

Inkompetente Dimensionierung



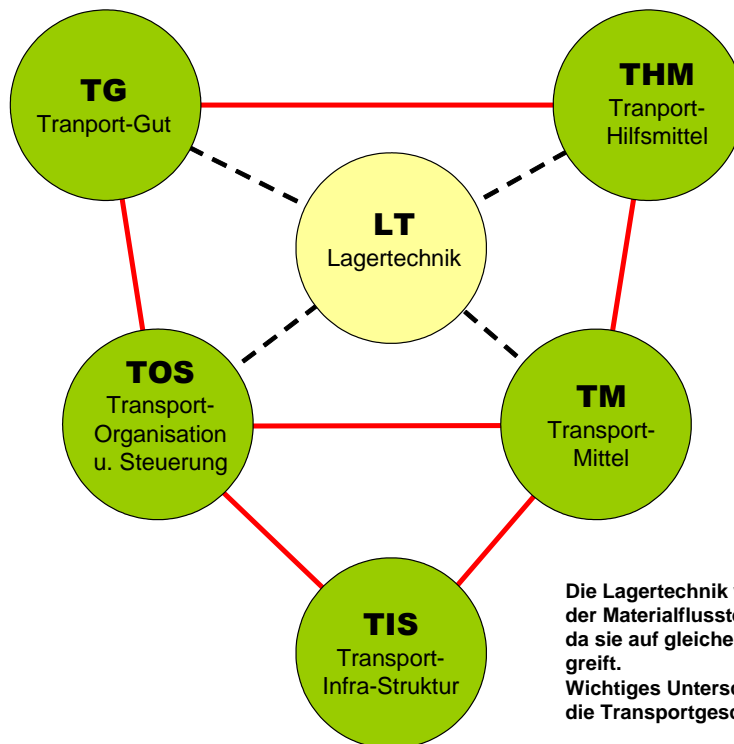
Inkompetente Bedarfsanalyse



Inkompetente Steuerung



Inkompetente Beladung













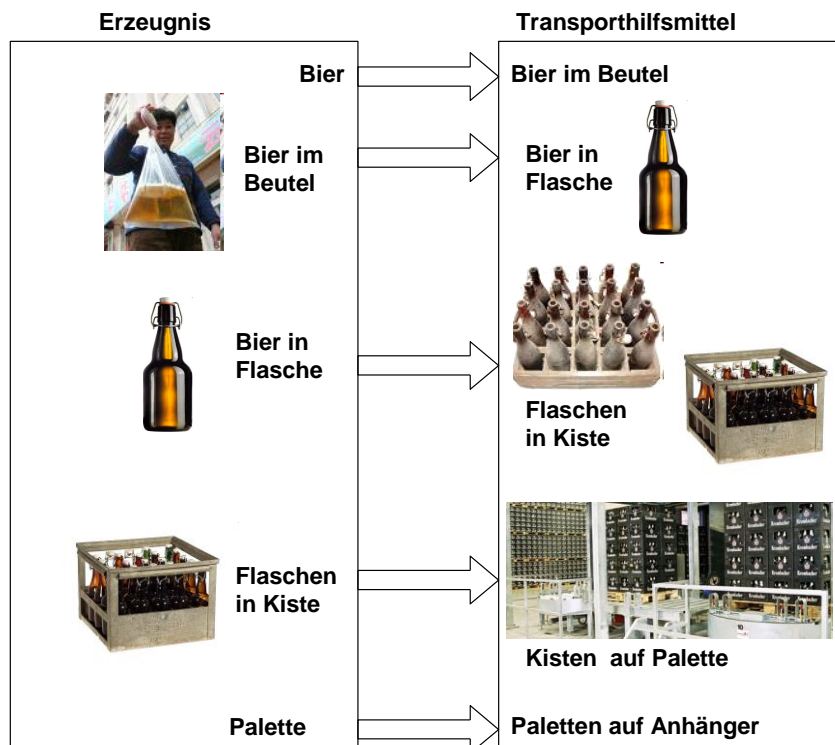
Stetigförderer	Unstetigförderer		
Automatisch	Automatisch	Mechanisiert mit Manuell. Steuerung	Manuell
Paternoster, Kette, Karussell, Förderband, Schnecke Strömung (Luft, Wasser,...) Magnetismus, Freier Fall Rollenbahnen Rutschen Rohre Schwingrinnen etc.	RFZ, FTS Fahrstuhl, Rundschalttisch, Hubbalken Portalroboter Drohne, etc.	Regalbediengerät, Kräne Flurförderzeug Flugzeug Bahn Stapler Lkw, Auto, Bus Schiff etc.	Mensch Rollwagen, Handhubwagen, Wurf etc.

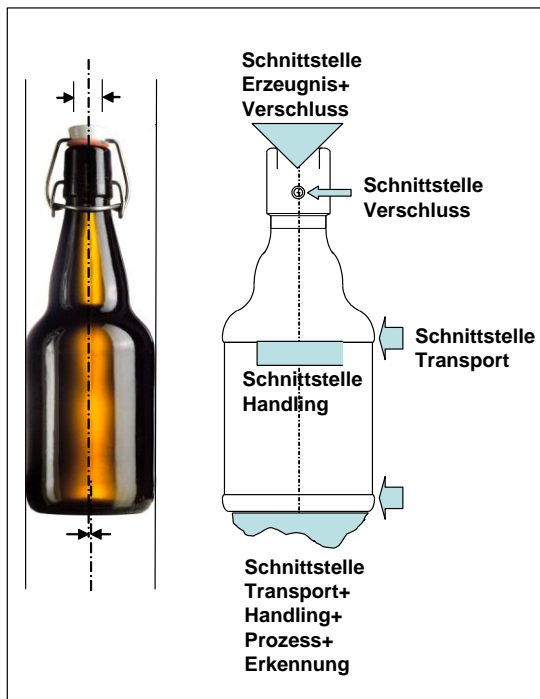
Stetigförderer erwarten Prozesse, die sich mitbewegen.

Der Zyklus eines Unstetigförderers wird mit einer Pause beendet, die in der Regel für wertschöpfende Zwecke genutzt wird, so dass der Prozess selbst nicht bewegt werden muss.

Starre Güter		Breiige, flüssige u. gasförmige Güter	
Merkmalsabfrage, Vereinzeln, Portionieren			
Verhalten im Haufwerk		Fließfähigkeit	
Bruchfestigkeit		Aggregatzustände	
Magnet. Eigenschaften			
Elektrostat. Eigenschaft.			
Elast. Verhalten			
Geometrie			
definiert			
Schwerpunkt			
Vorzugslage			
Ausrichtung			
Lagenstabilität			
Toleranzen			
			

Verwendungszweck				
Starre Güter		Breiige Güter	Flüssige Güter	Gasförmige Güter
bestimmte Geometrie	Unbestimmte Geometrie			
				
				





Schnittstelle: Erzeugnis

Aufnahmekapazität: 333 ml +/- 5ml
 Gasdichtigkeit: erforderlich
 Nikotinfreiheit: erforderlich
 Schimmelfreiheit: erforderlich

Schnittstelle: Prozess/Handling

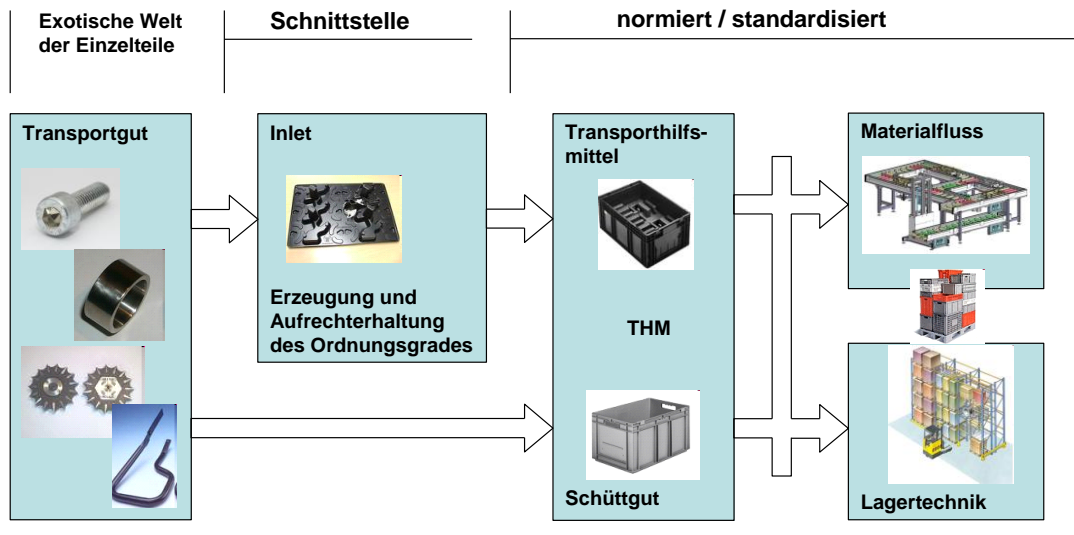
Verschlusskraft: undefiniert
 Verschließen: undefiniert, störanfällig
 Ausrichten um die Längsachse
 Ausrichtmerkmale fehlen

