



Doctoral Thesis

Vorgänge bei der Förderung von gestapelten rechteckigen Stückgütern auf Schwingrinnen

Author(s):

Dietzsch, Claudius Rolf

Publication Date:

1987

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000409692> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8277

VORGAENGE BEI DER FOERDERUNG VON
GESTAPELTEN RECHTECKIGEN STUECKGUETERN
AUF SCHWINGRINNEN

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZUERICH

vorgelegt von

CLAUDIUS ROLF DIETZSCH

Dipl. Masch.-Ing. ETH

geboren am 3. September 1957

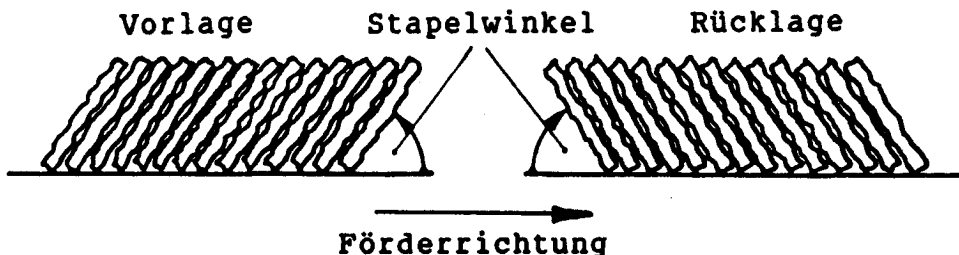
von Stein am Rhein (Kt. Schaffhausen)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr., Dr.h.c. Ch. Wehrli, Referent
Prof. Dr. G. Oplatka, Korreferent

1987

7. ZUSAMMENFASSUNG

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wird der Fördervorgang von in Transportrichtung gestapelten rechteckigen plattenartigen Stückgütern auf Schwingrinnen untersucht. Die Aufgabenstellung ergab sich aus der praktischen Anwendung von Schwingrinnen im Verpackungssektor auf dem Gebiet des Biscuittransportes. Schwingrinnen werden dabei für die Zuführung gestapelter Biscuits (schrägliegend geschuppt hintereinander, vgl. Skizze) zu den Verpackungsmaschinen eingesetzt. Es zeigt sich in der Praxis, dass die Fördergeschwindigkeit derartiger gestapelter plattenartiger Stückgüter, abgesehen von bekannten Parametern, wesentlich vom Stapelwinkel (Neigungswinkel eines plattenartigen Stückgutes gegenüber der Auflagefläche) und der Stapelart (Vorlage bzw. Rücklage) abhängig ist. Die Auslegung von Schwingrinnen für entsprechende praktische Anwendungen im Verpackungssektor auf dem Gebiet des Biscuittransportes verlangt die Kenntnis über den Einfluss der Stapelung auf die Fördergeschwindigkeit.



Im theoretischen Teil wird gegenüber früheren Untersuchungen eine erweiterte Theorie zur Berechnung der Fördergeschwindigkeit gestapelter rechteckiger plattenartiger Stückgüter in Funktion von Stapelart und Stapelwinkel entwickelt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung interessiert ein Wurfkennzahlbereich von $1 \leq \Gamma \leq 2.23$, entsprechend den Schwingungsparametern in der Anwendung. Analysiert wird der Schwingrinnenbetrieb, der sich dadurch kennzeichnet, dass innerhalb einer Schwingungsperiode eine

Mikrowurfbewegung und damit ein Abheben der gestapelten Stückgüter von der Rinne stattfindet. Der Flugphase folgt ein Stossprozess beim Wiederauftreffen jedes einzelnen Stückgutes auf der Rinne mit anschliessender Gleitphase, die bis zum nächsten Absprung dauert. Ein Verfahren I, das vom Verhalten einer Einzelrechteckplatte ausgeht und auf einem vollständig unelastischen Stossprozess nach kinematischer Betrachtungsweise basiert, beschreibt die Vorgänge des Förderprozesses im Wurfkennzahlbereich $1 \leq \Gamma \leq 1.8$. Im anschliessenden Wurfkennzahlbereich ($\Gamma > 1.8$) kommt ein Verfahren II zur Anwendung, das einen teilweise elastischen Stoss nach kinematischer Betrachtung zwischen Fördergut und Rinne im Anschluss an die Flugphase berücksichtigt. Eine energetische Stossbetrachtung gestattet die Berechnung der infolge des Stosses dissipierten Energie. Daraus konnten Erkenntnisse über die Stossbeanspruchung der gestapelten Stückgüter während des Fördervorganges in Funktion von Stapelart und Stapelwinkel gewonnen werden.

