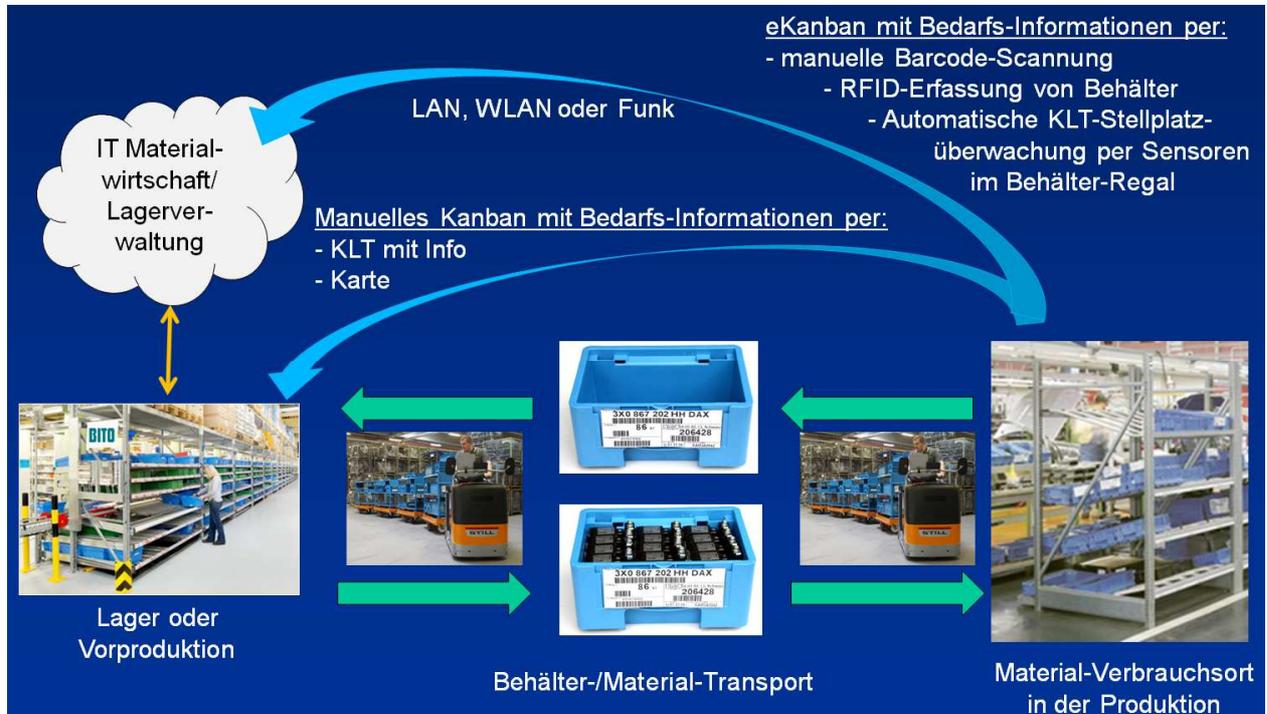


„Aktueller Stand der Entwicklung und Einsatz von elektronischen Kanban-Systemen (eKanban)“



Osnabrück, den 26.08.2013

Autor: Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Bode

Hochschule Osnabrück

Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Caprivistrasse 30a

49076 Osnabrück

0541-969-2947

bode@wi.hs-osnabrueck.de

www.ris-logis.net

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Abkürzungen</i>	3
2	<i>Aktueller Stand von Kanban- und eKanban-Systemen</i>	4
2.1	Generelle Ausgangssituation.....	4
2.2	Definition von Kanban und eKanban	6
2.3	Das Kanban-Grund-Prinzip	6
2.4	Alternative elektronische Kanban-Verfahren (eKanban)	8
3	<i>Informations-Übertragung</i>	16
4	<i>eKanban-Software</i>	18
5	<i>Nutzen und Wirtschaftlichkeit von eKanban</i>	21
6	<i>Zusammenfassung</i>	24

1 Abkürzungen

AMS	Automatische Materialnachschub-Steuerung
Aufl.	Auflage
Auto-ID	automatische Identifikation
BDE	Betriebsdatenerfassung
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa, zirka
d.h.	das heißt
DLR	Durchlaufregal
EDI	Electronic Data Interchange
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
eKanban	elektronisches Kanban
EPC	Electronic Product Code
ERP	Enterprise Resource Planning
etc.	et cetera
FIFO	first in first out
GLT	Großladungsträger
GPRS	General Packed Radio Service
Hrsg.	Herausgeber
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Industrial, Scientific, Medical
IT	Informations-Technologien
KLT	Kleinladungsträger
LAN	Local Area Network
OCR	Optical Character Recognition
p.a	per annum
PC	Personal Computer
RFID	Radio Frequency Identification
u.a.	und andere
übl.	üblich
UHF, HF	ultra high frequency, high frequency
Vgl.	Vergleich
WEP	Wired Equivalent Privacy
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	Wi-Fi Protected Access
z.B.	zum Beispiel

2 Aktueller Stand von Kanban- und eKanban-Systemen

2.1 Generelle Ausgangssituation

An den Montagelinien der Automobilindustrie sowie in verschiedenen Maschinenbau-Sparten werden für Fertigung und Montage der Produkte immer mehr Automaten und teure Fachkräfte eingesetzt. Die Produkte selbst werden zudem immer vielfältiger und komplexer, wodurch sich der verfügbare Platz für die einzelnen Materialien am Einbauort reduziert. Die örtlich für die Montage bevorrateten Materialien benötigen entweder mehr Platz oder müssen je Materialtyp in kleineren Mengen bereitgestellt werden. Dadurch reduziert sich deren Bestandsreichweite vor Ort, z. B. von 6 auf 2 Stunden. Gleichzeitig werden die Nachschubwege der Materialien aufgrund von immer häufiger zur Anwendung kommenden Outsourcing-Konzepten merklich länger, so dass für deren Bereitstellung zusätzliche Zeit benötigt wird.



Abbildung 1: Beispiel für eine Materialbereitstellung in der Produktion

In dieser zeitlich und platzmäßig immer angespannteren Situation geraten die manuell gesteuerten Materialnachschub-Konzepte aktuell vermehrt in den Fokus von Rationalisierungsbestrebungen.

Zurzeit erfolgt die Steuerung des Materialnachschubs an den Montagelinien meist mit Hilfe von konventionellen Kanban-Nachschub-Konzepten, z.B. durch die Bereitlegung von Kanban-Karten durch die Mitarbeiter an fest definierten Übergabestellen. Weitere in der Praxis häufig angewendete Lösungen beinhalten den Abruf durch die Montage-Mitarbeiter an stationären Bildschirmen/ Terminals mittels Dateneingabe per Tastatur oder Barcode-Scannung oder eine planmäßige Erfassung per extra dafür eingesetzten Line-Runnern mit Barcode-Scannern in regelmäßigen Zeitabständen. Dort, wo die IT-Strukturen es ermöglichen, gibt es auch automatische Abrufe bzw. Bedarfsmeldungen über Rückmeldepunkte und Stücklistenauflösung, deren Informationen dann den Materialnachschub aus dem Lager in die Produktion steuern. In der Praxis konnte man dabei aber die Erfahrung machen, dass im Verlauf der Zeit die tatsächlich benötigten Materialmengen immer stärker von den per IT ermittelten Werten abweichen und zu kostspieligen Materialengpässen führten.

Die derzeitige Erfassung der am Einsatzort entstehenden Materialbedarfe findet üblicherweise dezentral, manuell und nicht zeitnah genug statt. Teilweise können zwischen den Bedarfsermittlungen mehrere Stunden vergehen, was durch einen entsprechend erhöhten Materialmehrbestand vor Ort kompensiert werden muss. Setzt man die Erfassungsperioden hingegen kürzer an, führt dies zum einem entsprechend höheren Bedarf an Personal.

Die manuelle Erfassung des Materialnachschub-Bedarfs am Montageband stellt insgesamt einen hohen personellen Aufwand dar und ist auch noch fehler-intensiv und führt zu entsprechenden Mehraufwandskosten. Unnötige Personalkosten entstehen aber auch in dem Lager, aus dem der Materialnachschub bedient wird, da die vom Personal in der Produktion

manuell ausgelösten Materialnachschub-Bestellungen stark gehäuft jeweils zu Beginn einer Schicht erfolgen und dadurch entsprechend unnötige Belastungsspitzen bei dem Lagerpersonal hervorrufen (siehe auch Abbildung 2).

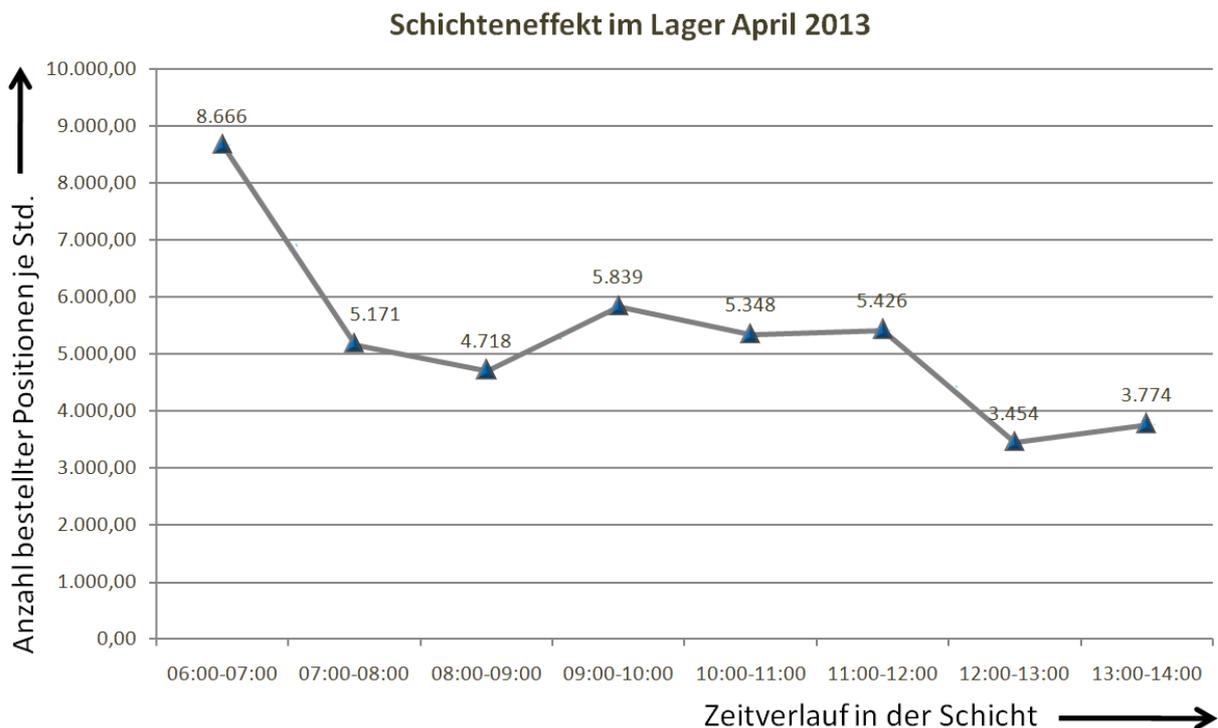


Abbildung 2: Beispiel für eine ungleichmäßige Belastung des Lagerpersonals durch asynchrone Material-Abrufe

Dieses zum Verbrauch asynchrone Bestellverhalten hat noch weitere Probleme zur Folge, da häufig mehr Material nachbestellt wird, als vor Ort in den Regalen Platz vorhanden ist, so dass dann Material neben die Regale oder in falsche Regal-Kanäle gestellt wird. Hierdurch werden wiederum neue Fehler und entsprechende Korrektur-Kosten provoziert.