Schnittstelle: Transport

Rotationsfreiheitsgrad
 Bruchfestigkeit: axial gut
 Bruchfestigkeit: radial schlecht
 Staudruckfähigkeit stark beschränkt

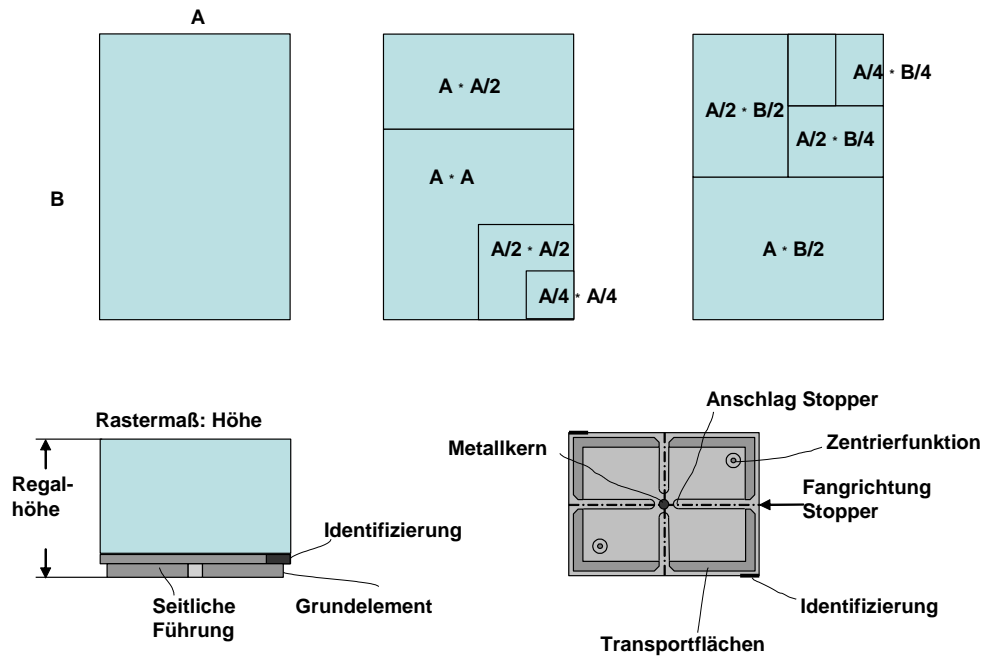
Schnittstellen-Problematik: Toleranz-Geflecht

Wandstärken von 1,5mm - 3,3mm
 Durchmesser von 69,5mm – 70,9mm
 Mundstück-Innendurchmesser: 18,5mm – 19,5mm
 Rundlauf: +1,5mm bzw. -1,5mm
 usw.



Rastermaß: Grundfläche

Industrieübliches Maß: $A = 800\text{mm}$, $B = A \cdot 3/2 = 1200\text{mm}$



© D. Habenicht

Auslegung der Behälter

MLT-03-05

Schwerkraft, Schiefe Ebene

Haften

$H \leq R$
$R = \tan(\beta) \cdot N$
$R = \mu_H \cdot N$

Gleiten

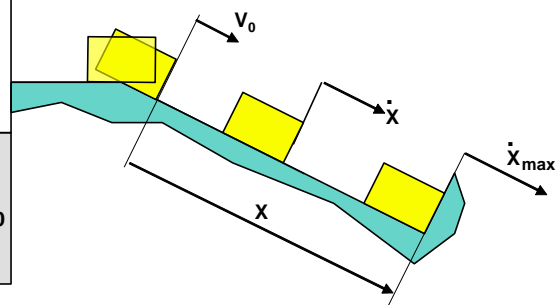
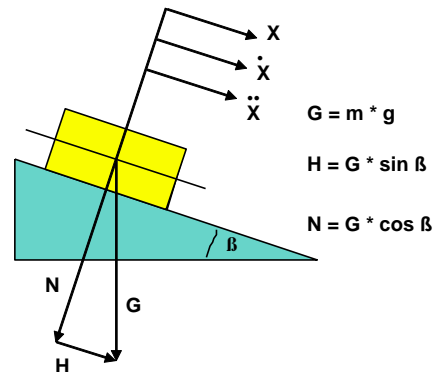
$$m \cdot \ddot{X} = H - R$$

$$\ddot{X} = g \cdot \sin \beta - \mu_G \cdot g \cdot \cos(\beta)$$

$$\int \ddot{X} \, dt = \int g \cdot \cos(\beta) \cdot (\tan(\beta) - \mu_G) \, dt + V_0$$

$$\dot{X} = t \cdot g \cdot \cos(\beta) \cdot (\tan(\beta) - \mu_G) + V_0$$

$$X = \frac{t^2}{2} g \cdot \cos(\beta) \cdot (\tan(\beta) - \mu_G) + t \cdot V_0 + X_0$$



© D. Habenicht

Stetigförderer

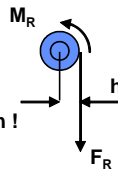
MLT-04-01-01-1

Schwerkraft, Schiefe Ebene

Reibungs-Moment
(masselose Rollen)

AR : Anzahl Rollen im Eingriff

M_R u. F_R gemäß Herstellerangaben !



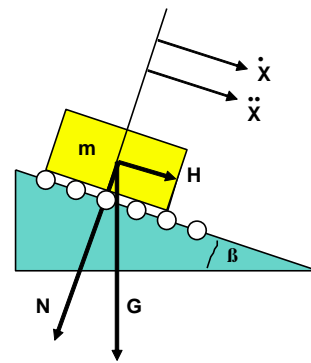
Rollenbahn

$$m \cdot \ddot{X} = H - AR \cdot F_R$$

$$\int \ddot{X} dt = \frac{H}{m} \int dt - \frac{AR \cdot F_R}{m} \int dt + V_0$$

$$\dot{X} = (H - AR \cdot F_R) \frac{t}{m} + V_0$$

$$X = (H - AR \cdot F_R) \frac{t^2}{2 \cdot m} + t \cdot V_0 + X_0$$



$$G = m \cdot g$$

$$H = G \cdot \sin \beta$$

$$N = G \cdot \cos \beta$$

Schwerkraft, Schiefe Ebene

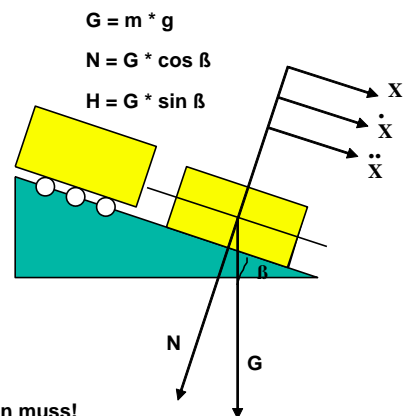
Zykluszeit-Ermittlung

allgemein gilt: $X = (A/2) \cdot t^2 + t \cdot V_0$

Gleiten : $A = (\tan(\beta) - \mu_G) \cdot g \cdot \cos(\beta)$

Rollen : $A = (H - AR \cdot F_R) / m$

$$0 = t_1^2 + \frac{2 \cdot V_0}{A} t_1 - \frac{2 \cdot p \cdot L}{A}$$



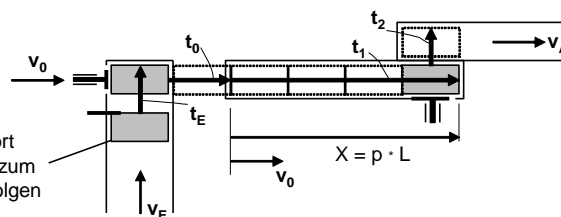
Zykluszeit, wenn Puffer leer bleiben muss!

