

**24. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2019**  
**„Digitalisierung in der Schüttgutfördertechnik“**

---

**Vermeidung von Fremdluft bei der Beschickung von  
Brennstoffvergasern mit granularer Biomasse durch  
modifizierte Gestaltung des Schneckenförderer  
Abwurfbereiches**

Yuan Tan, M.Sc.  
Akad. Dir. Stephan Kessler  
Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner



Yuan Tan M.Sc. (Referent)

fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss  
Logistik, Technische Universität München

Boltzmannstraße 15

85748 Garching

*Seite bitte leer lassen*

# **Vermeidung von Fremdluft bei der Beschickung von Brennstoffvergasern mit granularer Biomasse durch modifizierte Gestaltung des Schneckenförderer Abwurfbereiches**

*In einzelnen Studien wird besonders die luftarme Zufuhr der Biomasse in den Vergaser bei der Verbrennung betrachtet. Bei schlechter Abdichtung kann das in einem Vergaser erzeugte Gas durch den Schneckenförderer in die äußere Umgebung zurückfließen, was zu ernsthaften Problemen führen kann. Weiterhin ist durch die Undichtigkeit die Zufuhr von Falschlufte möglich, die sich bei der Steuerung des Vergasers störend auswirkt. Um die luftarme Zufuhr des vorhandenen Schneckenförderers zu erhöhen, wird daher ein Teil des Troges zielorientiert modifiziert und experimentell untersucht.*

*Zur Charakterisierung der Förderung von grobkörnigen Hackschnitzeln mit diesem modifizierten Schneckenförderer werden drei Eingangsgrößen – der Volumenstrom am Einlass, die Schneckenneigung und die Schneckendrehzahl – für jeden durchgeführten Versuch variiert. Außer der Grundermittlung der zwei Hauptzielgrößen – Ausgangsvolumenstrom und Antriebsmoment – wird der Füllstand am Auslass während der Versuche mit einer Kamera aufgezeichnet und danach qualitativ die Dichtwirkung bei der Brennstoffzufuhr in den Vergaser ausgewertet.*

## **1 Einleitung**

Aufgrund des Umweltproblems im Zusammenhang mit Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasemissionen wird die Nutzung fossiler Brennstoffe begrenzt. Somit hat in den letzten Jahrzehnten die Energie- und Wärmeerzeugung aus Biomasse ökonomisch und ökologisch zunehmend an Bedeutung gewonnen. In dem von der Europäischen Union geförderten Projekt „FlexiFuel-CHX“ mit einem Gesamtvolumen von 4,3 Mio. € befasst sich ein multinationales Konsortium aus insgesamt sieben Partnern (fünf Forschungsinstitute und zwei Unternehmen) mit der Entwicklung einer brennstoffflexiblen und energieeffizienten Biomasse-Verbrennungstechnologie für den privaten und kleingewerblichen Einsatz. Das dazugehörige Fördersystem besteht hauptsächlich aus einer Raumaustragung und einer Dosierung über robuste Schneckenförderer, die empirisch auf Basis von Erfahrungswerten konstruiert wurden und mit der DEM kontrolliert wurden. Der hier eingesetzte Dosierschneckenförderer ist ein konventioneller Typ, der die luftdichte Zufuhr von Brennstoffen nicht explizit berücksichtigt.

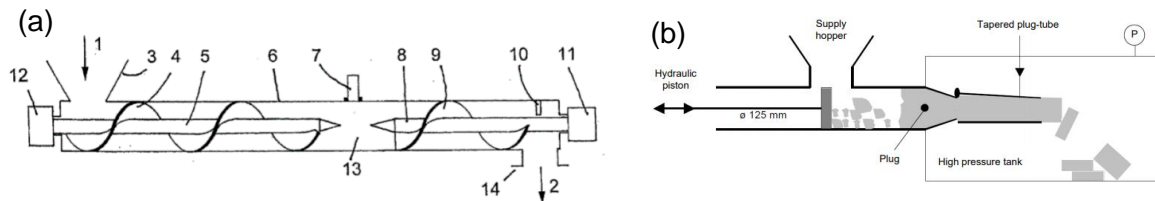
Um dem beschriebenen Problem begegnen zu können, verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, eine verbesserte Auslegung des luftarmen Zufuhrsystems für Biomassevergasen für verschiedenartige granulare Biomasse zu entwickeln. Dafür soll die Version des Standard Schneckenförderers möglichst einfach und kostengünstig modifiziert werden, um die Breite des Brennstoffspektrums derselben Schnecke zu erhöhen bei gleichzeitig luftarmer Zufuhr. Die Förderverhalten der neuen Version während der Entwicklungsphase sollen in Bezug auf den Bedarf des Drehmoments und die Stabilität des Massenstroms bewertet und miteinander verglichen werden. Dafür sind geeignete Versuche durchzuführen, um die Einflüsse der unterschiedlichen Betriebsparameter zu analysieren und zu bewerten.

