



Winfrid Rauch

# Schubbodentechnik

Möglichkeiten und Anwendungen

**EBOOK INSIDE**

 Springer Vieweg

---

# Schubbodentechnik

---

Winfried Rauch

# Schubbodentechnik

Möglichkeiten und Anwendungen

Winfried Rauch  
Green Solutions  
GERDES AG  
Meckenheim, Deutschland

ISBN 978-3-658-31502-3      ISBN 978-3-658-31503-0 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-31503-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Thomas Zipsner

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

## Vorwort

Springer Vieweg Verlag und der Autor dieses Fachbuchs stellen im Frühjahr 2018 fest, dass es weder ein deutsch- noch ein englischsprachiges Fachbuch zu dieser Fördertechnik gibt, obwohl die Patente bis in die 1970er Jahre zurückreichen. In diesem Sinne wird eine Lücke gefüllt.

Dieses Handbuch beschreibt die Technikparameter, die dazu führen, dass ein Logistikunternehmen, ein Bauherr oder ein Ingenieurbüro lieber einen Schubboden als eine alternative Technik einsetzen wird. Folglich müssen auch die verschiedenen mobilen bzw. stationären Anwendungen erklärt werden, um die technische Abwägung im Stil eines Benchmarking zu verstehen. Technische Alternativen zur Schubboden-Technik werden deshalb je nach Anwendung vorgestellt.

Der rote Faden dieses Handbuchs sind die Eigenschaften der Schubboden-Technik, die auf das jeweilige Anwendungs-Pflichtenheft bezogen werden.

Zunächst beschreibe ich meinen persönlichen Zugang zu der Schubboden-Technik, ihre Funktionsweise und Veranschaulichungen von stationären Anwendungen in Recyclingtechnik und Landwirtschaft (1. Kapitel).

Am Beispiel der Markteinführung der Schubboden-Technik als **LKW-Entladungstechnik** ab den 1970er Jahren wird im I. Teil des Buchs (2.–4. Kapitel), dargestellt, welche Forderungen des logistischen Pflichtenhefts die Schubböden besser als die technischen Alternativen erfüllen und welche nicht.

Im II. Teil (5.–13. Kapitel) werden alle grundsätzlichen Funktionen, Baugruppen und Auslegungsparameter der Schubboden-Förderer vorgestellt. Auch werden zusätzliche Merkmale der Schubboden-Technik diskutiert, die Möglichkeiten zu Sonderanwendungen geben.

Danach anschließend versuchen wir, den Schubboden als **Schüttgut-Pufferlager** (III. Teil, 14.–18. Kapitel) zu verstehen.

Eine Exkursion in die **Stückgut-Förderung** (IV. Teil, 19.–21. Kapitel), in der der Schubboden relativ selten eingesetzt wird, rundet die Vorstellung der Einsatzgebiete ab.

Am Ende des Buchs (V. Teil, 22.–25. Kapitel) werden **Life-Cycle-Fragen** wie Produktion, Wartung, Reparatur und Anschaffungskosten behandelt.

Ich wünsche Ihnen eine anregende und hilfreiche Lektüre.

Besançon/Frankreich, im April 2020

*Winfried Rauch*

## Danksagung

Ich möchte den Schubboden-Herstellern und Ingenieurbüros danken, die mir Fotos, Zeichnungen und Detailkenntnis sehr freundlich zur Verfügung gestellt haben.

Großer Dank geht an meinen Partner und Kollegen Grégory Soupe, der alle Maschinenzeichnungen dieses Fachbuchs gemacht hat und ohne den der heutige, modulare Schubboden-Trockner der Fa. Gerdes GreenSolutions nicht denkbar wäre.

Auch danken möchte ich meinem langjährigen Kollegen bei der Fa. MaB, Sébastien Mandelli, der alle Leidensstationen der F&E-Arbeit von angepassten Schubboden-Lösungen in stationären Recyclingtechnik-Anwendungen mit mir durchlitten hat.

Nicht zuletzt danke ich Agnès und unseren Kindern, die den zu allen Unzeiten schreibenden Ehemann und Vater klaglos als Teil ihres Lebens akzeptiert haben.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
Danksagung .....	V
<b>1 Warum Schubböden? .....</b>	<b>1</b>
1.1 Persönliches Vorwort: Abfall-Förderung .....	1
1.2 Begriffliche Klärung: Schubboden .....	2
1.3 Wie funktioniert ein Schubboden? .....	3
1.4 Ideale Lösung für die Landwirtschaft .....	4
<b>Teil I: LKW-Entladungstechnik .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Pflichtenheft der LKW-Entladungstechnik .....</b>	<b>5</b>
2.1 Grob- oder feinkörnig? .....	6
2.2 Leicht oder schwer? .....	7
2.3 Feucht/dreckig oder trocken/sauber? .....	7
2.4 Schnell? .....	8
2.5 Zuverlässig? .....	8
2.6 Mobil oder stationär? .....	8
<b>3 LKW-Schubböden .....</b>	<b>9</b>
3.1 Risiken der Markteinführung .....	9
3.2 Eignung nach Pflichtenheft .....	10
3.3 Grenzwerte der Maschinenauslegung .....	12
<b>4 Alternativen zu LKW-Schubböden .....</b>	<b>13</b>
4.1 Band-, Kratz- und Kettengurtförderer .....	13
4.2 Horizontalverdichter .....	15
4.3 Vertikalzylinder/Kipper .....	16
4.4 Container-Transporter .....	17
4.5 Paletten-Fördereinheit .....	18
<b>Teil II: Eigenschaften der Schubboden-Technik .....</b>	<b>19</b>
<b>5 Funktionaler Aufbau eines Schubbodens .....</b>	<b>19</b>
5.1 Funktionsaufbau des Schubbodens .....	19
5.2 Schubbohlen .....	21
5.3 Dichtungssystem .....	23
5.4 Zylindergruppe .....	25
5.5 Kraftübertragungstraverse .....	26
5.6 Rahmenkonstruktion und Querträger .....	27
5.7 Längsträger und Unterbau .....	28
5.8 Verstärkung des Unterbaus .....	29
5.9 Gleitelemente .....	30
5.10 Unbewegter Nebenraum .....	31
5.11 Seitenwände .....	32
5.12 Rückraum .....	33
5.13 Auslassbereich .....	34