Konventionelle Materialnachschub-Konzepte schließen also weder die Gefahr von unnötigen Material-Überbeständen am Band noch die Gefahr der Material-Unterversorgung mit möglichem kostenintensiven Bandstillstand aus.

Durch das Einbinden der Montage-Mitarbeiter in die Erfassung des Materialverbrauchs am Verbauport werden diese unnötig gezwungen ihre wertschöpfenden Hauptaufgaben des öfteren zu unterbrechen, so dass sich die Wirtschaftlichkeit der Produktion verschlechtert. Die Summe der dargestellten Effekte bietet daher ein hohes Rationalisierungs-Potenzial, so dass das Interesse an neuen und möglichst automatisierten Nachschub-Bestell-Prozessen in der Praxis immer größer wird. Allerdings sollten auch die neuen Lösungen möglichst nach einem Kanban-Prinzip arbeiten, da dies eine Reihe von Vorteilen mit sich bringt, die in den folgenden Kapiteln im Detail beschrieben sind.

2.2 Definition von Kanban und eKanban

Das Wort Kanban kommt aus dem Japanischen und bedeutet Pendelkarte, Anzeigekarte oder Zettel.

„Kanban ist ein dezentrales Planungs- und Steuerungsverfahren auf Basis selbststeuernder Regelkreise.“¹ Die Kanban-Philosophie basiert auf dem Fließ- oder Prozessprinzip.

Das Konzept wurde in den 1950er Jahren in Japan entwickelt und Anfang der 1960er Jahre bei dem Automobilhersteller Toyota praktisch umgesetzt. Kanban lässt sich definieren als ein ganzheitliches, kunden-orientiertes Logistik-Netzwerk für die Produktion, „bei dem durch eine Reduzierung der Materialbestände und Vermeiden von Blindleistungen die Herstellkosten gesenkt und die Lieferbereitschaft erhöht wird.“²

„Ziel einer Kanban-Steuerung ist eine effiziente Ablaufgestaltung von Informationen und Materialfluss.“³ Kanban-Karten enthalten Informationen über den Materialbedarf und bewegen sich entgegen dem Materialfluss. Das Kanban-Konzept regelt im Wesentlichen den Informationsfluss zur Optimierung des Materialflusses.⁴

In den 1970er Jahren wurde das Kanban-Prinzip auch in Europa bekannt und immer mehr Unternehmen erkannten es als wirksames Instrument für eine rationelle Steuerung des Material-Nachschubs in Fertigungsbetrieben.

2.3 Das Kanban-Grund-Prinzip

Kanban ist eine dezentrale Materialflusssteuerung, die im Gegensatz zum klassischen Push-Prinzip (Bringpflicht = automatisch weiterleiten) auf dem am Verbrauch orientierten Pull-Prinzip (Holpflicht = Material bei Bedarf anfordern) basiert.

Im Unterschied zu den traditionellen Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen (PPS-System) müssen bei der Kanban-Methode die verbrauchenden Stellen das von ihnen gemäß Produktionsauftrag benötigte Material rechtzeitig bei den vorgelagerten Stellen anfordern. Das benötigte Material wird an die verbrauchenden Stellen unmittelbar aus den zuständigen Lägern angeliefert.

Den Unterschied im Prinzip der beiden Verfahren wird in der Abbildung 3 verdeutlicht.

¹ Bichler, K. u. Schröter, N. (2000): Praxisorientierte Logistik, 2., überarb. und erw. Auflage. Kohlhammer, Stuttgart. S. 121.

² Weber, R. (2007): Kanban-Einführung: Das effiziente, kundenorientierte Logistik- und Steuerungskonzept für Produktionsbetriebe, 5. Auflage. Expert-Verlag, Renningen. S. 6.

³ Bichler, K. u. Schröter, N. (2000): S. 121.

⁴ Vgl. Zingel, H. (1997): Transport und Logistik: Die richtige Menge zur richtigen Zeit am richtigen Ort: Grundkonzepte der betrieblichen Logistik. In: <http://www.zingel.de/pdf/07trn.pdf> (Abruf 10.11.2008)

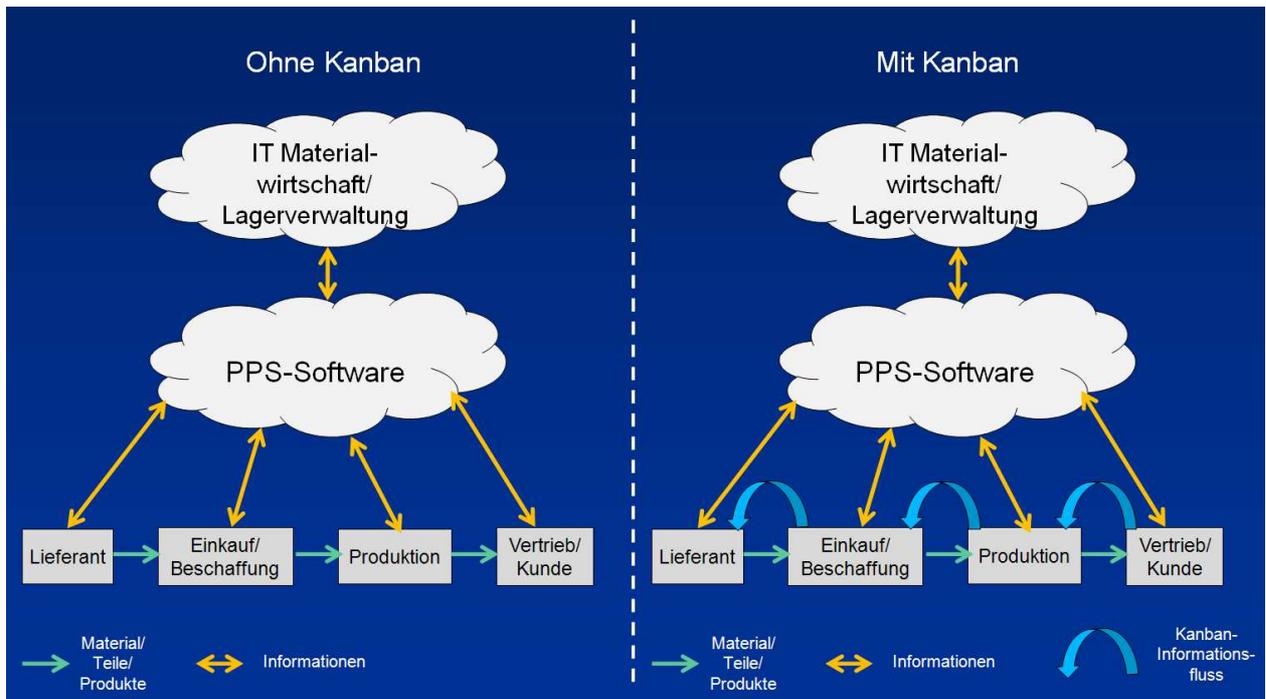


Abbildung 3: Vergleich zwischen Kanban-Steuerung und PPS-Steuerung

Die Aufforderung zur Materiallieferung wird klassisch durch eine Kanban-Karte erteilt. Die zuliefernde Stelle muss nun sicherstellen, dass das angeforderte Material rechtzeitig und in der vorgesehenen Menge bereit- bzw. hergestellt wird. Wenn sich die angeforderte Teilemenge in einem Kanban-Behälter befindet, wird der Behälter mit der dazugehörigen Kanban-Karte zu einem vereinbarten Punkt an die Senke (Verwendungsort) geliefert. Der Empfänger verbraucht das angelieferte Material bis zu einem Mindestbestand, sendet dann die Kanban-Karte oder den leeren Behälter mit entsprechenden Informationen wieder an den Zulieferer (Lager), und ein neuer Zyklus von Erzeugung, Transport und Verbrauch beginnt.⁵ Da der Rück- und Hin-Transport von Behälter und/oder Karte Zeit benötigt, muss vorher je Material-Nr. ausgerechnet werden, wie viel Material (und damit wie viel Behälter) insgesamt immer vor Ort und im Transport vorhanden sein müssen, damit kein Material-Unterbestand in der Produktion entsteht.

Das klassische Kanban-Prinzip realisiert zwar ein bedarfsgesteuertes Verfahren, funktioniert aber nur bei regelmäßigem Materialverbrauch sehr gut. Bei unregelmäßigem Verbrauch treten jedoch vermehrt die unter 2.1 im Detail beschriebenen Probleme auf, so dass klassische Kanban-Systeme in solchen Fällen häufig unwirtschaftlich sind. Das Kanban-Prinzip stellt Abbildung 4 dar.

⁵ Vgl. Schulte, C. (1999): S. 341.



Abbildung 4: Kanban-System zur Fertigungs- und Materialflusssteuerung

„Das Kanban-Prinzip baut auf Dezentralisierung der Information. Die zentrale lenkende Instanz interagiert nur noch mit außenstehenden Marktteilnehmern und veranlasst den Fertigungsprozess.“⁶ Die Material Bedarfsinformationen laufen bei Kanban-Konzepten innerhalb der Produktionsstätte dezentral rückwärts bis hin zum Beschaffungsmarkt.

2.4 Alternative elektronische Kanban-Verfahren (eKanban)

Der Begriff elektronisches Kanban (eKanban, E-Kanban) wird in der Literatur unterschiedlich definiert. Im weiteren Sinne versteht man unter eKanban eine Produktionssteuerung, die durch den Einsatz so genannter E-Technologien bzw. IT in der Logistik unterstützt wird.

