

Regelung von Produktionsprozessen durch Kanban



Kanban

Dipl.-Ing. Max Dinkelmann

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb / Stuttgarter Produktionsakademie



© IFF Universität Stuttgart



Warum Kanban? Wann Kanban?

Kanban ist eine „Notlösung“ für bestimmte Herausforderungen

Das oberste Ziel des Lean ist die Erreichung einer quasi bestandsfreien, getakteten Fließproduktion. Nur wenn sich diese nicht realisieren lässt, sollte Kanban zum Einsatz kommen.

Gründe für den Einsatz von Kanban

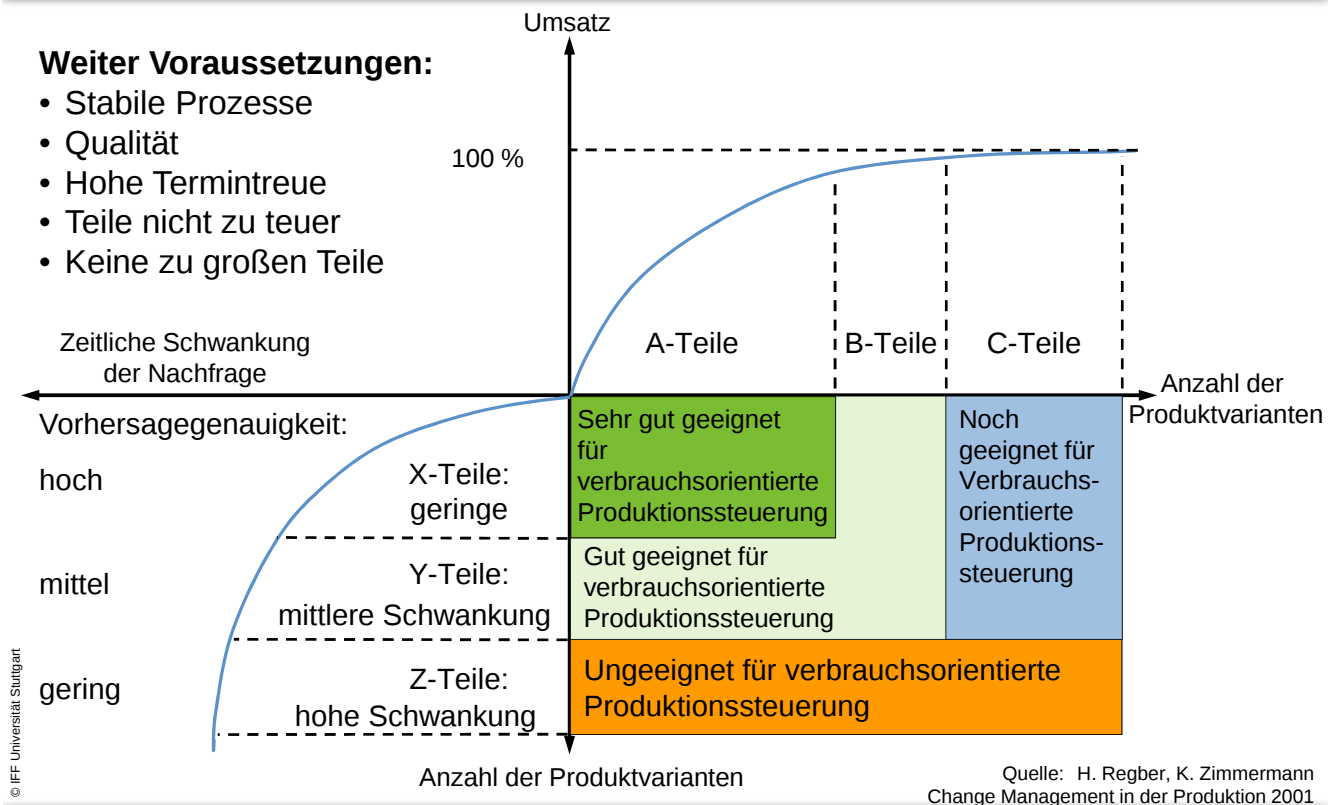
- Die zu verknüpfenden Prozesse weisen Losgrößensprünge auf. So kann z. B. die Montage in Losgröße 1 montieren, die Fertigung kann aber aufgrund von Rüstzeiten nur in Losen wirtschaftlich arbeiten.
- Falls ein Prozess von vielen Lieferanten Teile erhält, oder an viele Kundenprozesse liefert, ist es schwierig bis unmöglich die Abläufe mit klassischen Methoden zu synchronisieren.
- Die verknüpften Prozessschritte liegen räumlich auseinander und können daher nicht zu einer Fließproduktion verknüpft werden (Externe Lieferanten, verbautes Betriebsgelände, ...). Just-in-Sequence ist lediglich für kundenindividuelle, sehr teure oder sehr große Teile eine attraktive Alternative, da Kanban für diese Teile nicht geeignet ist.

Vorteile von Kanban

- **Die Produktion regelt sich innerhalb bestimmter Grenzen selbst, der Steuerungsaufwand wird drastisch reduziert!**
- Die Bestände werden nach oben begrenzt, daher können diese häufig gesenkt werden.
- Es erfolgt eine verbrauchsorientierte Nachproduktion nur bei tatsächlichem Bedarf des Kundenprozesses.

© IFF Universität Stuttgart





Ablauf bei Versorgung durch Kanban

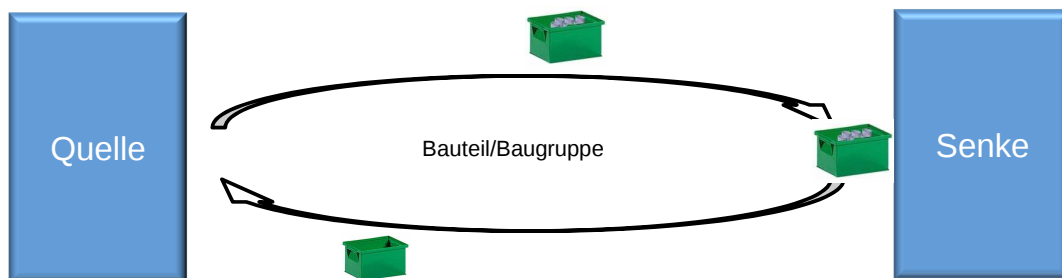


- Verbraucher (Senke) entnimmt Bauteile aus einem Behälter solange bis dieser leer ist.
- Nachdem der Behälter geleert wurde wird dieser an einen definierten Ort für leere Behälter (oder Karten) gestellt.
- Der Milkrun-Versorger nimmt diesen Behälter (oder Karte) und bringt ihn zum Lieferanten (Quelle).
- Dort wird durch den leeren Behälter (oder Karte) ein Auftrag zur Produktion der entsprechenden Menge ausgelöst.
- Die Kanban-Größen müssen so gewählt sein, dass die Senke immer Bauteile zur Verfügung hat. Dies wird über die Anzahl der Behälter und den Behälterinhalt gewährleistet.