## 2. Stand der Wissenschaft und Technik

Verglichen mit anderen nicht erneuerbaren Ressourcen weist Biomasse eine größere Verfügbarkeit und Umweltfreundlichkeit auf. Als eine vielversprechende Technologie für Biomasse bietet die Biomasseheizung mit Vergasertechnologie höchste Effizienz unter allen Umwandlungsrouten für Biomasse, wobei die Zufuhrsysteme eine wichtige Rolle spielen. Obwohl die Wahrscheinlichkeit signifikanter Probleme für Biomasse Zufuhrsysteme nach industrieller Erfahrung 80 % beträgt, beschäftigen sich nur wenige Studien mit dieser Problematik.

Die Aufgabe eines Zufuhrsystems für Brennstoff Biomasse in den Vergaser ist nicht nur, eine zuverlässige Versorgung zu gewährleisten, sondern auch einen Rückfluss von Gasen und Materialien aus dem Reaktor zu verhindern. Die gleichmäßige Verbrennung der Biomasse im Vergaser durch eine kontinuierliche Zuführung des Brennstoffes, möglichst volumenkompakt, sollte das Ziel dieser Technologie sein.

In den Studien von Dai [1], Guascor [2], Roy [3], Brown [4] and Grace [5] wird die luftdichte Zufuhr der Biomasse in den Vergaser näher betrachtet. Um die Abdichtung zu erreichen, wird die Biomasse in der Regel am Auslass des Schneckenförderers durch die Schnecke zu einem Kompaktstopfen komprimiert. Der Rückfluss von Gasen aus dem Vergaser und die Zufuhr von unerwünschter Falschluff für die Verbrennungsregelung wird dadurch verhindert. Eine typische Gestaltung der Schnecken, z. B. mit abnehmender Steigung, variablem Wellendurchmesser und/oder Schneckendurchmesser, wurde für Schneckenförderer empfohlen, um einen Verschlussstopfen zu bilden. Darüber hinaus werden konische und verlängerte Abschnitte am Austritt des Schneckenförderers zur Verbesserung der Verschlussdichtung für Reaktoren in der Biomasseindustrie verwendet. Zudem ist die Druckbeaufschlagung von Förderern häufig nützlich, um den Fluss zu fördern und einen Rückfluss zu verhindern [1, 5, 6]. Die durch Gasleckage verursachten Gefahren, z. B. Selbstverbrennung, Explosion, Personenvergiftung usw., werden ebenfalls in einem Patent [7] erwähnt. In der Studie von Tetzlaff [9] wird eine selbstdichtende Zuführung von Biomasse in einem Schneckentrog erreicht, indem zwei Schneckenförderer mit separat steuerbaren Umdrehungsgeschwindigkeiten hintereinander angeordnet sind, wie in Bild 1(a) dargestellt. Dadurch kann die Biomasse im Raum zwischen den beiden Förderschnecken verdichtet werden, sodass ein nahezu gasdichter Stopfen aus Biomasse entsteht. Abweichend vom System mit einer Förderschnecke wird der Druck bei dem Zweischneckensystem im Stopfen durch die Drehzahl der nachgeschalteten Schnecke gesteuert. Diese Gestaltung erlaubt große Querschnitte und verringert dadurch eine Blockierung oder Leckage beim Einbringen von Biomasse in großen Mengen. Ein gasdichter Stopfen ist insbesondere für weitgehend trockene Biomasse von Vorteil.



**Bild 1:** (a): Aufbau des selbstdichtenden Schneckenförderers [8]; (b): Aufbau der steckerförmigen Zuführung [9]

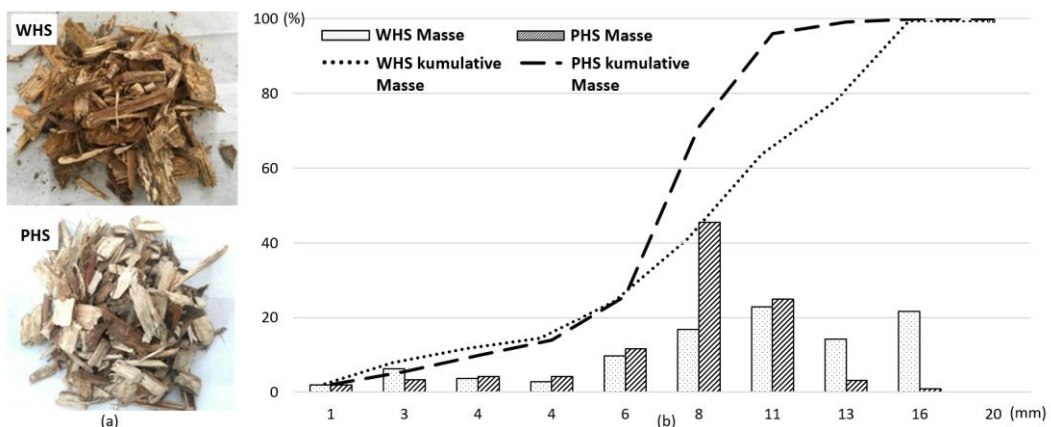
In [9] wurde eine steckerförmige Zuführung entwickelt, wie in Bild 1(b) dargestellt. Das Zufuhrsystem besteht aus einem Trichter, einem Hydraulikkolben und einem konischen Steckrohr. Durch die Zusammenwirkung von Hydraulikkolben und konischem Rohr wird die luftdichte Zufuhr erreicht, indem das Material am Auslass zu einem Kompaktstopfen komprimiert wird.