Wildemann definiert eKanban als „ein E-Logistik-Konzept, das die Versorgung mit Material verbrauchsorientiert sicherstellt.“⁷ Die Anlieferung von Material erfolgt wie bei manuellem Kanban nach dem Holprinzip. eKanban macht permanente Eingriffe einer zentralen Steuerung in den Produktionsablauf überflüssig und orientiert sich ausschließlich am Verbraucherbedarf. Dezentrale sich selbststeuernde Regelkreise ersetzen die zentrale Steuerung. Die Information über Bestände wird dem Zulieferer durch E-Technologien bereitgestellt.⁸

Laut Dickmann ist eKanban „die rechnergestützte Abbildung der Kanban-Steuerungsmethode, wobei die physische Karte in einem Kanban-Kreis durch Bestände und Aufträge im EDV-System ersetzt wird.“⁹

⁶ Zingel, H. (1997): S.13. Online im Internet

⁷ Wildemann, H.: Electronic Logistics. In: http://www.tcw.de/uploads/html/publikationen/aufsatz/files/Aufsatz_Electronic_Logistics.pdf (Abruf 1.12.2008)

⁸ Vgl. Wildemann, H.: Electronic Logistics. Online im Internet

⁹ Dickmann, E.(2006): Elektronische Kanban-Systeme (eKanban). In: Dickmann, Philipp [Hrsg.]: Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kanban und Innovationen, 2., akt. und erw. Auflage. Springer-Verlag, Berlin. S. 403.

Manuelle Kanban-Karten werden durch „elektronische Kanban-Datenträger“ ersetzt, welche alle wesentlichen Informationen zur Steuerung des Materialflusses enthalten und mit Hilfe von IT-Systemen erstellt und per EDI (Electronic Data Interchange) innerhalb des Unternehmens oder zum Lieferanten übertragen werden können. Die Kanban-Datenträger oder Behälter werden in digitaler Form per Software verwaltet.¹⁰

Im Rahmen dieses Beitrages wird eKanban als ein automatisches Materialnachschubsteuerungssystem (AMS) verstanden, das es ermöglicht, Informationen über die aktuellen Bestände bzw. Materialnachschubbedarfe am Bereitstellplatz am Verbauort automatisch und zeitnah zu erfassen und sofort digital mit Hilfe von unterschiedlichen Datenübertragungstechniken an das nachliefernde Lagerverwaltungssystem zu übertragen.

Grundsätzlich sind folgende Varianten von eKanban-Systemen denkbar bzw. möglich:

- 1) Ein Barcode-Scanner (Funk- oder Kabel-Anschluss) befindet sich in der Nähe des Arbeitsplatzes am Verbrauchsort. Wenn ein Mitarbeiter einen aktuellen Nachschubbedarf erkennt, nimmt er die Barcode-Pistole, scannt den Barcode des Material-Beleges am betreffenden Behälter, welcher per Funk/WLAN sofort an die IT der Materialwirtschaft übertragen wird, und generiert somit einen Nachschub-Auftrag im Lager.
- 2) Sogenannte Line-Runner gehen/fahren durch die Produktion und überprüfen die Füllstände der KLT-Regale. Bei akutem Bedarf wird der Kanban-Barcode des Material-Beleges am betreffenden Behälter vom Line-Runner eingescannt und per Funk/WLAN sofort an die IT der Materialwirtschaft übertragen, womit ein Nachschub-Auftrag im Lager generiert wird.
- 3) Die KLT-Behälter oder das angebrachte Etikett enthalten alle einen RFID-Chip mit eindeutiger Ident-Nr., der in der IT die jeweilige Material-Nummer zugeordnet ist. Wenn ein KLT-Behälter leer geworden ist, wird der Behälter und/oder das RFID-Etikett von einem Montage-Mitarbeiter am Verbauort in einen Rücklauf-Kanal des KLT-Regals gestellt/gelegt und dort von einem fest installierten RFID-Lesegerät erfasst (siehe auch Abbildung 5). Die aus dem RFID-Chip ausgelesenen Informationen werden dann sofort per Funk/WLAN oder LAN an die IT der Materialwirtschaft übertragen, womit ein Nachschub-Auftrag im Lager generiert wird.

In manchen älteren Konzepten werden die RFID-Karten erst eingesammelt und dann im Verlauf des Rücktransports zum Lager oder erst im Lagereingang ausgelesen. Der Grund für die spätere Lesung ist die dabei mögliche Einsparung von zahlreichen RFID-Lesegeräten an den Verbrauchsorten, die früher noch wesentlich teurer waren als heutzutage

¹⁰ Vgl. <http://www.kanban-online.de/2006/12/22/artikel/elektronisches-kanban/> (Abruf 1.12.2008)

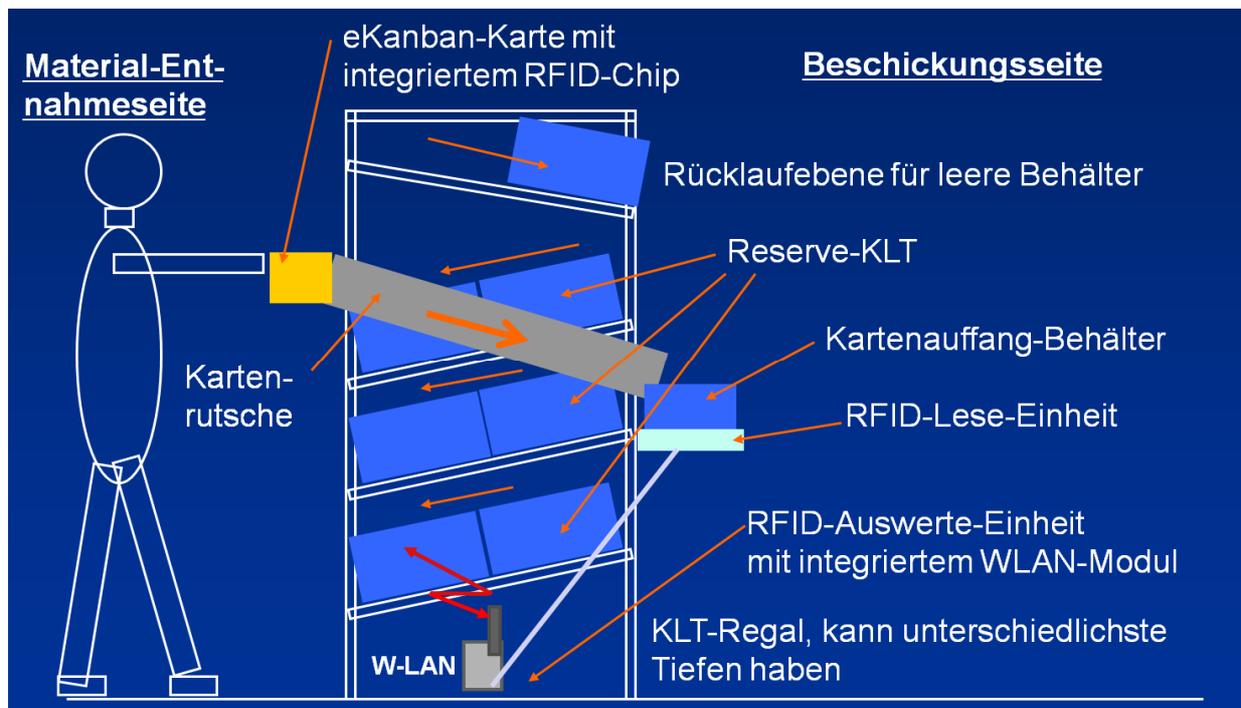


Abbildung 5: Prinzip der Erfassung von eKanban-RFID-Karten am KLT-Regal

- 4) Im KLT-Regal überwachen Sensoren (mechanisch oder optisch, siehe auch Abbildung 6) die einzelnen KLT-Stellplätze auf ihren jeweiligen aktuellen Status „belegt“ oder „nicht belegt“ und melden mögliche Stati-Änderungen immer sofort in Realzeit per Funk. Hierbei wird die relevante Sensor-Ident-Nummer an das übergeordnete IT-System übertragen, wo die Sensor-Ident-Nr. mit der Koordinate des Behälters im KLT-Regal verknüpft ist (siehe auch youtube unter <http://www.youtube.com/watch?v=ir4cZtbPz0s>).

Die Mechanik der eKanban-Module ist so beschaffen, dass sie grundsätzlich immer an die vorhandene Rollenleiste angeklemt werden können, unabhängig vom Fabrikat der Rollenleiste. Sie sind kompatibel zu den Rollenleisten von Schäfer, Bito, ITEM, Creform, META und Trilogiq. Das Anbringen geschieht durch das Anziehen von 2 seitlichen Schrauben, die intern zum Modul gehören, ohne dass die Rollenleiste selber mechanisch beeinflusst wird, beispielsweise durch das Bohren von Löchern. Die 2 Anziehschrauben können je nach Wunsch des Kunden als Flügelschrauben (kein Werkzeug notwendig) oder mit speziellen Köpfen, wie z. B. mit dem Imbus-Format, ausgestattet sein, damit nur Befugte mit Spezial-Werkzeug in der Lage sind, die eKanban-Module zu versetzen bzw. zu demontieren (siehe auch Abbildung 6e).

Mechanische Sensoren können nicht nur in KLT-Regalen eingesetzt werden, sondern auch in speziellen Gestellen oder auch an Arbeitsplätzen für die Überwachung von bereit gestellten Material-Kästen (siehe auch Abbildungen 7a und 7b)

Die Verknüpfung der Sensor- bzw. Funk-Ident-Nr. mit der zugehörigen Material-Nr. kann entweder in der eKanban-Software oder im ERP-System erfolgen. In jedem Fall erreicht die vom Sensor ausgelöste Bedarfs-Information praktisch in Realzeit die IT des betreffenden Lagers, wo sofort der Material-Nachschub für diesen Bedarf ausgelöst wird (Gesamtsystem siehe auch Abbildung 8).