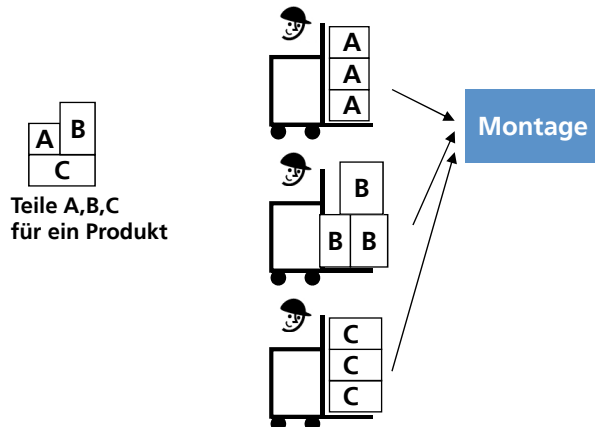


- Milk-Run ist ein Konzept zur logistischen Verknüpfung von einzelnen Arbeitsstationen
- Der Logistiker läuft nacheinander alle Arbeitsstationen ab, wobei er immer nur in eine Richtung läuft.
- Unterwegs nimmt er Leer- und Vollgut auf und liefert es beim Passieren der entsprechenden Station dort ab.

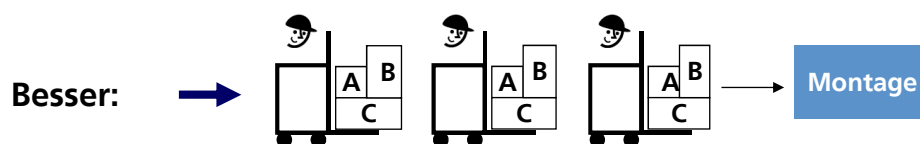
© IFF Universität Stuttgart



Vorteile Milk-Run

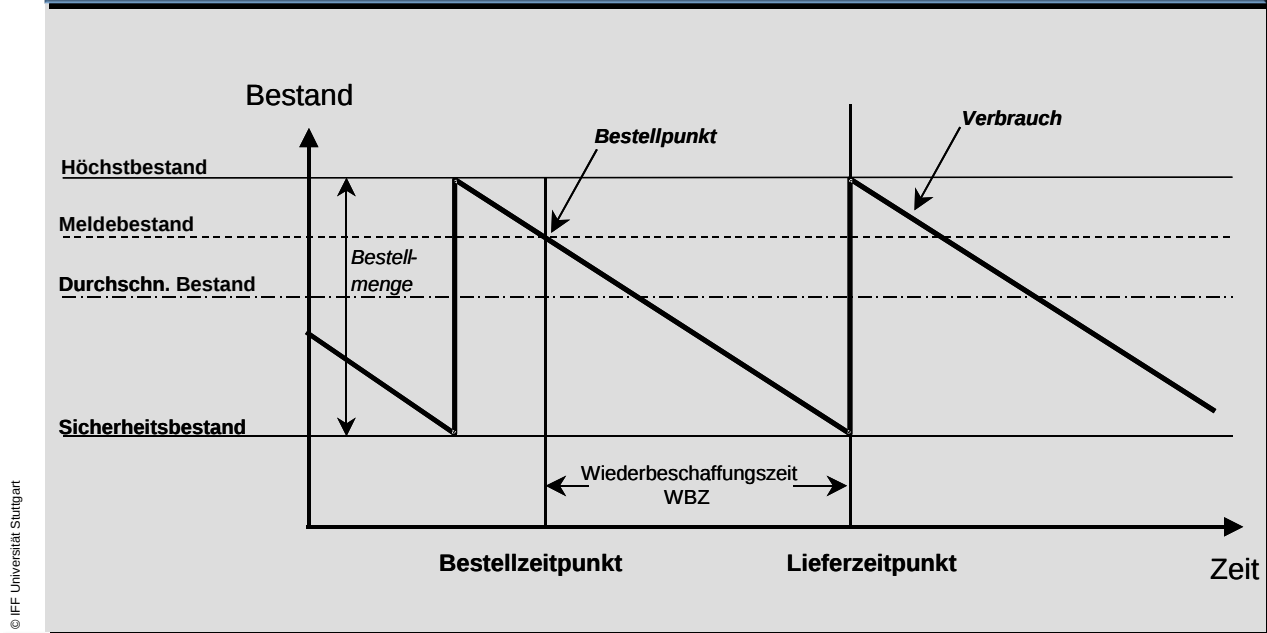


- **Ziel:** Die Materialien in kleinen Transport-Losgrößen in kurzen Zeitabständen an die jeweiligen Prozessstationen zu bringen.
- **Vorteil:** Produktion mit geringen Beständen an den Arbeitsplätzen.
- **Voraussetzung:** Um den Transportaufwand nicht zu erhöhen, sind gemischte Transporte anzustreben.



