

# Simulation von Verpackungslinien für Tafelschokoladen

Dipl. Math. Priska Mebes  
pmebes@ethz.ch  
Institut für automatisierte Produktion, ETH Zürich  
ETH-Zentrum, CLA F27 / 8092 Zürich

## Kurzfassung

Die Chocolat Frey AG besitzt sechs Produktionslinien für Tafelschokolade. Die Giessanlage ist mit den Verpackungslinien gekoppelt. Die Produktvielfalt hat mit steigendem Exportanteil zugenommen und es stellt sich die Frage, ob die alten Anlagen die Nachfrage erfüllen können. Mittels Simulation wurde das alte Herstellungsprinzip mit einem neuen verglichen. Das neue Prinzip basiert auf einem Lager zwischen Giessanlage und Verpackungslinie. Somit werden diese beiden letzteren voneinander entkoppelt. Es wurden mehrere Varianten mit verschiedener Anzahl Verpackungslinien simuliert und mittels einer Kostenrechnung mit der bestehenden Anlage verglichen. Das Fazit dieser Untersuchung war, dass sich der Wechsel von der alten Herstellung zu einer neuen nicht bezahlt macht. Die maximalen jährlichen Produktionskosteneinsparungen von 111'000 CHF reichen bei weitem nicht aus, um die notwendigen Investitionen und die zusätzlich anfallenden Betriebskosten zu decken.

## 1 Einleitung

Die Nummer 1 im Schweizer Schokoladenmarkt, die Chocolat Frey AG, ist dabei ins Ausland zu expandieren. Der Exportanteil soll mit neuen Produkten gesteigert werden. Dadurch wird die Produktvielfalt um einiges vergrössert. Die Frage, die während dieser Planung aufgetaucht ist, lautete: Reichen die bestehenden 6 Produktionslinien aus, um der Nachfrage auch gerecht zu werden?

Die Produktionslinie besteht aus der Giessanlage und der Verpackungslinie. Von der Giessanlage kommen die abgekühlten Tafeln in einen kleinen Puffer, der maximal 1800 kg lagern kann. Dieser Puffer funktioniert nach dem "first in – first out" Prinzip (FIFO). Danach werden die Tafeln in einer ersten Stufe mit einer Polypropylenfolie (Innenwickel) schleuchbeutelverpackt und in einer zweiten Stufe mit einem Aussenwickel aus bedrucktem Papier versehen. Wenn die Tafeln die Wicklerei hinter sich gelassen haben, werden sie abtransportiert. Die Ist-Situation ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Problematisch ist die Kopplung von Giessanlage und den Verpackungslinien. Mit dem bestehenden Produktionsverfahren können jeweils nur zwei Wickellinien gleichzeitig betrieben werden. Entweder arbeiten die beiden fixen Wickellinien für 100g Normalformatafeln oder die beiden neuen Wickellinien für alle übrigen auf dieser Produktionslinie hergestellten Tafelformate. Der Grund liegt in der direkten Belieferung der Wickellinien durch

