

Versuchsauswertung Prozessmaschinen und Apparatechnik
DOSIERSCHNECKE

Florian Enzenberger (*2033971*)
Monique Ramunno (*2035708*)
Sebastian Werner (*2033878*)

Versuchsbetreuer: N. Alt

Versuch durchgeführt am 6.6.2005

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsbeschreibung	1
1.1	Versuchsaufbau	1
1.2	Versuchsdurchführung	1
2	Messreihen	2
2.1	Versuchsbedingungen	2
2.2	Versuchsergebnisse	2
3	Ergebnisse	4
3.1	Ermittlung des Untersetzungsverhältnisses	4
3.2	Ermittlung des Massenstromes	4
3.3	Ermittlung der Dosierkonstanz	5
3.4	Fehlerrechnung	7
3.5	Theoretisches Modell	9
4	Diskussion	10
4.1	Fehlerquellen	11
	Anhang	I
A	Symbolverzeichnis	I
B	Abbildungsverzeichnis	I
C	Tabellenverzeichnis	I
D	Literatur	II

1 Versuchsbeschreibung

Im Versuch soll die charakteristische Kennlinie und die Dosiekonstanz einer Dosierschneckenpumpe ermittelt werden. Diese Parameter sind zur Auslegung von Anlagen von enormer Bedeutung.

1.1 Versuchsaufbau

Es steht die in Abb. 1 abgebildete und im Anhang als Bleistiftzeichnung angefügte Versuchsanlage zur Verfügung.

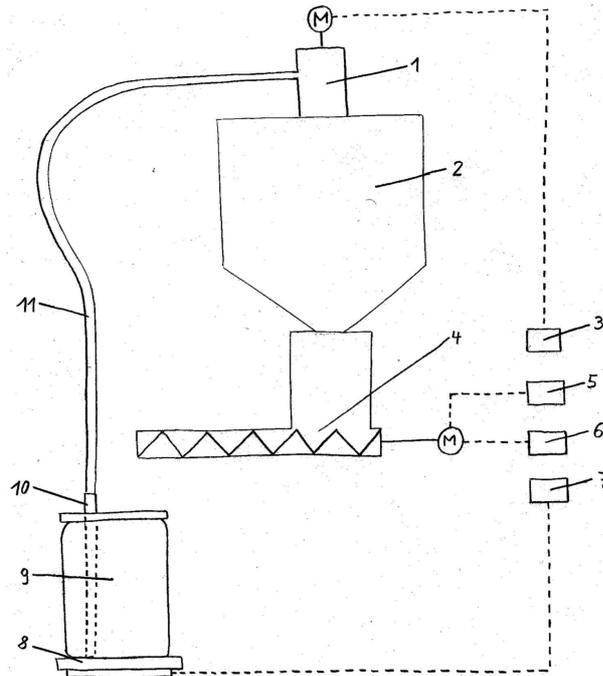


Abbildung 1: Schema der Versuchsanlage [1, Bild 4-1]

Die Versuchsanlage ist wie folgt aufgebaut: Aus einem Stunden-Silo (2) wird durch die Dosierschnecke (4) Polypropylengranulat in ein Auffanggefäß (9) befördert, welches sich auf einer Waage (8) befindet.

Zur Rückförderung des Granulates aus dem Auffanggefäß (9) in das Silo (2) steht eine pneumatische Saugfördereinrichtung, bestehend aus Absaugrohr (10), Förderleitung (11) und dem Kompaktfördergerät (1) zur Verfügung.

Zum Messen/Steuern/Regeln sind folgende Apparate am Versuchsleitstand vorhanden: Messgerät zur Erfassung der Motordrehzahl (5), Regelungseinrichtung für die Motordrehzahl (6), sowie die digitale Anzeige der Waage (7). Zudem ist die Regelung (3) für die pneumatische Rückförderung des Polypropylengranulates hier angebracht.

Somit kann für definierte Drehzahlen jeweils der Massenstrom, welcher durch die Förderschnecke befördert wird, ermittelt werden.

1.2 Versuchsdurchführung

Der Versuch gliedert sich in drei Teile:

1. Bestimmung der Untersetzung

2. Bestimmung des Massenstromes bei 2 unterschiedlichen Drehzahlen
3. Ermittlung der Dosierkonstanz bei einer 3. Drehzahl

Im ersten Versuchsteil wird zunächst bei drei vorgegebenen Drehzahlen die Anzahl der Schneckenumdrehungen in einer Minute ermittelt. Die Untersetzung stellt das Verhältnis von Motordrehzahl zu Schneckendrehzahl dar.