© IFF Universität Stuttgart

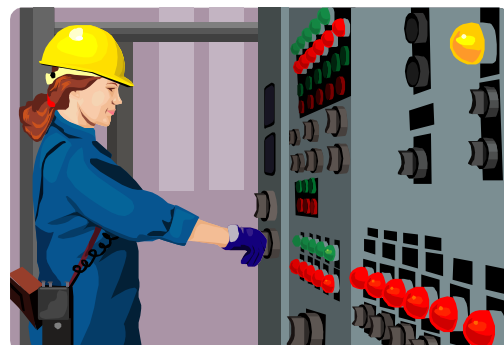
Darstellung der Bestandsarten bei gleichmäßigem Mengenverbrauch und -zugang



Zielgrößen Kanban-Dimensionierung

Zielgrößen Kanban-Dimensionierung:

- Zuverlässige Versorgung der Senke mit Teilen, trotzdem
- Möglichst kleiner Bestand, insbesondere am Arbeitsplatz
- Möglichst geschickt gewählte Behältergrößen (z. B. als Teiler der Losgröße)





$$AK = \frac{SM + PB \cdot WBZ \cdot (1 + \alpha)}{BI}$$

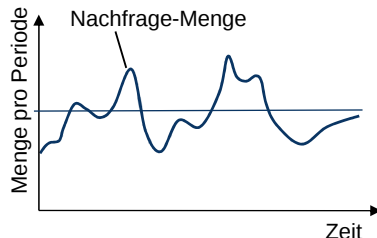
$$\text{Durchschnittlicher Umlaufbestand} = \frac{AK}{2} \cdot BI$$

AK: Anzahl der Kanbans

Anzahl der Kanban-Karten (Karten-Kanban) oder Kanban-Behälter (Behälter-Kanban).

PB: Periodenbedarf

Analyse des mittleren Kundenbedarfes.



WBZ: Wiederbeschaffungszeit

Die Zeit die nach der Auslösung eines Kanban verstreicht, bis **genau dieser** Kanban mit einem vollen Behälter an der Senke ankommt. Sie ist ein Maß für die Agilität der Fertigung.

SM: Sammelmenge

Anzahl der Teile (Losgröße) die an der Quelle die Nachproduktion auslöst.

BI: Behälterinhalt

Anzahl der Teile in einem Behälter.



α : Sicherheitsfaktor

Ist ein Maß für die Verschwendung, bietet aber Sicherheit gegenüber:

- Schwankungen der Nachfrage
- Qualitätsproblemen
- Unzulänglichkeiten in der Supply Chain

Entscheidend ist jeweils die Dauer des Ausfalls

Beispiel „Kanban für Supermarkt“: Aufgabe



An der Senke werden 2 Teile pro Minute verbraucht. Ist eine Kiste (4 Teile) leer, wird Sie für den Logistiker bereit gestellt. Dieser läuft auf einem Milkrun (im Kreis nach einer festen Route). Für einen Milkrun benötigt der Logistiker 1 Minute. Der leere Behälter wird einem „Supermarktregal“ (Lager) vom Logistiker gegen einen vollen getauscht, der er anschließend zur Senke (Verbrauchsort) bringt.

Wie viele Behälter werden benötigt? (Sicherheitsfaktor = 0)

$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{\text{Sammelmenge} + \text{Periodenbedarf} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} \times (1 + \text{Sicherheitsfaktor})}{\text{Behälterinhalt}}$$



$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{\text{Sammelmenge} + \text{Periodenbedarf} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} \times (1 + \text{Sicherheitsfaktor})}{\text{Behälterinhalt}}$$

$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{4 \text{ Teile} + (2 \frac{\text{Teile}}{\text{min}} \times 2 \text{ min}) \times (1+0)}{4 \text{ Teile}}$$

$$\text{Anzahl Kanban} = 2$$

Warum beträgt die Wiederbeschaffungszeit 2 Minuten?

© IFF Universität Stuttgart

Beispiel „Kanban für Supermarkt“: Wiederbeschaffungszeit



Zeit (min)	Quelle: Supermarktregal	Senke	
0:00			Im schlechtesten Fall wird die Kiste leer wenn der Logistiker gerade die Senke passiert hat.
0:30			Ohne Karte (=Bestellung) darf der Logistiker kein Material nehmen, sonst würde er das ganze Lager nach und nach zur Senke bringen.
1:00			Wiederbeschaffungszeit: 2x Milkrun
1:30			
2:00			Da der Sicherheitsfaktor = 0 gesetzt wurde kommt das Material gerade noch rechtzeitig an.

© IFF Universität Stuttgart



An der Senke werden 2 Teile pro Minute verbraucht. Ist ein Behälter (4 Teile) leer, wird Sie für den Logistiker bereit gestellt. Dieser läuft auf einem Milkrun (im Kreis nach einer festen Route). Für einen Milkrun benötigt der Logistiker 1 Minute. Die leere Kiste löst an der Quelle, die ein Produktionsprozess ist, die Nachproduktion aus. An der Quelle werden 2 Teile pro Minute produziert. Sobald die Kiste voll ist wird sie für den Logistiker bereit gestellt, der sie zur Senke (Verbrauchsort) bringt.

Wie viele Behälter werden benötigt? (Sicherheitsfaktor = 0)

$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{\text{Sammelmenge} + \text{Periodenbedarf} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} \times (1 + \text{Sicherheitsfaktor})}{\text{Behälterinhalt}}$$

Kanban-Formel für das Beispielsystem



$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{\text{Sammelmenge} + \text{Periodenbedarf} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} \times (1 + \text{Sicherheitsfaktor})}{\text{Behälterinhalt}}$$

$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{4 \text{ Teile} + \left(2 \frac{\text{Teile}}{\text{min}} \times 4 \text{ min}\right) \times (1+0)}{4 \text{ Teile}}$$

$$\text{Anzahl Kanban} = 3$$

Warum beträgt die Wiederbeschaffungszeit gerade 4 Minuten?

Wiederbeschaffungszeit:

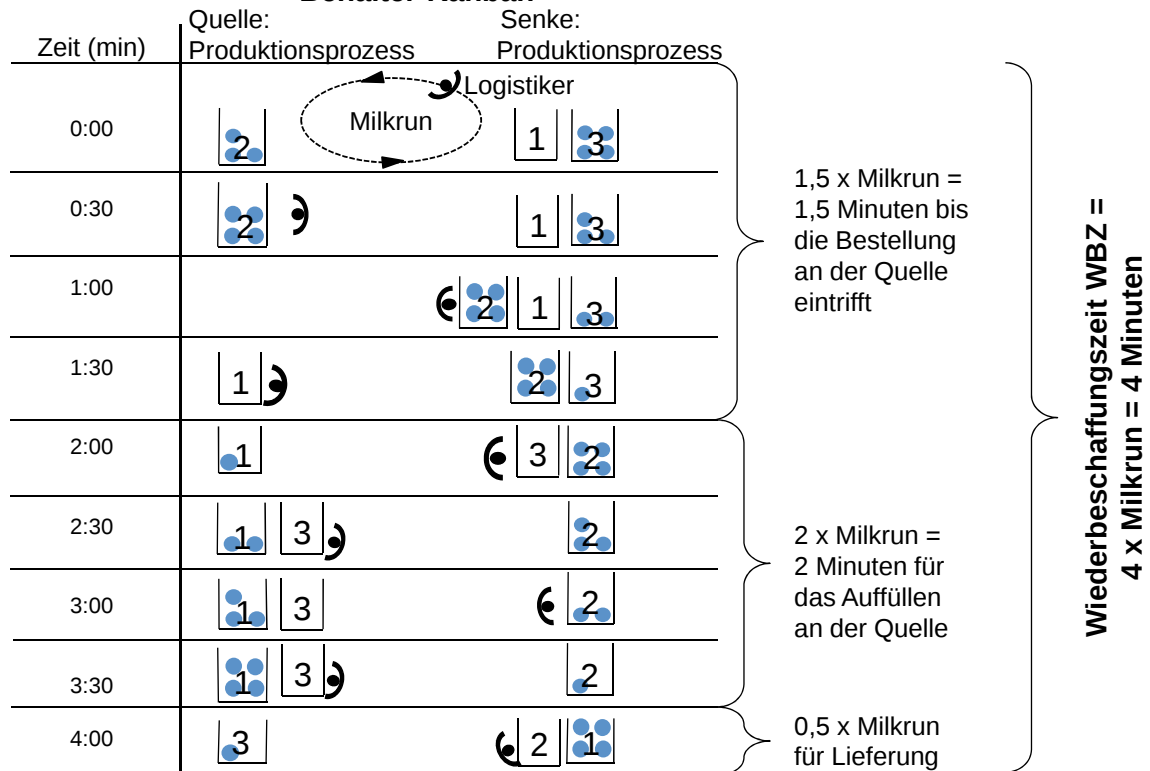
Die Zeit die nach der Auslösung eines Kanban verstreicht, bis **genau dieser** Kanban mit einem vollen Behälter an der Senke ankommt (siehe nächsten Seite).



Die tatsächliche Wiederbeschaffungszeit im Betrieb kann leicht mit Hilfe eines markierten Kanbans überprüft werden.



Behälter-Kanban



© IFF Universität Stuttgart

Warum fehlt die Sammelmenge häufig in der Kanban-Formel?



SM: Sammelmenge

Anzahl der Teile (Losgröße) die an der Quelle die Nachproduktion auslöst.

$$AK = \frac{SM + PB \cdot WBZ \cdot (1 + \alpha)}{BI}$$

Häufig wird nicht ein Behälter-, sondern ein Karten-Kanban verwendet. In diesem Fall muss sehr drauf geachtet werden, wann die Karte von der Kiste getrennt und damit eine Bestellung ausgelöst wird.

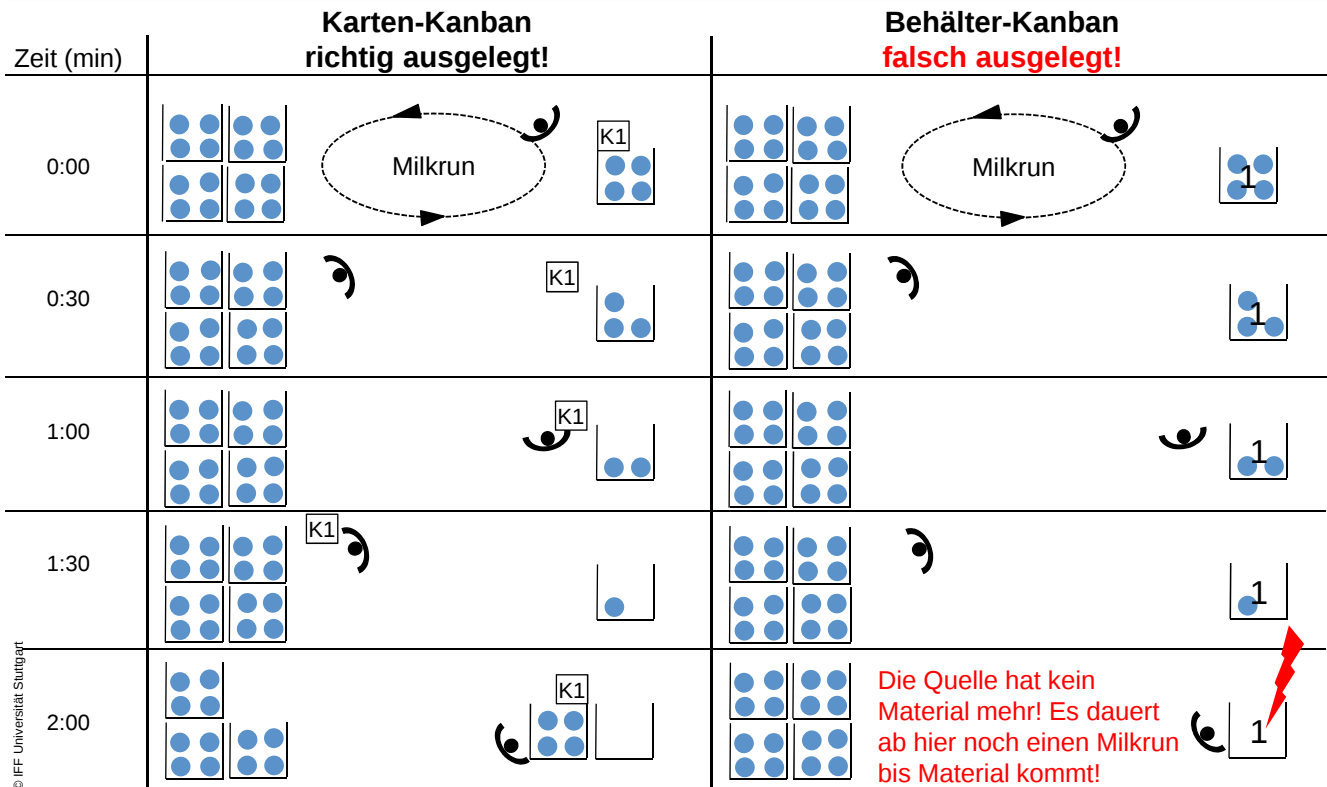
Meist wird die Karte entfernt, wenn ein neuer Behälter im Regal vorgezogen wird, weil der vorherige Behälter leer ist. Damit wird die Bestellung ausgelöst, wenn 0 Teile verbraucht wurden, d. h. die Sammelmenge ist gleich 0. Aus diesem Grund wird sie dann in der Formel häufig weggelassen.