L : Länge des Produkts
p : Anzahl der Plätze

$$ZZ(TR) = t_0 + t_1 + t_2$$

$$X = p \cdot L$$

Der ReinTransport
kann frühestens zum
Zeitpunkt ZP erfolgen



Anschlag ist i.d.R. als Feder-Masse-System ausgelegt

Unelastischer Stoß, hier: Startbedingung $v_A = 0$

$$m_{TG} * v_{TG} + m_A * v_A = m_G * v_G$$

nach dem Stoß, vor dem Einfedern

$$m_G = m_A + (n+1) \cdot m_{TG}$$

$$v_G = \frac{m_{TG}}{m_G} v_{TG}$$

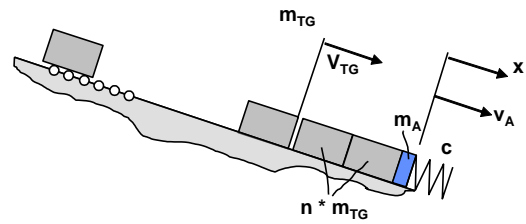
$$v_G = \dot{x} \quad \sin(\omega t) = 1$$

$$x_0 = - \frac{m_{TG} v_{TG}}{m_G \omega}$$

$$F = m_G \cdot \ddot{x} = -m_G \cdot x_0 \cdot \omega^2$$

$$F = m_{TG} \cdot \omega \cdot v_{TG}$$

$$F = m_{TG} \cdot v_{TG} \sqrt{\frac{c}{m_G}}$$



Einmassenschwinger, ungedämpft

$$m_G = m_A + (n+1) \cdot m_{TG}$$

$$x = x_0 \cdot \cos(\omega t)$$

$$\dot{x} = -x_0 \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\ddot{x} = -x_0 \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t)$$

mit $\omega = \sqrt{\frac{c}{m_G}}$

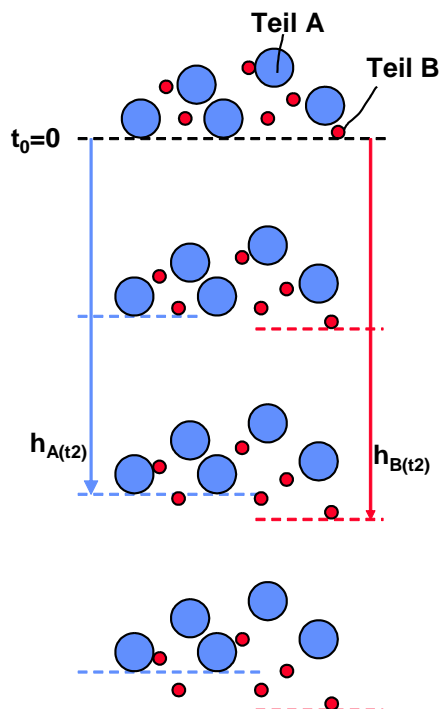
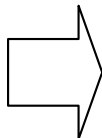
$$m : \text{ N s}^2 / \text{ m}$$

c : N / m

v : m / s

Schwerkraft, Freier Fall mit Newton-Reibung

Manipulation
durch weitere
Kraftzufuhr



A: Stirnfläche des fallenden Körpers

ρ : Luftdichte $[\text{kg}/\text{m}^3]$

c_w : Strömungswiderstandskoeffizient

g : Erdbeschleunigung

m : Masse des fallenden Teils

Fallweg mit Reibung

$$h(t) = H - \frac{m}{\alpha} \ln(\cosh(\epsilon))$$

Geschwindigkeit mit Reibung

$$v(t) = -\sqrt{\frac{m \cdot g}{\alpha}} \cdot \tanh(\epsilon - C)$$

Geschwindigkeit mit Reibung

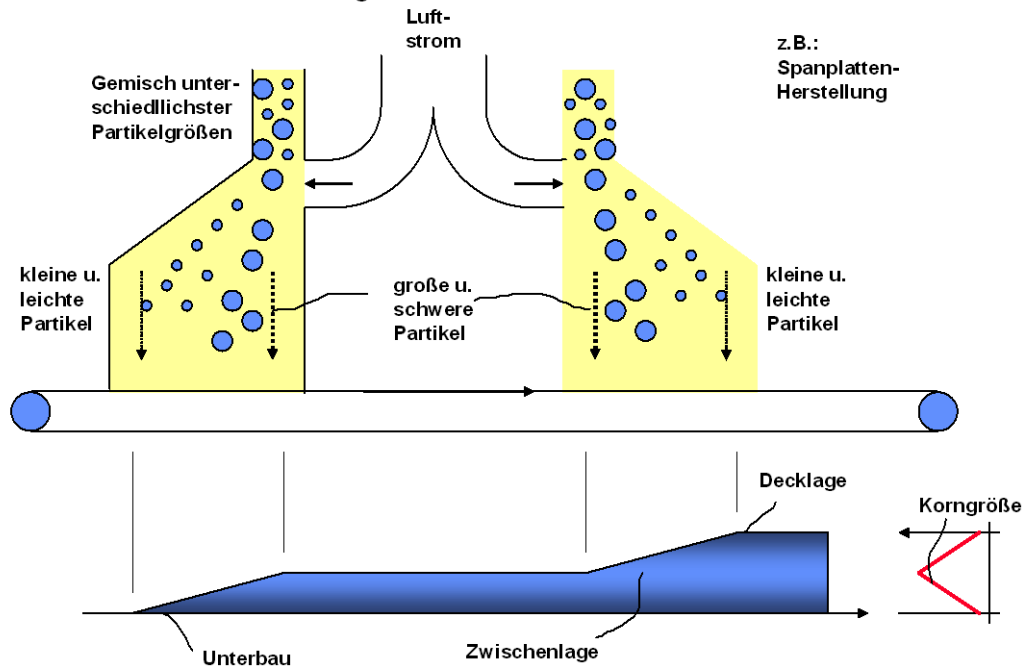
$$a(t) = -\frac{g}{\cosh^2(\epsilon)}$$

Fallweg mit Reibung

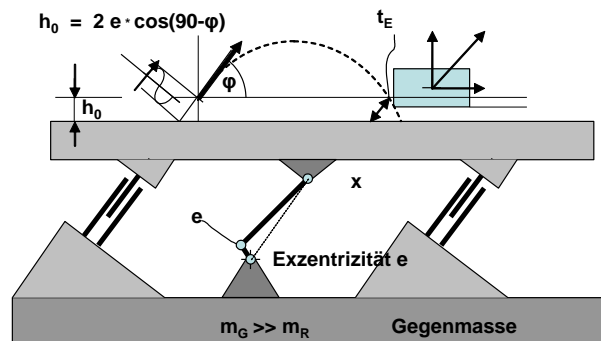
$$\alpha = c_w \cdot \rho \cdot A$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{\alpha \cdot g}{m}} \cdot t$$

Schwerkraft Freier Fall und Newton-Reibung



Schwingrinne



Horizontaler Weg

$$x(t) = v_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi)$$

Vertikaler Weg

$$y(t) = v_0 \cdot t \cdot \sin(\varphi) - g \cdot t^2 / 2$$

Horizontale Geschwindigkeit

$$v_x = v_0 \cdot \cos(\varphi)$$

Vertikale Geschwindigkeit

$$v_y = v_0 \cdot \sin(\varphi) - g \cdot t$$

Gleichung der Wurfbahn

$$y(x) = - \frac{g}{2 v_0^2 \cdot \cos^2(\varphi)} x^2 + x \cdot \tan(\varphi)$$

Schwingrinne

Berechnungsansatz:

Am Ende der Wurfbahn hat die Rinne eine Schwingung durchlaufen, so dass der nächste Abwurfpunkt die gleiche Ausgangssituation mit v_0 ergibt.

