



## Zucker pneumatisch transportieren?

**IKB Industrieplanung GmbH**

Nachtigallenstr. 15  
57589 Pracht

Tel. 02682 95240  
Fax. 02682 952424

info@ikb-planung.de  
www.ikb-planung.de

# Zucker pneumatisch transportieren?

Verkaufsentscheidende Merkmale von Zucker sind Korngröße, Unversehrtheit, Farbe und Glanz der Oberflächen. Die Kunden der Zuckerindustrie benötigen in zunehmendem Maße für die unterschiedlichsten Einsätze genau definierte Spektren, die sich in den letzten Jahren immer weiter verfeinert haben. Verkaufsfractionen mit einer Spreizung von 200µm werden in zunehmendem Maße gefordert. Die Fraktionsreinheit stellt heute ein weiteres wichtiges Qualitätsmerkmal dar.

Um diese Ansprüche zu erfüllen, wird versucht, den Zucker nach der Kristallisation möglichst schonend zu behandeln. Besonders der unvermeidliche Transport des Zuckers vom Lagerort zur Siebung, zur LKW-Silofahrzeugverladung und zu den Packmaschinen strapaziert das Korn durch zahlreiche Übergaben, Überhebungen und mechanische Beanspruchung in den Fördererelementen. Richtig bewußt wird diese Tatsache erst, wenn die Ausschubmengen, die durch die Entstaubung der Förderwege abgesaugt werden,

in Relation zur geförderten Zuckermenge gesetzt werden. Um Kornbeschädigung und den daraus resultierenden Verlust möglichst gering zu halten, wird versucht, den Transport so weit es möglich ist, über Schwerkraft zu realisieren. Oft ist dies aber aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und der Förderaufgabe nicht möglich und es sind mehrere Übergaben und Überhebungen erforderlich, mit erheblichem Investitionseinsatz und erhöhten Betriebskosten.

Pneumatische Transporte sind in der Zuckerindustrie bereits im Einsatz, z.B. für den Transport von staubartigen Produkten wie Feinster und Puder, auch Flugasche. Nicht alle Arten der pneumatischen Transporte eignen sich zum Transport von Zucker. Zucker hat nun mal durch die Oberfläche und Kantenbildung eine Ausstrahlung, die als Qualitätsmerkmal ausgewiesen ist und erhalten bleiben muß. Aus diesem Grunde scheiden Fördertechniken aus, die eben diese Qualitätsmerkmale negativ beeinträchtigen.