Für einen Behälter-Kanban kommt die Formel ohne Sammelmenge zu einem falschen Ergebnis! Hier die Rechnung für unser Beispiel I:

$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{(2 \frac{\text{Teile}}{\text{min}} \times 4 \text{min}) \times (1+0)}{4 \text{ Teile}} = 1$$

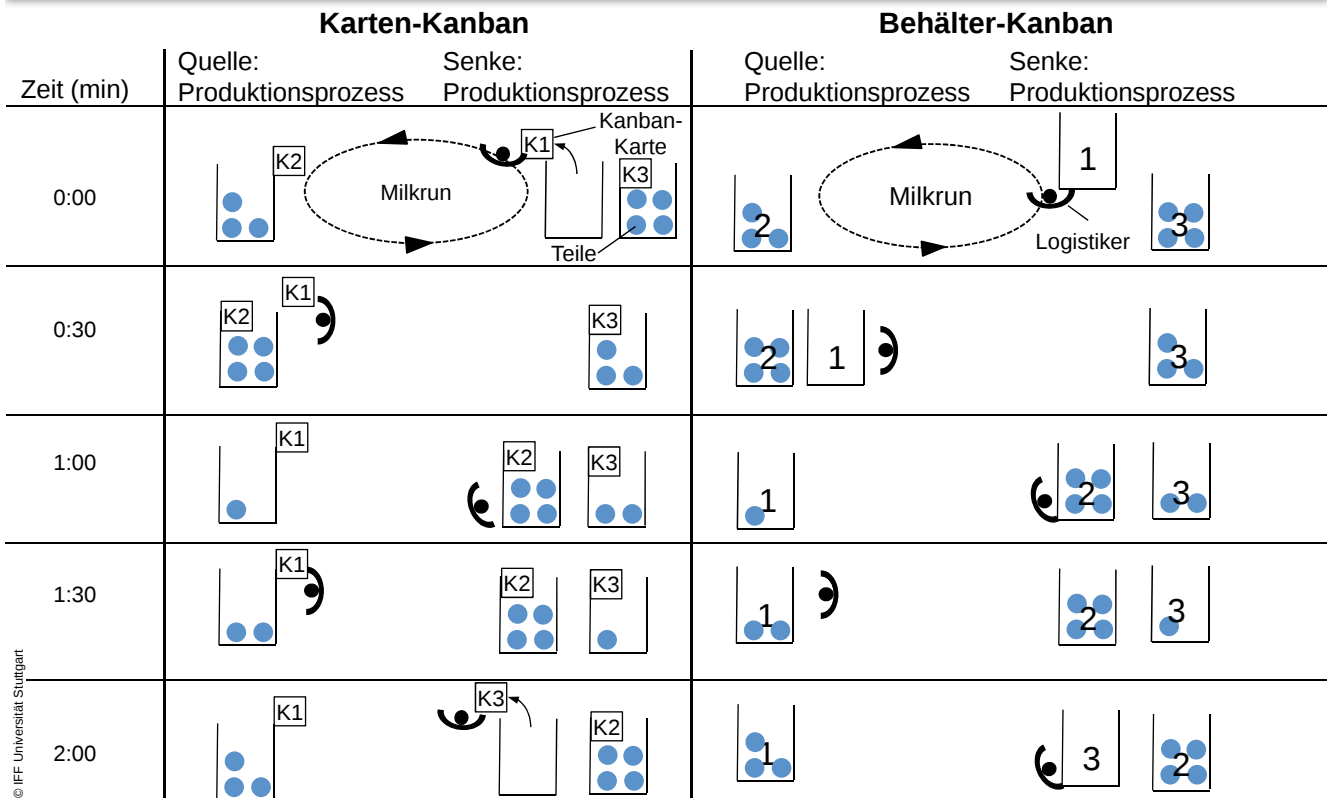
© IFF Universität Stuttgart

Kanban-Formel ohne Sammelmenge



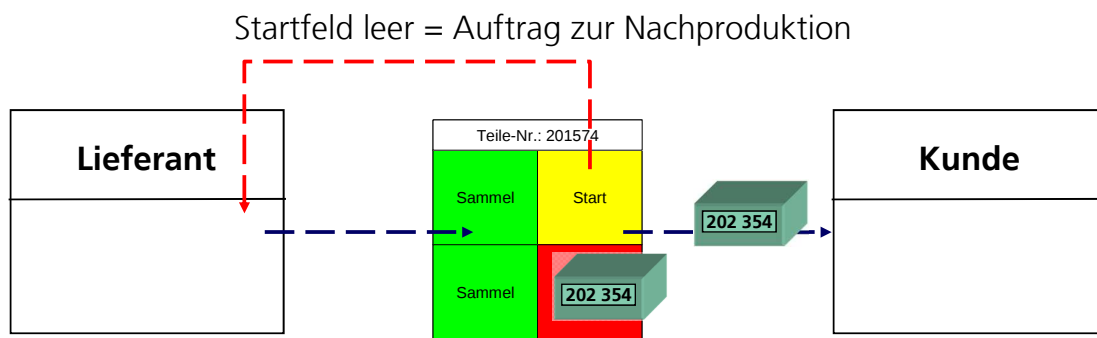
© IFF Universität Stuttgart

Karten- und Behälter-Kanban laufen synchron wenn die leere Behälter „bestellt“



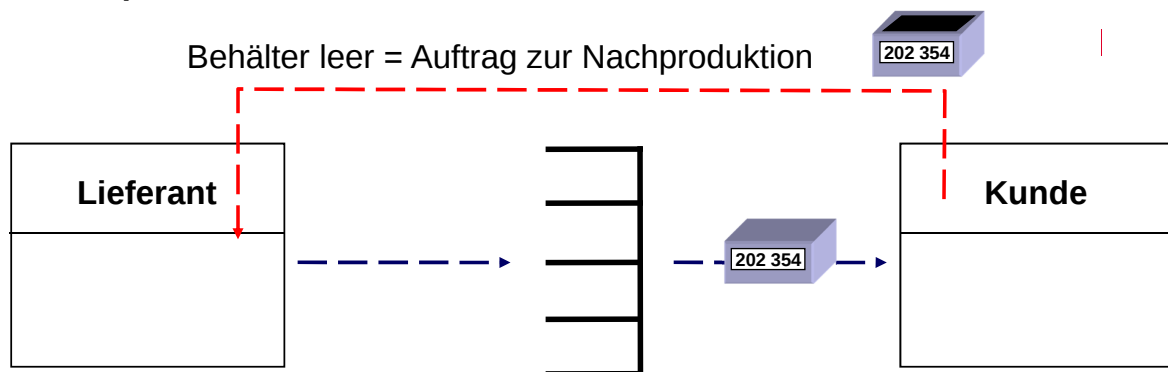
© IFF Universität Stuttgart

- **Freiwerdende Pufferfläche löst Nachproduktion aus.**
- **Voraussetzung ist, dass der Lieferant sehen kann, wenn der Kunde Material aus dem Kanban-Supermarkt entnimmt.**