Abbildung 6: Varianten von Erfassungssensoren im KLT-Regal: a) mit Feder, b) mit Kunststoffrad, c) Photovoltaik, d) „Doppelsensor“ für die gleichzeitige Überwachung von 2 KLT-Stellplätzen

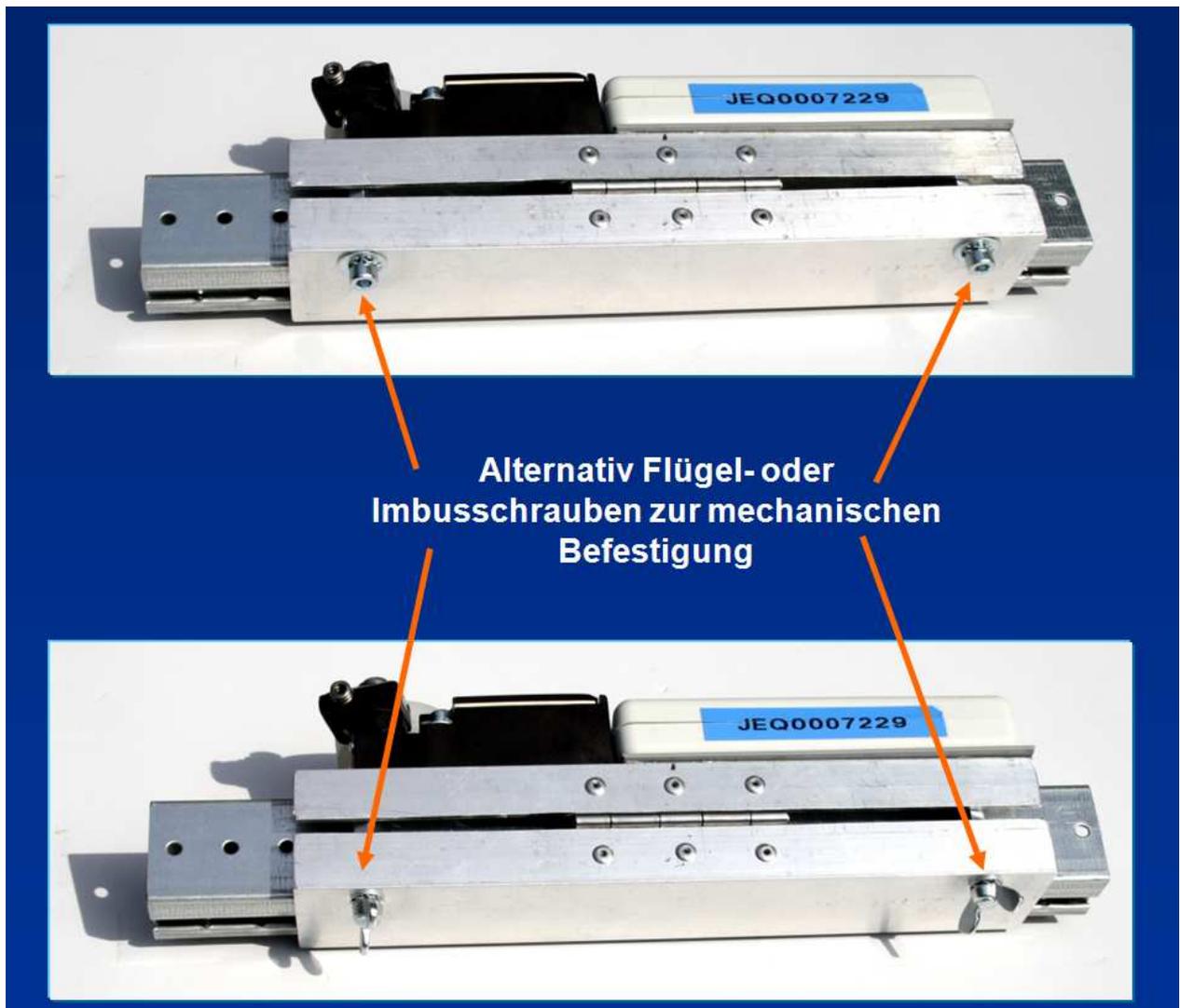
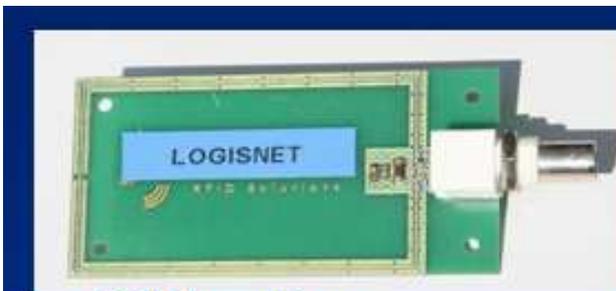


Abbildung 6e: Alternativ Flügel- oder Imbusschrauben zur mechanischen Befestigung



Magnet-Endschalter mit Funkmodul für Sonder-Gestelle

Abbildung 7a: Magnet-Endschalter für Sonder-Gestelle



RFID-Leseantenne



Abbildung 7b: Überwachung von Kleinteile-Behältern am Arbeitsplatz mit Hilfe von RFID-Lesegeräten oder Micro-Schaltern

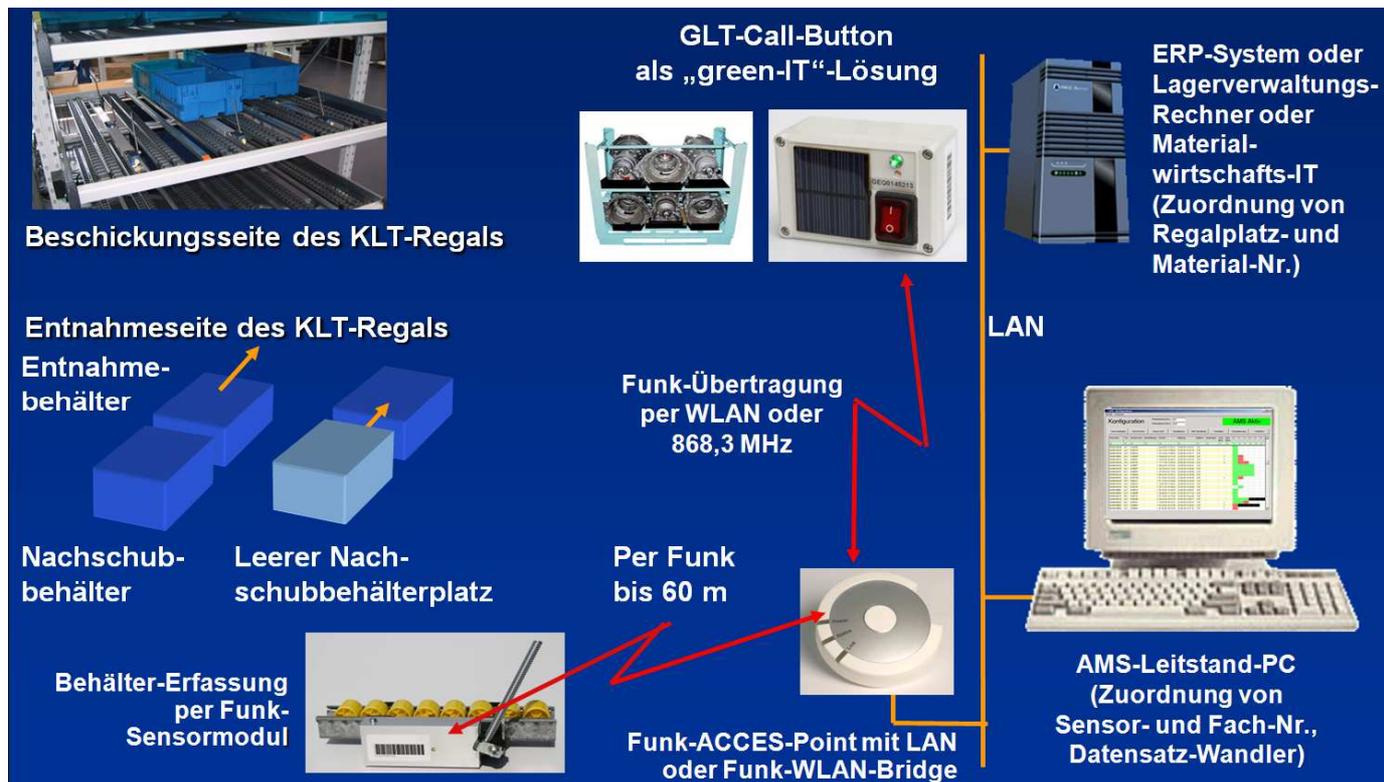


Abbildung 8: Gesamt-Systematik eines eKanban-Konzeptes

- 5) Anstelle der vorher beschriebenen automatischen Lösung mit Sensoren im KLT-Regal können auch vom Werker vor Ort manuell bediente Drucktaster als Call-Button eingesetzt werden, die dann den Materialbedarf per Funk an das zuständige IT-System übermitteln (siehe auch Abbildung a). Eine gleichartige Technik kann auch für das manuelle Nachbestellen von Material benutzt werden, welches in Großladungsträgern (GLTs) bereit gestellt wird. Derartige Call-Buttons können mit einem größeren Gehäuse realisiert werden, so dass genügend Fläche für Fotovoltaik-Technik vorhanden ist, die es erlaubt, den Call-Button energieautark ohne Batteriewechsel einzusetzen (siehe auch Abbildung 9b). Voraussetzung ist dabei aber, dass er sehr energiesparend ausgeführt wird, indem er konsequent nur Funktechnik und kein WLAN für die drahtlose Bedarfsübermittlung verwendet und auf diverse Info-LEDs (bis auf Funk-Status) und/oder Display-Anzeigen verzichtet. Es macht viel mehr Sinn, diverse Informationen, die als Reaktion auf einen Bedarfsabruf gewünscht oder benötigt werden, über ein großes und für viele Werker gut sichtbares Display (Monitor) darzustellen, so dass der Werker sofort nach Erkennung der erfolgreich durchgeführten Materialbedarfsmeldung an seinen Arbeitsplatz gehen kann, von wo aus er nebst seinen Kollegen permanent den weiteren Verlauf der Nachschub-Abwicklung verfolgen kann.