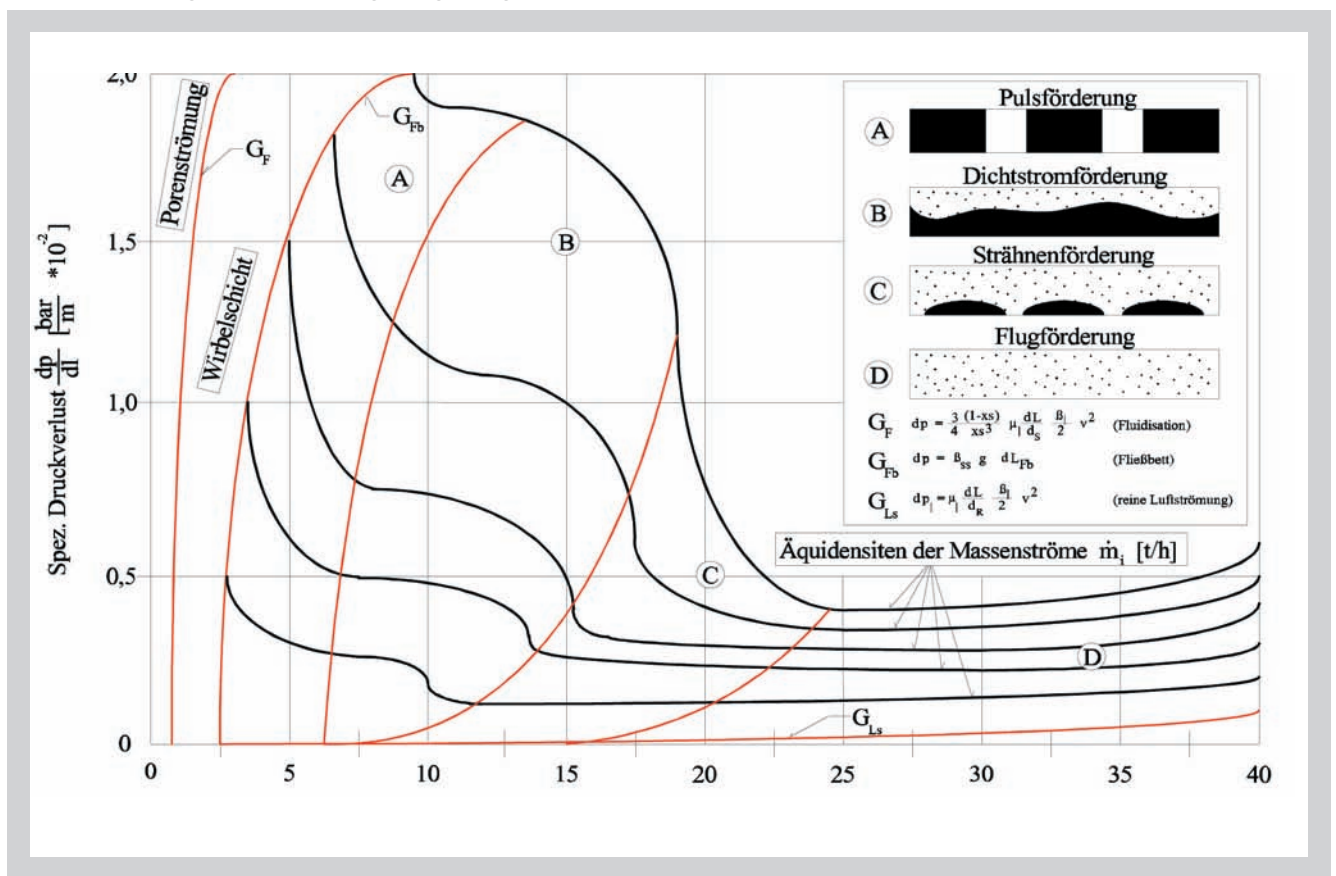


Abb. 1: Förderverfahren

## Pneumatische Förderung

Wir unterscheiden heute im Wesentlichen 4 Verfahren der pneumatischen Förderung:

- » Flugförderung
- » Strahlenförderung
- » Dichtstromförderung
- » Pfpfropfenförderung: und hier die Pulsförderung.

### Flugförderung

Bei der Flugförderung wird das Fördergut mit einer großen Menge Luft transportiert. Die Gutbeladung (Verhältnis Fördergut zu Luft in kg) der Förderluft ist gering, die Fördergeschwindigkeit ist sehr hoch. Es werden Luftgeschwindigkeiten erreicht, die weit über 20m/sec. liegen.

### Strahlenförderung

Bei der Strahlenförderung wird eine höhere Gutbeladung erreicht. Das Fördergut bewegt sich dünenartig durch die Leitung, allerdings ist die Förderluft ebenfalls mit Produktbeaufschlagt. Auch hier werden hohe Fördergeschwindigkeiten, bis zu 20m/sec., erreicht.

Aus den Darstellungen der Grafik läßt sich ersehen, mit welchen Voraussetzungen bei den Verfahren Flugförderung und Strahlenförderung zu rechnen ist. Verursacht durch die hohen Transportgeschwindigkeiten wird das Produkt, insbesondere an Umlenkpunkten, mit hoher Energie auf die Leitungswand geschleudert bzw. die Zuckerkristalle schlagen heftig gegeneinander. Beide Verfahren verursachen eine relativ starke Kristallzerstörung und eine Verschiebung des Kornspektrums in den feinen Bereich. Das ist nur zu tolerieren im Staubbereich und auf dem Weg zur Auflösung.

Darüber hinaus ist die Förderleitung, besonders in den Rohrbiegungen einem starken Verschleiß unterworfen.