Behälter-Kanban:

- Zurückkommende, leere Behälter lösen Nachproduktion aus.
- Vorteilhaft ist es, wenn Lieferant und Kunde relativ eng beieinander liegen.
- Der Rücktransport der Behälter zum Lieferanten ist bereits organisiert, was insbesondere dann einen Vorteil darstellt, wenn es sich z. B. um Kisten mit teilespezifischen Einsätzen handelt.

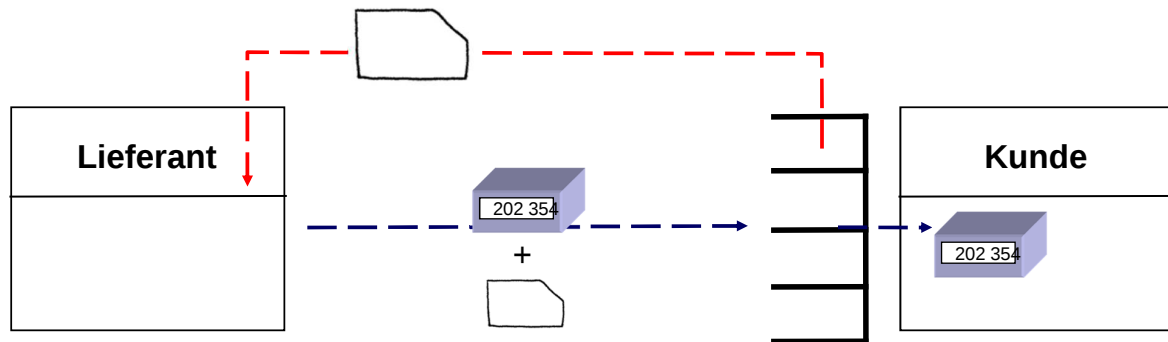




1-Karten-Kanban:

- Produktions-Kanban löst Nachproduktion aus sobald die Kiste angebrochen wird (Sammelmenge in Kanban-Formel = 0)
- Der Lieferant und der Kunde befinden sich in derselben Unternehmenseinheit, sind aber weit voneinander entfernt.
- Der Supermarkt befindet sich in der Nähe des Kunden.
- Der Transport der Leerbehälter ist unabhängig vom Kanban.

Kanban-Karte = Auftrag zur Nachproduktion



© IFF Universität Stuttgart

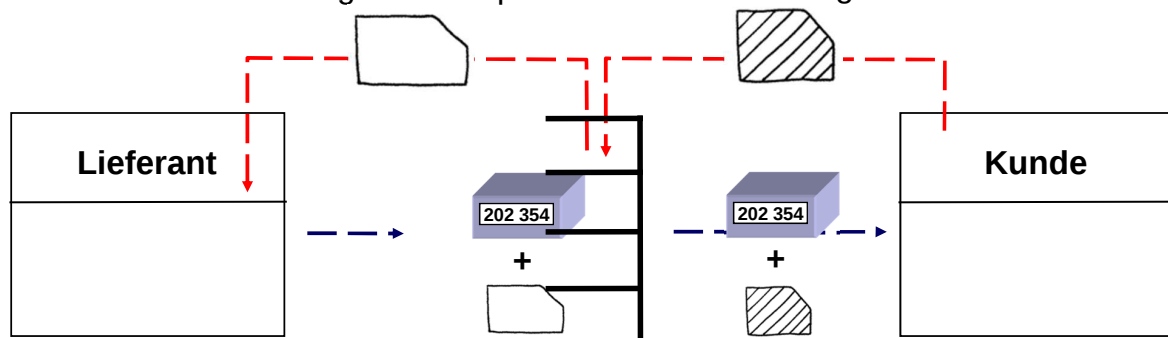


2-Karten-Kanban:

- Transport-Kanban löst die Bereitstellung aus
- Produktions-Kanban löst die Nachproduktion aus
- Der Lieferant und der Kunde befinden sich in derselben Unternehmenseinheit, sind aber weit voneinander entfernt

Kanban-Karte 1 =
Produktions-Kanban =
Auftrag zur Nachproduktion

Kanban-Karte 2 =
Transport-Kanban
Auftrag zur Entnahme



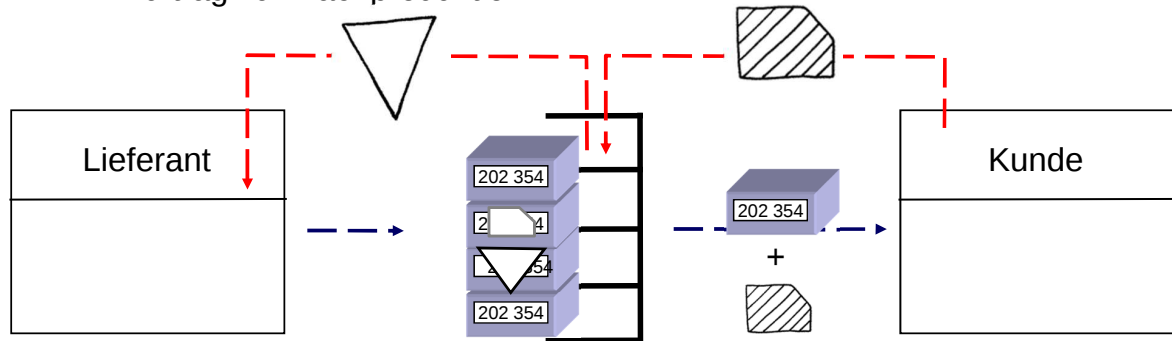
© IFF Universität Stuttgart



Losweise Nachproduktion mit Signal-Kanban:

- Signal-Kanban markiert den Bestell-Punkt.
- Die Entnahme des Behälters über dem Signal-Kanban löst die Nachproduktion aus.
- Mehrere Kanban-Behälter werden gesammelt und als ein Los nachproduziert. So können große Lose auf kleinere Behälter verteilt werden.