Vertikaler Weg

$$y(t) = v_0 \cdot t \cdot \sin(\varphi) - g \cdot t^2 / 2$$

Zum Beginn/Ende der Wurfbahn gilt:

$$y(t) = 0 = (v_0 \cdot \sin(\varphi) - g \cdot t/2) \cdot t$$

$$t_E = \frac{2 v_0 \cdot \sin(\varphi)}{g}$$

$$t_A = 0$$

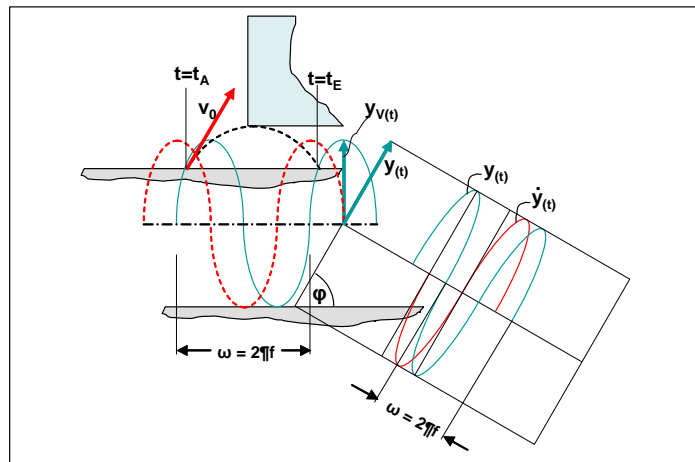
Die Schwingrinne

$$y(t) = e \cdot \cos(\omega t)$$

$$\dot{y}(t) = v_0 = -e \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$v_0 = v_{\text{MAX}} = e \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \Rightarrow$$



Es soll gelten:

Periodendauer $t_p = \text{Wurfzeit } \Delta t$

$$t_p = 1 / f$$

$$t_p = \Delta t = t_E - t_A$$

Erforderliche Schwingfrequenz

$$\frac{1}{f} = \frac{2 v_0 \cdot \sin(\varphi)}{g}$$

$$f^2 = \frac{g}{4 \cdot \pi \cdot e \cdot \sin(\varphi)}$$

$$t_p = \Delta t = t_E - t_A$$

Horizontaler Weg

$$x_{(tP)} = v_0 \cdot t_p \cdot \cos(\varphi)$$

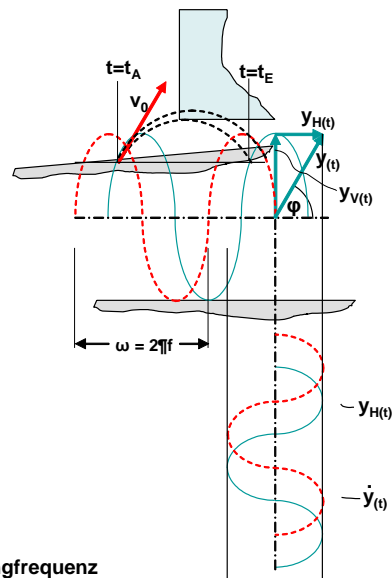
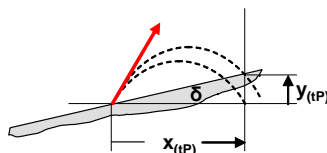
zu überbrückende Höhe

$$y_{(tP)} = x_{(tP)} \cdot \tan(\delta)$$

$$y_{(tP)} = v_0 \cdot t_p \cdot \cos(\varphi) \cdot \tan(\delta)$$

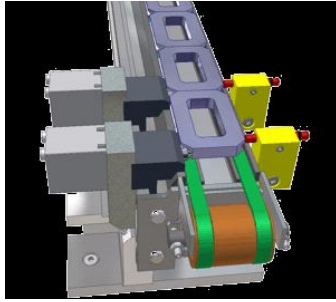
$$\begin{array}{ccc} \downarrow & v_0 = e \cdot 2 \cdot \pi \cdot f & \downarrow \\ & & t = t_p = 1/f \end{array}$$

$$y(t) = (v_0 \cdot \sin(\varphi) - g \cdot t/2) \cdot t$$



Neuberechnung der Schwingfrequenz

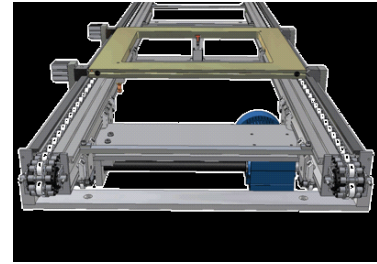
$$f^2 = \frac{g}{4 \pi e (\sin(\varphi) - \cos(\varphi) \tan(\delta))}$$



Doppelgurt



Vertikal



Staurollen



Riemen

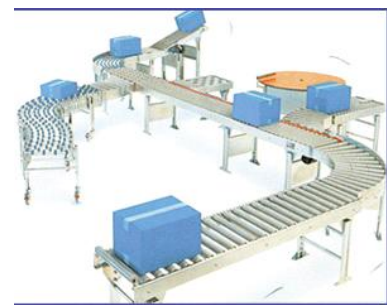
Kurvengurt



Gurt



AL70720* Rollen



Umlaufende Zugmittel, staufähig

- R : Radius der Umlenkrolle [m]
- V_{ZM} : Geschwindigkeit [m/min]
- $X \cdot m_{TG}$: Gesamtmasse der THM auf Unterlage
- m_{ZM} : Masse des Zugmittels auf Unterlage
- μ_{ZM-U} : Reibbeiwert Zugmittel/Unterlage
- F_{ZUL} : Zulässige Kraft pro Zugmittel

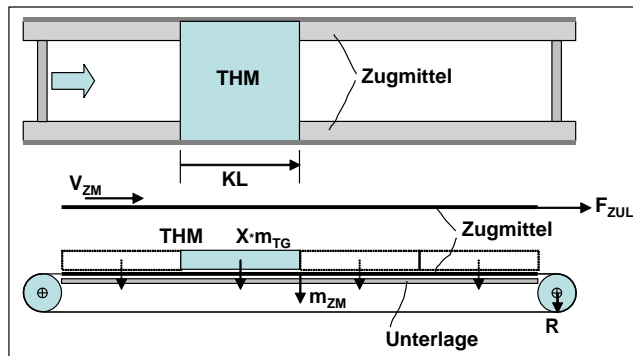
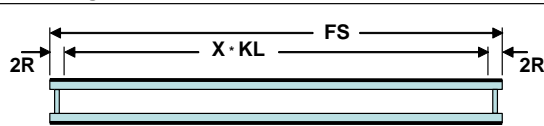
Drehzahl des Motors

$$n = \frac{V_{ZM}}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad [\text{U/min}]$$

Zykluszeit des THM in Fahrtrichtung

$$ZZ_{THM-KL} = KL / V_{ZM} \quad [\text{s}]$$

Grenzlänge der Förderstrecke FS



n : Anzahl Zugmittel

Kräftegleichgewicht

$$n \cdot F_{ZUL} = (X \cdot m_{TG} + m_{ZM}) \cdot g \cdot \mu_{ZM-U}$$

Maximale Beladung des Zugmittels

$$X < \frac{n \cdot F_{ZUL} - m_{ZM} \cdot g \cdot \mu_{ZM-U}}{m_{TG} \cdot g \cdot \mu_{ZM-U}}$$

Maximales Antriebsmoment

$$M_{ZUL} = n \cdot R \cdot F_{ZUL}$$

Umlaufende Zugmittel, staufähig

m_{TG} : Gesamtmasse x Transportgüter pro Unterlage

μ_{ZM-TG} : Reibungskoeffizient Zugmittel/THM

F_R : Reibkraft THM/Zugmittel

Anfahren aus dem Stillstand	Anti-Rutsch
$F_R = m_{TG} \cdot g \cdot \mu_{ZM-TG} > \ddot{x} \cdot m_{TG}$	
Grenzbeschleunigung: Anti-Rutsch-Bedingung	
$\ddot{x} < g \cdot \mu_{ZM-TG}$	