<b>6</b>	<b>Belastung, Punkt-, Längs- und Querlast</b> .....	35
6.1	Belastungsfall der Bohlen .....	35
6.2	Punktlast .....	35
6.3	Längslast .....	38
6.4	Querlast .....	40
<b>7</b>	<b>Krafteinführung</b> .....	41
7.1	Krafteinführung in mobilen Anwendungen .....	41
7.2	Krafteinführungsarten in stationären Anwendungen .....	43
7.3	Krafteinführungsorte in stationären Anwendungen .....	45
<b>8</b>	<b>Flächen-/Streckenlast, Zug-/Druckkräfte</b> .....	46
8.1	Masse .....	46
8.2	Flächenlast .....	46
8.3	Streckenlast .....	47
8.4	Zug- und Druckkräfte des gesamten Schubbodens .....	47
8.5	Zug- und Druckkräfte einer einzelnen Bohle .....	47
8.6	Zug- und Druckkräfte in einem Hydraulikzylinder .....	48
8.7	Hydraulische Kraft .....	49
8.8	Kraft der Vorwärts- und Rückwärtsbewegung .....	50
8.9	Wahl des Hydraulikzylinders .....	51
<b>9</b>	<b>Fördergeschwindigkeit und -steuerung</b> .....	52
9.1	Minimale Zykluszeit bei Maximalgeschwindigkeit .....	52
9.2	Einstellung des Durchsatzes .....	53
9.3	Produktbewegung .....	53
9.4	Förderbewegungssteuerung .....	53
9.5	Richtungsumkehr .....	55
<b>10</b>	<b>Bohlenbreite, Korngröße, Selbstreinigung</b> .....	56
10.1	Bohlenbreite und Korngröße .....	56
10.2	Korngröße, Selbstreinigungseffekt und Reinigungshilfe .....	58
<b>11</b>	<b>Unzureichende oder fehlende Dichtung</b> .....	60
11.1	Durchsatz und Druckabfall an definierten Öffnungen .....	60
11.2	Drainage und Sieb für Feinstoffe .....	61
11.3	Schubboden-Trockner .....	62
<b>12</b>	<b>Produktkräfte am Schubboden</b> .....	64
12.1	Haft-, Reib- und Scherkräfte in Fördereinrichtungen .....	64
12.2	Produkttyp und Produkthaufen .....	65
12.3	Gleitreibung bei horizontaler Vorwärtsbewegung .....	66
12.4	Gleitreibung bei horizontaler Rückwärtsbewegung .....	68
12.5	Scherkräfte in Übergangsbereichen .....	70
12.6	Scherkräfte bei partieller Bewegung .....	71
12.7	Reibungskräfte bei Steigung .....	72
12.8	Reibungskräfte bei Maschinenneigung mit Förderhilfe .....	74
12.9	Reibungskräfte bei negativer Neigung .....	75
<b>13</b>	<b>Sektorielle/modulare Bewegungsvarianten</b> .....	77
13.1	Aufbauvariante: funktionaler Sektor .....	77
13.2	Aufbauvariante: paralleles Schubboden-Modul .....	78
13.3	Kopf-an-Kopf-Anordnung .....	79
13.4	Aufbauvariante: seriell Schubboden-Modul .....	79
13.5	Beschickung in zwei Richtungen .....	81
13.6	Kaskaden-Aufstellung .....	81
13.7	Vertikaler Schubboden .....	82
13.8	Horizontaler Höhenbegrenzer („Sandwich“) .....	82
13.9	Vertikaler Höhenbegrenzer („Käsereibe“) .....	83

<b>Teil III: Schüttgut-Pufferlager</b> .....	85
<b>14 Pflichtenheft für Schüttgut-Pufferlager</b> .....	85
14.1 Container- und containerloses Lager bei der Anlieferung .....	85
14.2 Nacht- und Wochenend-Prozesspufferlager .....	86
14.3 Chargen-/Los-Lager bzw. prozessbedingtes Lager .....	86
14.4 Pufferlager vor Auslieferung .....	87
14.5 Förderoberfläche und notwendige Einbaufläche .....	87
14.6 Notwendige Einbauhöhe .....	87
14.7 Flächenlast .....	88
14.8 Variation der Fördergeschwindigkeit .....	88
14.9 Antriebsart .....	89
14.10 Zusammenfassung .....	89
<b>15 Stationäre Schubböden</b> .....	90
15.1 Eignung der Schüttgut-Schubboden-Bunkersysteme .....	90
15.2 Auslegungsgrenzen für stationäre Schubböden .....	91
15.3 Wahl verschiedener Schubboden-Bunkersysteme .....	92
<b>16 Produktbedingte Sekundäreffekte</b> .....	93
16.1 Abrasion .....	93
16.2 Dichtungsverschleiß .....	93
16.3 Brückenbildung und Verstopfungsrisiko .....	94
16.4 Haufenkräfte, Produktlawine und Produktzunge .....	94
16.5 Wickler und Verhaker .....	95
16.6 Oxidation .....	95
<b>17 Prozess-Schnittstellen</b> .....	96
17.1 Schnittstelle zu vorangegangenen Aggregaten .....	96
17.2 Schnittstelle zu nachfolgenden Aggregaten .....	96
17.2.1 Position des nachfolgenden Förderbands .....	96
17.2.2 Variante ohne freien Abwurf .....	97
17.2.3 Variante durch freie Abwurfkante .....	98
17.2.4 Positionswahl des Auslaufendes .....	100
17.3 Beschreibung nachfolgender Aggregate .....	103
17.3.1 Schichtbegrenzer und Dosiereinrichtungen .....	103
17.3.2 Sack- und Ballenaufreißer .....	107
17.3.3 Ein- und Mehrwellen-Zerkleinerer .....	108
17.3.4 Archimedes-Schnecken als Dosierer .....	108
17.3.5 Vertikal-Mischer oder Mischkegel .....	109
17.3.6 Vertikaler Kratzförderer-Austrag .....	109
<b>18 Alternativen zu stationären Schubböden</b> .....	110
18.1 Direktbeladung mit Radlader .....	110
18.2 Schubstangenförderer/Rechen/Leiterboden .....	111
18.3 Klauenförderer „Vario“ .....	113
18.4 Bandförderer .....	114
18.5 Kratz- und Kettengurttförderer .....	115
18.6 Plattenbandförderer .....	116
18.7 Vibrierinne .....	117
18.8 Schubschild-Förderer oder „Abschieber“ .....	118