### Dichtstromförderung

Bei der Dichtstromförderung werden wesentlich höhere Gutbeladungen erreicht als bei den vorge-

nannten Verfahren. Das Fördergut „fließt“ regelrecht durch die Leitung, nur geringe Teilmengen des Produktes werden mit der Förderluft getragen. Die Transportgeschwindigkeit liegt bei 6 - ~15 m/sec. Im Endschwall werden bis zu 40m/sec erreicht.

Die Dichtstromförderung kommt unserer Forderung schon näher; mit ihr wird der Verschleiß durch eine geringere Fördergeschwindigkeit gemindert. Nur ein Teil des Förderguts wird mit der Luft transportiert und unterliegt den oben genannten Effekten. Der Hauptstrom des Förderguts bewegt sich fließend durch die Rohrleitung. Hierbei bewegen sich die einzelnen Zuckerkörner ständig und verursachen jedoch Abrieb durch diese Berührungen. Der Anteil des zerstörten Zuckers ist bei diesem Verfahren deutlich geringer als bei Flug- und Strahlenförderung, durch die ständige Berührung der Körner untereinander wird aber der Glanz des Kornes erheblich beeinträchtigt. Bei der Dichtstromförderung ist, je nach Verlauf der Förderung, eine Tendenz zum Verstopfen gegeben, da die Gutbeladung hoch ist. Die Anlage muß also exakt ausgelegt werden, so daß Verstopfer nicht entstehen bzw. beseitigt werden können.

### Pfpfropfenförderung

Bei der Pfpfropfenförderung wird das Transportgut als Pfpfropfen in die Förderleitung eingegeben und der Pfpfropfen stabil gehalten. Hinter dem Produktpfropfen bildet sich ein Luftpolster, das das Fördergut schiebt. Die Gutbeladung bei diesem Verfahren ist um ein Vielfaches höher, als bei den anderen Verfahren. Es werden bis zu 300kg Produkt pro kg Luft gefördert. Die Transportgeschwindigkeit liegt im Bereich von 3m/sec. Im Endschwall werden ~ 6m/sec erreicht.

Es ist bekannt, daß die Kornzerstörung des Fördergutes proportional mit der 3 Potenz der Fördergeschwindigkeit zunimmt. Deshalb betrachten wir die Pfpfropfenförderung als das ideale pneumatische Fördersystem, weil mit geringer Transportgeschwindigkeit ~ 3m/s, hoher Gutbeladung und wenig Transportluft das optimale Ergebnis erreichbar ist. Prinzipbedingt bewegen sich die Zuckerkristalle im Pfpfropfen nur marginal, lediglich die Kristalle, die den Pfpfropfen zur Leitungswand hin abschließen sind

erhöhtem Verschleiß unterworfen. Die Oberfläche des Pfropfens stellt aber nur eine zu vernachlässigende Menge Produkt dar. Durch die Struktur des Verbandes, den unterschiedlichen Korngrößen und den nicht kontrollierbaren Abständen der Pfropfen untereinander, steigt die Gefahr des Verstopfens der Transportleitung. Verschiedene Anbieter setzen dagegen zusätzliche Druckluft ein, die über sogenannte Bypassventile in die Transportleitung eingebracht wird. Die Bypasslösung ist relativ aufwendig, sowohl in der Investition als auch im Betrieb.

Auf der Suche nach einem vergleichbaren System, mit den guten Ergebnissen der Pfropfenförderung, ohne den Nachteil der Bypasslösung, sind wir bei der Firma PTA fündig geworden. Die Firma PTA bietet eine „Pfropfenförderung als Pulsförderung“ mit allen Vorteilen der vorbeschriebenen Pfropfenförderung, jedoch mit einer geschlossenen Leitung vom Sender bis zum Empfänger, ohne Bypasseinblasung, an. Die Pfropfen werden ständig fluidisiert, die Reibung an den Innenseiten der Transportleitung geht in ein verschleißarmes Gleiten über, die Abstände der Pfropfen untereinander bleiben konstant.