Nachteilig bei diesen Sonderkonstruktionen ist der hohe Energieaufwand für den Antrieb und die Kosten im Vergleich zu einem konventionellen Schneckenförderer.

### 3. Material und Methode

#### 3.1 Untersuchte Biomasse

Die experimentellen Grundlagenversuche werden exemplarisch mit zwei granularen Biomasse Brennstoffen durchgeführt. Die beiden Stoffe sind Waldhackschnitzel (WHS) und Pappelhackschnitzel (PHS). Die wichtigen Merkmale dieser im Experiment eingesetzten Materialien sind in Tabelle 1 dargestellt, nämlich Größenverteilung bezüglich des D80-Wertes, Schüttdichte, Feuchtigkeit und Schüttwinkel. Abgesehen von der ähnlichen Partikelform unterscheiden sich die beiden Brennstoffe in der Größenverteilung. Die Partikelgrößen von Waldhackschnitzel verteilen sich nahezu gleichmäßig auf vier Gruppen, nämlich 8 mm, 11 mm, 13 mm und 16 mm, während fast die Hälfte der gemessenen Pappelhackschnitzel 8 mm und ein Viertel 11 mm groß sind.



**Bild 2:** Fotos (a) und Partikelgrößenverteilung (b) der Waldhackschnitzel und Pappelhackschnitzel (Säule: Massenprozent der Partikel mit verschiedenen Größen; Kurve: Kumulative Massenprozent)

Damit ist PHS das feiner granuläre und homogenere Schüttgut als WHS.

**Tabelle 1:** Materialeigenschaften der untersuchten Biomassen

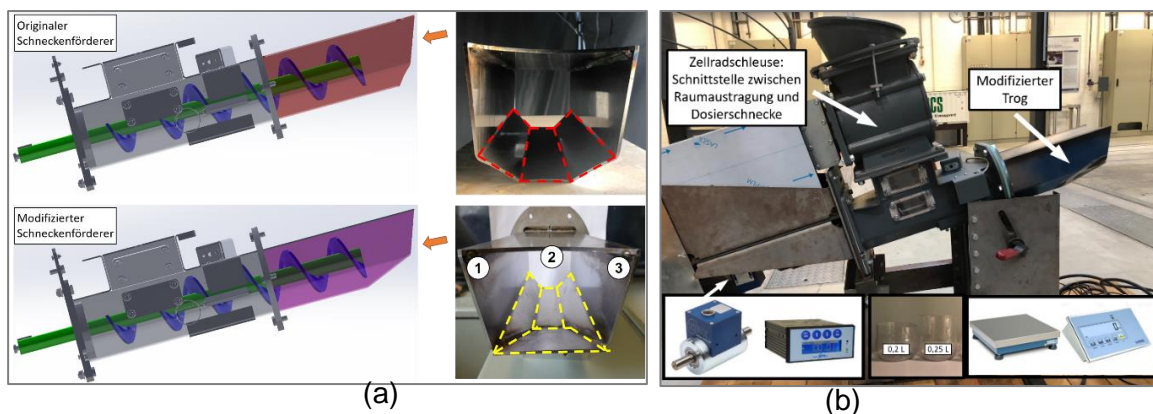
Material	D80 [mm]	Schüttdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Feuchtigkeit [%]	Schüttwinkel [°]
Waldhackschnitzel*	13,2	190	39	43,88
Pappelhackschnitzel	9,1	107	16	32,95

