 Mischsysteme mit hohem Chargengewicht



FM 1200 mit 28 m/s = 7,5 Chargen/h



HM 8000 mit 8 m/s = 8,4 Chargen/h



Kühlleistung SingleBatch 630 kg

$$\begin{aligned} \text{Durchsatzleistung} &= \text{Chargengewicht} \times \text{Chargenanzahl} \\ Q &= 630 \text{ kg/Charge} \times 8,4 \\ \text{Chargen/h} &= 5,3 \text{ t/h} \end{aligned}$$

3.7 Prinzip Single- und DoubleBatch System

Mischen
und
Heizen

Kühlen

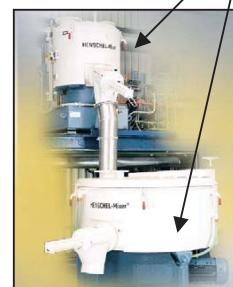


SingleBatch

1 x Additive
1 x PVC

Mischen
und
Heizen

Mischen
und
Kühlen



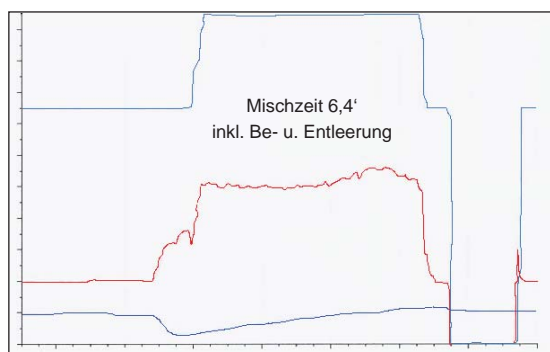
DoubleBatch

Erhöhte
Antriebsleistung

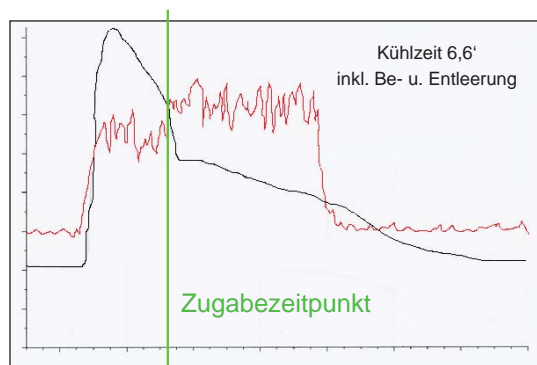
2 x Additive
1 x PVC

1 x PVC

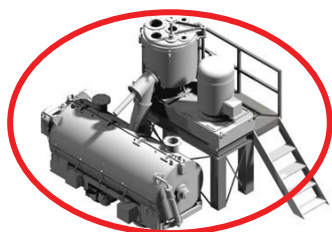
3.8 Leistung von DoubleBatch Systemen



FM 1200 mit 28 m/s
mit 593 kg = 9,4 Chargen/h



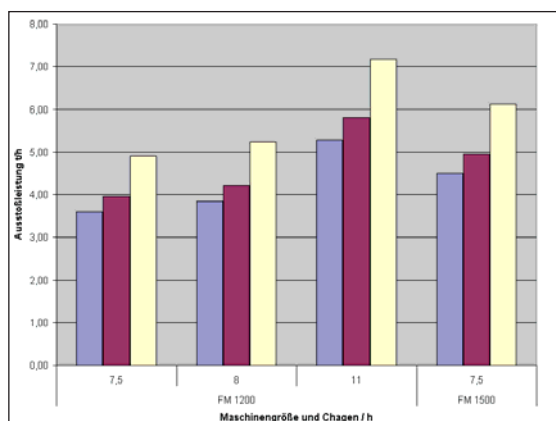
HM 8000 mit 8 m/s
mit 593 kg (460 kg PVC) + 210 kg = 9 Chargen/h



Kombinationsleistung DoubleBatch 803 kg

$$\begin{aligned} \text{Durchsatzleistung} &= \text{Chargengewicht} \times \text{Chargenanzahl} \\ Q &= 803 \text{ kg/Charge} \times 9 \\ \text{Chargen/h} &= 7,2 \text{ t/h} \end{aligned}$$