<b>Teil IV: Stückgut-Fördertechnik</b> .....	119
<b>19 Pflichtenheft für Stückgut-Fördertechnik</b> .....	119
19.1 Nenngrößen für die Förderung von Stückgütern .....	119
19.2 Konstruktionseigenschaften von Stückgut-Förderern .....	121
<b>20 Schubboden als Stückgut-Förderer</b> .....	122
20.1 Eignung .....	122
20.2 Förderung von großen, schweren Stückgütern .....	124
20.3 Förderung von kleinen Stückgütern .....	125
<b>21 Alternativen zum Schubboden</b> .....	126
21.1 Ketten-Tischförderer .....	126
21.2 Rollen-Tischförderer .....	128
21.3 Kugel-Tischförderer .....	129
<b>Teil V: Produktion, Wartung, Reparatur, Kosten</b> .....	131
<b>22 Produktionsaspekte</b> .....	131
22.1 Aluminiumserienproduktion .....	131
22.2 Stahleinzelproduktion .....	132
22.3 Stahlserienproduktion .....	133
22.4 Zusammenbau: die Hochzeit des Schubbodens .....	134
<b>23 Wartung</b> .....	136
23.1 Wartung durch den Bediener: Tagespflege .....	136
23.2 Wartungsdienst: Wochen- und Monatsdienst .....	137
23.3 Jahreswartung .....	138
<b>24 Pannenhilfe, Reparatur, Ersatzteile</b> .....	139
24.1 Pannenschreibung .....	139
24.2 Symptomanalyse .....	141
24.3 Konstruktions- und Fertigungsfehler .....	143
24.4 Baugruppen und Ersatzteile .....	144
<b>25 Kostenfaktoren</b> .....	148
25.1 CAPEX nach Funktionen .....	148
25.2 OPEX-Kostenfaktoren .....	150
25.3 Jahresanzahl der Hydraulikzyklen .....	151
25.4 Life-Cycle-Kosten und Benutzungszeit .....	152
Quellennachweis .....	155
Verzeichnis der verwendeten Tabellen .....	161
Verzeichnis der Abbildungen (chronologisch) .....	162
Verzeichnis der Bildquellen (alphabetisch) .....	167
Glossar der Schubboden-Bauteile .....	172
Sachwortverzeichnis .....	177

# 1 Warum Schubböden?



## 1.1 Persönliches Vorwort: Abfall-Förderung

Wir befinden uns im Jahr 2002, und ich beobachte in der Abladehalle der Sortieranlage des Zweckverbands Semmaris (Parisien, 2000), wie LKW Lebensmittelabfälle abschütten. Die Semmaris organisiert in der Markthallenstadt Rungis im Süden von Paris Frankreichs größten Frischmarkt. Obst, Gemüse, Blumen, Fisch und Fleisch werden hier zentral für das ganze Land umgeschlagen. In Frankreich gibt es ein geflügeltes Ausspruch, den man auch schon mal an der Küste in einem guten Fischrestaurant sagen darf: „Ist dieser Fisch gestern hier nebenan gefangen worden oder war er heute morgen noch in Rungis?“

Rungis hat den Ruf, frischere Ware zu liefern als in der jeweiligen Region. Deshalb fallen hier auch viele abgelaufene und leicht verdorbene Lebensmittel an. Im Sortierzentrum des Zweckverbands Semmaris werden diese Lebensmittel von den Logistikabfällen wie Palettenholz, Kartons, Styroporbehälter und Plastikfolien getrennt. Diese Logistik- und Verpackungsabfälle sind also vermischt mit organischen Abfällen wie unverkauftem Obst, verfauletem Gemüse, altem Fleisch und verdorbenem Fisch. Beim Abladen herrscht Lärm, es stinkt, es wird Staub aufgewirbelt und der Hallenboden ist verdeckt. Dem Personal ist aus hygienischen und sicherheitstechnischen Gründen nicht gestattet, diese Abladebreich zu betreten.

Ein stationärer Kran nimmt Paletten und andere große Störstoffe und entfernt sie aus dem Abfallberg. Dann sehe ich, dass zusätzlich zu dem Kran die Halle mit einem Schubboden oder einem Schiebeboden (Wikipedia, 2020) bestückt ist, der das Material kontinuierlich dem Grubenband zufördert. Dieser Schubboden ist in den Hallenboden ebenerdig eingelassen.

Er ist aus Stahl und muss dem Staub, dem Dreck und den beim Abladen sehr hohen Punktlasten widerstehen.

Die glatten Schubbohlen laufen oberhalb des Grubenbands wie Orgelpfeifen aus und verteilen so das Material gleichmäßig auf die Breite des im rechten Winkel dazu angeordneten Förderers im Betonboden. Der Schubboden wurde 2002 installiert von der Firma BRT, heute Eggersmann BRT Hartner (Eggersmann, 2019).

Mich fasziniert, wie das Material kontinuierlich in die Grube hinabfällt. Die Stahlbohlen funktionieren fast geräuschlos und fördern sehr unterschiedliches Material: vollständige Paletten, große Folien, verdorbene, aufgeplatzte Tomaten, leichte Styroporkästen, in denen noch unverkaufter Fisch liegt.

Ja, diese Technik begeistert mich: Wie von Geisterhand bewegt schiebt sich der Produkthaufen nach vorne und bricht regelmäßig zum Grubenband hin ab (STAS, 2018). Die Technik ist einfach.

Es gibt keinerlei Schubstangen, Kratz-Einrichtungen, Presskolben oder sonstige Förderhilfe, die sich im Materialfluss befinden müssten. Gerade in der Abfallwirtschaft ist das sehr wichtig, weil auf diese Weise Verstopfer oder Brückenbildungen vermieden werden.