Der Massenstrom für zwei vorgegebene Drehzahlen wird im zweiten Versuch bestimmt. Hierzu wird zu Beginn der Messung, dann nach einer, zwei und drei Minuten die Waagenanzeige notiert und so der Massenstrom pro Minute bestimmt.

Der dritte Versuchsteil dient der Ermittlung der Dosierkonstanz. Dabei wird bei einer vorgegebenen Drehzahl in einem Zeitraum von 30 Minuten jeweils alle 60 Sekunden die Waage abgelesen und der Massenstrom pro Intervall bestimmt.

2 Messreihen

2.1 Versuchsbedingungen

In [1] werden zu Dosiergerät (Hersteller: Gericke, Typ: GAC 132 mit Steuergerät GT 180) und Schüttgut (Polypropylengranulat) folgende Angaben gemacht.

Dosiergerät	
Innendurchmesser D_0	0,052 m
Blattaußendurchmesser D_1	0,047 m
Blattinnenndurchmesser D_2	0,031 m
Ganghöhe s	0,050 m
Blattbreite b	0,008 m
Schüttgut	
mittlerer Korndurchmesser d_P	2970 μm
Schüttdichte ρ_{Sch}	560 kg/m^3
Wandreibungswinkel ϕ_w (St 1.4301)	14,6°

Tabelle 1: Daten für Dosiergerät und Schüttgut

Die Versuche werden wie folgt durchgeführt. Die Schneckendrehzahl wird dabei nach Gleichung 3 auf Seite 4 aus der mittleren Motordrehzahl ermittelt.

		Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3
Anteil der Nenndrehzahl	%	14	61	22
mittlere Motordrehzahl n	1/min	453	1955	708
Schneckendrehzahl n_S	1/min	18,4	79,4	28,7

Tabelle 2: Versuchsbedingungen

2.2 Versuchsergebnisse

Für die 3 Versuche ergeben sich folgende Messwerte

Zeit	Masse	Masse genullt	\dot{m}
<i>min</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg/min</i>
0	15,333	0	0
1	16,105	0,772	0,772
2	16,875	1,542	0,770
3	17,65	2,317	0,775
Mittelwert:			0,772

Tabelle 3: Versuchsergebnisse Versuch 1

Zeit	Masse	Masse genullt	\dot{m}
<i>min</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg/min</i>
0	19,222	0	0
1	22,473	3,251	3,251
2	25,752	6,53	3,279
3	29,005	9,783	3,253
Mittelwert:			3,261

Tabelle 4: Versuchsergebnisse Versuch 2

Zeit	Masse	Masse genullt	\dot{m}_i
<i>min</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg/min</i>
0	4,903	0,000	0,000
1	6,104	1,201	1,201
2	7,280	2,377	1,176
3	8,479	3,576	1,199
4	9,670	4,767	1,191
5	10,878	5,975	1,208
6	12,038	7,135	1,160
7	13,235	8,332	1,197
8	14,443	9,540	1,208
9	15,632	10,729	1,189
10	16,827	11,924	1,195
11	18,003	13,100	1,176
12	19,206	14,303	1,203
13	20,403	15,500	1,197
14	21,593	16,690	1,190
15	22,766	17,863	1,173
16	23,973	19,070	1,207
17	25,177	20,274	1,204
18	26,366	21,463	1,189
19	27,474	22,571	1,108
20	28,732	23,829	1,258
21	29,930	25,027	1,198
22	31,124	26,221	1,194

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung

Zeit	Masse	Masse genullt	\dot{m}
23	32,321	27,418	1,197
24	33,503	28,600	1,182
25	34,718	29,815	1,215
26	35,903	31,000	1,185
27	37,116	32,213	1,213
28	38,301	33,398	1,185
29	39,503	34,600	1,202
30	40,708	35,805	1,205
Mittelwert:			1,194

Tabelle 5: Versuchsergebnisse Versuch 3

3 Ergebnisse

3.1 Ermittlung des Untersetzungsverhältnisses

Zur Ermittlung des Untersetzungsverhältnisses werden bei 3 vorgegebenen Motordrehzahlen n die nach etwa einer Minute erreichten Schneckenumdrehungen N_S und die dazu benötigte exakte Zeit Δt gemessen. Die Schneckendrehzahl n_S ergibt sich zu

$$n_S = \frac{N_S}{\Delta t} \quad (1)$$

Das Untersetzungsverhältnis i wird nach [2] zu

$$i = \frac{n_{an}}{n_{ab}} = \frac{n}{n_S} \quad (2)$$

berechnet. Mit den in Tabelle 6 wiedergegebenen Versuchsdaten wird ein gemitteltetes Untersetzungsverhältnis von 24,6 : 1 erhalten. Daraus kann die Schneckendrehzahl n_S bei beliebigen Motordrehzahlen n errechnet werden.