3.8.1 Doublebatch im Vergleich



SingleBatch 653 kg

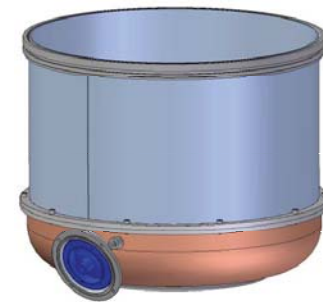
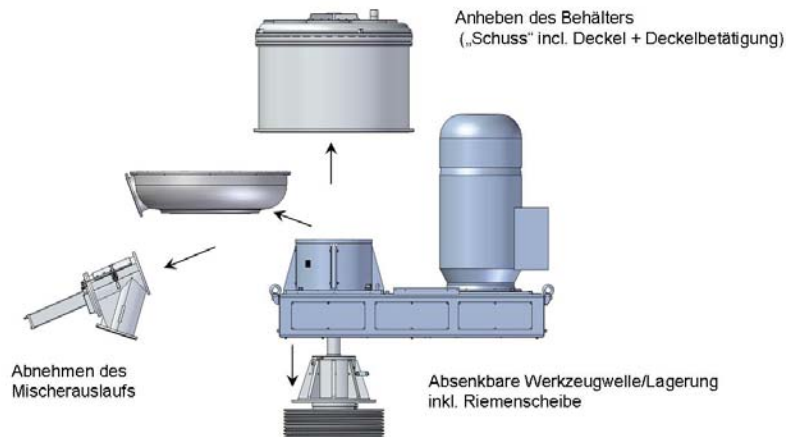
$$\begin{aligned} \text{Durchsatzleistung} &= \text{Chargengewicht} \times \text{Chargenanzahl} \\ Q &= 653 \text{ kg/Charge} \times 11 \text{ Ch} \\ &= 7,2 \text{ t/h} \end{aligned}$$

DoubleBatch 803 kg

$$\begin{aligned} \text{Durchsatzleistung} &= \text{Chargengewicht} \times \text{Chargenanzahl} \\ Q &= 803 \text{ kg/Charge} \times 9 \\ \text{Chargen/h} &= 7,2 \text{ t/h} \end{aligned}$$