\* Die Probe besteht aus 73 % Kiefer und 27 % Eiche

## 3.2 Versuchsanlage und Messgeräte

### 3.2.1 Modifizierte Gestaltung des Abwurfbereichs

Die vorangegangenen Arbeiten bzw. Experimente mit dem Standard Schneckenförderer für die Dosierung der Brennstoffzufuhr zeigen, dass der Trogquerschnitt des Abwurfes nicht vollständig gefüllt wird, sprich, eine unzureichende Dichtigkeit vorherrscht. Aus Kostengründen war die Vorgabe nur den Trogauslauf in der Blechkonstruktion zu modifizieren. Ziel war eine Reduktion des Auslaufquerschnittes zur Verdichtung, wobei keine Stauzonen wegen eines Anstieges der Verlustleistung entstehen sollte. Entsprechend wurde die ursprüngliche Gestaltung geometrisch unter Beachtung der Schüttwinkel gängiger Biomasse Brennstoffe modifiziert, um das Volumen zu verringern bei gleichzeitigem Fließen des Schüttgutes. Geometrische Vorstudien einer 3D-CAD Variantenkonstruktion ergaben, dass eine einfache Lösung erzielt werden kann, wenn der ursprüngliche untere Teil des Trogs, nämlich drei zusammengeschnittene Bleche (rote Strichlinien in Bild 3(a) oben rechts), durch ein einziges Schrägblech ersetzt wird (gelbe Strichlinien in Bild 3(a) unten rechts). Damit ändert sich das Volumen sanft konform der Fließeigenschaften, bis der Querschnitt des Abwurfes ein Rechteck anstatt des bisherigen Polygons erreicht.



**Bild 3:** (a) CAD-Modell originärer und modifizierter Schneckenförderer; (b) Versuchsanlage und Messgeräte.

### 3.2.2 Messung

Der Ausgangsmassenstrom wurde mit einer elektronischen Messplattform der Firma DEW, Typ TT30, gemessen. Mit dem Messbereich von 0 kg bis 30 kg betrug die Präzision des TT30 0,0005 kg [10]. Gemäß Bild 3(b) unten rechts hat diese Plattform eine Edelstahloberfläche. Auf die Plattform wurde ein großes Gefäß aufgesetzt, um alle herausfallenden Materialien aufzufangen. Die Masse der in das Gefäß fallenden Materialien

wurde im Sekundentakt in einer Excel-Messdatei gespeichert. Die Differenzen zwischen nacheinander gemessener Massen ergibt den jeweiligen temporären Massenstrom. Mithilfe der Schüttdichte werden weiterhin die entsprechenden Volumenströme berechnet. Damit sind die Bewertungen der zwei Biomassenströme geometrisch einheitlich vergleichbar.

Der Drehmomentsensor und seine zugehörige Ausleseeinheit (Bild 3(b) unten links) wurden von der Firma NCTE gewählt und gemäß dem Schneckendurchmesser wurde die Serie 3000 mit der Rundwelle  $\varnothing$  15 mm eingesetzt. Das Nenndrehmoment des Sensors beträgt 100 Nm. Die Vorteile dieses Sensors liegen in der Genauigkeit von  $\leq \pm 0,2\%$  und der Tatsache, dass kein externer Messverstärker benötigt wird [11].

Neben der Messung der Drehmomente mit dem Drehmomentsensor werden der IST-Motorstrom und die IST-Motorspannung durch einen Frequenzumrichter in der Excel-Messdatei gespeichert. Die Motordrehzahl wird durch die Steuerung der Motorfrequenz mit dem Frequenzumrichter kontrolliert und damit die Drehzahl des Schneckenförderers eingestellt.

### 3.3 Untersuchte Betriebspunkte

Der Einfluss von drei Betriebsparametern, nämlich der Volumenstrom am Einlass, die Neigung und die Drehzahl des Förderers, auf den Füllstand im Abwurfbereich wurden untersucht.

Drei Stufen jedes Einflussfaktors wurden vorgegeben. Für den Neigungswinkel wurden drei Stufen mit  $15^\circ$ ,  $17,5^\circ$  und  $20^\circ$  festgelegt. DIN 15262 und VDI Richtlinie 2330 Blatt 2 definieren, dass das Fördergut als translatorisch bewegt betrachtet werden kann, wenn die Neigung zwischen  $0^\circ$  und  $20^\circ$  liegt [12]. Damit liegt ein definierter Zustand für diese Versuche vor und die Formeln in Anlehnung an die horizontale Förderung können angewendet werden. Die vorgegebenen Drehzahlen im Versuch wurden von den Anforderungen des Vergasers entschieden, und betragen 4 rpm, 6 rpm bzw. 8 rpm. Weiterhin wird der Volumenstrom am Einlass als Einflussfaktor betrachtet, da die Menge der Fördergüter dieser Dosierschnecke von einer Raumaustragung bzw. dem erststufigen Schneckenförderer abhängig ist.