Abbildung 9a: „Call-Button“ für die manuelle KLT-Nachbestellung am Regal

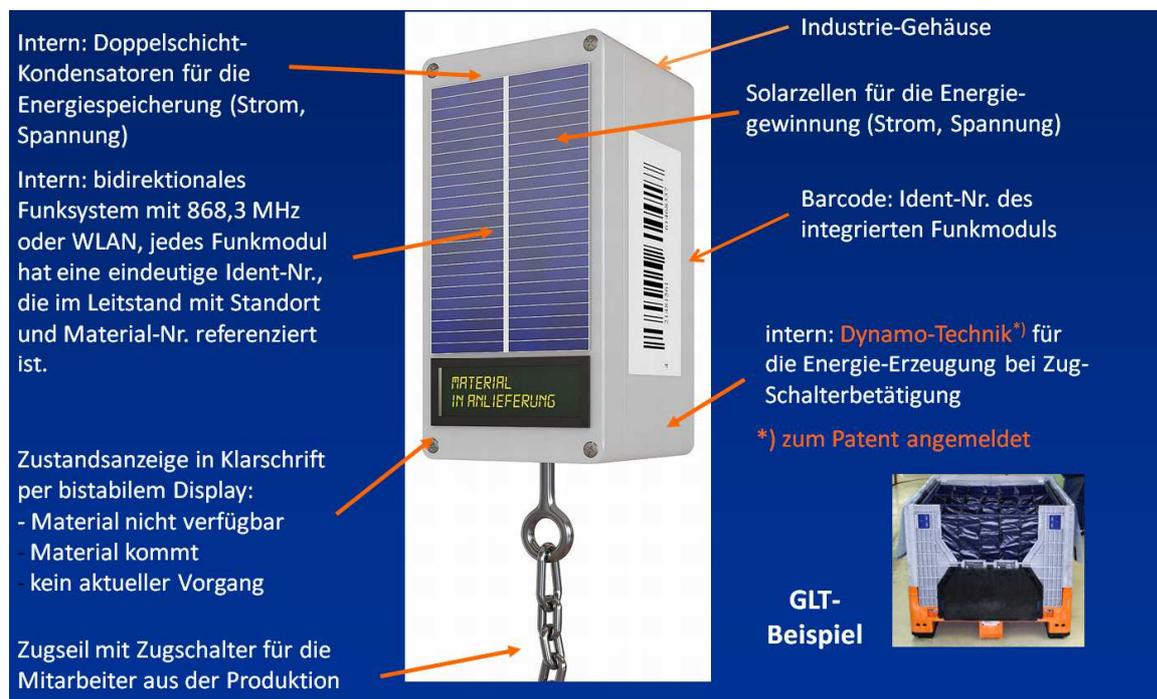


Abbildung 9b: „Call-Button“ für die manuelle GLT-Nachbestellung

- 6) Die Erfassung eines anstehenden Nachschubs für GLTs kann auch automatisiert werden, indem entsprechende Sensoren oberhalb eines GLTs installiert werden. Diese erfassen in kurzen Zeitabständen optisch, wie weit sich der GLT bisher entleert hat und senden über einen einstellbaren Parameter dann ereignisgesteuert ein entsprechendes Funksignal an die übergeordnete IT, welche dann den Materialnachschub organisiert (siehe auch unter youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=KR4HdEqDU7I>)
- 7) Das **Fortschrittszahlenkonzept** stellt im Prinzip eine reine Software-Lösung dar, für die aber einige Voraussetzungen erfüllt sein müssen, und die folgendermaßen funktioniert:
 - a) Die Fertigungsstrecke bzw. das Produktionsband ist in mehrere organisatorische Abschnitte unterteilt, die jeweils mehrere Arbeitsstationen und zeitlich ca. 10 – 20 Arbeitstakte enthalten.
 - b) An den Übergängen zwischen den Abschnitten ist eine Ident-Technik installiert, die automatisch das jeweils neu einlaufende und zu bearbeitende Produkt beispielsweise per Barcode-Scannung identifiziert.
 - c) Mit Hilfe dieser Information und der zugehörigen Stücklisten-Auflösung berechnet eine spezielle Software die in diesem Abschnitt benötigten Verbau-Materialien für das erfasste Produkte und bucht diese aus dem verfügbaren Material-Bestand im Abschnitt aus. Mit Hilfe einer zuständigen Materialbestandsführungs-Software wird permanent der

aktuelle Materialbedarf für die in diesem Abschnitt bereit gestellten Einbauteile errechnet. Bei Erreichen von einer als Parameter eingestellten Mindestbestandsmenge wird von dieser Software automatisch neues Material aus dem zuständigen Materialwirtschaftsbereich angefordert.

Die nachfolgende Abbildung 10 stellt die verschiedenen Alternativen von eKanban-Konzepten und – Verfahren als Übersicht dar.

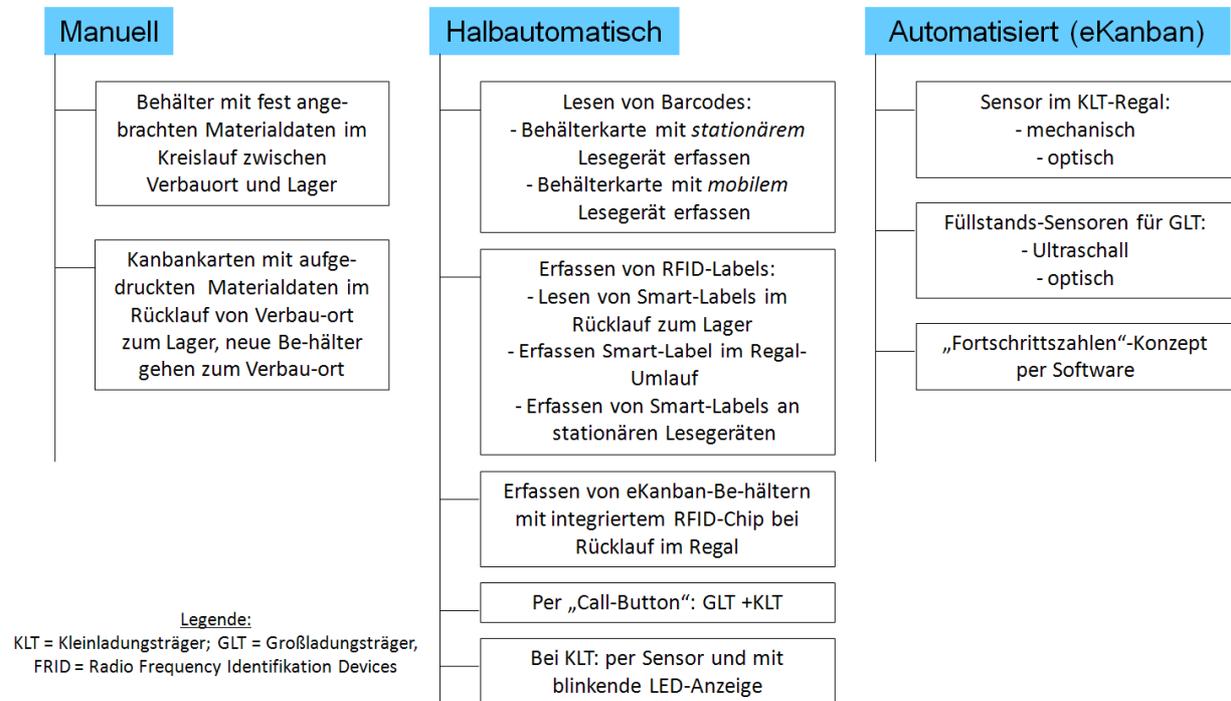


Abbildung 10: Alternative eKanban-Konzepte und –Verfahren als Übersicht

Die dargestellten unterschiedlichen eKanban-Verfahren haben unterschiedliche Vor- und Nachteile, die im Weiteren betrachtet werden sollen. Die diesbezüglich zu bewertenden Aspekte bzw. Anforderungen sind:

- mechanische Robustheit
- flexibler Einsatz für unterschiedliche KLT-Regal-Fabrikate
- einfache Umbau- und Konfigurations-Möglichkeiten
- hohe Wartungsfreundlichkeit
- keine externen Kabel und Stecker notwendig
- sicherer Erfassungs-Prozess
- sicherer Kommunikations-Prozess
- einfache Bedienbarkeit
- hohe Verfügbarkeit/Zuverlässigkeit
- minimaler Batterie-Einsatz (Green-IT-Aspekt)
- minimaler menschlicher Einsatz
- Bedarfserfassung möglichst in Realzeit bei Bedarfs-Entstehung
- minimale Kosten bei höchstmöglichem Nutzen

Die dargestellten Aspekte bzw. Kriterien werden in der nachfolgenden Tabelle je System-Variante bewertet (0 – 5 Punkte, wobei die höhere Punktezahl die bessere Wertung darstellt), womit sich folgende Ergebnisse als Übersicht darstellen lassen:

		1	2	3	4	5	6	7	8
	Kriterium / System	Manueles Scannen von Barcode-Kanban-Karten	Line-Runner und Barcode-Scannung	Erfassung von RFID-Kanban-Karten oder -behälter	Automatische Sensoren im Regal	Call-Buttons am KLT-Regal	Call-Buttons für GLT	GLT-Füllstandsensor	Fortschrittszahlen-Konzept
1	mechanische Robustheit	2	2	4	4	3	3	4	5
2	flexibler Einsatz für unterschiedliche KLT-Regal-Fabrikate	5	5	5	5	5	5	5	5
3	einfacher Umbau- und Konfigurations-Möglichkeiten	5	5	2	4	4	4	1	3
4	hohe Wartungsfreundlichkeit	3	3	3	4	4	4	2	4
5	keine externen Kabel und Stecker notwendig	0	2	1	5	4	4	1	3
6	sicherer Erfassungs-Prozess	3	1	4	5	3	3	4	3
7	sicherer Kommunikations-Prozess	4	4	4	4	4	4	4	4
8	einfache Bedienbarkeit	4	4	3	5	4	4	4	4
9	hohe Verfügbarkeit / Zuverlässigkeit	4	1	4	5	4	4	4	4
10	minimaler Batterie-Einsatz („Green-IT“-Aspekt)	5	2	5	3	3	3	5	5
11	minimaler menschlicher Einsatz	0	0	1	5	2	2	5	5
12	Fehlerfreiheit	3	1	2	4	3	3	3	3
13	möglichst Bedarfs-Meldung in Realzeit	3	0	4	5	4	4	5	3
	Summe Punkte:	41	30	42	58	47	47	47	51

Abbildung 11: Alternative eKanban-Konzepte und –Verfahren als Übersicht

Der Aspekt „minimale Kosten bei höchstmöglichem Nutzen“ wurde in der obigen Nutzwert-Analyse bewusst nicht betrachtet und kommt stattdessen in Kapitel 5 zur Diskussion.

Der dargestellte Vergleich zeigt, dass die eher automatisierten Varianten in der Summe die besseren Bewertungen erhalten haben. Die Ursachen dafür liegen in erster Linie in der erhöhten Fehleranfälligkeit bei manuell ausgeführten Tätigkeiten im Vergleich zu technischen Lösungen.

3 Informations-Übertragung

Bei den dargestellten Verfahren sollte individuell über die für den geplanten Anwendungsbereich jeweils individuell optimale Alternative entschieden werden, wobei folgende Kriterien zum Tragen kommen:

- Reichweite
- Transaktions-Leistung

- Energie-Versorgung
- Störsicherheit
- Vorhandene Infrastruktur

In der Regel stehen diesbezüglich nur folgende 3 Alternativen zur Verfügung:

- ❖ LAN
- ❖ WLAN (WiFi)
- ❖ Funk (868,3 MHz)

Bei stationären und fest installierten Techniken wie. z. B. den GLT-Füllstandsensoren liegt der Kommunikations-Anschluß per LAN nahe. Die WLAN-Technik verbraucht deutlich mehr Energie bzw. Strom als alternative Funk-Module und sollte deswegen immer nur dort eingesetzt werden, wo eine ausreichende und unproblematische Energie-Versorgung sichergestellt ist.

WLAN-Module haben außerdem noch den Nachteil, dass sie jeweils eine individuelle IP-Adresse benötigen, die in der vorhandenen Netzwerk-Struktur oft nur in begrenztem Umfang verfügbar sind. Dies kann insbesondere bei größeren Stückzahlen sehr problematisch werden.