Entmischungsneigung,
konservative Einstellung
=> Keine Marktakzeptanz

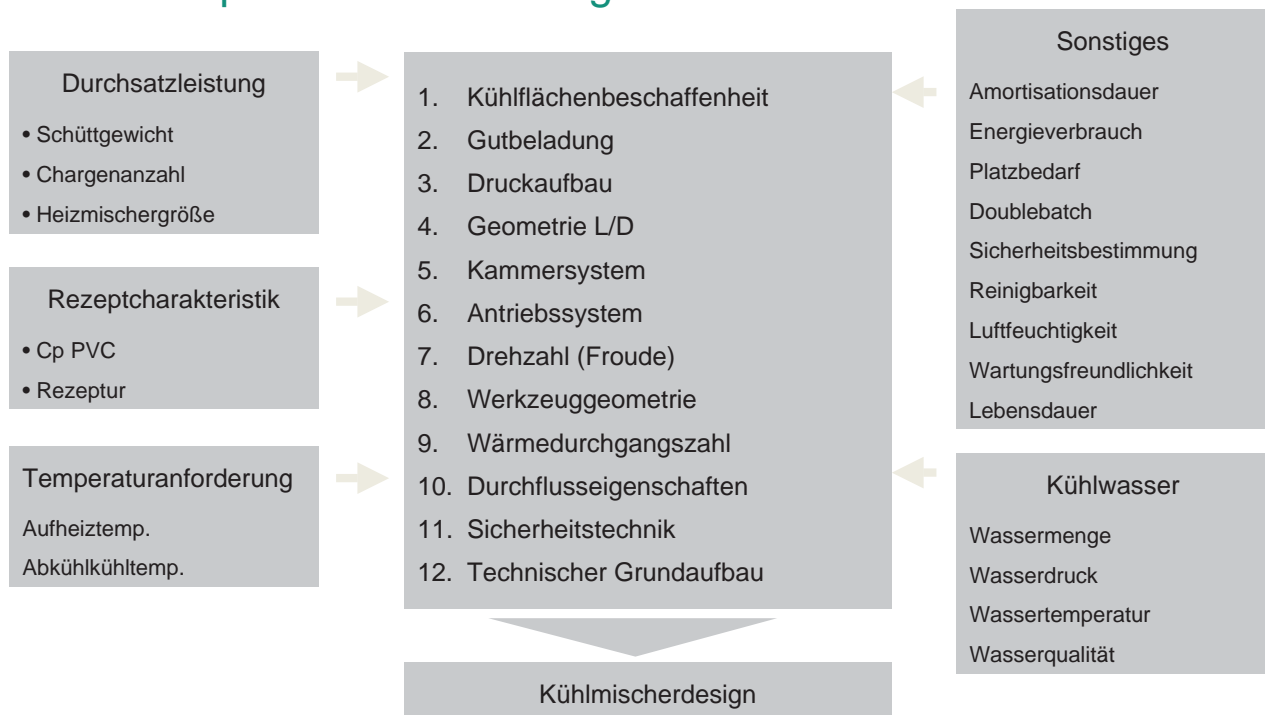
3.10 Bodenschalen – Wechselsystem



Beschichtung:

- Flammgespritzverfahren
- Oberflächenhärte 65 HRC

4. Kühlprozessanforderungen

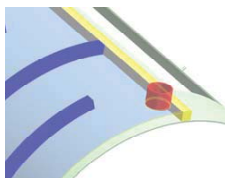


4.1 Niederdruck Kammersysteme

HM Variante I



$p_{(hx)}$ 0,8 bar bis 1,8 bar



Einkammersystem:

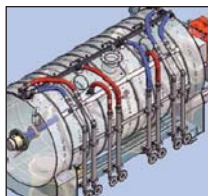
- + Hohe Fließgeschwindigkeit
- + Turbulente Strömung gegeben
- + Kostengünstig

- Wasserdruck gering
- Durchflussmenge gering

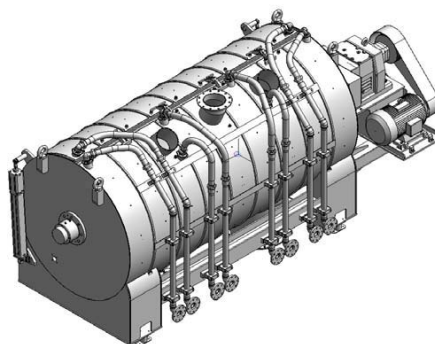


4.2 Hochdruck Kammersysteme

HM Variante II



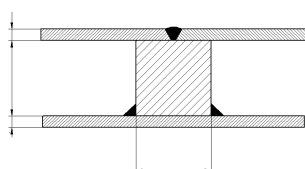
$p_{(hx)}$ 4,5 bar



Mehrkamersystem:

- + Hoher Wasserdruck möglich bis 4,5 bar
- + Durchflussmenge sehr hoch
- + Turbulente Strömung hoch

- Fließgeschwindigkeit tendenziell geringer
- Hoher Fertigungsaufwand



Schweißausführung
für Hochdruckvariante

4.3 Horizontales Werkzeugsystem



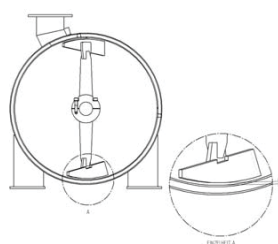
Variante I Standardausführung



Variante II
verstärkte Ausführung Einpaddelarm



Marktübliche Ausführung



Werkzeug-Spaltreduzierung
> erhöhte Antriebsleistung
> Verbesserte Kühlleistungen

Paddelwerkzeug:

- + Hohe Umfangsgeschwindigkeiten möglich
- + Leistung durch Geometrie beeinflussbar
- + Geringer Fertigungsaufwand

- Zusatzkühleinbauten technisch kompliziert
- Tendenziell geringe Materialführung am Umfang

5. Effiziente horizontale Kühltechnik



High cooling efficiency "HCE"