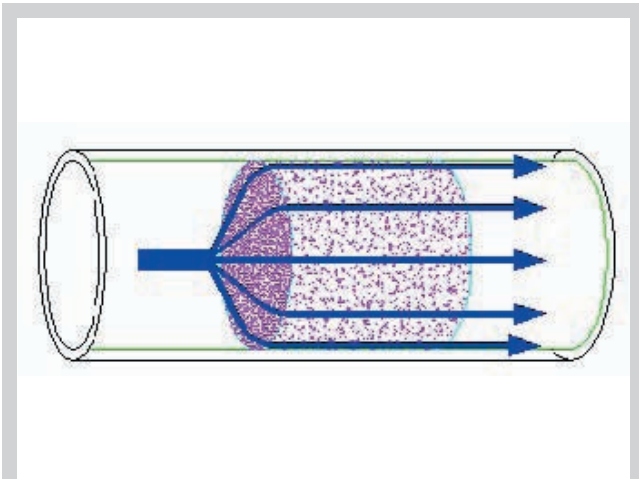


Abb. 2: Pfropfenförderung

Mit dem Lehrstuhl für Hydraulik und Pneumatik der Universität Siegen haben wir Förderversuche durchgeführt. Um die hohen Qualitätsanforderungen, die an Zucker gestellt werden, reproduzierbar zu prüfen, wurde von uns angestrebt Förderversuche zu unternehmen, die einerseits durch Zuckerfabriken geprüft werden, andererseits durch die Uni Siegen beurteilt werden sollten. Auf Anfrage waren mehrere Zucker-

fabriken bereit, für die Versuche Zucker bereitzustellen. Das Versuchsgut wurde vor der Förderung durch die Labore der beteiligten Zuckerfabriken analysiert und nach der Förderung einer erneuten Untersuchung unterzogen.

Für den Versuchsaufbau wurde eine Förderstrecke vereinbart, die einen möglichst hohen Verschleiß erzeugt, um alle Förderaufgaben reproduzierbar darzustellen.

- » Als Förderleitung wurde ein Spiralschlauch verwendet, der aufgrund seiner welligen Struktur den Reibungverschleiß maximiert.
- » Als Abscheider wurde eine Prallplatte verwendet, um den Prall- und Impulsverschleiß darzustellen. In einer normalen Förderung würde auf eine Prallplatte als Abscheider verzichtet.
- » Der Querschnitt der Förderleitung wurde mit DN50 sehr gering gewählt, um auch hier die ungünstigen Einflüsse einzubringen. Bei größerem Querschnitt nimmt die in Reibung befindliche Oberfläche im Verhältnis zum im Propfen befindlichem Gut signifikant ab.
- » Es wurden 4 Bögen zu 180° und 2 Bögen zu 90° gelegt; die Förderstrecke betrug ~ 50m, 2m vertikal.
- » Förderdruckdifferenz 1,2 bar.
- » Fördergut 25 kg Kristallzucker ungesiebt.
- » Um Produktreste aus vorhergehenden Förderversuchen zu entfernen, wurde mit jeweils 25kg Kristallzucker „vorgespült“.

Nach der Förderung wurde der Zucker von den beteiligten Zuckerfabriken erneut analysiert und teils auch optisch untersucht, um die Oberflächenstruktur zu bewerten. Bei allen Förderversuchen wurde eine Verschiebung des Kornspektrums in den feinen Bereich festgestellt.

Der Bereich bis 200µm nahm im Schnitt um 1% zu. Die Verschiebung zeigte sich über das gesamte Kornspektrum verlaufend bis in den Bereich von ~ 900µm. Hier war eine Abnahme festzustellen, die mit der Zunahme im darunterliegenden Bereich korrespondierte.