Funkmodule (in der Regel 868,3 MHz) haben im Vergleich zu WLAN-Modulen deutlich einfachere Protokoll- und Transaktions-Verfahren, so dass sie entsprechend deutlich weniger Energie verbrauchen, was bei Einsatz von Batterien oder Akkus einen sehr wichtigen Faktor darstellt. Für eine sinnvolle Anlagenüberwachung ist es auch notwendig, dass sich alle Funkmodule in regelmäßigen Abständen mit einem Kontrollsignal melden, so dass darüber ein möglicher Ausfall eines Moduls systematisch erkannt werden kann. Damit diese Funktion nicht unnötig Energie verbraucht und dabei die Nutzdauer einer Batterie nicht unnötig verkürzt, sollte dieser Zyklus in der Regel nicht kürzer als 24 Stunden sein.

Eine kürzere Überwachungszeit wird nur bei hochfrequentem Materialverbrauch benötigt. In diesem Fall ist das entsprechende Material oder seine Lager-Koordinate als solches allerdings bekannt und als Stammdatum in der eKanban-Software abgelegt, so dass die Anlagen-Überwachungs-Funktion mit Hilfe von softwaremäßigen Plausibilitäts-Überprüfungs-Routinen mögliches Fehlverhalten bzw. einen Ausfall des Funk-Moduls oder des Sensors immer relativ schnell erkennen kann.

Die Reichweite von Funk- und WLAN-Modulen ist annähernd gleich und liegt bei etwa 60 bis 100 Meter innerhalb von Industrie-Gebäuden.

Die Funkmodule benötigen selber keine IP-Adresse sondern erst der am LAN/WLAN angeschlossene Funk-Accesspoint (Beispiel siehe Abbildung 12) benötigt eine IP-Adresse.



Abbildung 12: Beispiel Funk-Access-Point

An dem in Abbildung 11 dargestellten Funk-Access-Point können beispielsweise bis zu 999 Funkmodule angeschlossen werden, so dass der gesamt-Bedarf an IP-Adressen insgesamt deutlich geringer ist, als bei Einsatz von WLAN-Modulen an den Erfassungseinheiten.

Die eingesetzten Funk- oder auch WLAN-Module müssen jeweils über eine eindeutige Ident-Nr. verfügen (bei WLAN die MAC- oder IP-Adresse), die bei jeder Kommunikation mit der übergeordneten IT-Einheit übermittelt werden müssen. Aus der Ident-Nr. kann die

übergeordnete IT über eine Referenztabelle die Regal-Koordinate ermitteln, so dass dann ein Materialwirtschaftssystem aus der Regal-Koordinate die relevante Material-Nr. ableiten und dem Lager zur Material-Nachversorgung übergeben kann.

Neben der individuellen Ident-Nr. sollte ein Funk-Modul bei jeder Transaktion auch seinen aktuellen Batterie-Zustand sowie den aktuellen Status des angeschlossenen Sensors/Schalters (KLT-Platz belegt oder frei) an die eKanban-Software übermitteln.

Bei sehr großen eKanban-Anlagen (z. B. in einem gesamten Werk mit bis 10.000 Sensoren) sollte darauf geachtet werden, dass man im Werk mehrere kleinere und softwaremäßig parallel aber funktechnisch getrennte eKanban-Anlagen einrichtet, damit nicht unnötige Probleme durch zu viele Daten-Kollisionen im Funkverkehr auftreten. Einzelne zusammenhängende Funkbereiche sollten daher im Regelfall nicht mehr als 900 Funkeinheiten enthalten.

Dieser Aspekt ist besonders bei der Auswahl des Überwachungs-Konzeptes zu bedenken, da es folgende Alternativen gibt:

- 1) Ausschließliche Überwachung des Nachschub-Stellplatzes sowie des davor liegenden Stellplatzes im Regal (nur 1 Funkmodul für ein oder zwei hintereinander liegende Nachschub-Stellplätze)
- 2) Überwachung aller Stellplätze in einem KLT-Kanal (ca. 2 – 6 Funkmodule je Kanal)

Die zweite Variante ist in der Regel für das erfolgreiche Funktionieren einer eKanban-Anlage nicht zwingend notwendig und sollte daher aus oben genannten Gründen bei größeren Anlagen möglichst vermieden werden.

Unter diesem Aspekt ist auch immer zu überlegen, ob der eKanban-Prozess auch wirklich für alle Materialien eines Bereiches wirklich notwendig ist. So können beispielsweise kleinere Teile, die in größeren Mengen direkt am Verbauort gelagert werden können und eine niedrige und auch regelmäßige Frequenz im Verbrauch aufweisen, auch ohne merkbaren Effizienzverlust mit konventionellen Verfahren oder nach dem Fortschrittszahlen-Konzept nachschubmäßig organisiert werden. Entsprechend kann dadurch die notwendige Anzahl von Funkmodulen in einem Einsatzbereich noch weiter reduziert werden.

Als typische eKanban-Teile können eher Materialien definiert werden, welche folgende Eigenschaften aufweisen:

- Unregelmäßiger und hochfrequenter Verbrauch
- Hoher Materialwert
- Nur wenige Teile können vor Ort am Band gelagert/gepuffert werden
- Hohe Kosten bei Nichtverfügbarkeit am Band
- Notwendigkeit eines schnellen Nachschubs bei entstehendem Bedarf ist gegeben

4 eKanban-Software

Da die Informationen bzw. Material-Bedarfsmeldungen von den eKanban-Sensoren möglichst in Echtzeit verarbeitet werden sollten und einem komplexeren Verwaltungs-Prozess unterliegen, ist zu empfehlen für die eKanban-spezifischen Funktionskreise eine spezielle eKanban-Software als Middleware zwischen eKanban-Anlage und dem bestehenden Material-Wirtschaftssystem einzusetzen.

In vielen Fällen verfügt das Materialwirtschaftssystem bereits über Funktionen, über die per Barcode-Scannung Materialnachschub angefordert werden kann. Die Anforderung erfolgt in der Regel über das Einscannen der jeweiligen Regal-Koordinate des KLT- oder GLT-Stellplatzes, wo der Materialbedarf entstanden ist.

Die Zuordnung von Regal-Koordinate und jeweiliger aktueller Materialnummer wird typischerweise in dem Materialwirtschaftssystem gepflegt, welches dann auch die Materialnachlieferung aus dem zugehörigen Lager anstößt. Der Gesamtzusammenhang des

Funktionskonzepts zwischen der vorhandenen ERP/MW/LVS-Software und der eKanban-Software sowie den eKanban-Modulen/Sensoren wird in Abbildung 13 schematisch dargestellt.

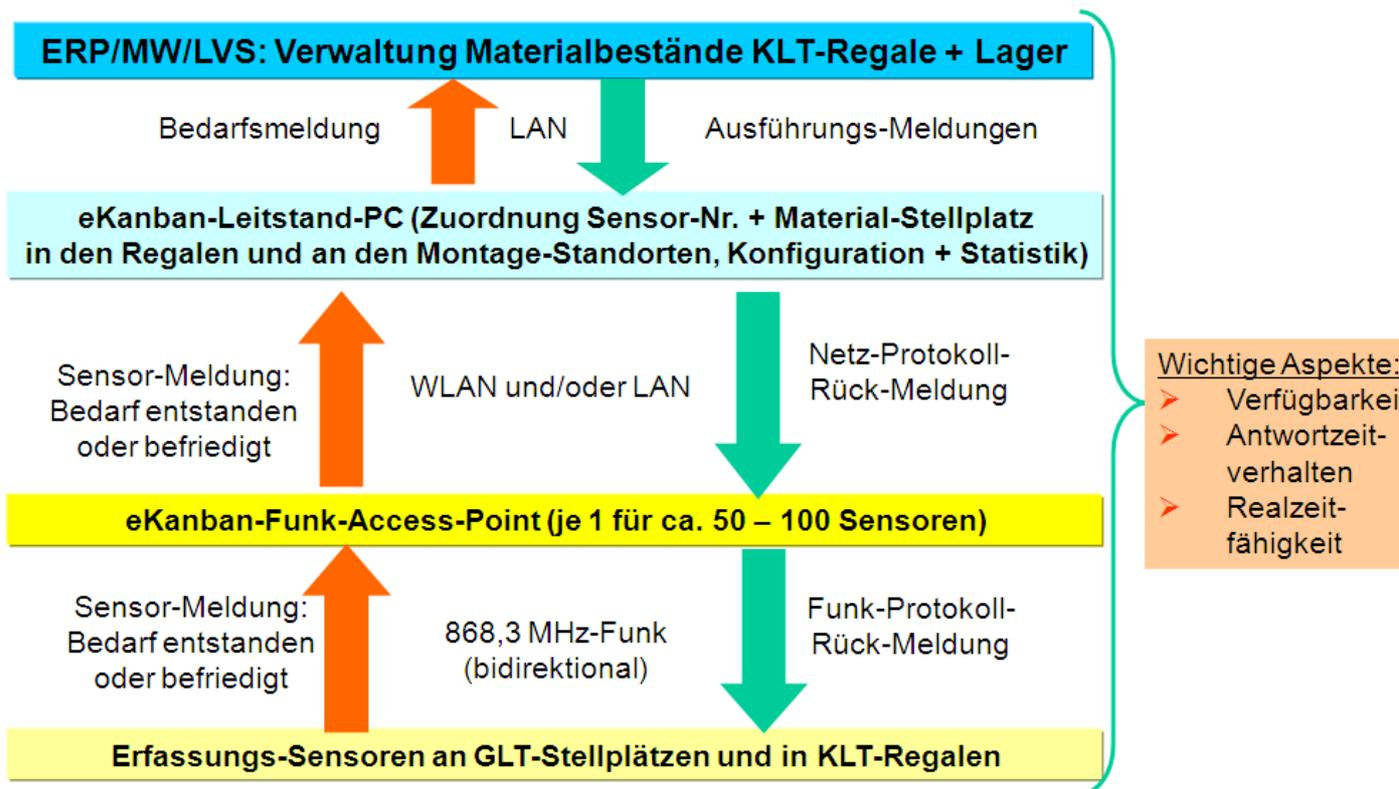


Abbildung 13: Schematische Darstellung zur Funktions-Aufteilung ERP/MW/LVS- sowie eKanban-Software

Eine eKanban-Software enthält prinzipiell folgende Funktionsbereiche:

- Management des Funkbetriebes
- Überwachung der Anlagen-Komponenten (Betriebsbereitschaft der Sensoren, Batteriezustand, etc.)
- Dokumentation und statische Auswertungen zur Anlagentätigkeit (auch zu einzelnen Komponenten)
- Permanent aktualisierte Anzeige der Stati aller eKanban-Sensoren (Sortierung nach Alter bzw. Dringlichkeit möglich, siehe auch Abbildung 14 als Beispiel)
- Ausgabe von Fehlermeldungen, z. B. per Drucker, E-Mail, SMS oder Info-Fenster
- Stammdatenverwaltung der eKanban-Sensoren und ihrer Ortskoordinaten sowie jeweils zugehöriges Bestellverhalten (z. B. Frequenz, Art der Ladeeinheiten wie KLT oder GLT, Anzahl der zu liefernden Behälter je Nachschub-Prozess, etc.)
- Abgleich/Auswertung zwischen Bedarfsmeldungen und deren Erfüllung
- Anlagen-Konfiguration (welche Sensoren sind im System und welcher Orts-Koordinate zugeordnet)
- Manuelle Nachschubbestellung
- Kommunikation mit übergeordneten IT-Systeme (ERP, MWS, LVS, PPS, etc.)