Im experimentellen Teil überprüft man die theoretischen Resultate mit Hilfe von Messungen. In Versuchen ermittelte Fördergeschwindigkeiten werden mit den Mittelwerten der theoretischen Fördergeschwindigkeitsverläufe über eine Schwingungsperiode verglichen.

Um Anhaltspunkte für die Entwicklung der Theorien zu erhalten, wird der Förderprozess gestapelter rechteckiger Biscuits mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen.

Mittels einer Fallversuchseinrichtung werden Stosszahlen von Einzelrechteckplatten experimentell bestimmt. Die Einrichtung gestattet die Ermittlung von Tendenzen von Stosszahlen in Funktion des Neigungswinkels einer Rechteckplatte gegenüber einer horizontalen Auftrefffläche, nicht aber die

Bestimmung von absoluten Stosszahlen, wie sie während des Förderprozesses in der gestapelten Formation auftreten.

Folgende Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

Ein Vergleich der Tendenzen der numerischen Auswertungen des Verfahrens I mit denjenigen der Messungen bestätigt, dass eine Theorie, die vom Verhalten der Einzelrechteckplatte ausgeht, im wesentlichen für die Beschreibung der Vorgänge bei der Förderung gestapelter Biscuits in der Praxis zutreffend ist. Durch die Gestalt des Biscuits (unebene Oberflächen, Toleranzen in den Dimensionen) bleibt sein Charakter als Einzelstückgut bei der Förderung in der gestapelten Formation bezüglich seines individuellen Bewegungszustandes zu einem wesentlichen Anteil erhalten. Der Stoss der Einzelplatte (Biscuit) auf der Rinne anschließend an die Flugphase ist massgebend für das Geschwindigkeitsverhalten von gestapelten biscuitartigen Stückgütern verantwortlich. Die rechnerisch ermittelten Resultate stimmen tendenzmässig und auch in den Werten mit den experimentellen Ergebnissen verhältnismässig gut überein. Relativ starke Abweichungen zwischen theoretischen und experimentellen Werten treten hauptsächlich bei kleinen Reibungskoeffizienten zwischen Fördergut und Rinne, bei flachgestapelten Formationen und kleinen Wurfkennzahlen auf. Dies kann erklärt werden durch in der Theorie getroffene Annahmen, die sich in den genannten Bereichen auf die Güte der theoretischen Resultate negativ auswirken.

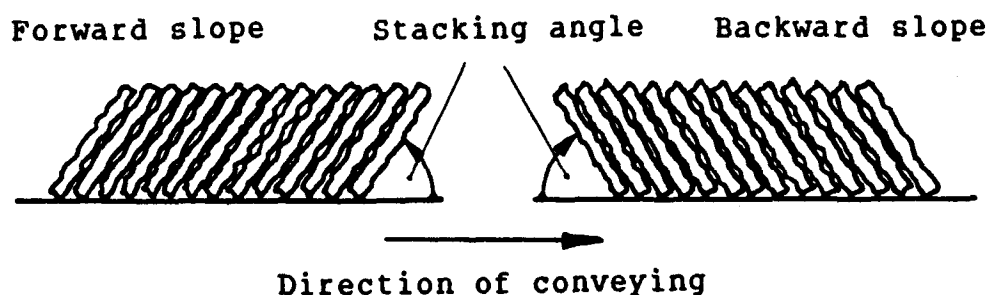
Für die numerische Auswertung des Verfahrens II, das ebenfalls auf dem Verhalten der Einzelplatte basiert, ist die Kenntnis von Stosszahlen notwendig. Da aus den Fallversuchen keine absoluten Werte für während der Förderung auftretende Stosszahlen resultierten, wird wie folgt vorgegangen: Numerische Bestimmung derjenigen Stosszahl, bei wel-

cher eine theoretische Fördergeschwindigkeit mit dem entsprechenden experimentell gefundenen Wert übereinstimmt. Wie die Analyse der auf diese Weise im ganzen Untersuchungsbereich ermittelten Stosszahlen zeigt, ist eine deutliche Abnahme der Stosszahl mit zunehmendem Stapelwinkel festzustellen. Diese Tendenz deckt sich mit den Resultaten der an Einzelrechteckplatten durchgeführten Fallversuche. Dies zeigt, dass Verfahren II im wesentlichen die physikalischen Vorgänge bei der Förderung gestapelter biscuitartiger Stückgüter im höheren Wurfkennzahlbereich beschreibt.