Anfahren aus dem Stillstand	Anti-Kipp
$M = 0 = \ddot{x} \cdot a \cdot m_{TG} - g \cdot b \cdot m_{TG}$	
Grenzbeschleunigung	
$\ddot{x} < \frac{b}{a} \cdot g$	

Für das Stoppen aus voller Fahrt gilt Ähnliches

Umlaufende Zugmittel, unter Staubebedingungen

m_{TG} : Masse THM

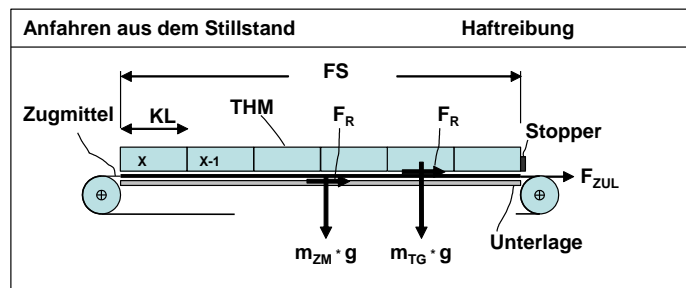
μ_{ZM-TG} : Reibbeiwert Zugmittel/THM

F_R : Reibkraft THM/Zugmittel

KL : Kantenlänge in Fahrtrichtung

n : Anzahl Zugmittel

F_{ZUL} : Zul. Kraft pro Zugmittel



Kräftegleichgewicht

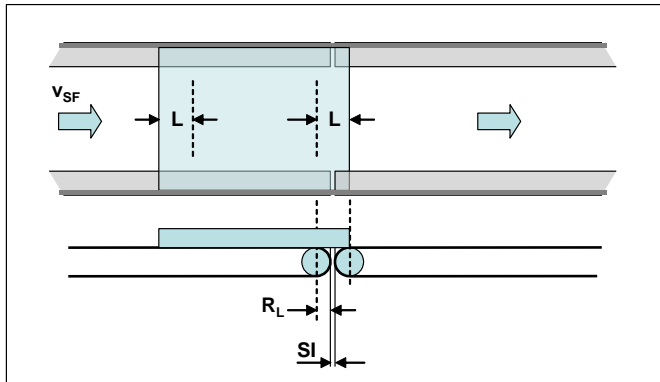
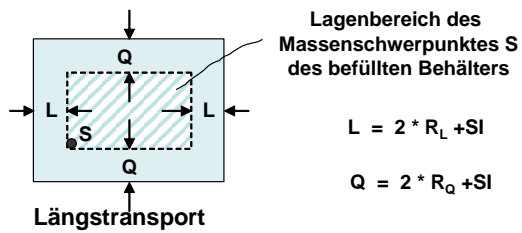
$$n \cdot F_{ZUL} = (X \cdot m_{TG} \cdot g + m_{ZM} \cdot g) \cdot \mu_{ZM-U} + X \cdot m_{TG} \cdot g \cdot \mu_{TG-ZM}$$

Grenzstückzahl X_{ZUL}

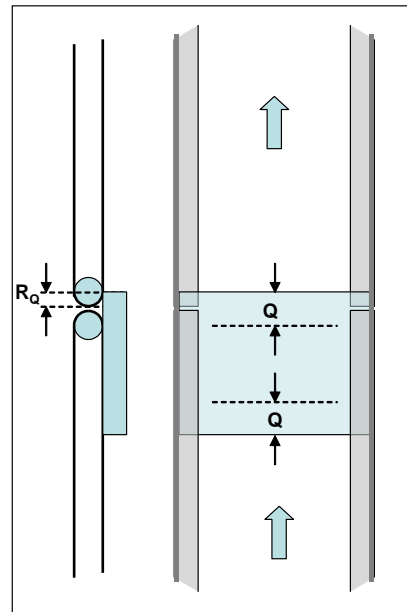
$$X_{ZUL} = \frac{n \cdot F_{ZUL} - m_{ZM} \cdot g \cdot \mu_{ZM-U}}{m_{TG} \cdot g \cdot (\mu_{ZM-U} + \mu_{TG-ZM})}$$