Parameter	Anforderung
• Kühlflächenbeschaffenheit	++
• Druckaufbau	++++
• Geometrie L/D	++
• Kammersystem	++++
• Antriebssystem	++
• Drehzahl (Froude)	++
• Werkzeuggeometrie	++++
• Durchflussgeschwindigkeit	++
• Technischer Grundaufbau	++
• Lebensdauer	+++
• Platzbedarf	++

5.1 Entwicklungsschritt Patent „gekühltes Schraubenwerkzeug“



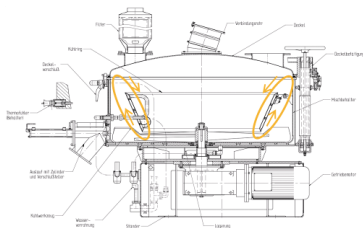
Principal: "throw"



Principal: "move"

85 % aller Flächen gekühlt
> Kein „Memoireffekt“

Neuer
Werkzeugtyp mit
radialem und axialem
Materialaustausch



Einbindung von:
40 Jahre Erfahrung
Kühlringkonstruktion und -produktion
Ferner Werkzeugkühlung in
Heizmischer - MB Baureihe

5.2 HCE gekühlter Werkzeugaufbau



Werkzeugausführung

- Schubfläche produktberührend (gekühlt)
- Produkt abgewandte Seite (gekühlt)

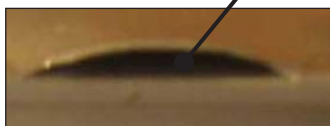


5.3 HCE Behälter Struktur

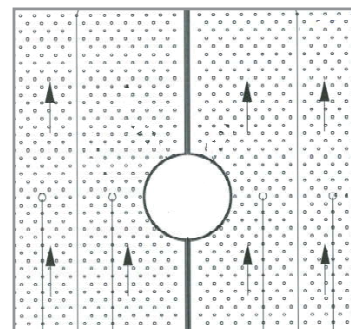


„Quilted Surface“
Doppelwandiger Wärmetauscher

geringer Kammerquerschnitt



Hochdrucksystem bis 10 bar



Mehrkammersystem

Mantelstruktur:

- + Hoher Wasserdruck möglich
- + Beliebiges Mehrkammersystem
- + Hohe Steifigkeit
- + Polierte Innenfläche
- + Vollständig aus Edelstahl
- + Verbesserter Wärmeübergang
- + Erhöhte Innenwandstärke
- + Kein „fowling“ durch hohe Durchflussgeschwindigkeit