Auch die strikte Trennung zwischen Materialfluss und Motorisierung der Fördereinrichtung gefällt mir gut: Die Hydraulikzylinder und die Kraftübertragungstraversen befinden sich außerhalb des Materialflusses.

Der Schubboden wird durch eine Labyrinthdichtung mit Kantblechen abgedichtet. Gerade in der Abfallwirtschaft muss die Dichtheit der Fördereinrichtungen garantiert werden, um aus hygienischen Gründen eine Umweltverschmutzung auszuschließen.

## 1.2 Begriffliche Klärung: Schubböden

Dieses Fachbuch handelt von Schubböden, deren Struktur sich aus Schubbohlen zusammensetzt, die unter einem Produkthaufen liegen, von Hydraulikzylinder angetrieben werden und durch einen besonderen Bewegungszyklus den Produkthaufen nach vorne schieben. Diese Förderbewegung wird dadurch charakterisiert, dass alle Schubbohlen gemeinsam synchron nach vorne geschoben werden und danach einzelne Schubbohlen nacheinander zurückgezogen werden (Keith Walking Floor, 2020). Der Produkthaufen verbleibt dabei in der vorderen Position.

Eine begriffliche Klärung erscheint sinnvoll, weil in der Literatur der Begriff „Schubboden“ in verschiedenen Zusammenhängen verwendet wird. Zunächst wird die Schwestertechnik genannt, mit der die Schubboden-Technik oft verwechselt wird:

### Schubboden als Schubstangenförderer, Rechen- oder Leiterboden

In der Tat benutzt auch Wikipedia den Begriff „Schubboden“ für die Schubboden-Technik dieses Fachbuchs sowie im gleichen Artikel den gleichen Begriff für die Schubstangenförderer (Wikipedia, 2020): Siehe drittes Foto auf der rechten Seite, in dem „ein Schubboden eines Biomasseheizwerkes“, der ein Schubstangenförderer ist, abgebildet ist. In der Tat gab es die Rechen- oder die Leiterböden früher als die Schubböden und in mehr industriellen Anwendungen als die Schubböden, die bis in die 2000er Jahre nahezu exklusiv nur als LKW-Entladetechnik benutzt wurden.

### Schubboden als Teil einer Zentrifuge

Es gibt auch einen Schubboden in der Verfahrenstechnik, nämlich denjenigen, der in einer Schubzentrifuge auf einer Achse oszilliert und der auf diese Weise den Filterkuchen über die Trommellänge der Zentrifuge bis zur Trommelkante verschiebt und abwirft (Schubert, 2002). Jedoch hat auch dieser Schubboden nichts mit dem charakteristischen Bewegungsablauf der Fördereinrichtung „Schubboden“ zu tun.

### Vorschub-Rost oder Treppen-Rost

Im Brennkammern gibt es Roste, die mit einer Vorschubeinrichtung arbeiten. Dieser sogenannte Vorschub-Rost oder Treppen-Rost sieht einem Schubboden, der kaskadenförmig übereinandergestapelt ist, ähnlich. Jedoch werden die Schubbohlen jeweils zusammen in einem Bewegungsschritt nach vorne bzw. hinten bewegt. Die Förderbewegung in der Brennkammer kommt durch die verschiedenen Etagen zustande, die im Bewegungsablauf entgegengerufen (Guntamatic, 2020), (AE&E, 2020).

### Schubboden, der „Walking floor“

In der Tat ist der Markenname „Walking floor“ (Keith, 2012), den Keith Foster eingeführt hat, die einzige Bezeichnung, mit der der Fachmann zweifelsfrei die Unterscheidung des Schubbodens zum Schubstangenförderer, Rechen- oder Leiterboden beschreiben kann. Es gibt noch andere Markennamen wie den des „Live Floors“, den die Fa. Hallco des Erfinders Ole Hallstrom (Hallco, 2019) angemeldet hat. Europas größter Schubboden-Hersteller trägt seinen Markennamen direkt im Firmennamen „Cargo Floor“ (Cargo Floor, 2006). Es gibt aber auch andere eingetragene Markennamen, wie z. B. MovingFloor (Westeria, 2020), Multifloor (Belo Multifloor, 2020), Speed conveying floor (Huning Maschinenbau, 2019), Spirofloor (Spiro Floor, 2020).

*Aufgrund dieser begrifflichen Varianten befindet sich am Ende dieses Fachbuchs eine Auflistung der englischen Fachbegriffe für den Schubboden und für seine Baugruppen und der jeweiligen deutschen Übersetzungsmöglichkeiten.*

### 1.3 Wie funktioniert ein Schubboden?

„Wie funktioniert das jetzt? Vibriert der Boden? Macht er eine Kreislaufbewegung?“ Der Messebesucher weiß nicht, wovon ich spreche. Ich stehe auf dem Messestand als Maschinen-Verkäufer und soll den Bewegungsablauf eines Schubbodens beschreiben.

Ich nehme drei Werbe-Kugelschreiber und lege sie nebeneinander auf den Standtisch. Eine Visitenkarte wird quer über die Fläche, die von den drei Kulis gebildet wird, darübergelegt: „Wenn man jetzt die Visitenkarte als Materialberg annimmt und die drei Kugelschreiber den Schubboden darstellen, dann verstehen wir, dass der Materialberg durch die Bewegung des Schubbodens nach vorne bewegt wird.“

Ich schiebe die drei Kulis ein Stück nach vorne, und auf diese Weise wird die Visitenkarte natürlich in dieselbe Richtung mitbewegt: „Jetzt ziehe ich eine Schubbohle zurück.“

Ich ziehe einen Kuli zurück, während ich die beiden anderen Kulis in der vorgerückten Position festhalte: „Wir sehen, dass die Visitenkarte bzw. der Materialberg sich nicht bewegt hat.“

Jetzt ziehe ich auch den zweiten Kuli nach hinten. Die Visitenkarte bleibt wiederum in der vorderen Position liegen, weil der erste Kuli und der dritte Kuli sich nicht bewegen: „Dasselbe mache ich jetzt mit der dritten Schubboden-Bohle.“

Auch bei der Bewegung des dritten Kulis bleibt die Visitenkarte in der vorgerückten Position liegen: „Nun sind alle Schubbohlen in der hinteren Position wieder angekommen, und wir wiederholen denselben Bewegungszyklus.“



**Abb. 1.1** *Drei Kugelschreiber und eine Visitenkarte als Veranschaulichung eines Materialbergs auf drei Schubbohlen*

Vor den Augen des interessierten Messebesuchers wandert die Visitenkarte (siehe [Abb. 1.1](#)) wieder ein Stück nach vorne. Ich ziehe die Kulis nacheinander zurück. Die Visitenkarte bleibt in der vorgerückten Position liegen.