Behälter oberhalb des Signal-Kanbans wird entnommen = Auftrag zur Nachproduktion



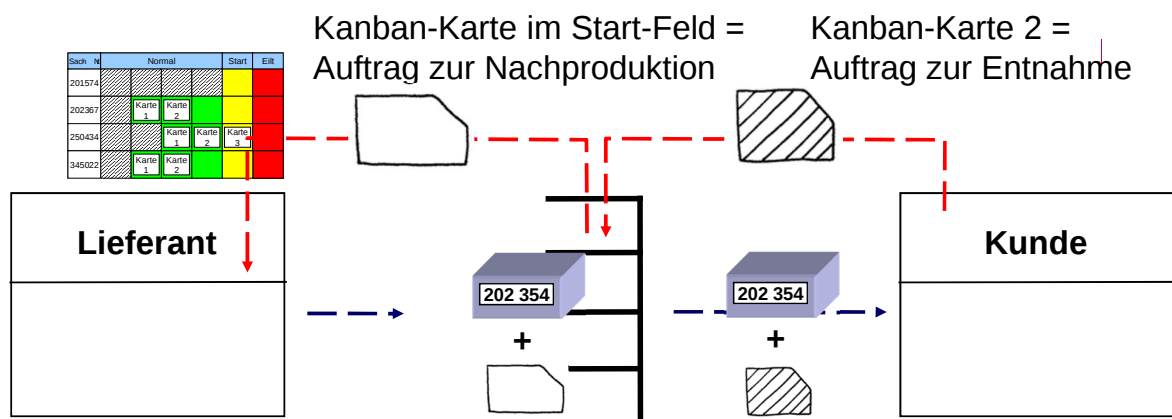
© IFF Universität Stuttgart

Realisierung von Kanban: Kanban und Losgrößen mit Steuerungstafel I



Losweise Nachproduktion mit Steuerungstafel:

- An Steuerungstafel gestecktes Produktions-Kanban löst Nachproduktion aus, sofern ein Mindestbestand an Karten überschritten ist.
- Mehrere Kanban-Karten werden gesammelt und als ein Los nachproduziert.
- Losgrößen (= Anzahl Karten) und Auslösepunkt können je Produkt verschieden sein.



© IFF Universität Stuttgart

Beim Lieferanten werden die Kanban-Karten in die Steuertafel gesteckt:

- **Warten:** Karten können weiter gesammelt werden.
- **Starten:** Mit Fertigung muss begonnen werden.
- **Eilt:** Sammelmenge überschritten (=Störung) oder priorisierte Aufträge.

➔ Mit der Steuertafel gewinnt die Quelle Überblick: was ist dringend?

Sach-Nr.	Warten			Starten	Eilt
201574					
202367		Karte 1	Karte 2		
250434			Karte 1	Karte 2	Karte 3
345022		Karte 1	Karte 2		

➔ Wie wird die Anzahl der Karten pro Bereich bestimmt?

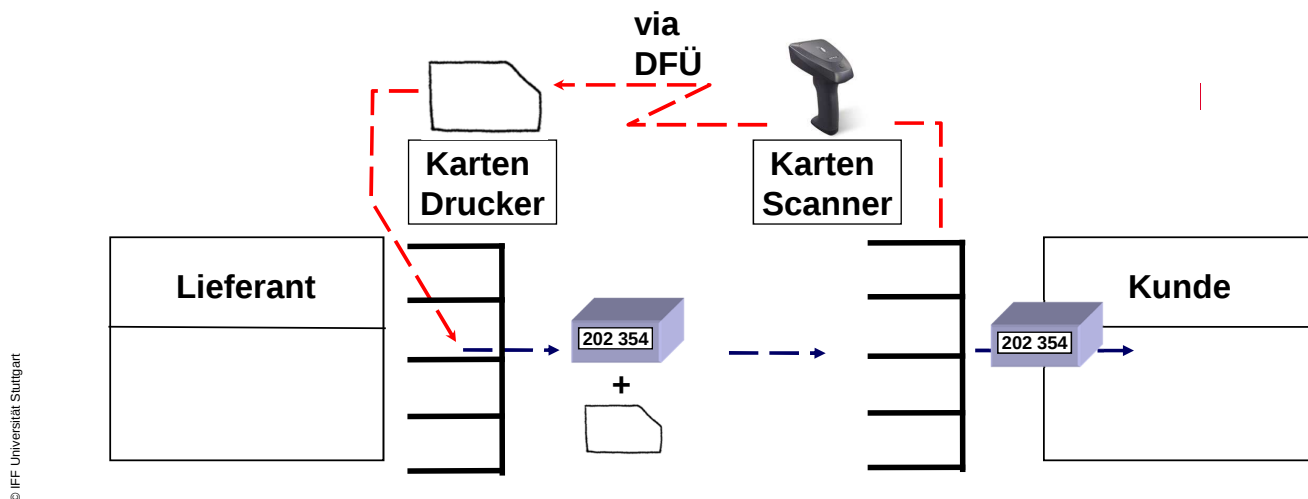
$$\text{Anzahl Kanban} = \frac{\text{Sammelmenge} + \text{Periodenbedarf} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} \times (1 + \text{Sicherheitsfaktor})}{\text{Behälterinhalt}}$$

Eilt		Sicherheitsbestand = 1 + Sicherheitsfaktor in der Kanban-Formel Ist ein Maß für die Verschwendung, bietet aber Sicherheit gegenüber Schwankungen der Nachfrage, Qualitätsproblemen, Unzulänglichkeiten in der Supply Chain, etc. Entscheidend ist jeweils die Dauer des Ausfalls
Starten		Bestand zur Überbrückung des Transports, Nachproduktion, etc. = Periodenbedarf x Wiederbeschaffungszeit in der Kanban-Formel Der Periodenbedarf wird aus dem mittleren Kundenbedarf abgeleitet. Die Wiederbeschaffungszeit ist die Zeit, die nach der Auslösung eines Kanban verstreicht, bis genau dieser Kanban mit einem vollen Behälter an der Senke ankommt. Sie ist ein Maß für die Agilität der Fertigung.
Warten		Losgröße = Sammelmenge in der Kanban-Formel Die Sammelmenge ist die Anzahl der Teile die an der Quelle die Nachproduktion auslöst. Die Produktion wird erst gestartet, wenn eine Losgröße aus einzelnen Kanbans „zusammengesammelt“ wurde. Da ein Los häufig einen viel zu großen Bestand an der Senke darstellen würde und dort häufig auch gar nicht der Platz dafür vorhanden ist, wird das Los auf mehrere Kanbans verteilt. So können kleinere Kisten verwendet werden, was die Ergonomie am Arbeitsplatz verbessert.