$$n_S = \frac{n}{i} \quad (3)$$

#	Δt	Umdrehungen	Motordrehzahl	Schneckendrehzahl	Untersetzung
	<i>mm : ss</i>		<i>1/min</i>	<i>1/min</i>	
1	01 : 09	30	644	26,1	24,7
2	01 : 01	40	965	39,3	24,5
3	01 : 01	53	1286	52,1	24,7
Mittelwert:					24,6

Tabelle 6: Ermittlung des Untersetzungsverhältnisses

3.2 Ermittlung des Massenstromes

Die in den 3 Versuchen abgelesenen Massen m_i werden auf den jeweiligen Beginn der Zeitmessung genullt. Der geförderte Massenstrom im Intervall i \dot{m}_i ergibt sich nun mit der konstanten

Zeitbasis $\Delta t = 1 \text{ min}$ zu

$$\dot{m}_i = \frac{m_i - m_{i-1}}{\Delta t} \quad (4)$$

Die erhaltenen Massenströme werden in den Tabellen 3 bis 5 wiedergegeben und in der folgenden Abbildung über den Schneckendrehzahlen grafisch aufgetragen.

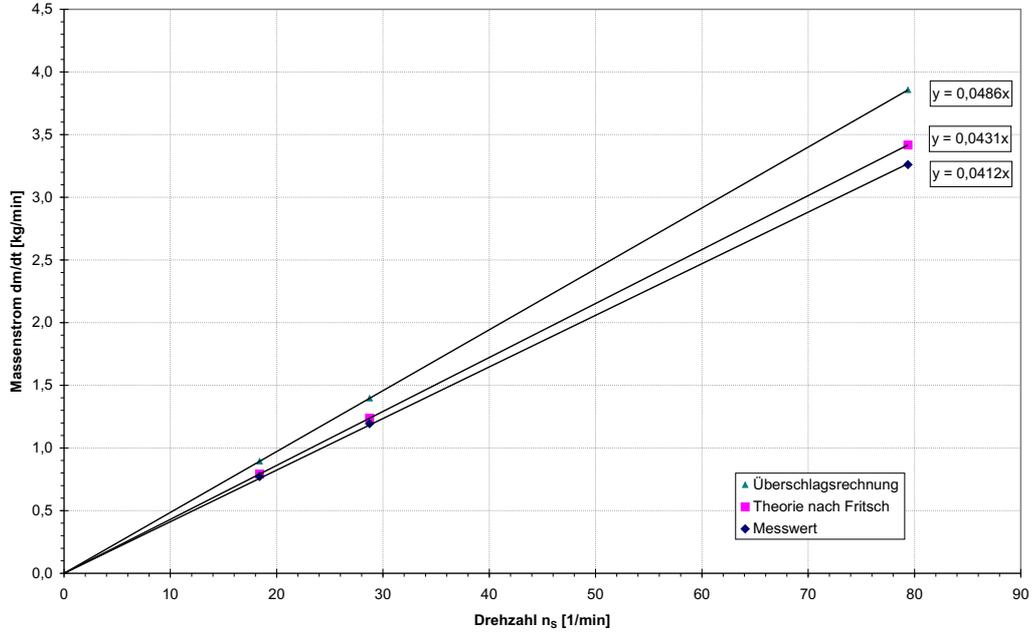


Abbildung 2: Auftragung von Massenstrom gegen Schneckendrehzahl

3.3 Ermittlung der Dosierkonstanz

Die in Versuch 3 ermittelten Massenströme (vgl. Tabelle 5 auf der vorherigen Seite) können als Histogramm dargestellt werden. Nach [1, Kapitel 3] ergibt sich die Anzahl der Klassen N_{Kl} aus der Anzahl der Einzelbeobachtungen N_{ges} .

$$N_{Kl} = \sqrt{N_{ges}} \quad (5)$$

Die Festlegung der Klassenbreite $\Delta \dot{m}$ erfolgt mit der Differenz aus Maximal- und Minimalwertes \dot{m}_{max} und \dot{m}_{min} sowie der abgerundeten Anzahl der Klassen $N_{Kl,abger}$.

$$\Delta \dot{m} = \frac{\dot{m}_{max} - \dot{m}_{min}}{N_{Kl,abger}} \quad (6)$$