5.4 Gutbeladung und Materialbewegung

$Fr_w < 2,5$



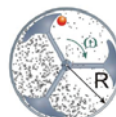
$2,5 < Fr_w < 9$



$Fr_w > 9$



Theoretisch optimaler Bereich



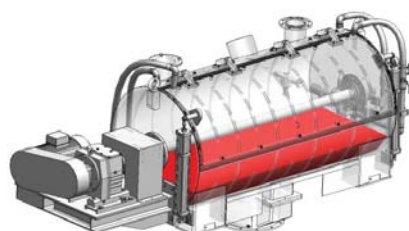
Behälter- und Werkzeug-Froude-Zahl

$$Fr_w = \frac{\omega_w^2 \cdot R}{g}$$

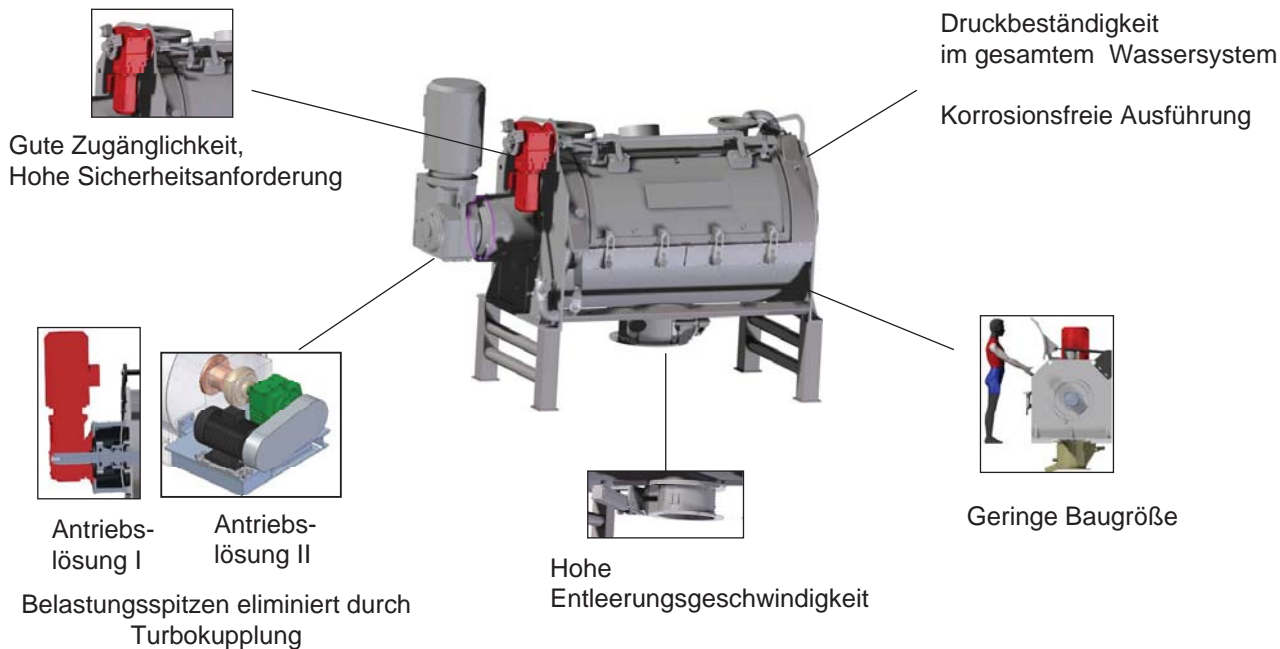
(physikalisch nur bedingt richtig)

Mischgutbeladung:

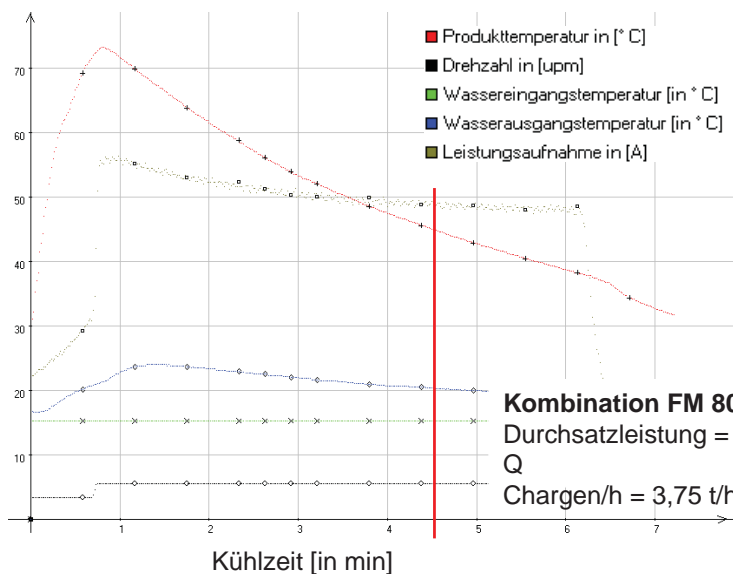
- Einfluss Chargenanzahl erheblich
- 3 faches des Schnellmischervolumens **bei** Standardwerten von **80 % Befüllung** und **0,55 kg/l Schüttgewicht**