Ein Lächeln geht über das Gesicht des Messebesuchers: „Ja, jetzt kann ich mir das vorstellen.“

Diesen Vorführungstrick habe ich jahrelang an potenziellen Kunden ausprobiert. Was ich nicht wusste, war, dass schon Keith Foster die gleiche Veranschaulichung ein paar Jahrzehnte vor mir benutzte (Timber Processing, 1993).

Ole Hallstrom (United States of America Patentnr. 4,143,460, 1979) und Keith Foster (United States of America Patentnr. 4,679,686, 1981) waren nicht nur die Erfinder der verschiedenen patentfähigen Aspekte der Schubboden-Technik. Sie waren auch – aus meiner Sicht – geniale Maschinenbauer und bis heute Konkurrenten, beide aus demselben U.S.-amerikanischen Bundesstaat Oregon. Ihre beiden Firmen HALLCO Industries und Keith Manufacturing Co gibt es noch heute und sind immer noch Innovatoren im Bereich der Schubboden-Technik. In den 1970er, 1980er und 1990er Jahren erfanden sie eine intelligente Technik, wie ein LKW schnell und einfach entladen werden kann. Diese Erfindung war auf dem Gebiet des Speditionswesens und der Agrar- und Holzwirtschaft ein Meilenstein. Seitdem sind Schubböden in Tausenden von LKWs (Hilgers, 2016) und anderen logistischen und industriellen Anwendungen eingebaut worden. Auch viele stationäre Anwendungen sind dazu gekommen. Speziell im Bereich der jungen Technologien wie die Recyclingtechnik oder die Biomassenbehandlung spielt der stationäre Schubboden mittlerweile eine herausragende Rolle.

## 1.4 Ideale Lösung für die Landwirtschaft

Herr De Baat in den Niederlanden (siehe [Abb. 1.2](#)) hatte in den 1980er Jahren eine ähnliche Idee: Um den Torfabbau zu rationalisieren, brauchte er eine LKW-Entladungstechnik, die kontinuierlich und störungsfrei den Torf am Bestimmungsort entladen konnte. Auch in diesem Fall ging es um organisches feuchtes und schwer zu transportierendes Material. Die Antwort zu seinem Logistik-Problem fand er in den USA bei Ole Hallstrom und Keith Foster. Später übernahm die Fa. Cargo Floor Herrn De Baats Idee und entwickelte selbst Produktverbesserungen weiter, z. B. siehe (US Patentnr. 7,320,395, 2007).



**Abb. 1.2 a)** Schubboden-Trailer bei DeBaat BV      **b)** Abladung von Torf  
(Fotos: Cargo Floor, 2019)

Ich selbst habe einen besonderen Zugang zu der Schubboden-Technik gefunden, als ein Kunde bemerkte, dass ein spezifischer Trockner in dem Anwendungsbereich der Mirabellenkern-Trocknung fehlte. So bauten wir 2013 den ersten Drei-Etagen-Schubboden-Trockner, um die Mirabellenkerne (siehe [Abb. 1.3a](#)), die aus einem Reinigungsprozess herauskommen, für eine Weiterverarbeitung vorzubereiten. Auf diesen drei Trocknungs-Etagen werden die Mirabellenkerne getrocknet und jeweils beim Abwurf von einer Etage auf die nächste gemischt und so homogenisiert. Die trockenen Kerne werden zur Gewinnung von natürlichen Ölen gepresst und können in der Kosmetikindustrie genutzt werden (MaB, 2013).



**Abb. 1.3 a)** Mirabellenkern-trockner: Auslass      **b)** Drei-Etagen-Schubboden-Trockner  
(Foto: Fa. MaB SARL, 2013)      (Foto: Gerdes AG, 2019)

Wie beim Torftransport handelt es sich hier um stark abrasives Material, das feucht ist und in verschiedenen Korngrößen vorliegen kann. Oft hängen die feuchten Kerne als Klumpen zusammen. Ein traditioneller Trockner hätte damit Schwierigkeiten und könnte blockieren. Die Schubboden-Technik, besonders als Mehr-Etagen-Technik (siehe [Abb. 1.3b](#)) ausgeführt, kann hier eine Lösung für diesen Anwendungsfall darstellen.

Diese Beispiele sollen zeigen, dass Entscheider diese Schubbodentechnik für sich entdecken und für ihren jeweiligen Anwendungsfall für sehr effizient halten. Diese Beispiele können auch ein Fingerzeig sein, warum die LKW-Schubboden-Technik in einer ländlichen Region, wie dem Bundesstaat Oregon in den USA, und nicht von einem Automobilhersteller in Detroit oder Stuttgart erfunden worden ist. Bei der Schubboden-Technik handelt es sich um eine anwendungsspezifische Technologie, die eigentlich relativ hohe Fertigungskosten beinhaltet, die aber in der jeweiligen Anwendung durchaus diese hohen Kosten durch bessere Leistungsdaten rechtfertigen kann. Aber was ist die Schubboden-Technik genau? Was ist das Besondere an der Funktionsweise eines Schubbodens?

# Teil I: LKW-Entladungstechnik



## 2 Pflichtenheft der LKW-Entladungstechnik

Die Erfindung und die Markteinführung von Schubböden in die LKW-Entladetechnik ereignet sich nicht im Versuchshof eines großen LKW-Herstellers in Detroit oder Stuttgart, sondern durch Einzelleistungen in der Landwirtschaft (siehe [Abb. 2.1](#)) in einem entlegenen US-Bundesstaat.