Im Histogramm wird die relative Häufigkeit q_i der Elemente einer Klasse angegeben, die als

$$q_i = \frac{N_i}{N_{ges}} \quad (7)$$

definiert ist. Die empirische Standardabweichung wird nach [1, Gleichung 10] aus dem mittleren Massenstrom $\bar{\dot{m}}$ und den Massenströmen \dot{m}_i wie folgt gebildet.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{ges}} (\bar{\dot{m}} - \dot{m}_i)^2}{N_{Mess} - 1}} \quad (8)$$

Die Dosierkonstanz wird mit dem Variationskoeffizient s_v gebildet und ist definiert als

$$s_v = \frac{S}{\bar{m}} \quad (9)$$

Die Massenströme werden zusammen mit dem mittleren Massenstrom über der Zeit aufgetragen.

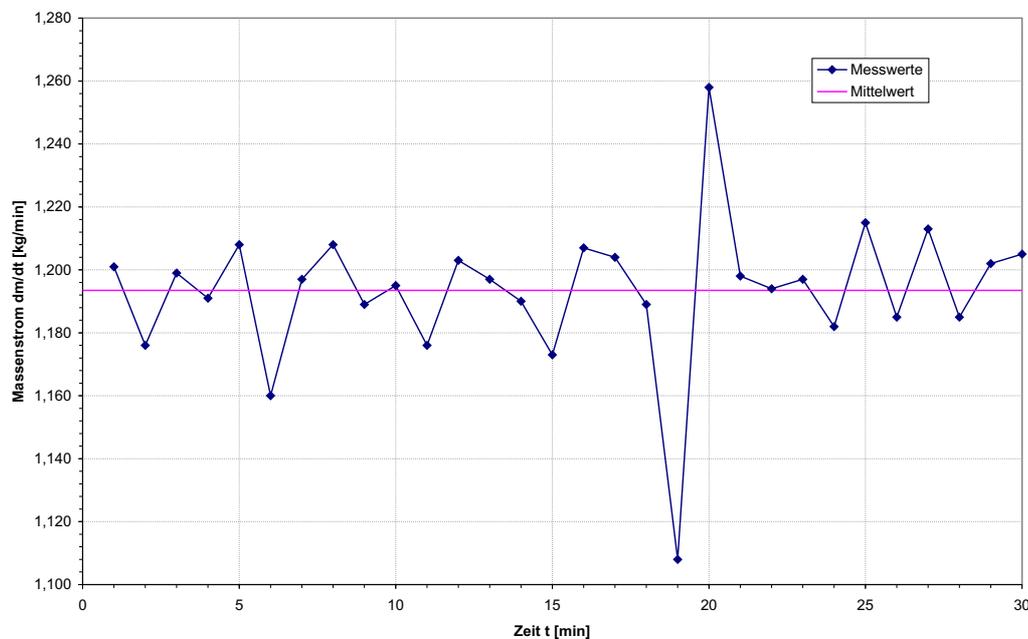


Abbildung 3: Dosierkonstanz

Da Abbildung 3 zeigt, dass der erste Messwert sehr stark vom Mittel abweicht, wird dieser in einer alternativen, korrigierten Darstellung aus dem Messwertkollektiv ausgeschlossen. Es ergeben sich folgende Daten.

	original
Anzahl Einzelbeobachtungen N_{Mess}	30
Anzahl Klassen N_{Kl}	5,477
Anzahl Klassen (abgerundet) $n_{Kl,abger}$	5
Minimalwert \dot{m}_{min}	1,108
Maximalwert \dot{m}_{max}	1,258
Differenz $\dot{m}_{max} - \dot{m}_{min}$	0,015
Klassenbreite $\Delta\dot{m}$	0,030
mittlerer Massenstrom \bar{m}	1,194
Standardabweichung S	0,02346
Dosierkonstanz s_v	0,01965

Tabelle 7: Klassenanzahl und -breite

Für die Histogrammdarstellung ergeben sich folgende Werte.

Klasse i	\dot{m}_{min} <i>kg/min</i>	\dot{m}_{max} <i>kg/min</i>	Anzahl N_i	rel. Häufigkeit q_i
1	1,108	1,138	1	3,3%
2	1,138	1,168	1	3,3%
3	1,168	1,198	15	50,0%
4	1,198	1,228	12	40,0%
5	1,228	1,258	1	3,3%

Tabelle 8: Daten für die Histogrammdarstellung (original)

Grafisch aufgetragen ergeben sich:

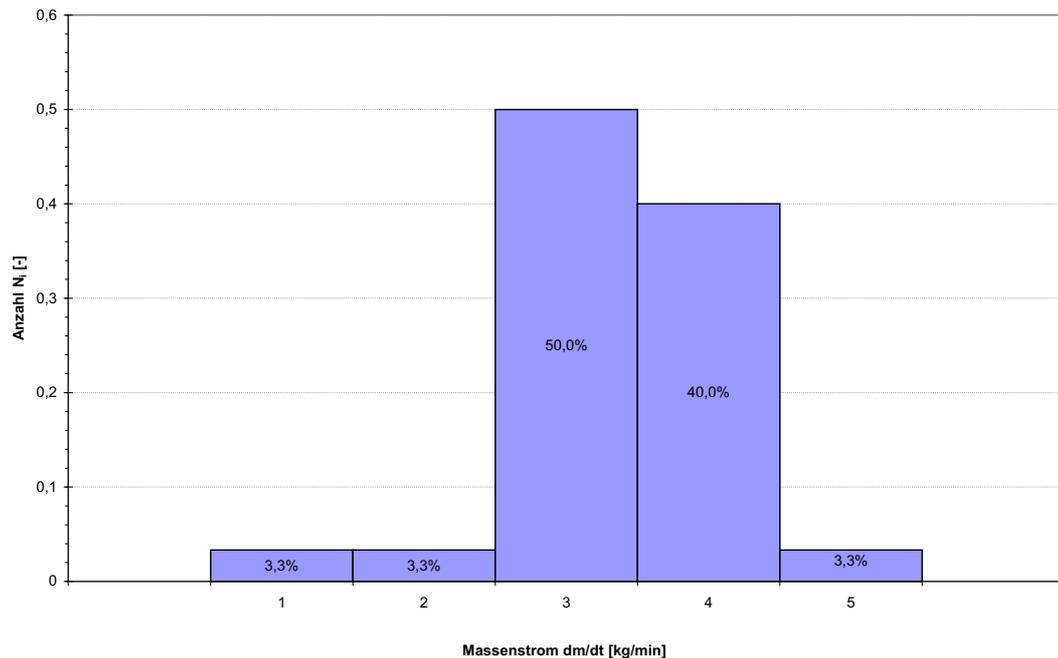


Abbildung 4: Histogrammdarstellung für die Dosierkonstanz (original)

3.4 Fehlerrechnung

Zur Quantifizierung der Messunsicherheiten bedient man sich der Fehlerfortpflanzungsrechnung nach GAUSS:

$$\Delta G = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \Delta z\right)^2 + \dots} \quad (10)$$

Konkret ergibt sich der relative Fehler, der sich aus dem absoluten Fehler nach GAUSS bezogen auf den jeweiligen Mittelwert errechnen lässt, dann aus folgenden Einzelfehlern:

1. Massenbestimmung: $\pm 5,0 \text{ g}$
2. Zeitmessung: $\pm 0,2 \text{ s}$
3. Intervallschwankung des Drehzahlmessgerätes: $\pm 0,01 \%$
4. Anzeige des Drehzahlmessgerätes: $\pm 1 \frac{1}{min}$

Eingesetzt ergibt das:

$$F = \sqrt{\underbrace{\left(\frac{\partial \dot{m}}{\partial m}\right)^2}_{=1} \cdot \left(\frac{\Delta m}{\bar{m}}\right)^2 + \underbrace{\left(\frac{\partial \dot{m}}{\partial t}\right)^2}_{=1} \cdot \underbrace{\left(\frac{\Delta t^2}{\bar{t}}\right)^2}_{=\frac{0,2}{60}=0,0033} + \underbrace{\left(\frac{\partial n_s}{\partial t}\right)^2}_{=1} \cdot \underbrace{\left(\frac{\Delta t_{int}}{\bar{t}_{int}}\right)^2}_{=0,0001} + \underbrace{\left(\frac{\partial n_s}{\partial n_{anz}}\right)^2}_{=1} \cdot \underbrace{\left(\frac{\Delta n_{anz}}{\bar{n}}\right)^2}_{=\left(\frac{1}{\bar{n}}\right)^2}} \quad (11)$$

Da die Einzelfehler konstant sind, ergeben sich die jeweiligen Fehlergradienten zu 1. Somit ergibt sich die vereinfachte Berechnungsformel:

$$F = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\bar{m}}\right)^2 + 0,0033^2 + 0,0001^2 + \left(\frac{1}{\bar{n}}\right)^2} \quad (12)$$

Die eingesetzten Werte ergeben:

Massenstrom	$\frac{\Delta m}{\bar{m}}$	$\frac{1}{\bar{n}}$	Gesamtfehler
$\frac{kg}{min}$	%	%	%
0,772	0,221	0,647	0,761
1,194	0,141	0,419	0,554
3,2618	0,051	0,153	0,371