Hinsichtlich der praktischen Anwendung ergeben sich aus den in der Arbeit gewonnenen Erkenntnissen Vorteile, die den Produktabrieb, die Fördergeschwindigkeitserhöhung durch grössere Reibungskoeffizienten, die Wirtschaftlichkeit des Fördervorganges sowie allgemein die Reproduzierbarkeit der Förderverhältnisse betreffen.

8. SUMMARY

In the paper the conveying acting of rectangular plate-type solid articles stacked in the direction of travel along vibrator channels is investigated. The practical use of vibrator channels in the packaging sector - in particular in the field of biscuit feeding - gave rise to this task. Vibrator channels are used here for feeding stacked biscuits (slanting one behind the other in fish-scale fashion - see figure) to the packaging machines. Practical experience has shown that the conveying speed (feedrate) of plate-type articles stacked in this manner is dependent, quite apart from known parameters, essentially on the stacking angle (inclination of the plate-type article relative to the supporting surface) and on the slope direction (forward or backward slope). The design of vibrator channels for relevant practical applications in the packaging sector for biscuit conveying requires knowledge about the influence of the stacking configuration on the conveying speed.



In the theoretical section an expanded theory is developed beyond earlier attempts on calculations of the conveying speed for stacked rectangular plate-type articles in terms of the stacking angle and slope direction. In the scope of the investigations under consideration a ballistic coefficient range of $1 \leq \Gamma \leq 2.23$ is dealt with, corresponding to the vibration parameters in the application.

Analysis is made of the vibrator channel action, the feature of which is that within one oscillation period a micro-ballistic action takes place and thus a lifting of the stacked articles off the channel. The flight phase is followed by an impact as each individual article lands on the channel again and then a sliding phase follows which lasts until the next jump.

An approach I derived from the behaviour of a single rectangular plate and based on a fully non-elastic impact from a kinematic point of view describes the action involved in the conveying process in the ballistic coefficient range $1 \leq \Gamma \leq 1.8$. In the subsequent ballistic coefficient range ($\Gamma > 1.8$) an approach II is applied which considers a kinematic aspect of a partially elastic impact between the article conveyed and the channel in sequence to the flight phase. A consideration of the dynamics involved in the impact permits the calculation of the dissipated energy by the impact. This gives information on the impact forces on the stacked articles during conveying in terms of the stacking angle and the direction of slope.

In the experimental section measurements from experiments enable to check theoretical results. Conveying speeds determined in tests are compared with the mean values of the theoretic conveying speed curves over an oscillation period.

In order to get a good basis to develop adequate theories the conveying action of stacked rectangular biscuits has been filmed with a high speed camera.

By means of a drop test device impact parameters are determined experimentally for single rectangular plates. This device permits to determine the tendencies of impact parameters in terms of the angle of inclination of a rectangular

plate relative to a horizontal contact surface, but not to determine absolute impact parameters occurring in the stacked formation during the conveying process.

The following information was obtained:

A comparison between the trends in the numerical evaluations of approach I and those acquired by the measurements confirms that a theory deriving from the behaviour of the single rectangular plate is substantially representative for the situation when forwarding stacked biscuits in practice. Due to the nature of the biscuit (uneven surfaces, tolerance on its dimensions) its character as a single object is essentially retained in the stacked formation. The impact of the single plate (biscuit) on the channel following the flight phase is essentially responsible for the feedrate behaviour of stacked biscuit-type products. The analytically derived results agree fairly well with the experimental results, both in tendency and in magnitude. Relatively large deviations between theoretic and experimental values occur chiefly in the case of low frictional coefficients between product and channel, flat-stacked configurations and low ballistic coefficients. This can be explained by the theoretic assumptions which have a negative effect on the quality of the theoretical results in the stated ranges.

For the numerical evaluation of approach II which is likewise based on the behaviour of an individual plate a knowledge of impact parameters is necessary. Since the drop tests do not supply absolute values for the impact parameters resulting during conveying, the following procedure is adopted: Numerical determining of that impact parameter via which a theoretic feed rate agrees with the experimentally acquired value. As the analysis of the impact para-

meters determined in this manner over the whole range of investigation reveals, a clear reduction in the impact parameter is discerned with increasing stack angle. This tendency agrees with the results of the drop tests performed on a single rectangular plate. This indicates that approach II substantially describes the physical process involved in the forwarding of stacked biscuit-type products in the upper ballistic coefficient range.

With respect to practical applications the conclusions derived from the investigations supply advantages concerning product abrasion, feedrate increase via higher frictional coefficients, efficiency of the conveying performance and in general the repeatability of the feed conditions.