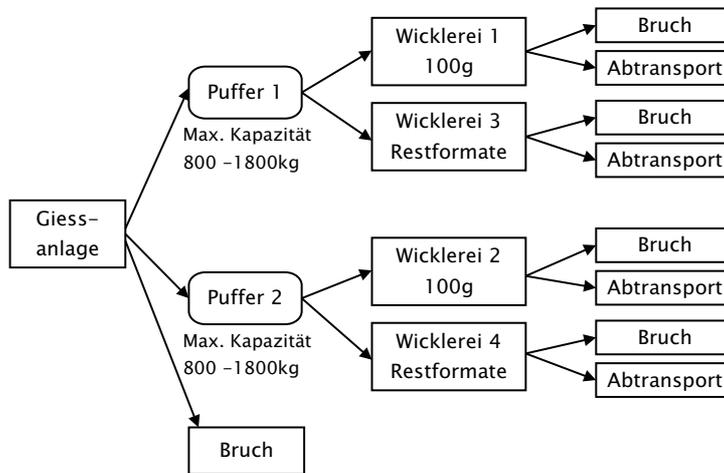


Abbildung 1: Ist-Situation in einer Verpackungslinie für Tafelschokolade

die Eintafelanlage, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt nur ein Format giessen kann. Dieses Produktionsverfahren wird deshalb auch Online-Produktionsverfahren (siehe Abbildung 2) genannt. Der Nachteil bei dieser Lösung besteht somit aus der schlechten Auslastung der einzelnen Anlagenteile. Einerseits wird die Eintafelanlage sehr oft durch die langsameren Wickellinien, da sie sehr störungsanfällig sind, gebremst und kann somit nicht mit der maximalen Geschwindigkeit produzieren. Die Kapazität der beiden Speicher zwischen der Eintafelanlage und der Wicklerei ist viel zu gering, um eine Entkopplung der beiden zu gewährleisten. Andererseits stehen immer zwei Wickellinien still. Die Folge ist eine Beschränkung der Produktionsleistung der gesamten Linie.

Einen Ausweg, um das oben beschriebene Problem aus dem Weg zu räumen, ergibt sich durch die Entkopplung der Eintafelanlage von der Wicklerei (Abbildung 3). Diese Art von Produktionsverfahren nennt sich dann Offline-Produktionsverfahren. Durch Zwischenlagerung der unverpackten Schokoladentafeln in einem gekühlten Lager könnte die Eintafelanlage stets mit maximaler Geschwindigkeit arbeiten und voll ausgelastet werden. Die Wickellinien würden vom Zwischenlager beliefert werden und könnten unabhängig von der Eintafelanlage die Lagerbestände des Zwischenlagers abbauen. Ein Parallelbetrieb sämtlicher Wickellinien wäre in diesem Fall möglich, vorausgesetzt, es ist genügend Personal für deren Bedienung vorhanden.

## 2 Resultate aus der Simulation

Es wurden drei Varianten einer möglichen Offline-Verpackungslinie ausgearbeitet und mit der Simulationssoftware eM-Plant simuliert [1]. Variante A umfasst ein Zwischenlager mit maximaler Kapazität von 60 Tonnen und fünf Wickellinien. Zwei Wickelmaschinen sind

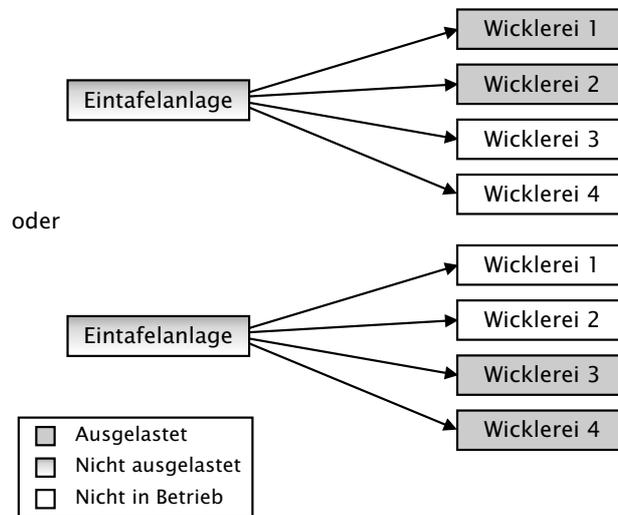


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Online-Herstellung

die den 100g Tafeln festzugeleiteten Maschinen aus der Ist-Situation und zwei weitere die bestehenden für die Restformate, die sich dann auf die 100g Grossformat, 150g und den 200g Tafeln konzentrieren. Die 5. Maschine ist eine schon in der Firma existierende, alte Wickellinie, mit der die 75 g Tafeln eingepackt werden.

Variante B ist bis auf einen Unterschied identisch mit Variante A. Der Unterschied besteht in der Spezialisierung der beiden 100g Grossformat/150g/200g Wickellinien auf jeweils ein Format: Eine Wickellinie verarbeitet nur 100g Grossformattafeln, die andere nur 150g/200g Tafeln. Dadurch entfällt das zeitaufwendige Umstellen und anschliessende Einfahren nach jedem Formatwechsel vollständig und die Verfügbarkeiten der Wickellinien werden verbessert. Allerdings steigt bei dieser Variante durch die Spezialisierung die maximal benötigte Lagerkapazität von 60 auf über 100 Tonnen an. Im Bereich der Wickellinien sind jedoch gegenüber der Variante A keine zusätzlichen Investitionen notwendig.