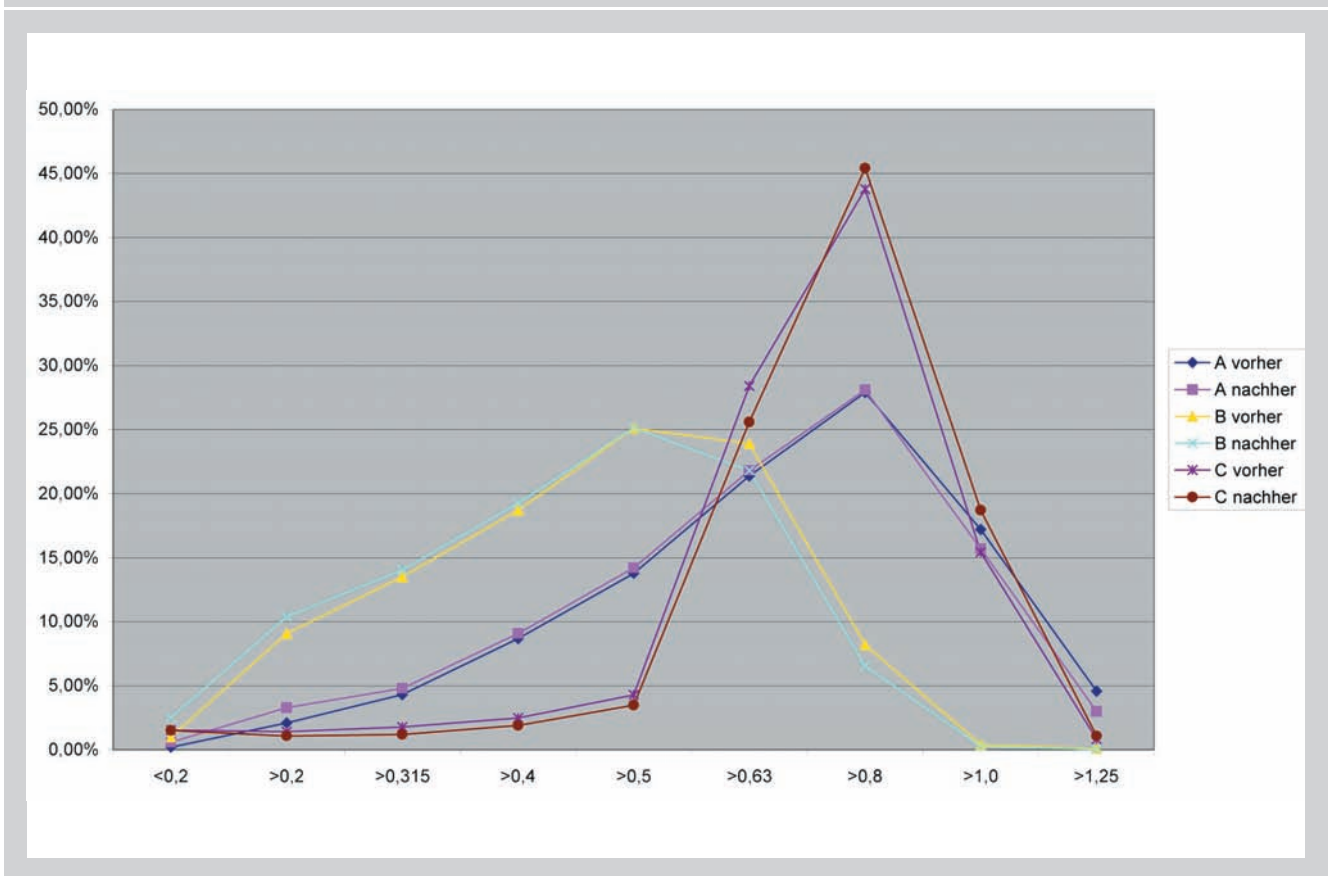