*Warum wurde der Schubboden von Logistikspezialisten der Agrar- und Holzwirtschaft erfunden?*

Oregon ist ein U.S.-amerikanischer Bundesstaat, dessen Wirtschaft auf natürliche Ressourcen aufbaut (Oregon Gov, 2019). Also hat die Ressourcenwirtschaft verbunden mit den damit zusammenhängenden Logistikaufgaben sicher dazu beigetragen, dass wirtschaftlich interessante Lösungen zum Durchbruch kamen. Noch heute beschreibt der Schubboden-Auflieger-Hersteller STAS die Recycling- und Agrarindustrie mit dem „Transport in großen Mengen (Transport von unverpackten Gütern wie Hausmüll, Holz oder Biomasse)“ (STAS, 2020) als wichtiges Einsatzgebiet der Schubboden-Technik. Deshalb wird hier am Beispiel der Holz- und Maisprodukte sowie von drei Abfalltypen das Pflichtenheft an die LKW-Entladungstechnik dargestellt.



**Abb. 2.1** Schubboden-Trailer in der Landwirtschaft  
(Foto: Keith Manufacturing Company, 2019)

*Warum findet die Erfindung und Markteroberung in den 1970er und 80er Jahren statt und nicht früher oder später?*

In der Tat findet seit Ende des Zweiten Weltkriegs eine Mechanisierung und Automatisierung der Agrartechnik statt, die bis heute anhält. Am Beispiel der Mais-Landwirtschaft seien in diesem Zusammenhang verschiedene Maschinenlösungen genannt, die die Erntearbeiten von Menschenhand ersetzen und von der Mechanisierung und Industrialisierung der Landwirtschaft Zeugnis geben:

- Mährescher zum Ernten der Maispflanzen sowie zum Trennen des Maiskolbens vom Maisstroh,
- Maisrebler zum Entkörnen der Maiskolben,
- Maishäcksler zur Produktion von Maissilage,
- Maistrockner zur beschleunigten Trocknung von Maiskörnern.

Ähnliche Marktneuerungen könnte man in der Holz- oder Abfallwirtschaft darstellen, die im Weiteren ebenfalls als Referenzbranchen genannt werden sollen. Parallel dazu werden in der Logistikbranche der Nachkriegszeit die „Heugabel“ und der einfache Anhänger ersetzt durch:

- Hochleistungstraktor,
- Radlader mit angepassten Schaufeln,
- Kipper- und Container-Lösungen,
- Sattelaufleger statt traditionellem Anhänger.

## 2.1 Grob- oder feinkörnig?

Ein LKW-Entladesystem sollte *Grob- und Feingut* auf gleiche Weise entladen können:

**Tab. 2.1** Korngröße und Dichte von beispielhaften Materialsorten

	Mittlere Länge [mm]	Mittlere Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]
Maiskörner oder Maissilage (Wikipedia, 2019)	10	1.000
Maiskolben	200	500
Maisstroh	2.000	100
Abfall Ersatzbrennstoffe (CEN, 2005)	50	250
Abfall Leichtverpackungen	200	100
Abfall Schwerer Hausmüll	500	450
Holz-Sägemehl	2	350
Holz-Schnitzel P45 (ADEME, 2008)	45	250
Holz-Scheite (Biomasse Normandie, 2019)	500	600

Je nach Bearbeitungsart kann die Korngröße und die Materialdichte sehr unterschiedlich sein. Bei feinem Material ist auf *Bodendichtheit* des Pufferlagers zu achten. Auch muss sicher gestellt werden, dass der *Stauraum vollständig entladen* werden kann.

Bei grobem Material sollte die benutzte Fördereinheit fähig sein, das Material kontinuierlich *ohne Maschinenblockade oder -verstopfer* zu befördern: Grobe Einzelstücke können zudem als *Punktlast* beim Beladen die Stauraumfläche übermäßig belasten und verbeulen. Auch werden bei Grobmaterial *Sekundäreffekte* (siehe auch Kap. 16 „Produktbedingte Sekundäreffekte“) bemerkbar, die beim Lagern, Fördern und Dosieren hinderlich sein können (Rauch W., 2016):

- Brückenbildung zwischen Bunkerwänden,
- Produktzunge aus dem Stauraum hinaus,
- Lawineneffekte des Materialbergs (siehe [Abb. 2.2](#)) zum Bunkerausgang hin.



**Abb. 2.2** Lawineneffekt und Sägemehlstaub nach Schubboden-Transport (Knapen Trailers, 2019)

## 2.2 Leicht oder schwer?

*Sehr schweres Material* kann zu einer LKW-Überlast führen. Der rechtliche Grenzwert ist in Europa nach Richtlinie 42.000 kg bzw. 44.000 kg (EU, 2015). Das kann z. B. bei einem 13 m langem und 2,5 m breitem Stauraum zu einer *Flächenlast* von 1.350 kg/m<sup>2</sup> führen. Das LKW-Abladesystem muss diese Flächenlast akzeptieren. In unseren Beispielen sind schwere Materialien die Maiskörner, schwerer Hausmüll oder Holzscheite. *Schwere Einzelteile* erzeugen beim Beladen auch erhebliche *Punktlasten*.

*Sehr leichtes Material* muss aber auch im Stauraum untergebracht werden können. Wenn man im oben genannten Rechenbeispiel mit 2,5 m Stauhöhe rechnet, ist das maximale zur Verfügung stehende Volumen 81 m<sup>3</sup>. Mit den gegebenen, minimalen Materialdichten von 100 kg/m<sup>3</sup> kann also in diesem Fall 8.100 kg Last geladen werden.

Aus diesem Grund wird das zu transportierende Material oft *gehäckselt oder verdichtet*, damit sich das *möglichst hohe Transportgewicht* dem maximal zugelassenen Gewicht annähert. Diese Häckselung oder Verdichtung bietet sich z. B. für leichte Materialien wie Maisstroh, Holzschnitzel oder Leichtverpackungen an. Zudem neigt *sehr leichtes Material* zu *Verstopfern* und zu *Brückenbildungen*. Die Entladetechnik muss diese Risiken wenigstens abschwächen.