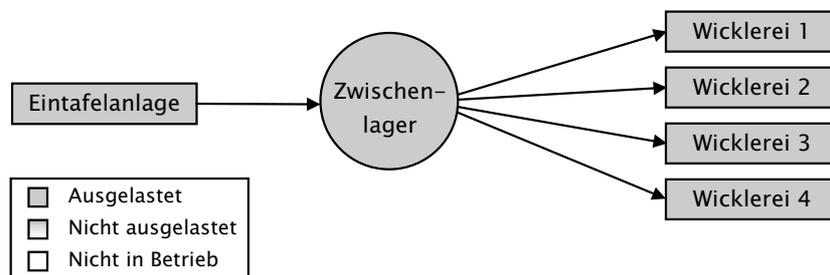


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Offline-Herstellung

Variante C unterscheidet sich nur in einem Punkt von Variante B: Es wird eine zusätzliche 150g/200g Wickellinie eingebaut. Der Grund ist die in Variante B festgestellte Tatsache, dass von den fünf Verpackungslinien die 150g/200g Wickellinie am meisten Mühe hat, den aufgestauten Lagerbestand abzubauen. Dies ist auch die Ursache für den hohen Maximallagerinhalt von über 100 Tonnen in Variante B. Durch die zusätzliche Wickellinie gelingt es immerhin, die maximal erforderliche Lagerkapazität auf 45 Tonnen zu reduzieren. Gegenüber den Varianten A und B sind jedoch beträchtliche Zusatzinvestitionen für die Anschaffung der neuen Wickellinie erforderlich.

Tabelle 1: Die Produktionszahlen aus der Simulation

	Ist-Situation	Variante A	Variante B	Variante C
Maximaler Lagerbestand	1.8 t	60 t	100 t	45 t
Maschinenstunden Eintafelanlage	3564 h (100%)	2850 h (80%)	2850 h (80%)	2850 h (80%)
Maschinenstunden Verpackungslinie	6804 h (100%)	6936 h (102%)	6486 h (95%)	6828 h (100%)

Die in den Simulationsläufen errechneten Maschinenstunden für Eintafelanlage und Verpackungslinien umfassen sämtliche Vorbereitungs-, Produktions- und Tagesreinigungsstunden, in denen die entsprechenden Maschinen vom Personal betreut wurden. Was nicht darin enthalten ist, sind die aufgewendeten Stunden für Wochen- und Monatsreinigungen sowie für Revisionen. Diese dürften in allen vier Lösungsvarianten ungefähr gleich hoch sein und brauchen daher im Vergleich nicht berücksichtigt zu werden. Bei den Verpackungslinien werden die Maschinenstunden der einzelnen Linien kumuliert. Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass in allen drei Offline-Varianten die Maschinenstunden im Falle der Eintafelanlage gegenüber der Ist-Situation um rund 20% gesenkt werden können. Der Grund dafür liegt wie bereits erwähnt in der höheren Eintafelgeschwindigkeit.

Bei den Verpackungslinien liegen die Werte näher beieinander und nur in Variante B ist eine erwähnenswerte Einsparung von 5% zu erwarten. Dies ist auf die mehr oder weniger unveränderte Wickelgeschwindigkeit zurückzuführen; die reduzierte Laufdauer der gesamten Produktionslinie wird nicht durch höhere Wickelgeschwindigkeiten erreicht, sondern durch eine Erhöhung der Anzahl gleichzeitig laufender Wickellinien. Die Einsparungen in Variante B sind auf die leicht gestiegenen Verfügbarkeiten der Wickellinien aufgrund der Spezialisierung (weniger Umstellungen, weniger häufiges "Einfahren") herzuleiten. Bei Variante C wird dieser Vorteil durch die zweite 150g/200g Wickellinie wieder zunichte gemacht. Einerseits nimmt hier die über alle Linien kumulierte Produktionszeit aufgrund der zweimal nötigen Umstellungen und Einfahrzeiten für die 150g/200g Tafeln leicht zu, andererseits kommen die Vorbereitungs- und Reinigungszeiten für die zusätzliche Wickellinie dazu. In Variante A überwiegen ebenfalls die Nachteile der zusätzlichen Wickellinie gegenüber der Ist-Situation.

### 3 Kostenrechnung

Lohnt sich die Umstellung von der Online- zur Offline-Produktion? Es gibt ja auch einige grosse Investition zu tätigen, z. B. das Kühllager für die Tafeln, bevor sie eingepackt werden. Um diese Frage beantworten zu können, werden die jährlich anfallenden variablen Kosten für jede Variante berechnet und miteinander verglichen [2].