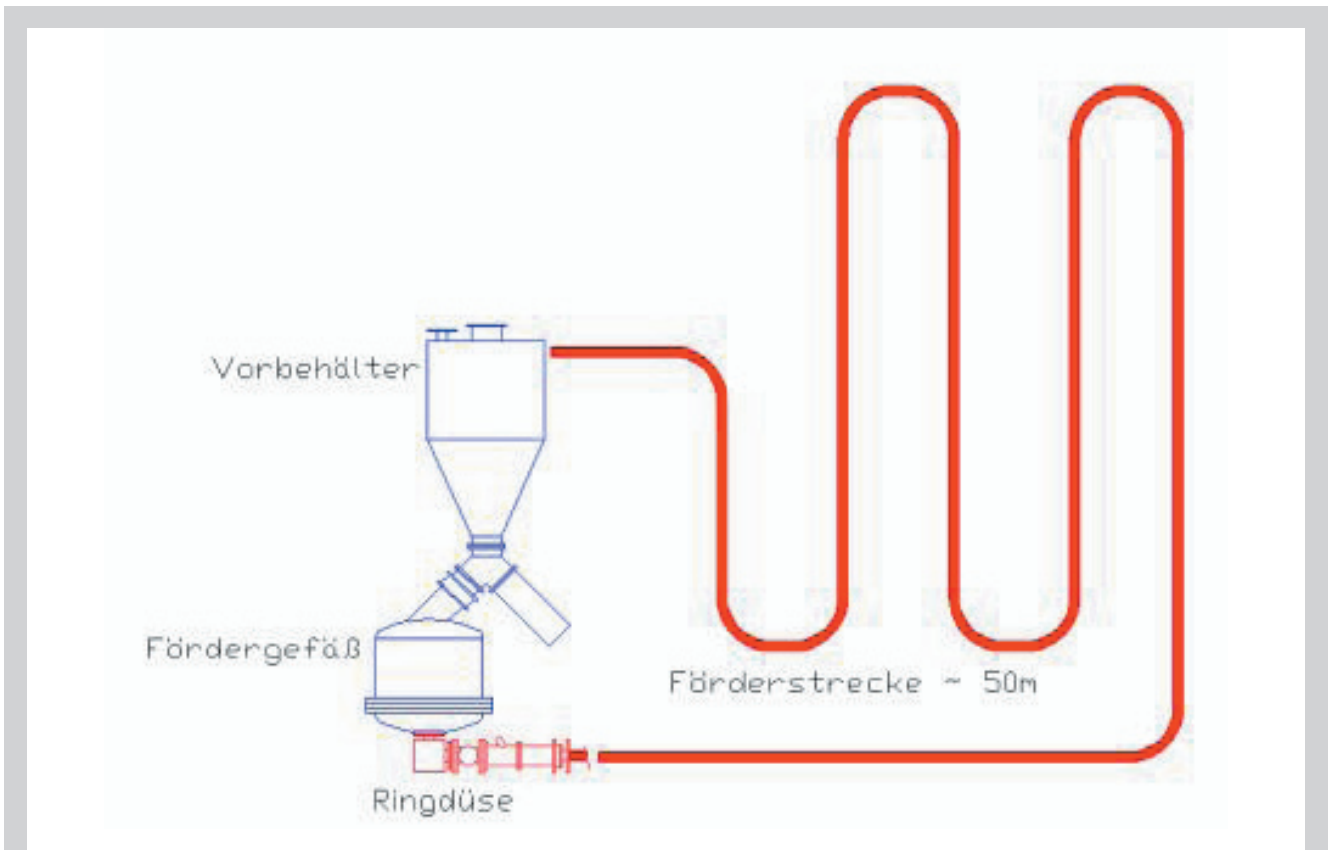