In der Realität werden die Biomassestoffe zunächst in einer von den zwei Kammern der Zellradschleuse (Bild 3(b)) gesammelt. Deswegen wird der Volumenstrom am Einlass der Dosierschnecke mit der geförderten Partikelmenge und der Drehzahl der Zellradschleuse umgerechnet, sodass sich drei Volumenströme für beide Materialien einheitlich entsprechend mit  $0,125 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  und  $0,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  per Umdrehung der Zellradschleuse ergeben bei einem Getriebefaktor 1,5 zwischen Schneckenwelle und Zellradschleuse. Zwei Gefäße (Bild 3(b) Mitte unten) mit dem Volumen von  $0,125 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  und  $0,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  wurden eingesetzt. Insgesamt wurden 81 Versuchsläufe durchgeführt.

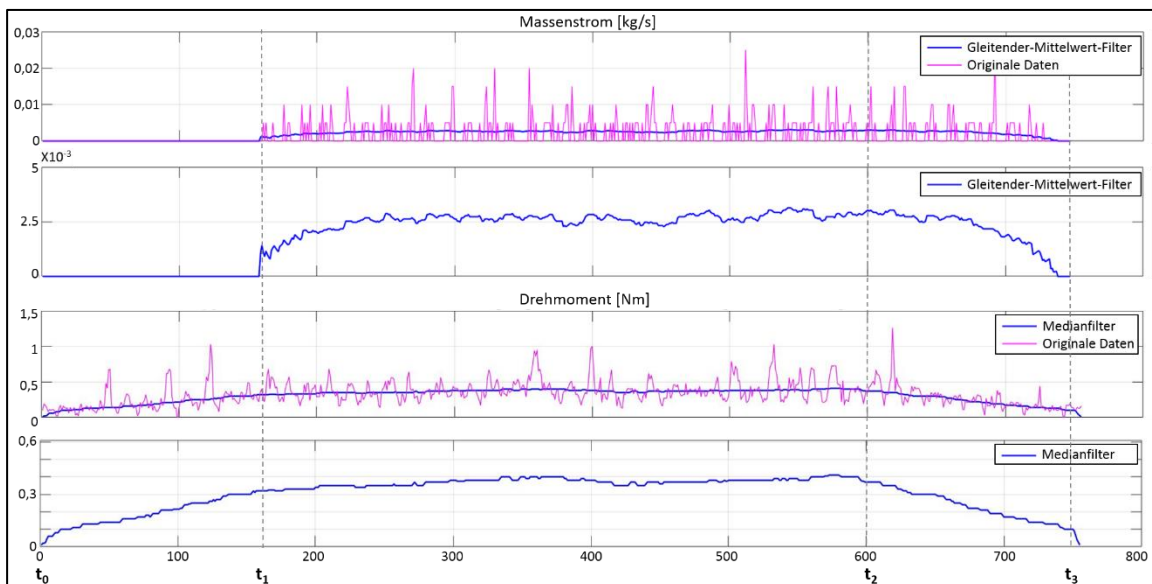
Der wesentliche Vorgang des Experiments ist der Ablauf der Dosierung. Deswegen wurden während des Versuchs die Startzeit der Beschickung ( $t_0$ ), die Zeit des ersten Materialabwurfes ( $t_1$ ), der Endzeitpunkt des Materialzulaufes ( $t_2$ ) und der Endzeitpunkt des letzten Materialabwurfes ( $t_3$ ) protokolliert. Die Entnahme der Hackschnitzel aus der Lagerung und die Dosierung erfolgte mit Gefäßen manuell mit normierten

Volumeneinheiten. Um die Genauigkeit der Messergebnisse zu gewährleisten, wurde jeder Versuch mit gleichem Betriebspunkt dreimal wiederholt. Vor jedem Lauf wurde das Restmaterial des vorherigen Laufs entfernt.

### 3.4 Mathematische Methode

In den Versuchen wurde der Verlauf des temporären Massenstromes und des Drehmomentes aufgezeichnet. Da hier stückiges Material durch einen Langsamläufer transportiert wird, das dazu neigt Brücken zu bilden, die gebrochen werden müssen und der Abwurf eher paketartig erfolgt, spiegelt sich das in der Aufnahme der originären Messwerte in einem piekbehafteten Messwerteverlauf sowohl beim temporären Massenstrom als auch Drehmomentverlauf wieder.

Um die Haupttendenz des gemessenen Massenstroms und Drehmoments jeder Förderung auszuwerten, werden die originären Daten durch Medianfilter und gleitenden Durchschnitt geglättet (Bild 4).



**Bild 4:** Originäre und geglättete Daten.

## 4. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der jeweiligen Dosierversuche weisen eine ähnliche Charakteristik auf wie in Bild 4 dargestellt. Die Dosierschnecke läuft an und wird beschickt ab  $t_0$ . Sobald die ersten Hackschnitzel aus dem Trog fallen  $t_1$  wird der temporäre Massenstrom gemessen. Massenstrom und Drehmoment zeigen sich praktisch quasistatisch während der Zufuhr. Ab  $t_2$  erfolgt kein weiterer Zulauf, entsprechend entleert sich die Dosierschnecke. Bei  $t_3$  erfolgt der letzte Abwurf und die Dosierschnecke dreht mit einer Restfüllung weiter, bis sie abschaltet.