Umlaufende Zugmittel

Übergang zwischen Fördersegmenten



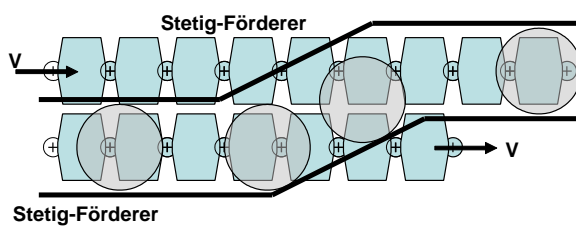
Quertransport



Umlaufende Zugmittel

Gleitkette

Übergabe-Situation

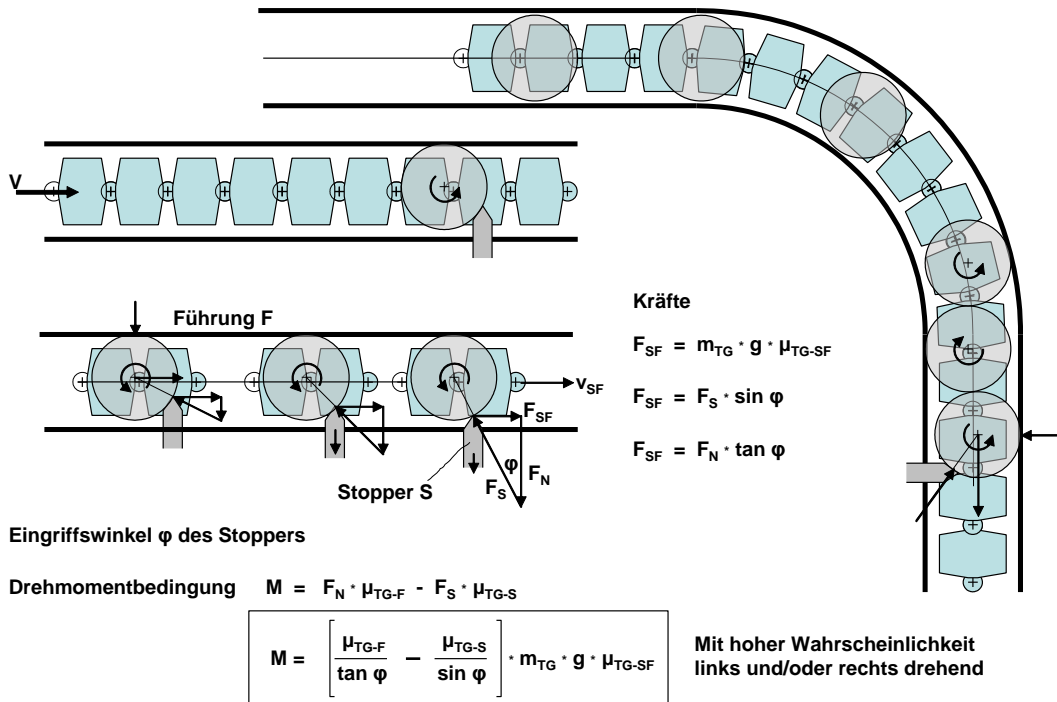


Richtungsvariable Kette

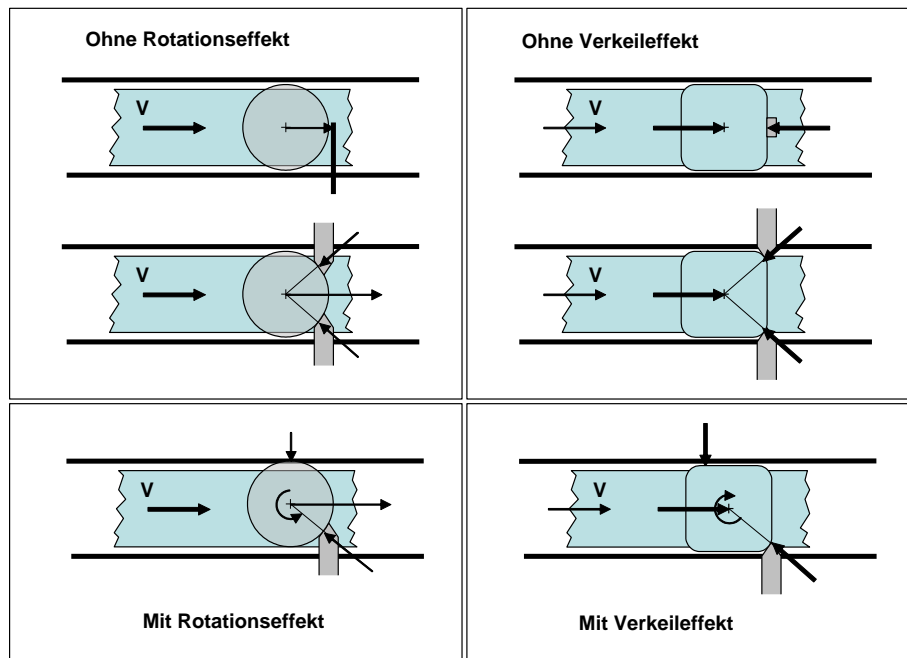
Radius



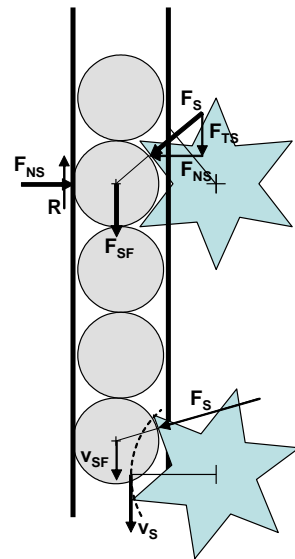
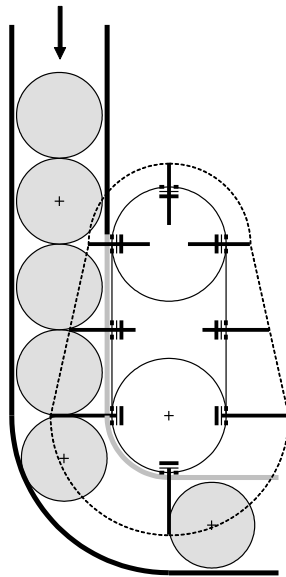
Umlaufende Zugmittel, staufähig, kurvenfähig Stoppen von Gütern



Umlaufende Zugmittel, Stoppen von Gütern

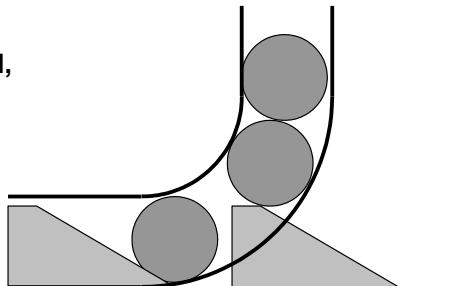


Umlaufende Zugmittel, Vereinzelung

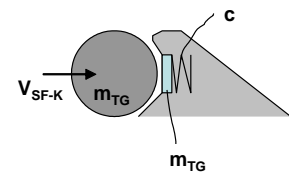


Klemmneigung: $v_{SF} < v_S$

Umlaufende Zugmittel, Vereinzelung

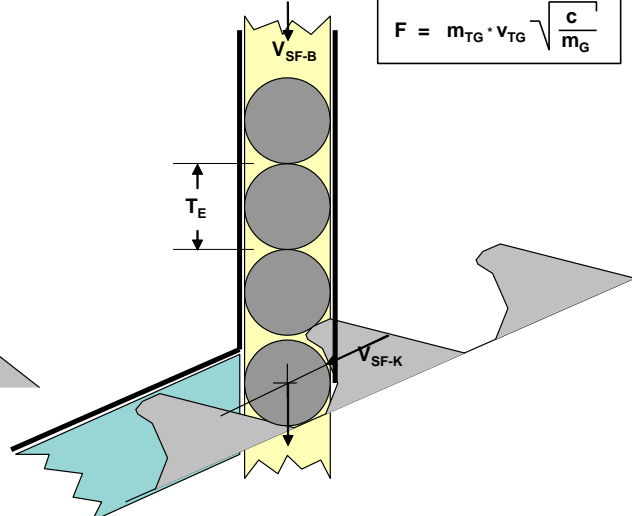
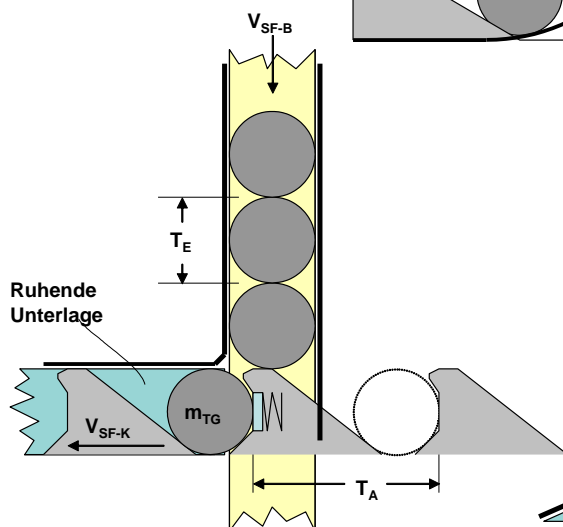