Abb. 3: Versuchsaufbau | Abb. 4: Versuchsergebnisse



Zum Vergleich haben wir die Ergebnisse aus einem Versuch mit einer konventionellen Anlage herangezogen. Bei der Analyse wurden am Aufgabe- und am

Endpunkt je 10 Proben gezogen. Das Ergebnis stellen wir dem Ergebnis der pneumatischen Förderversuche gegenüber.

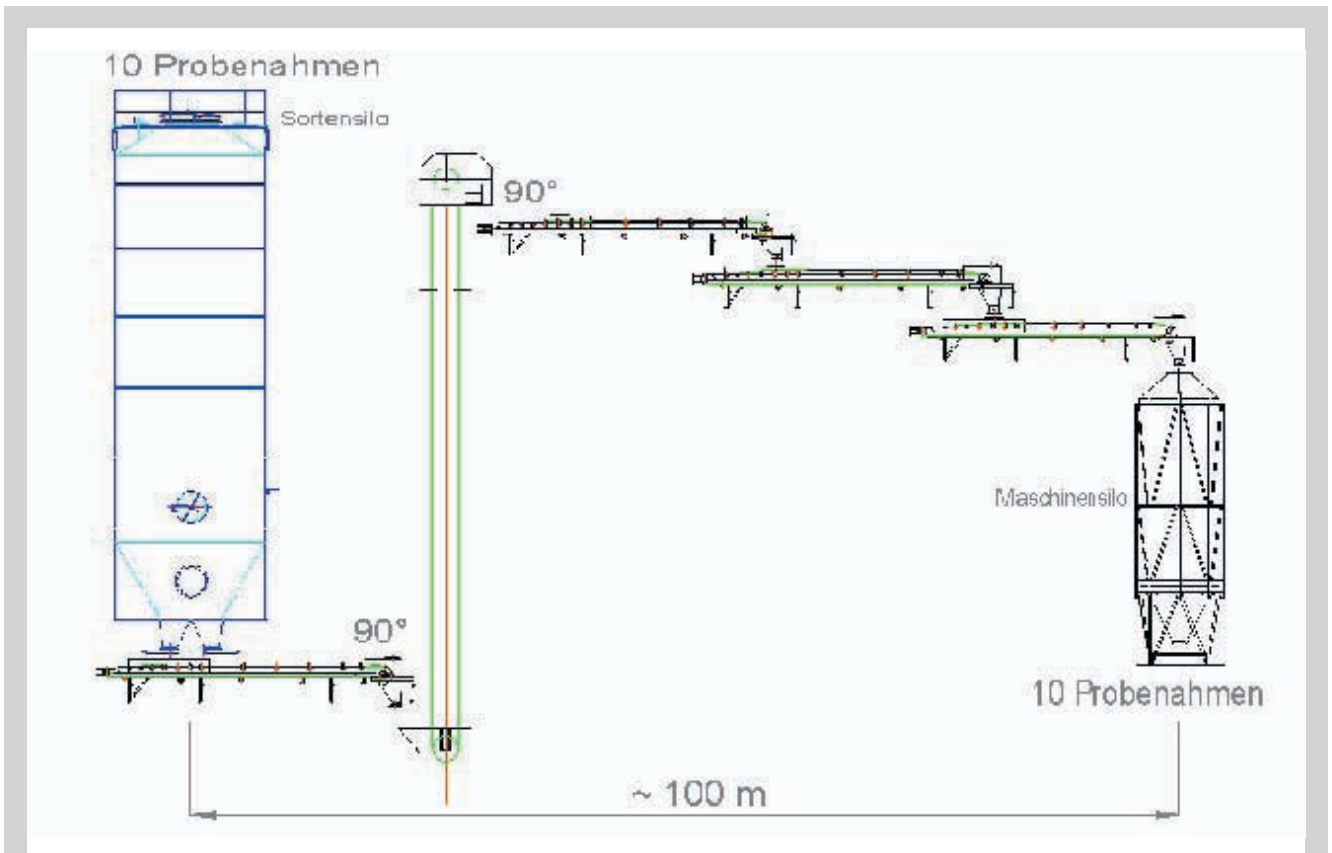


Abb. 4: Konventionelle Förderung

	Körnung	> 1,2	1-1,2	0,8-1	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Bemerkung								
Sortensilo		2,9	29,11	42,32	20,56	4,56	0,48	0,06
Maschinensilo		1,82	26,66	44,34	20,17	5,58	1,01	0,43
Differenz		- 1,08	- 2,45	+ 2,02	- 0,39	+ 1,02	+ 1,49	+ 0,37
		Aus den Erfahrungen bei ausgeführten Anlagen in der Zuckerindustrie wird bei konventioneller Förderung ~1% der Gesamtmenge ( aus der Fraktion <0,2mm) von der Entstaubungsanlage aufgenommen (5 Gramm/m³ Rohgas) Deshalb wird die Zeile < 0,2 um 1% auf 1,37 % erhöht.						
Ergebnis		- 1,08	- 2,45	+ 2,02	- 0,39	+ 1,02	+ 1,49	+ 1,37

	Körnung	> 1,2	1-1,2	0,8-1	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Förderart								
Konventionell		- 1,08	- 2,45	+ 2,02	- 0,39	+ 1,02	+ 1,49	+ 1,37
Pneumatisch		- 0,84	- 0,91	- 0,79	- 0,9	+ 0,71	+ 1,77	+ 0,97

Ein weiteres wichtiges Kriterium der Produktqualität ist die Oberflächenbeschaffenheit und der Glanz. Bei der Untersuchung der Oberflächenstruktur ergab sich keine feststellbare Änderung des Glanzes. Die Anzahl der Bruchkanten an den Kristallen hat sich unwesentlich erhöht.