Tabelle 9: Messunsicherheit Massenstrombestimmung

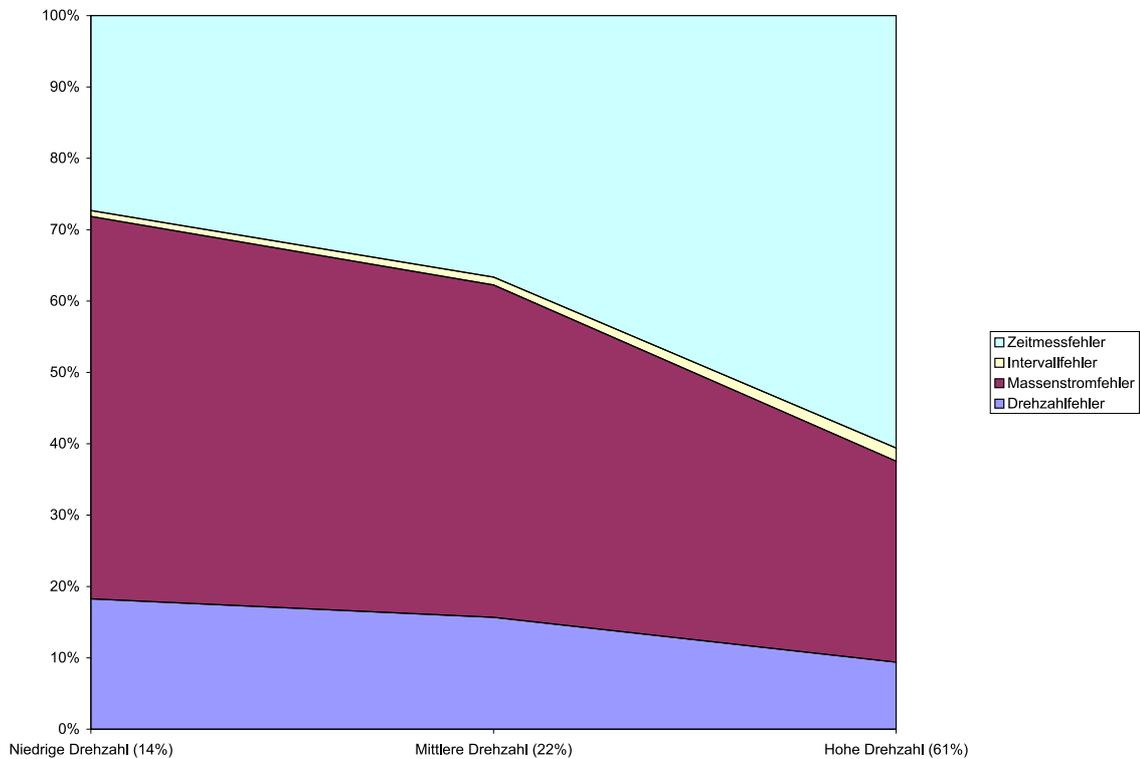


Abbildung 5: Entwicklung der Einzelfehler in Abhängigkeit der Drehzahl

Wie aus Tabelle 9 und dem Diagramm 5 ersichtlich ist, sind folgende Abhängigkeiten der Fehler von Drehzahl / Massenstrom zu erkennen:

- Mit steigender Drehzahl, wird der Einfluss des Fehlers der Zeitmessung am Gesamtfehler größer und hat bei der höchsten Drehzahl den höchsten Einfluss
- Die Absolutfehler für Zeitmessung und Intervallschwankung bleiben zwar konstant, aber deren Anteil am Gesamtfehler variiert massiv - Mit steigender Drehzahl wird der Anteil dieser beiden Fehler massiv größer.
- Der Intervallmessfehler ist sehr klein und spielt praktisch keine Rolle im Bezug auf den Gesamtfehler, da er um etwa eine Zehnerpotenz kleiner ist.
- Mit steigender Drehzahl wird der Fehleranteil des Massenstromes geringer.
- Der Drehzahlfehler, bedingt durch die Anzeigeschwankung, wird bei steigender Drehzahl geringer.
- Insgesamt ist die Messunsicherheit bei der höheren Drehzahl geringer als bei niedrigerer Drehzahl.

Ein relativer Fehler von 0,37...0,76 % ist insgesamt gesehen doch recht gut.