## 2.3 Feucht/dreckig oder trocken/sauber?

Der *Feuchtegehalt* eines Produkts hat erheblichen Einfluss auf die Fördermöglichkeiten. Je nach Korngröße bleibt das Material an der Förderoberfläche kleben oder verklumpt:

**Tab. 2.2** Korngröße und relative Feuchte von beispielhaften Materialsorten

	Mittlere Länge [mm]	Feuchte [%]
Maiskörner nach Trocknung	10	15
Maiskolben mit Naturfeuchte	200	30
Maisstroh (ungehäckselt)	2.000	25
Abfall Ersatzbrennstoffe nach Trocknung	50	10
Abfall Leichtverpackungen nach Trocknung	200	5
Abfall Schwerer Hausmüll ohne Trocknung	500	40
Holz-Sägemehl nach Trocknung	2	5
Holz-Schnitzel P45 nach Trocknung	45	15
Holz-Scheite mit Naturfeuchte	500	50

Die in der [Tab. 2.2](#) angegebenen Feuchtegehalte können zu einer Verschmutzung des Stauraums führen. Besonders naturfeuchte Mais- oder Holzprodukte oder auch Hausmüll mit Organikanteil hinterlassen aufgrund der Feuchte schnell *Schmutzspuren*. Je nach Einsatzart muss demnach der Laderaum nach Benutzung gereinigt werden. Nur ein Transportsystem, das z. B. glatte Oberflächen hat und diese mit mittlerem Aufwand *abwaschbar* sind, kann als *Mehrzweck-Technik* bezeichnet werden.

Der Feuchtegehalt kann zu einer Situation führen, in der Produkte *nicht lagerfähig* bzw. *nur kurzfristig zwischenlagerbar* sind. Naturfeuchtes Holz „stinkt“ bei langer, schlecht belüfteter Lagerung. Schwerer Hausmüll darf aufgrund seines Organik- und Feuchtegehalts nicht lange gelagert werden, weil seine Keime ein Gesundheitsrisiko darstellen. Ähnliches gilt für Maiskörner, die bei einem Feuchtegehalt von 15 %, schnell keimen. Das verwendete System muss *dicht* sein, um *gegen Umweltverschmutzung* effizient zu sein.

## 2.4 Schnell?

Eine LKW-Abladetechnik muss auch in Bezug auf die Ab- bzw. Entladegeschwindigkeit beurteilt werden. Die Ernte z. B. für Maiskörner „indet in Deutschland „von Mitte September bis Mitte November“ (Focus, 2018) statt. Innerhalb von maximal acht Wochen wird also das Jahresergebnis erzeugt.

Schon in den 1980er Jahren war *Entladegeschwindigkeit* ein entscheidendes Kriterium (Keith Manufacturing Company, 2019): „KEITH entwickelte den ersten schnell entladenden Schubboden, der einen 45-Fuss-Trailer in drei Minuten entleerte.“ Um also einen knapp 14 m langen Trailer zu entladen, brauchte KMC eine Geschwindigkeit von fast 5 m/min. Das ist auch noch heute eine sehr hoher Wert.

## 2.5 Zuverlässig?

Organische Produkte können kompostieren oder verfaulen. Je mehr Feuchte sie besitzen, desto schneller kann ein solcher Prozess beginnen. Maiskörner müssen z. B. innerhalb von 48 Stunden nach der Ernte unter 15 % Endfeuchtegehalt getrocknet werden.

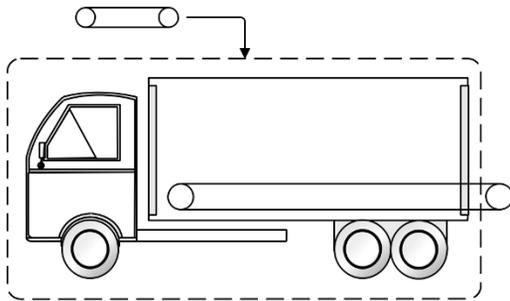
Wenn die LKW-Abladung und die nachfolgende Trocknung aus welchen Gründen auch immer über diesen Zeitraum verzögert werden, können die Maiskörner aus hygienischen Gründen nicht mehr verzehrt werden. Das würde den Totalverlust der Ernte bedeuten.

Die LKW-Abladung muss also eine Zuverlässigkeit aufweisen, die konstruktiv begünstigt werden kann z. B. durch folgende Merkmale:

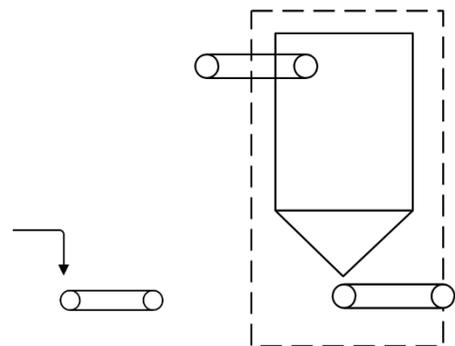
- modularer Aufbau,
- schnell verfügbare Standardbauteile,
- enge Fertigungstoleranzen,
- einfache Maschinenfunktionen, die vom LKW-Fahrer rasch überprüft werden können.

## 2.6 Mobil oder stationär?

Die Schubboden-Technik kann als Behälterentladungstechnik (siehe [Abb. 2.3](#)) verstanden werden.



**Abb. 2.3** LKW-Abladungssystem mit Integration in nachfolgenden Prozess



**Abb. 2.4** Pufferlager mit Entnahme durch Fördereinheit

In der Tat kann eine Fördereinheit innerhalb des Stauraums des LKWs wie die Fördereinheit eines Silos (siehe [Abb. 2.4](#)) betrachtet werden. Wenn der LKW-Ausladebereich genügend Abwurfhöhe ergibt, kann ein nachfolgendes Förderband angeschlossen werden. So wird der LKW-Stauraum in einen stationären Prozess eingebettet. Viele Schubboden-Trailer werden auf diese Weise als Pufferlager vor einem stationären Prozess benutzt.