5.5 Passive Anforderungen



6. Verifizierung Abkühlprozess HCE Baureihe

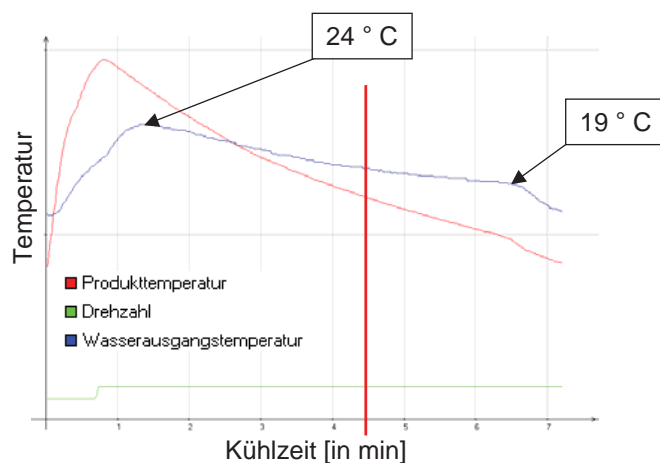




Weißer Fensterprofile

S-PVC, K-Wert 65 - 68*	100
Schlagzähmodifikator	5,5 - 6,5
Gecoateter Füllstoff	6,0 - 10,0
Titandioxid	3,5**
Pb-stabilisiert: IKA 6700 P	4,5 - 5,5
CaZn-stabilisiert: IKA 7700 C	3,5 - 4,0

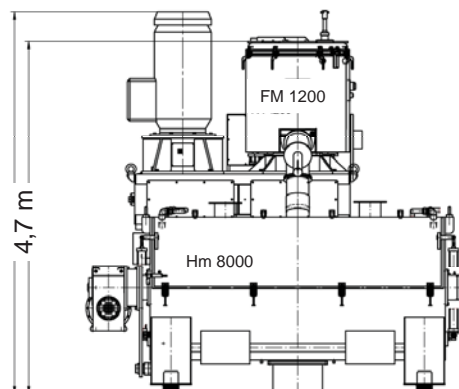
6.1 Kühleffizienz und Wärmeübergang



Der Volumenstrom des Kühlwassers ist abhängig von:

- Wassereingangstemperatur
- Dryblend Durchsatzleistung
- Konzeption des Kühlsystems

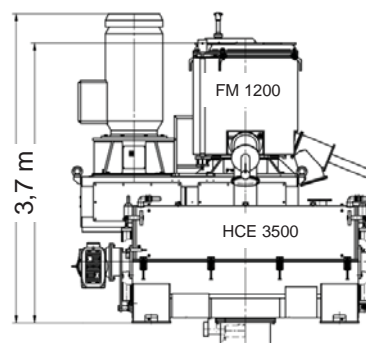
7. Gegenüberstellung der Ergebnisse



Gesamtgewicht Kombination 13,2 t

Durchsatzleistung FM 1200 / HM 8000
SingleBatch 540 kg

Durchsatzleistung = Chargengewicht x Chargenanzahl
 $Q = 540 \text{ kg/Charge} \times 10$
 Chargen/h = 5,4 t/h



Gesamtgewicht Kombination 11,2 t

Durchsatzleistung FM 1200 / HCE 3500
SingleBatch 548 kg

Durchsatzleistung = Chargengewicht x Chargenanzahl
 $Q = 548 \text{ kg/Charge} \times 10$
 Chargen/h = 5,47 t/h

7.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Baugröße	Standardsystem 80% / 0,55 kg/l		Standardsystem 80% / 0,6 kg/l	
	7,5 Chargen	in t/h	10 Chargen	in t/h
FM 600	HM 1700	1,98	HM 3500	2,88
FM 800	HM 2500	2,60	HM 4500	3,84
FM 1000	HM 3500	3,30	HM 6000	4,80
FM 1200	HM 4500	3,96	HM 8000	5,76
FM 1500	HM 6000	4,95	-	7,20

Baugröße	HCE 80% / 0,55 kg/l		HCE 83% / 0,6 kg/l	
	10 Chargen	in t/h	10 Chargen	in t/h
FM 600	-	-	HCE 1700	2,98
FM 800	HCE 1700	3,52	HCE 2500	3,98
FM 1000	HCE 2500	4,40	HCE 3500	4,98
FM 1200	HCE 3500	5,28	HCE 4500	5,97
FM 1500	HCE 4500	6,60	HCE 6000	7,47



For further information please contact:

Henning Kreis

General Manager Process Technology

Henschelplatz 1

34127 Kassel

Tel.: +49 561 801- 5882

Fax.: +49 561 801- 5883

Email: henning.kreis@zeppelin.com