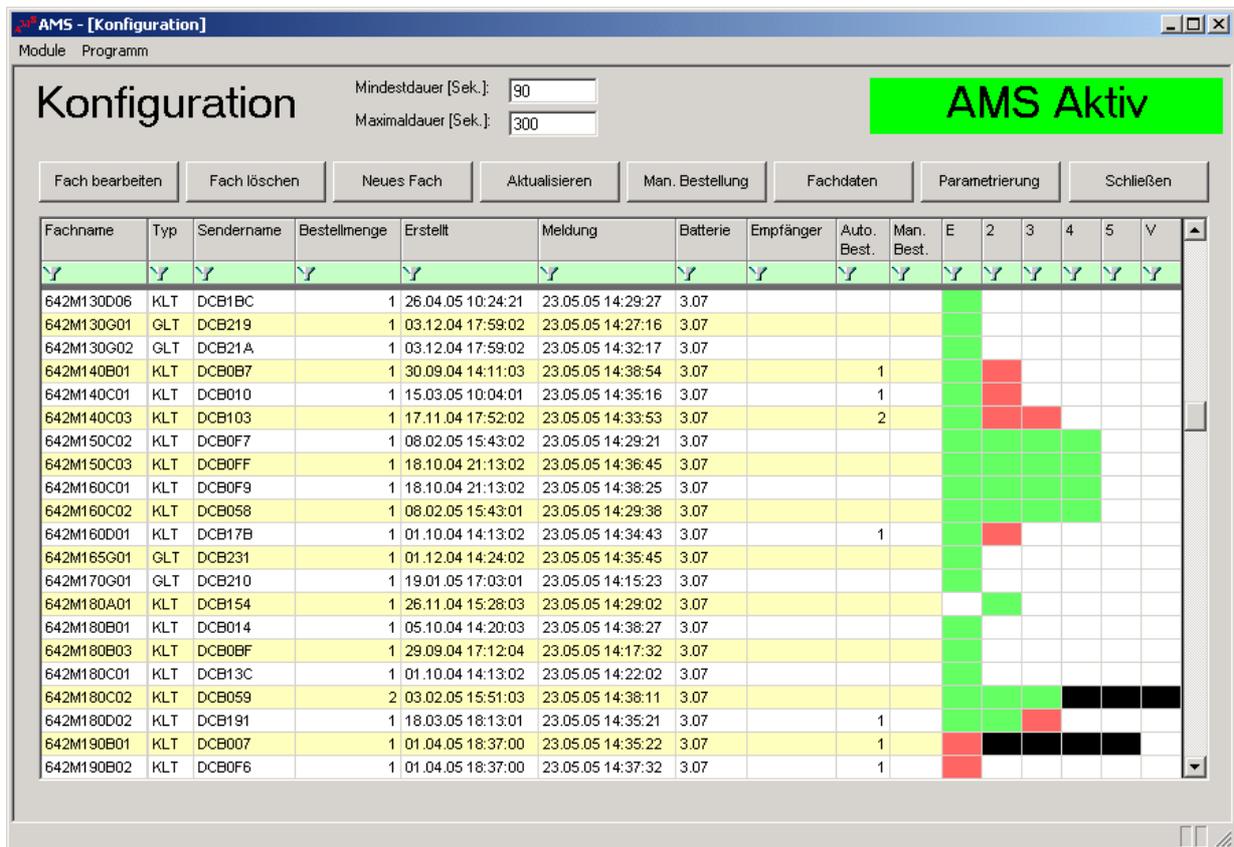


Abbildung 14: Beispiel zur Visualisierung der aktuellen Stati von eKanban-Plätzen durch die eKanban-Software

Die eKanban-Software kann in einer Windows-Umgebung mit Microsoft .Net Framework 2.0 eingesetzt werden und benötigt eine Datenbank-Software wie. z. B. Oracle-Client.

Die Software lässt sich als FAT-Client auf einem Server des Unternehmens installieren. Je nach Verteilung der Nutzungsrechte kann ein bestimmter Kreis vorher festgelegter Personen auf die eKanban-Software zugreifen.

Alternativ kann die eKanban-Software auch als Web-Lösung realisiert werden, so dass bei Bedarf auch ein Web-Browser und eine Zugangsberechtigung ausreichen, um auf die verschiedenen Software-Funktionen zugreifen zu können.

Je nach Anspruch und Bedarf des Unternehmens sollte für die eKanban-Software eine Hochverfügbarkeits-Hardwareplattform zur Verfügung gestellt werden, die auch auf der Basis des Einsatzes von virtuellen Maschinen basieren kann (z. B. mit VM-Ware).

5 Nutzen und Wirtschaftlichkeit von eKanban

Der Einsatz von eKanban-Systemen kann (muss aber nicht) eine ganze Reihe verschiedener Vorteile bringen. Hierzu zählen auch qualitative Faktoren, die betriebswirtschaftlich häufig nur schwer bewertbar sind, wie z.B.:

- 1) Verfügbarkeit von aussagekräftigen Statistikdaten bezüglich der Materialnachschub-Prozesse
- 2) Keine Kompetenz- oder Verantwortungsprobleme mehr zwischen Produktion und Logistik
- 3) Mitarbeiter in der Produktion können sich immer ganz ohne Störungen auf ihre wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren
- 4) Genauere und feinere Abgrenzungen (chargengenau) bei Material-Zuordnungen auf produzierte Güter bei festgestellten Qualitätsmängeln und Rückruf-Aktionen
- 5) Differenziertere und individuell besser angepasste Materialnachschub-Steuerungsstrategien, je nach Eigenart und Verhalten einzelner Materialarten
- 6) Transportoptimierung bzw. Aufwandsreduzierung für den Materialtransport vom Lager zu den Verbrauchsorten möglich
- 7) Jederzeit genaue Transparenz über die aktuelle Material-Verfügbarkeiten oder Problem-Situationen an den Verbauorten

Es gibt aber auch eine Reihe weiterer vorteilhafter Effekte, die dagegen betriebswirtschaftlich bewertbar sind, als da sind:

- a. Einsparung der manuellen Erfassung und Bestellung von aktuellem Materialbedarf durch Personen z. B. Line-Runner
- b. Einsparung von Fehlerkorrektur-Prozessen, da die vorher menschlich bedingten Fehler durch eKanban-Einsatz deutlich reduziert werden
- c. Reduzierung der Anzahl der Bandstillstände, da durch eKanban für einen gesicherten und rechtzeitigen Materialnachschub gesorgt wird
- d. Reduzierung der Materialnachschubzeit (Spanne zwischen Anforderungs- und Materialanlieferungszeitpunkt) beispielsweise von im Mittel 6 Stunden auf ca. 3 Stunden (50%). Dadurch kann sowohl der Materialbestand und seine Kapitalbindungskosten, als auch sein Flächenbedarf für die KLT-Regale am Band entsprechend auch um ca. 50% gesenkt werden.
- e. Reduzierung der Überkapazitäten des Lagerpersonals durch eine zeitliche Vergleichmäßigung bzw. Verstetigung der Materialanforderungen an das Lager durch eKanban im Vergleich zu manuellen Systemen, in denen immer zu Schichtbeginn besonders viele Anforderungen an das Lager geschickt werden und dort zeitweise entsprechende Personalressourcen binden, damit die Materiallieferungen im vorgegebenen Zeitrahmen abgewickelt werden können.

Die letztgenannten Effekte wurden beispielhaft in der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt, indem die relevanten Aufwands-, Fehler- und Kosten-Situationen für eine Produktionsanlage mit manueller Nachschuberfassung und – Bestellung mit der einer identischen Anlage unter Verwendung eines eKanban-Systems berechnet wurden.

In der Beispielrechnung wurde davon ausgegangen, dass in der Anlage insgesamt 500 Material-Nummern zu organisieren sind. Entsprechend ergibt sich daraus in Verbindung mit einer spezifischen Material-Entnahme-Frequenz, einem gewünschten Sicherheitsbestand in den KLT-Regalen und der jeweils technisch/organisatorisch möglichen Material-Wiederbeschaffungszeit

die benötigte Anzahl Line-Runner errechnen, die aber in einer eKanban-Lösung nicht benötigt werden.

Die im Einzelnen verwendeten Basis-Daten für die beispielhafte Anlage stellt die nachfolgende Abbildung 15 dar.

Beispiel		
Basisdaten	ohne ekanban	mit eKanban
Anzahl Material-Nr. (= Anzahl Kanäle)	500	500
mittlere Anzahl Sensoren je Material-Nr.	0	2
Mittlere Anzahl Behälter pro Kanal	4	2
Mittlerer Verbrauch in Stck. je Stunde	16	16
Mittlere Nachschubzeit in Stunden	6	3
Sicherheitsfaktor für Mindest-Bestand im KLT-Regal	2,5	2,5
Erfassungszeit je Line-Runner pro Material-Nr. in Stunden	0,02	0
Anzahl Bandstillstände pro Jahr	4	2
Anzahl Fehlerkorrektur-Prozesse pro Material-Nr. + Schicht	0,20%	0,10%
Anzahl Arbeitstage pro Jahr	250	250
Anzahl Schichten pro Tag	3	3
Anzahl Stunden je Schicht	8	8
Spitzenbelastung im Lager durch bevorzugte manuelle Nachschub-Bestellungen zu Schichtanfang	110%	100%
Zinssatz für Kapitalbindung (interner Zinsfuß)	10%	10%
Mittlerer Wert je Material-Nr. + Stck.	5,00 €	5,00 €
Kosten je bewegtem KLT-Behälter im Lager	1,00 €	1,00 €
Kosten pro Bandstillstand	15.000,00 €	15.000,00 €
Kosten pro Fehler-Korrektur-Prozess	200,00 €	200,00 €
Kosten pro Line-Runner und Schicht pro Jahr	50.000,00 €	50.000,00 €
Kosten pro m ² Bereitstellfläche pro Jahr	120,00 €	120,00 €

Abbildung 15: Basisdaten für eine vergleichende Beispielrechnung

Eine eKanban-Lösung bietet vor allen Dingen auch den Vorteil, dass ein Materialbedarf immer sofort, wenn er im KLT-Regal entsteht, in Realzeit per Funk an das Lager (oder Supermarkt) zur Ausführung gemeldet wird. Bei einer manuellen Lösung hingegen kann die Bedarfsmeldung immer erst dann an das Lager gemeldet werden, wenn ein Line-Runner an dieser Stelle im Rahmen seiner Rundtour vorbeigekommen ist, den Bedarf erkannt hat und ihn dann beispielsweise mit einem MDE per Barcode-Scannung und WLAN an das Lager gemeldet hat.