#### 4.1 Volumenstrom und Füllstand am Auslauf

Der vergleichbare Volumenstrom beider Materialien in Abhängigkeit der verschiedenen Betriebspunkte bei veränderter Schneckenneigung und Drehzahl ist schematisch zusammengefasst in Bild 5 dargestellt. Dazugehörig werden die erreichbaren Füllstände am Auslauf, welche die Dichtwirkung der Dosierschnecke aufzeigen, mit Fotos in den Diagrammen ergänzt.

Der Volumenstrom wird aus den Versuchen gemittelt und mit Standardabweichung dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Standardabweichung in allen Fällen der Förderung von Pappelhackschnitzeln im Allgemeinen kleiner ist als bei Waldhackschnitzeln, was entsprechend auf eine stabilere Förderung des homogenen feiner granularen Schüttgutes hinweist.

Mit Zunahme der Zufuhr ändert sich nahezu linear der Volumenstrom.

Es zeigt sich, dass die Variation der Neigungswinkel 15 – 17,5 – 20 Grad der Dosierschnecke praktisch keinen Einfluss auf den Volumenstrom beim homogenen feiner granularen PHS hat. Bei WHS sind etwas größere Abweichungen erkennbar, bedingt ist das sicherlich durch die groben Hackschnitzel. Aber die Tendenz, dass der Neigungswinkel auch hier keine Rolle zu spielen scheint, ist erkennbar.

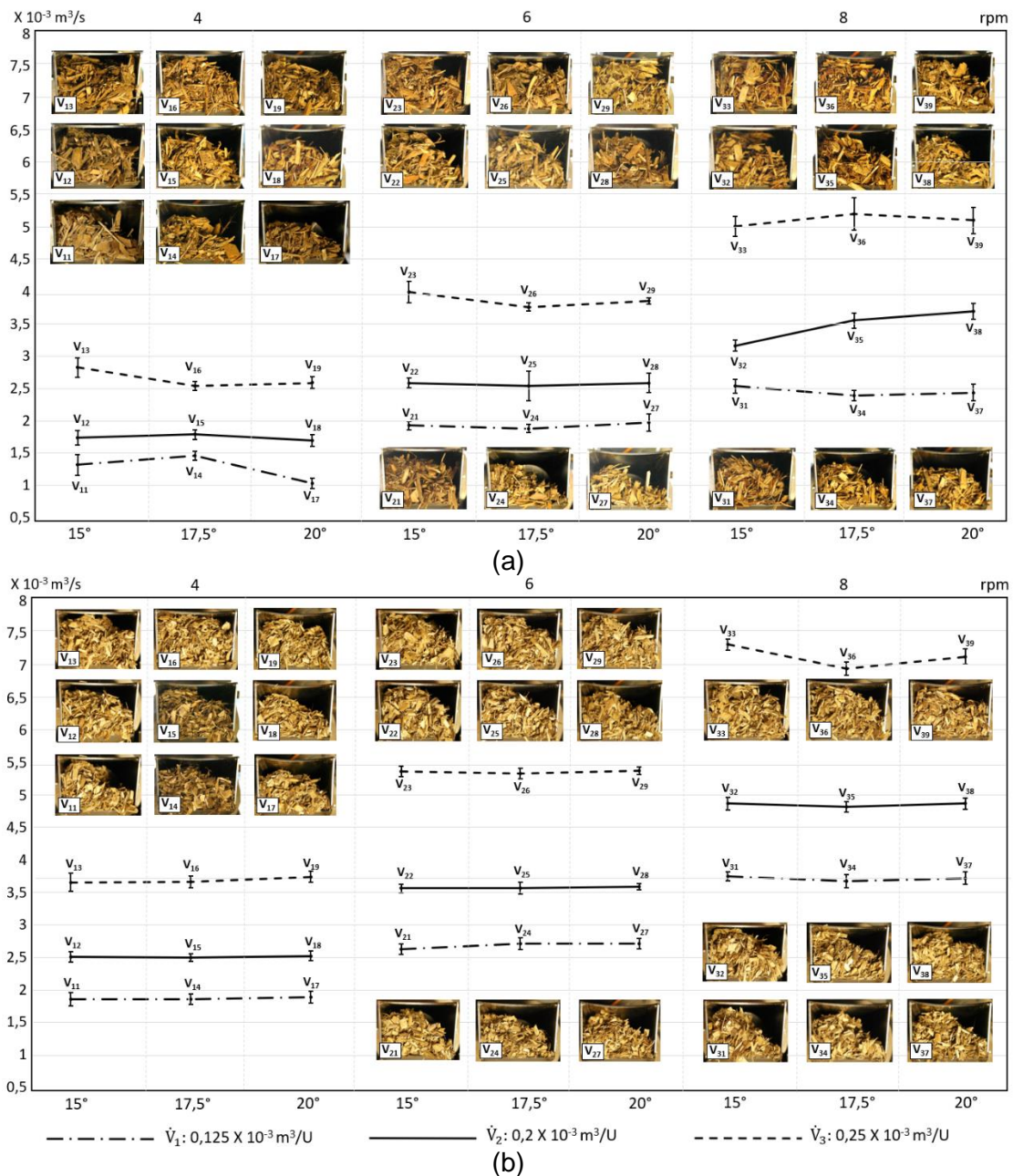
Mit zunehmender Drehzahl nimmt wie erwartet der Volumenstrom zu. Auch hier ist die lineare Zunahme deutlich erkennbar. Die Dosierschnecke arbeitet stabil in dem untersuchten Drehzahlbereich und kann entsprechend für die Vergaserbeschickung zuverlässig angesteuert werden.