## Kristalloberflächen

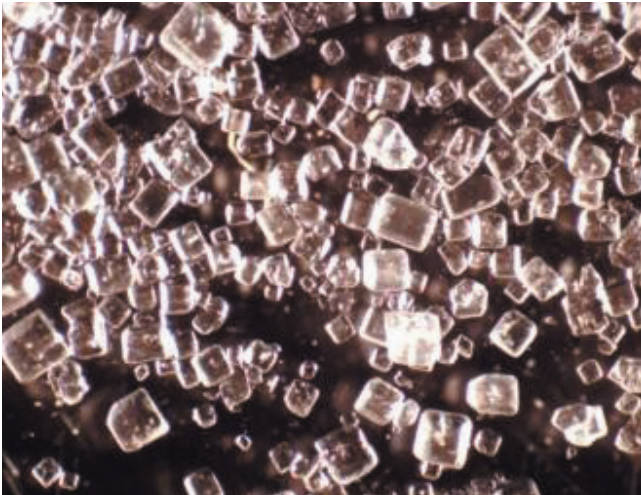


Foto 1: Vor Förderung

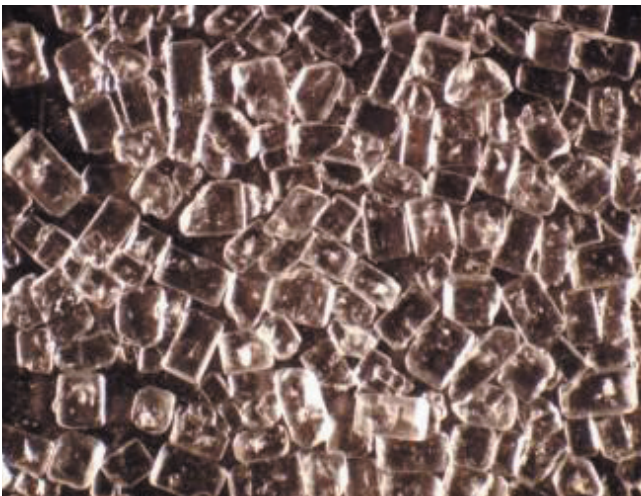


Foto 2: Nach Förderung

Im Ergebnis sind die Förderversuche positiv verlaufen. Die Förderung im Pulsverfahren beansprucht den Zucker in vergleichbarem Maße, wie eine Förderung mit klassischen, mechanischen Fördererelementen. Es kann festgehalten werden, daß die Pulsförderung eine sinnvolle Ergänzung zur heute eingesetzten Förderung in der Zuckerindustrie ist. Der Einsatz muß im Einzelfall untersucht werden, um herauszuarbeiten, ob klassische, mechanische Förderung oder pneumatische Förderung einzusetzen sind. Dabei spielt sowohl die zu transportierende Menge, wie der Transportwegverlauf, die Kosten für Förder-technik und Gebäude, Energie und Instandhaltung eine wichtige Rolle.

Die vorbeschriebenen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Pulsförderung eine interessante Alternative zur konventionellen Fördertechnik darstellt.

Wir möchten uns an dieser Stelle auch bei Herrn Prof. Dr. Hofmann (Uni Siegen) für die intensive Unterstützung bedanken.

IKB Industrieplanung  
Dr. Peter-Dirk Bergerhoff

IKB Industrieplanung GmbH  
Nachtigallenstr.15, 57589 Pracht  
Tel. 02682 95 24 0 | Fax. 02682 95 24 24  
info@ikb-planung.de | www.ikb-planung.de