3.5 Theoretisches Modell

Für den Fall, dass die Schüttgutdichte ρ_S mit der Schüttdichte ρ_{Sch} übereinstimmt, gilt für den theoretischen Massenstrom nach [1, Gleichung (2)] die Überschlagsrechnung

$$\dot{m}_{theor} = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot s \cdot n_S \cdot \rho_s \quad (13)$$

Dieses Modell vernachlässigt jedoch das Eigenvolumen der Schnecke sowie auftretende Sekundärströmungen des Gutes. Die Abweichung wird mit dem Förderwirkungsgrad η_v ausgedrückt, der sich mit den in Kapitel 3.2 ermittelten Massenstrom \dot{m} nach [1, Gleichung (4)] zu

$$\eta_v = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_{theor}} \quad (14)$$

ergibt.

Nach einem differenzierteren, theoretischen Modell von FRITSCH, welches die verschiedenen Schüttgut-, Geräte- und Betriebsparameter berücksichtigt, ergibt sich der Massenstrom \dot{m}_D [1, Gleichung (4)] zu

$$\dot{m}_D = A_{f,w} \cdot v_a \cdot \rho_s \cdot \varepsilon \quad (15)$$

mit dem freien wirksamen Querschnitt $A_{f,w}$ [1, Gleichung (5)]

$$A_{f,w} = \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 - \frac{\pi \cdot b^2}{4 \cdot s} \sqrt{\frac{\pi^2}{4} (D_1 + D_2)^2 + s^2} \quad (16)$$

und der Axialgeschwindigkeit des Gutes v_a [1, Gleichung (6)]

$$v_a = \pi D^* n_s \frac{\tan \omega \tan \beta^*}{\tan \omega + \tan \beta^*} \quad (17)$$

Der mittlere Schneckenblattdurchmesser D^* [1, Gleichung (7)] ergibt sich dabei zu

$$D^* = \sqrt{\frac{1}{2} (D_1^2 + D_2^2)} \quad (18)$$

der Schneckensteigungswinkel β^* [1, Gleichung (8)] zu

$$\beta^* = \arctan\left(\frac{s}{\pi D^*}\right) \quad (19)$$

und der Transportwinkel ω [1, Gleichung (9)] zu

$$\omega = 90^\circ - \phi_{w,s} - \beta^* \quad (20)$$

Der Füllgrad ε kann bei leichtfließenden Schüttgütern, wie hier Polypropylengranulat, zu $\varepsilon = 1$ gesetzt werden. Zudem ist bei Granulaten die Schüttgutdichte nahezu belastungsunabhängig, somit gilt $\rho_s = \rho_{Sch}$. Diese Parameter können nun in Gleichung 15 eingesetzt werden, um m_D zu ermitteln. Der Massenstrom nach FRITSCH ist zusammen mit dem gemessenen und überschlägigen Massenstrom in Abbildung 2 auf Seite 5 über der Schneckendrehzahl aufgetragen. Um die mittels Überschlagsrechnung und nach FRITSCH theoretisch ermittelten Massenströme mit dem gemessenen zu vergleichen, wird die relative Abweichung w in Prozent angegeben.

$$w = \frac{\dot{m}_{theor/D} - \dot{m}}{\dot{m}} \quad (21)$$

Mit den in Tabelle 1 auf Seite 2 dargestellten Daten werden für die Gleichungen 13 bis 21 folgende Ergebnisse erhalten.

		Drehzahl 1	Drehzahl 2	Drehzahl 3
Sneckendrehzahl n_s	1/min	18,4	79,4	28,7
theoretischer Massenstrom \dot{m}_{theor}	kg/min	0,89	3,86	1,40
Förderwirkungsgrad η_s	%	86,4	84,5	85,4
Abweichung von \dot{m}_{theor} zu \dot{m}	%	15,8	18,3	17,1
Axialgeschwindigkeit v_a	m/min	0,71	3,07	1,11
freier wirks. Querschnitt $A_{f,w}$	m^2	0,00199		
mittl. Schneckenblattdurchm. D^*	m	0,040		
Sneckensteigungswinkel β^*	°	21,8		
Transportwinkel ω	°	53,6		
Massenstrom nach FRITSCH \dot{m}_D	kg/min	0,79	3,42	1,24
Abweichung von \dot{m}_D zu \dot{m}	%	2,6	4,9	3,8

Tabelle 10: Ermittlung des Förderwirkungsgrades

4 Diskussion

Wie in Abbildung 2 auf Seite 5 zu erkennen ist, verhält sich der Massenstrom zur eingestellten Drehzahl linear.