Elektronische-Medien (Fax, Intranet, Internet, ...):

- Übermittelte Daten lösen Nachproduktion aus.
- Lieferant und Kunde befinden sich in unterschiedlichen Unternehmenseinheiten.
- Wiederbeschaffungszeiten usw. können automatisch überprüft werden.

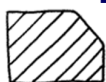


© IFF Universität Stuttgart

Arten von Kanban-Karten



Transport-Kanban



Diese Kanban-Art ist den Teilen an der Linie beigelegt. Sobald das erste Teil aus dem Behälter entnommen wird, wird das Kanban entfernt und dient dem Heranziehen neuer Teile vom vorgelagerten Prozess.

Produktions-Kanban



Diese Kanban-Art wird den fertig bearbeiteten Teilen im Teile-Supermarkt beigelegt. Sobald die Teile vom nachgelagerten Prozess durch das Transport-Kanban herangezogen wurden, wird dieses Kanban entfernt und dient als Produktionsanweisung.

Einkauf-Kanban

Diese Kanban-Art wird beim Lieferanten-Kanban eingesetzt. Die vorgedruckten Einkauf-Kanban werden bei Bedarf an den Lieferanten gefaxt.

Signal-Kanban



Diese Kanban-Art wird an solchen Prozessstationen eingesetzt, die in Losen produzieren. Sie dienen zur Kontrolle der Min-/Max-Grenzen der Umlaufbestände. Sie geben Anweisung zur Wiederaufnahme der Produktion.

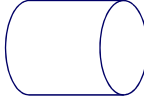
Außerordentliches Kanban



Außerordentliche Kanban dürfen nur einmal verwendet werden und müssen besonders gekennzeichnet sein. So können Sonderaufträge, die deutlich über den normalen Bedarf hinausgehen, in das Kanban-System integriert werden.

© IFF Universität Stuttgart



Lieferant Drehen Prozess-Station TC-211	Teil-Nr. 123 – 45 – 6789 – 0			Kunde Montage Linie 2.1
	Teil-Bezeichnung Kolbenstange N20			
	Teile-Supermarkt 21 J5 b-12 .3.5			
Skizze 	Behälter Gitterbox GB-03	Anzahl je Behälter 12		Kanban-Karte-Nr. 1
				Kanban-Karten gesamt 5
	Bei Entnahme des letzten Teils diese Kanban-Karte sofort an die Dreherei weiterleiten			Bar-Code  34 01 289 4

Stolpersteine bei der Einführung



■ Qualität

Wenn bisher in großen Losen produziert wurde, konnten fehlerhafte Teile aus den Beständen ersetzt werden. Im Kanban-System ist dies nur noch begrenzt möglich, da häufig die Bestände (vor allem am Arbeitsplatz) reduziert werden.

■ Sicherheitsgefühl der Mitarbeiter

Wer bisher gewohnt war Teile für die nächsten Wochen am Arbeitsplatz zu haben, wird leicht verunsichert, wenn nur noch Teile für wenige Stunden bereitstehen. Hier kann es helfen, bei der Einführung mit etwas größeren Beständen zu starten, die dann nach und nach reduziert werden, wenn das System seinen Leistungsfähigkeit unter Beweis gestellt hat.

■ Lieferzeiten

Die Wiederbeschaffungszeit ist entscheidend für die Bestände im System (siehe Kanban-Formel). Sind sie zu groß, lassen sich die Bestände nicht, oder nur im geringen Umfang senken.

■ Bestandssenkungen treten nicht ein

Sinkende Bestände sind lediglich ein möglicher Nebeneffekt bei der Kanban-Einführung, da durch die Anzahl der Kanbans nur ein zulässiger Maximalbestand festgelegt wird. Wird versucht, zu viele oder zu selten benötigte Varianten im Kanban-System bereit zu halten, steigen die Bestände.

■ Mangelnde Ausbildung der Mitarbeiter

Wenn die Mitarbeiter mit der Funktionsweise eines Kanban-Systems nicht vertraut gemacht werden, kann es leicht passieren, dass die Mitarbeiter mit besten Absichten das System „sabotieren“. So versuchen die Mitarbeiter z. B. sich durch „Hamstern“ von Teilen am Arbeitsplatz gegen Unzulänglichkeiten in der Lieferkette abzusichern oder kopieren Kanbankarten.



■ Regelmäßige Überprüfung der Behälteranzahl und Behälterinhalte

Ändern sich einzelne Bestandteile der Kanban-Formel wie Periodenbedarf oder Wiederbeschaffungszeit, muss die Behälteranzahl oder der Behälterinhalt angepasst werden. Je nachdem in welchem Zeithorizont sich diese Größe verändern, muss ein passendes „Wartungsintervall“ gewählt werden.

■ Regelmäßige Überprüfung der Kanbans

Nur allzu leicht gehen einzelne Kanbans (insbesondere Karten) in der Produktion verloren. In diesem Fall fehlt schnell der Sicherheitspuffer. Ein fehlender Puffer wird häufig erst bemerkt, wenn er benötigt wird. Daher sollte die Anzahl der Kanbans in regelmäßigen Abständen geprüft werden.



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Gibt es Fragen?

Kontaktdaten:

Dipl.-Ing. Max Dinkelmann
Projektleiter
Tel.: +49 (0) 711 / 685 - 618 72
E-Mail: mmd@iff.uni-stuttgart.de

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
der Universität Stuttgart
Lernfabrik advanced Industrial Engineering (aIE)
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
www.lernfabrik-aie.de



FERTIGUNG UND MONTAGE HAND IN HAND

KANBAN UND LOSGRÖßENERMITTLUNG
IN DER LERNFABRIK