Dazu braucht es die nachstehenden Daten:

- $MS$  = Maschinenstunden aus der Simulation
- Personaleinheiten pro Eintafelanlage / Wickellinie =  $1.5PE/2.75PE$
- Variable Personal-Fertigungseinzelkosten pro Stunde = 39.75 CHF
- Personal-Gemeinkostenzuschlag = 112.25%
- Prozentuale Verteilung der Anlagen-Fertigungsgemeinkosten auf die Eintafelanlage / eine Wickellinie = 20%/40%
- Variable Anlagen-Fertigungsgemeinkosten pro Stunde = 83.50 CHF

Die Formeln für die variablen Kosten sehen wie folgt aus:

Variable Personalkosten Eintafelanlage = $MS \times 1.5PE \times 39.75 \text{ CHF} \times 112.25\%$
Variable Personalkosten Verpackungslinie = $MS \times 2.75PE \times 39.75 \text{ CHF} \times 112.25\%$
Variable Kosten Eintafelanlage = $MS \times 20\% \times 83.50 \text{ CHF}$
Variable Kosten Verpackungslinie = $MS \times 40\% \times 83.50 \text{ CHF}$

In der Tabelle 2 sind die Resultate der Kostenrechnung aufgeführt:

Tabelle 2: Variable Kosten für alle Varianten

in Tsd. CHF	Ist-Situation	Variante A	Variante B	Variante C
Totale variable Kosten	1'361	1'322	1'250	1'304
Jährliche Reduktion der variablen Kosten	0	39	111	57

Die Variante B ist die günstigste Alternative und verursacht jährlich rund 111'000 CHF weniger variable Kosten als die Ist-Situation.

## 4 Schlussfolgerungen

Mit diesen 111'000 CHF Einsparungen aus der Variante B müssen die durch das Zwischenlager verursachten Mehrkosten sowie die jährlichen Abschreibungen auf die getätigten Investitionen gedeckt werden können. Letztere umfassen einerseits die Kosten für die Entfernung der beiden Produktespeicher und für die Änderungen am Produktionslinien-Layout. Andererseits kommen die Kosten für die Erstellung des gekühlten Zwischenlagers und für das Installieren von Robotern für das Handling der Tafeln hinzu. Nebst den jährlichen Abschreibungen auf diese Investitionen kommen die laufenden Betriebskosten für das Handling und das Lagern der Tafeln dazu. Bereits ohne eine genaue Berechnung dieser Kosten ist klar, dass sich im Falle der untersuchten Produktionslinie eine Umstellung von der Online- auf die Offline-Produktion auf keinen Fall lohnen kann. Die Einsparungen von 111'000 CHF pro Jahr erlauben bei einer linearen Abschreibungsdauer von 13 Jahren und ohne Berücksichtigung der Zinsen und laufenden Betriebskosten eine Investitionssumme von weniger als 1,5 Mio. CHF. Dies reicht bei weitem nicht aus, um die hohen Investitionen im Falle einer Umstellung auf das Offline-Produktionsprinzip zu decken.

Kurz- bis mittelfristig wäre eine Erhöhung des Ausstosses der Produktionslinie am sinnvollsten und zwar indem die Verfügbarkeit der Wickellinien verbessert wird. Dies sollte unter anderem durch folgende Massnahmen erreicht werden können:

- Vergrösserung der Produktionslose, um die Anzahl nötiger Formatumstellungen zu reduzieren
- Bessere Festhaltung von optimalen Maschinen-Einstellparametern, um die Einlaufzeit nach Formatumstellungen zu verkürzen
- Verwendung von Aluminium-Rollen mit  $\varnothing$  30 cm (anstatt  $\varnothing$  20 cm) auf den Wickelmaschinen, um die Anzahl der Rollenwechsel zu reduzieren.

## Literatur

- [1] *Streun, J.*: Konzeptvergleich zu Verpackungslinien für Tafelschokolade. Diplomarbeit am Institut für automatisierte Produktion: ETH Zürich, 2004.
- [2] *Meyer, U.; Creux, S.; Weber, A.*: Grafische Methoden der Prozessanalyse. München: Carl Hanser Verlag, 2005.