In der Darstellung der Massenströme über der Zeit ist eine Streuung der Messwerte ersichtlich. Die mittlere Abweichung fällt mit 0,1 % sehr gering aus. Dennoch fällt auf, dass bei 19 Minuten ein Messwert sehr tief und bei 20 Minuten ein Messwert sehr hoch liegt. Dies könnte darauf

zurückzuführen sein, dass der Wert bei 19 Minuten zu früh abgelesen wurde, so dass das vorherige Intervall zu kurz und das darauf folgende Intervall zu lange wird. Bei der Darstellung als Histogramm (vgl. Abbildung 4) fällt eine annähernd glockenförmige Verteilung auf. Jedoch entspricht die Verteilung nicht exakt einer GAUSS'SCHEN Zufallsverteilung, was erst bei einer größeren Anzahl von Messwerten zu erwarten wäre.

Die theoretisch ermittelten Massenströme zeigen ein, den experimentellen Werten, ähnliches Verhalten liegen aber über diesen Werten. Mit steigender Drehzahl wird die Abweichung dabei größer und der Förderwirkungsgrad somit kleiner. D.h. mit steigender Drehzahl wird die Anfälligkeit für Störungen, wie z.B. Schlupf größer. Die Abweichung zu den experimentellen Werten liegt im Bereich von 15,7 bis 18,3%. Der Förderwirkungsgrad liegt im Bereich von 84,6 bis 86,4%. Die nach der Modellvorstellung von FRITSCH theoretisch ermittelten Massenströme liegen im Vergleich zu den theoretischen Werten näher an den experimentell ermittelten Werten. Die Abweichungen reichen hier von 2,5 bis 4,8%.

4.1 Fehlerquellen

- Verzögerung durch die Reaktionszeit sowohl beim Ablesen der Stoppuhr, als auch beim Ablesen der Waage.
- Die Motordrehzahl schwankt in einem Bereich von ca. ± 5 $1/min$ Umdrehungen.

Anhang

A Symbolverzeichnis

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
$A_{f,w}$	agierter Transportquerschnitt	m^2
b	Blattbreite	m
D_0	Dosierrohrinnendurchmesser	m
D_1	Schneckenaußendurchmesser	m
D_2	Schneckeninnendurchmesser	m
D^*	mittlerer Blattdurchmesser	m
d_P	mittlerer Korndurchmesser	$\mu m, m$
\dot{m}	Massenstrom	kg/min
\dot{m}_D	Massenstrom nach FRITSCH	kg/min
\dot{m}_{theor}	theoretischer Massenstrom	kg/min
$\bar{\dot{m}}$	mittlerer Massenstrom	kg/min
$\Delta\dot{m}$	Klassenbreite	kg/min
n	Motordrehzahl	$1/min$
n_S	Schneckendrehzahl	$1/min$
N_{ges}	Anzahl der Einzelbeobachtungen	—
N_{Kl}	Anzahl der Klassen	—
s	Ganghöhe	m
v_a	axiale Transportgeschwindigkeit	m/s
w	prozentuale Abweichung	%
β^*	mittlere Schneckensteigung	°
ε	Füllgrad	—
η_v	Förderwirkungsgrad	—
$\phi_{w,s}$	Wandreibungswinkel	°
ρ_S	reale Schüttgutdichte	kg/m^3
ρ_{Sch}	Schüttdichte	kg/m^3
ω	Transportwinkel	°
Δt	Zeitbasis	s, min

B Abbildungsverzeichnis

1	Schema der Versuchsanlage [1, Bild 4-1]	1
2	Auftragung von Massenstrom gegen Schneckendrehzahl	5
3	Dosierkonstanz	6
4	Histogrammdarstellung für die Dosierkonstanz (original)	7
5	Entwicklung der Einzelfehler in Abhängigkeit der Drehzahl	8

C Tabellenverzeichnis

1	Daten für Dosiergerät und Schüttgut	2
2	Versuchsbedingungen	2
3	Versuchsergebnisse Versuch 1	3
4	Versuchsergebnisse Versuch 2	3
5	Versuchsergebnisse Versuch 3	4

6	Ermittlung des Untersetzungsverhältnisses	4
7	Klassenanzahl und -breite	6
8	Daten für die Histogrammdarstellung (original)	7
9	Messunsicherheit Massenstrombestimmung	8
10	Ermittlung des Förderwirkungsgrades	10

D Literatur

- [1] ALT, Nicolas: *Versuchsbeschreibung Volumetrische Feststoffdosierung mit Schneckendosierern*. Erlangen: Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik, 2004
- [2] KAU, Ka u. a.: *Übersetzung (Technik)*. Version: Mai 2005.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Untersetzung/>, Checked on: 13.06.2005