Zur Bewertung des Füllstands im Abwurfbereich wurden drei charakteristische Positionen (Nr. 1, 2 und 3 in Bild 3) des Ausgangsquerschnitts des Förderers als Referenzpunkte am Oberblech gewählt. Wie erwartet formt der Schüttgutquerschnitt am Auslauf tendenzmäßig eine Schräge entsprechend den Reibverhältnissen der horizontalen bis leicht geneigten Förderschnecke bis 20 Grad. Der Auslassquerschnitt konnte nur in wenigen Fällen bei dieser Schrägblechkonstruktion geschlossen werden. Jedoch konnten durchschnittlich 85% Füllung erreicht werden. Die Referenzpunkte 1 und 2 am Oberblech wurden oft kontaktiert während der Referenzpunkt 3 selten in Kontakt mit dem Schüttgut war.

Bei diesem Langsamläufer spielt die Variation der Drehzahl praktisch keine Rolle auf das Füllstandsverhalten im Abwurfquerschnitt, ebensowenig die Variation der Neigung des Förderers von 15 bis 20 Grad.

Gerade bei den gröberen WHS zeigte sich verstärkt die Tendenz im Auslassquerschnitt eine Wirbelbewegung in Richtung der offenen Stelle 3 zu entwickeln. D.h. hier besteht die Tendenz den freien Raum im Abwurfquerschnitt zu schließen. Dieser Effekt kann bei der Auslegung des Abwurfquerschnittes genutzt werden, um die Dichtigkeit zu erzielen.

Der Volumenstrom am Einlass hat einen maßgeblichen Einfluss, wie die Füllstandsbilder zeigen. Nur wenn eine Mindestanforderung des Volumenstroms am Einlass gewährleistet wird, ist ein luftdichter Füllstand am Auslass realisierbar.



**Bild 5:** Der Mittelwert und die Standardabweichung des Volumenstroms sowie der entsprechende Füllstand im Abwurfbereich unter verschiedenen Betriebspunkten (a: WHS; b: PHS).

## 4.2 Drehmoment

Wie von Rackl und Günthner [13] zusammengefasst, hat die mittlere Partikelgröße der Hackschnitzel einen starken Einfluss auf das Antriebsmoment, da sich größere Partikel (>16 mm) miteinander oder mit Geräteteilen verheddern und einen erhöhten Antriebsleistungsbedarf oder sogar eine Blockierung verursachen können.

Bei den untersuchten WHS zeigt sich dieser Effekt im Maximalmoment, bei dem offensichtlich Brücken gebrochen werden müssen (Tabelle 2). Die homogenen und feiner granularen PHS benötigen solche Spitzenmomente nicht. Auch liegt der Bereich des Betriebsantriebsmomentes für die PHS deutlich niedriger, ca. ein Drittel, im Vergleich zum Transport für die WHS.

Die Messungen zeigen weiterhin vorteilhaft, dass die Schrägblechkonstruktion, um den geschlossenen Füllquerschnitt am Auslass zu schaffen, praktisch so gut wie keinen Einfluss auf das Betriebsantriebsmoment verglichen zur Standard Dosierschnecke hat. D.h. ein Anstieg des Antriebsmomentes liegt praktisch nicht vor, wenn der Schrägblechwinkel richtig gewählt wird.

**Tabelle 2:** Maximalwert und Betriebsbereich der gemessenen Drehmomente der ursprünglichen und der modifizierten Version.