## 3 LKW-Schubböden



Es ist sinnvoll, die Eignung der LKW-Schubböden unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten. Dazu gehören die Risiken der Markteinführung für Ole Hallstrom und Keith Foster in den 1970er Jahren, die Betrachtung der Eignung für die verschiedenen Pflichten, die im Kapitel 2 zusammengetragen wurden, sowie die Grenzen der Maschinenauslegung nach heutigem Stand der Technik.

### 3.1 Risiken der Markteinführung

In den 1970er Jahren sollten die LKW-Schubböden (siehe [Abb. 3.1](#)) demnach eine technisch effizientere Lösung als bestehende Entladetechniken werden.



**Abb. 3.1** Historische LKW-Abladung (KeithWalkingFloor, 2018)

In der Tat erforderte es einen gewissen Erfindermut, eine Reihe von Aluminiumprofilen nebeneinanderzulegen, sie an Hydraulikzylinder anzuschließen und zu hoffen, dass der Bewegungsablauf funktioniert. Die technischen Risiken bei der Markteinführung kann man vielleicht mit folgenden Fragen beschreiben, die übrigens auch heute bei der Inbetriebnahme eines jeden Schubboden im begrenzten Sinne immer noch wichtig sind:

- Rentabilität: Würde das Schubboden-Konzept überhaupt eine für Kunden bezahlbare Maschinenlösung sein? Oder würden preiswerte Bandförderer oder einfache Kippsysteme weiterhin konkurrenzlos bleiben?
- Fertigungskosten: Würde eine Standardisierung der Technik und damit Serienproduktion für so unterschiedliche Anwendungen möglich sein?
- Bewegungsablauf: Kann man den Bewegungsablauf dank des Hydraulikdrucks regeln? Würde der Schubboden so synchron laufen, dass die Schubbohlen wirklich zeitgleich nach vorne kommen, auch wenn es vielleicht unterschiedliche Reibungssituationen an den verschiedenen Bohlen gibt?
- Dichtheit der Bohlen für Feinstoffe: Würden sich Feinstoffe unter die Bohlen legen und sie so hochheben?

- Einsatz: Würde die Nutzung mit schweren und leichten, groben und feinkörnigen, trockenen und sehr feuchten Produkten möglich sein?
- Vertikalkräfte beim Bewegungsablauf: Würden die Schubbohlen durch die Vibrationen im Straßenverkehr aus den Führungen springen oder sich verkanten?
- Querkräfte: Laufen die Schubbohlen wirklich parallel, oder werden Querkräfte erzeugt? Lassen diese ungewollten Kräfte die Bohlen aneinanderreiben und sich gegeneinander blockieren?
- Reibung zwischen Schubbohlen durch Feinstoffe: Würde sich Material zwischen die Bohlen setzen und so den Schubboden festsetzen?
- Ersatzteile: Muss man die Schubbohlen wegen Abnutzung regelmäßig austauschen?

Die Wirklichkeit hat einen Teil dieser berechtigten Fragen überholt. Heute sind die angesprochenen technischen Risiken von den meisten Herstellern sicher beherrscht.

- Rentabilität: Für Standardanwendungen wurden in den letzten Jahrzehnten eine sehr attraktive Lösung mit Aluminiumschubbohlen gefunden. Für stationäre Sonderanwendungen wurden ganz andere Konzepte z. B. mit Stahlschubbohlen und speziellen Hydraulikzylinderanordnungen gefunden.
- Fertigungskosten: Für Standardanwendungen wurde eine Serienproduktion verwirklicht.
- Bewegungsablauf: Er kann durch den Hydrauliköldrucksatz und -druck geregelt werden.
- Dichtheit der Bohlen für Feinstoffe: Für Standardanwendungen wurde das Problem gelöst. Für Sonderanwendungen wurden zum Teil patentierte Lösungen gefunden.
- Einsatz: Er ist heute für sehr viele Produkte in verschiedenen mobilen und stationären Anwendungen möglich.
- Vertikalkräfte beim Bewegungsablauf: Sie spielen letztendlich keine Rolle.
- Querkräfte: Sie sind technisch beherrschbar.
- Reibung zwischen Schubbohlen durch Feinstoffe: Sie wurde analysiert und je nach Anwendungsfall technisch gelöst.
- Ersatzteile: Nein. Das Gegenteil ist der Fall; Schubbohlen sind sehr wenig Verschleiß unterworfen. Nur im Auslassbereich am hinteren Ende des LKWs liegt (auch aufgrund des fehlenden freien Abwurfs) eine vorhersehbare Abnutzung vor, die aber durch eine Verstärkung, durch sogenannte „Bohlenschuhe“, begrenzt werden kann.

Die Vorteile der Schubboden-Technik werden jedoch deutlich, wenn in der folgenden Tabelle die einzelnen Pflichten der LKW-Entladung beschrieben werden.

### 3.2 Eignung nach Pflichtenheft

Das Pflichtenheft des vorhergehenden Kapitels, das auf die Schubboden-Technik und ihre Alternativen angewendet werden soll, wird in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

**Tab. 3.1** *Eigenschaften des Schubbodens in Bezug auf das Pflichtenheft der LKW-Entladung*

Raumaufwand	Die Raumausnutzung durch einen Schubboden ist sehr gut. Seine Einbauhöhe ist gering. Die Bohlen können sehr flach gehalten werden. Dadurch ist das Nettovolumen fast so groß wie das Bruttovolumen. Bei dieser Bewertung bleibt die Beurteilung der notwendigen Einbauhöhe wegen der Zylindergruppe oder der Antriebsgruppe außen vor. Theoretisch kann die Zylindergruppe auch auf dem Schubboden hinter der Rückwand positioniert werden.
Energieaufwand	Durch die Zuhilfenahme des Reibeffekts auf den reibungsarmen Führungsschienen muss beim Schubboden nicht das ganze Gewicht äquivalent als Zug- bzw. Druckkraft aufgewendet werden, wie dies z. B. der Fall bei den Horizontalverdichtern ist.  Das Gewicht wird zweimal wichtig, zunächst wenn die einzelnen Schubbohlen zurückgezogen werden und von unten am verbleibenden Produkthaufen reiben und dann, wenn die Bohlen den Produktberg auf den Gleitkämern/Gleitbahnen nach vorne tragen.