Diese Zeitspanne kann in der Praxis im Mittel durchaus bis zu 2 Stunden betragen. Falls der Line-Runner nur Kanban-Karten einsammelt und sie zum Lager bringt, wo sie dann erst gelesen werden, kann diese mittlere Zeitspanne noch länger werden.

Je schneller ein Materialnachschub nach seiner Bedarfsentstehung mit systemischer Sicherheit befriedigt werden kann, umso kleiner kann der permanente Materialvorrat in den KLT-Regalen am Verbauort sein und entsprechend reduzieren sich dort Material-Kapitalbindungskosten sowie Flächenbedarf. Die nachfolgende Abbildung 16 stellt schematisch die vorher erläuterten zeitlichen Verhältnisse dar.

Die dort dargestellten Zeitspannen t_2 (Prozess-Zeit im Lager oder im Supermarkt) und t_3 (Zeit für den Materialtransport zur Bedarfsstelle) ändern sich nicht durch ein eKanban-Konzept. Die Zeitspanne t_1 hingegen kann sich durch den Sensor mit automatischer Erkennung und Funktechnik von einigen Stunden bis auf wenige Sekunden reduzieren und damit die Dauer der gesamten Nachschubzeit deutlich reduzieren.

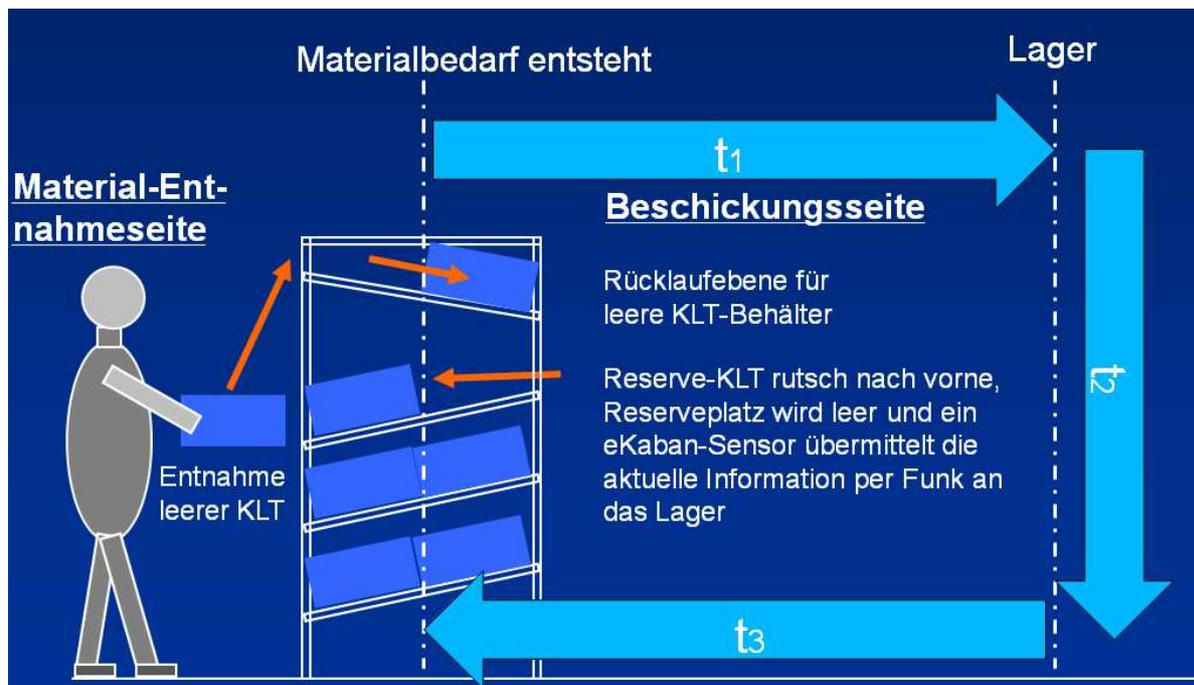


Abbildung 16: Prinzipielle Zeitspannen im Kanban/eKanban-Prozess

In Abbildung 17 werden tabellarisch Zwischenrechnungsergebnisse sowie die Jahreskostenwerte der verschiedenen eKanban-Effekte im Vergleich manuell/eKanban dargestellt. Die größten Effekte resultieren aus der Einsparung der Line-Runner und der Reduzierung der Fehler bzw. deren Korrektur-Prozesse. In der Summe kann in diesem Beispiel ein jährliches Einsparpotential (Differenz der Gesamtkosten) von 636.000€ dargestellt werden.

Zwischenwerte/-Ergebnisse	ohne ekanban	mit eKanban
Resultierende Anzahl eKanban-Sensoren	0	1.000
Mittlere Menge in Stck. als Vorrat vor Ort	240	120
Mittlere Stückzahl pro Behälter	60	60
Mittlerer Zeitabstand zwischen Behälterwechsel je Material-Nr. in Std.	3,75	3,75
Anzahl Behälterwechsel je Schicht und Material-Nr.	2,13	2,13
Anzahl Behälterwechsel je Schicht für alle Material-Nummern	1.067	1.067
Anzahl Behälterwechsel pro Jahr für alle Material-Nummern	800.000	800.000
Erfassungszeiten für alle Material-Nr. je Schicht in Stunden	21,3	0,0
Anzahl benötigter Line-Runner je Schicht	2,7	0,0
Anzahl benötigter Line-Runner insgesamt über alle Schichten	8,0	0,0
Mittlerer Brutto-Flächen-Platzbedarf je Mat.-Nr. und behälter in m ²	0,3	0,3
Anzahl benötigte Bereitstellfläche insgesamt	600	300
Anzahl bereit gestellter Stck. im Mittel insgesamt	60.000	30.000
Gesamtwert des bereitgestellten Materials	300.000,00 €	150.000,00 €
Anzahl Fehlerkorrektur-Prozesse pro Schicht	1	0,5
Jahres-Ergebnisse je Kostenart	ohne ekanban	mit eKanban
Kosten für alle Fehler-Korrekturen pro Jahr	150.000,00 €	75.000,00 €
Kosten für alle Bandstillstände pro Jahr	60.000,00 €	30.000,00 €
Kosten für Material-Kapitalbindung am Band pro Jahr	30.000,00 €	15.000,00 €
Kosten für alle KLT-Behälter-Bewegungen im Lager pro Jahr	880.000,00 €	800.000,00 €
Kosten für gesamte Bereitstellflächen am Band pro Jahr	72.000,00 €	36.000,00 €
Kosten für alle Line-Runner pro Jahr insgesamt	400.000,00 €	- €
Gesamt-Kosten pro Jahr	1.592.000,00 €	956.000,00 €

Um die vorteilhaften Effekte von eKanban generieren zu können, sind Investitionen in entsprechende Technik notwendig, die auch fortlaufende Kosten mit sich bringen. Die für das Beispiel relevanten Werte sind in Abbildung 18 dargestellt.

spezielle ekanban-Kosten als Invest und laufend:	Preis / Einheit	Anzahl Einheiten	Kosten / Gewerk	Nutzzeit in Jahren	Annuitäten-Aufwand p. a.	Wartung p. a. in % von Invest	Wartungskosten p. a.	Gesamtaufwand p. a.
1 eKanban-Sensor-Modul mit Funkeinheit	98,00 €	1.000	98.000,00 €	5	23.501,96 €	15%	14.700,00 €	38.201,96 €
2 Montage eKanban-Module	10,00 €	1.000	10.000,00 €	5	2.398,16 €	0%	- €	2.398,16 €
3 Funk-Access-Points	150,00 €	10	1.500,00 €	5	359,72 €	10%	150,00 €	509,72 €
4 Montage Funk-Access-Points	500,00 €	10	5.000,00 €	5	1.199,08 €	0%	- €	1.199,08 €
5 LAN-Verkabelung	1.000,00 €	10	10.000,00 €	5	2.398,16 €	10%	1.000,00 €	3.398,16 €
6 eKanban-Software Basis-Lizenz je 250 Sensor-Module	7.500,00 €	4	30.000,00 €	5	7.194,48 €	15%	4.500,00 €	11.694,48 €
7 Software-Anpassungsarbeiten und Schnittstelle	9.500,00 €	2	19.000,00 €	5	4.556,50 €	20%	3.800,00 €	8.356,50 €
8 Hardware und System-Software für die eKanban-Software	15.000,00 €	1	15.000,00 €	5	3.597,24 €	20%	3.000,00 €	6.597,24 €
9 Planung, Inbetriebnahme, Dokumentation und Projekt-Management	1.000,00 €	30	30.000,00 €	5	7.194,48 €	20%	6.000,00 €	13.194,48 €
Summen:			218.500,00 €		52.399,77 €			85.549,77 €

Abbildung 18: Investitionen und zugehörige laufende jährliche Kosten für eine relevante eKanban-Lösung

Vergleicht man den dargestellten Investitionsaufwand mit den errechneten jährlichen Vorteilen, so ergibt sich ein betriebswirtschaftlich überaus positives Ergebnis, in dem mit der eKanban-Lösung eine sehr kurze Amortisationszeit mit einem sehr hohen zu erzielenden Zinssatz erreicht wird (siehe auch nachfolgende Abbildung 19)

Einsparung p. a.	Invest-Aufwand:	Amort.-Zeit Jahre	Verzinsung p. a.
636.000,00 €	218.500,00 €	0,34	291%

Abbildung 19: Betriebswirtschaftliches Ergebnis im Vergleich der Varianten manuell/eKanban

Diese errechneten und deutlich vorteilhaften Werte sind in der Praxis voraussichtlich so kaum zu erzielen, bieten aber die Sicherheit, dass auch bei geringeren als den hier angenommenen Einsparpotentialen noch betriebswirtschaftlich attraktive Ergebnisse erzielt werden können.

6 Zusammenfassung

Aktuelle eKanban-Systeme sind in technisch vielfältiger Form verfügbar und können für fast jeden Anwendungsfall mit Hilfe einer individuell angepassten oder ausgewählten Lösung realisiert werden.

Sie bieten in der Regel und in einem nennenswerten Umfang sowohl quantitative als auch qualitative Vorteile, sofern sie für die jeweilige Aufgabenstellung richtig konzipiert sind. Auf diese Weise können sie die Marktposition des jeweiligen Anwenders gegenüber seinen Wettbewerbern deutlich stärken.

Osnabrück, den 26.08.2013, Science to Business GmbH HS Osnabrück

Gez. Prof. Dipl.-Ing. W. Bode