Biomasse	Waldhackschnitzel		Pappelhackschnitzel	
	Erster Prototyp	Zweiter Prototyp	Erster Prototyp	Zweiter Prototyp
Maximalwert (Nm)	25	20	2,5	3,7
Betriebsbereich (Nm)	2 - 5	1 - 5	0,75 - 1,75	0,75 - 1,75

## Zusammenfassung und Ausblick

Für eine Standard Dosierschnecke für die Vergaserversorgung mit Hackschnitzel Biobrennstoffen wurde mit einer einfachen Schrägblechkonstruktion am Auslass der Füllquerschnitt deutlich erhöht. Damit werden die Biomassestoffe komprimiert, bevor sie dem Brennstoffvergaser zugeführt werden. Ziel ist den Rückfluss von Gasen und Materialien aus dem Reaktor zu verhindern und Falschluff für die Vergasung bei der Versorgung zu vermeiden.

Aus den Ergebnissen der Experimente wird ersichtlich, dass außer einem ausreichenden Volumenstrom am Einlass insbesondere die Partikelform und Größenverteilung des Biobrennstoffes einen Einfluss auf die erzielbare Dichtigkeit und die Konstanz des Förderverhaltens hat. Homogenere und feiner granuläre Biobrennstoffe sind hier von Vorteil.

Es zeigt sich, dass diese Dosierschnecken im Bereich bis 20 Grad Neigung mit nahezu konstantem Volumenstrom robust arbeiten. Entsprechend können sie konstruktiv in diesem Winkelbereich in die Vergaseranlage eingebaut werden.

Der verwendete Drehzahlbereich dieser Langsamläufer zur Veränderung des Volumenstromes zeigt ein nahezu lineares Reaktionsverhalten. Damit ist die Vergaserbeschickung zuverlässig steuerbar.

Das Antriebsmoment wird durch diese Schrägblech Modifikation am Auslass im Vergleich zur Standard Dosierschnecke mit konstantem Querschnitt praktisch nicht erhöht.

Die Ergebnisse aus den Messungen zeigen, dass eine Schrägblech Konstruktion am Auslass der Dosierschnecke zu einem geschlossenen Füllquerschnitt für einen Biobrennstoff führen kann, wenn der Auslassquerschnitt entsprechend angepasst ist. Die Fotos der Versuche weisen darauf hin, dass ein weiter verkleinerter Querschnitt des Abwurfbereichs diesen idealen Füllstand mit Dichtigkeit ermöglichen kann.

Für die weitere Analyse und Optimierung dieses Effektes bietet sich eine DEM-CFD Analyse im virtual prototyping an, mit welchem der Rückfluss aus dem Vergaser und die

Zufuhr von Falschlufft validierbar werden könnte.

### Quellenverzeichnis:

- [1] Dai, J.; Cui, H.; R. Grace, J.: *Biomass feeding for thermochemical reactors*. Progress in Energy and Combustion Science. 38 (2012) 716 - 736.
- [2] Guascor, G.: *Biomass feeding system*. In European Patent Application, 11 (2013) EP2666846A1
- [3] Roy, D.; Rajmohan,R.; Sabir, Q.: *Minimum quality standards for biomass gasification plants*. Vortrag. Development environenergy services ltd, New Delhi, Dezember, 2016.
- [4] Brown, J.: *Biomass Gasification: Fast Internal Circulating Fluidised Bed Gasifier Characterisation and Comparison*. Dissertation. University of Canterbury, Canterbury, 2006.
- [5] Grace, J.; Dai, J.: *Biomass screw feeding with tapered and extended sections*. University of British Columbia, Vancouver, 2008.
- [6] Lettner, F., Timmerer, H., Haselbacher, P.: *Guideline for safe and eco-friendly biomass gasification - Biomass gasification – State of the art description*. Vortrag. Intelligent Energy - Europe (IEE), Granz, Dezember 2007.
- [7] State Intellectual Property Office: *Air curtain feeding device and biomass gasification reaction system using same*. CN 201857375 U 2010.
- [8] Tetzlaff, K.: *Biomass transport installation for introduction into a pressurized container*. US 2011/0271649 A1, 2011
- [9] Sharifi, V N.; Swithenbank, J.: *Energy efficient solids feed system for high pressure processes*. Dissertation. Department of Chemical and Biological Engineering, The University of Sheffield, Sheffield, 2014.
- [10] DEW: *Datenblatt von Plattformen mit einer Wägezelle Serie „T“*, Landau, 2017
- [11] NCTE: *Datenblatt von NCTE-Drehmomentsensoren Serie 3000*, Unterhaching bei München, 2017
- [12] Verein Deutscher Ingenieure: *Schneckenförderer für Schüttgut - Auslegung von horizontalen und leicht geneigten Schneckenförderern*. VDI-Richtlinie Nr. 2330 Blatt 2, 2013.
- [13] Michael Rackl, Willibald A. Günthner. *Experimental investigation on the influence of different grades of wood chips on screw feeding performance*. Biomass and Bioenergy 88 (2016) 106-115.