Ersatz-Funktion

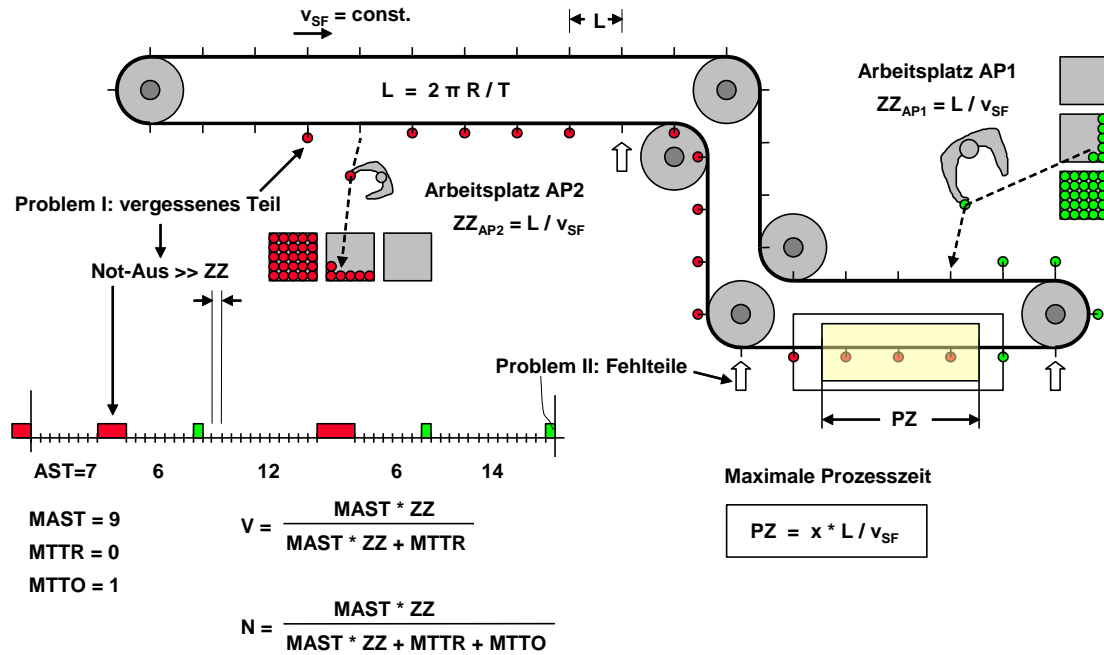


$$m_G = m_A + m_{TG}$$

$$F = m_{TG} \cdot v_{TG} \sqrt{\frac{c}{m_G}}$$



Umlaufende Zugmittel Transportkette



© D. Habenicht

Stetigförderer

MLT-04-01-03-10

Pufferung des Betriebsverhaltens

Verfügbarkeit

$$V_i = \frac{MAST_i * ZZ_i}{MAST_i * ZZ_i + MTTR_i} = \frac{LD_i}{PD_i}$$

$$ZZ = PL / v$$

Normierte Produktionsdauer, stabiler Zustand

$$PD_{N-xi} = MAST_x * [MAST_i * ZZ_i + MTTR_i]$$

$$PD_{N-ix} = MAST_i * [MAST_x * ZZ_x + MTTR_x]$$

Produktionsdauer-Differenz

$$\Delta PD_{ix} = PD_{N-xi} - PD_{N-ix}$$

Leistungs-Kompensation, wenn $\Delta PD_{ix} > 0$ und $V_i > V_x$

$$ZZ_{i-NEU} = ZZ_x + \frac{MTTR_x}{MAST_x} - \frac{MTTR_i}{MAST_i}$$

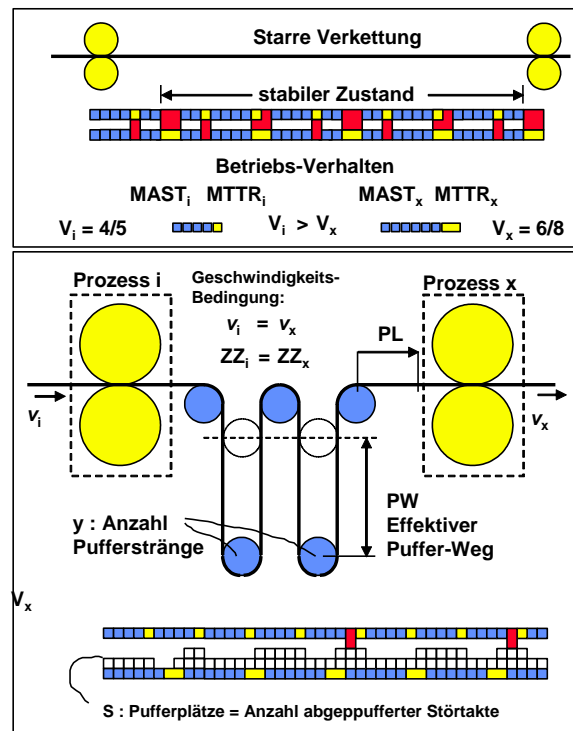
Puffergröße, hier: $V_i > V_x$

$$PG_{ix} = [MTTR_x + ZZ_x - ZZ_i] / ZZ_i$$

Puffergröße, hier:

$$Y = PG_{ix} * PL / 2 * PW$$

Wenn $V_i < V_x$,
dann Indices tauschen

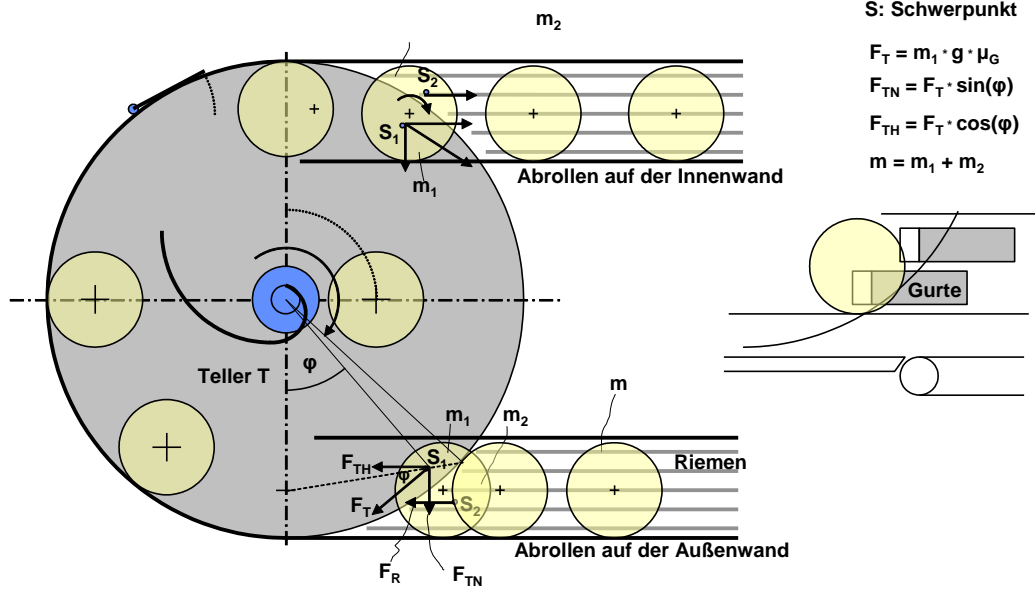


© D. Habenicht

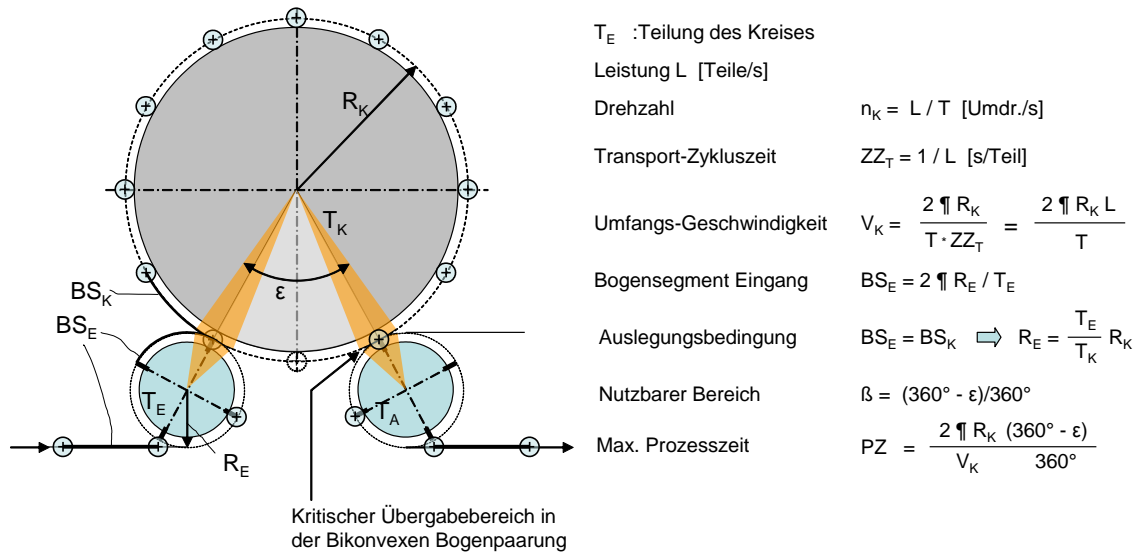
Stetigförderer

MLT-04-01-03-11

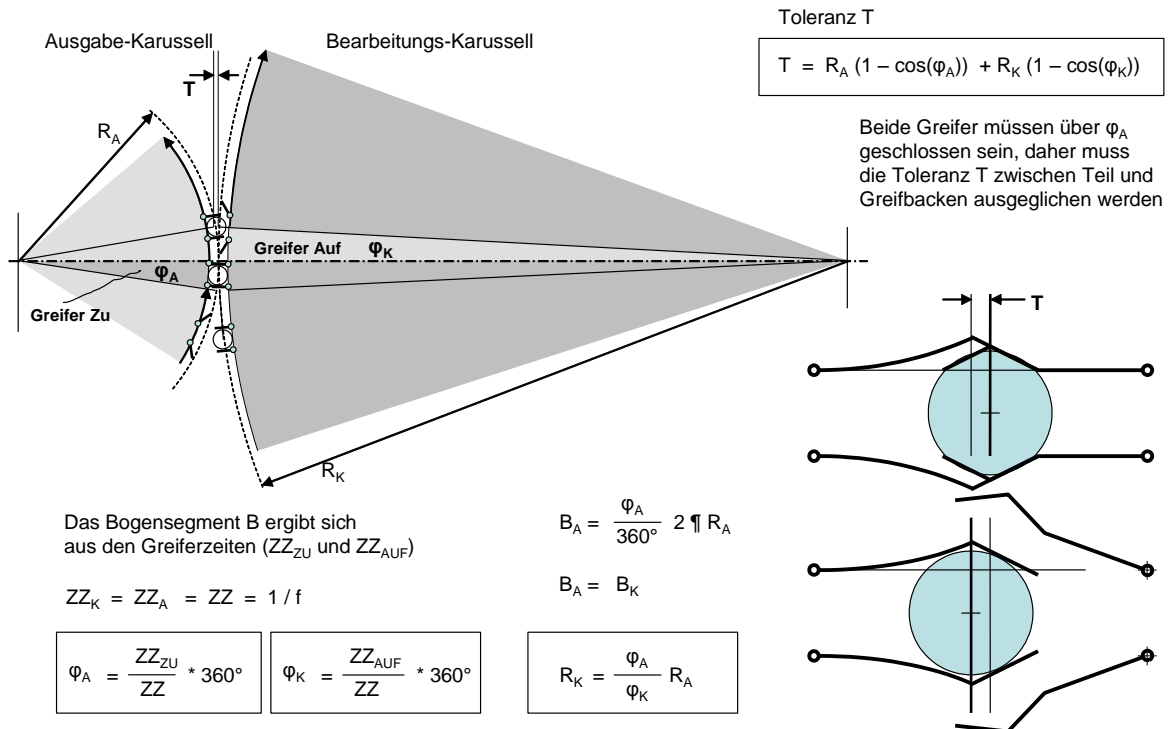
Zentrifugalförderer



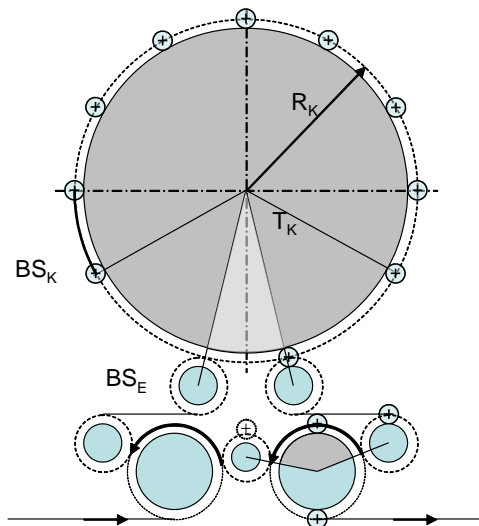
Karussell



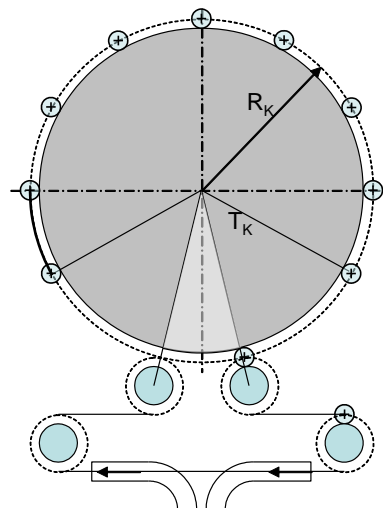
Karussell: Übergabe: Bikonvexe Bogenpaarung



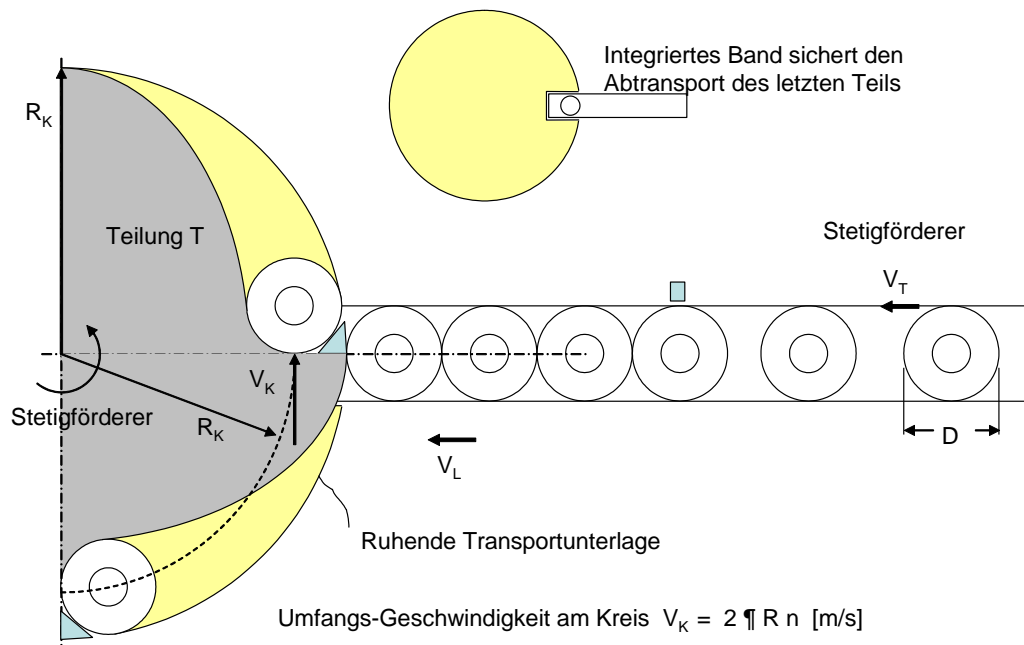
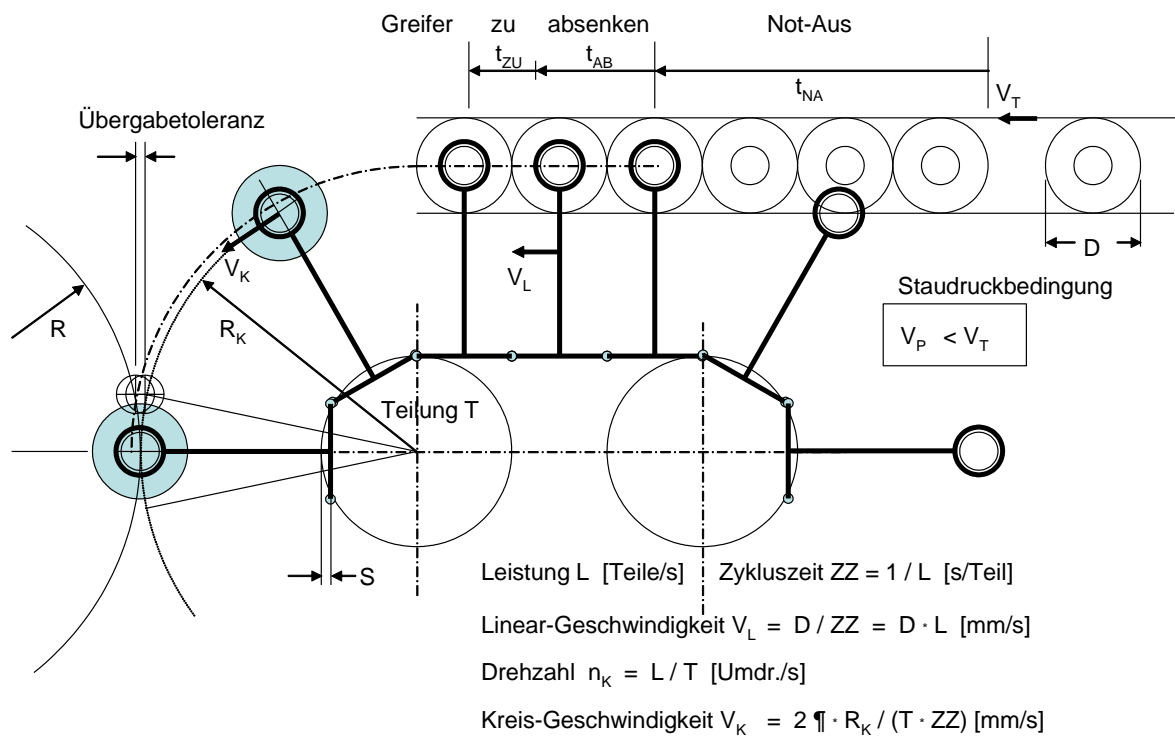
Alternative Karussell-Strukturen



Übergabe auf Bogensegment



Übergabe auf Linearsegment



Karussell

Leistung

$$L = n \cdot T$$

Umfangsgeschwindigkeit

$$v_U = n \cdot 2\pi \cdot R_U$$

Produktabstand X

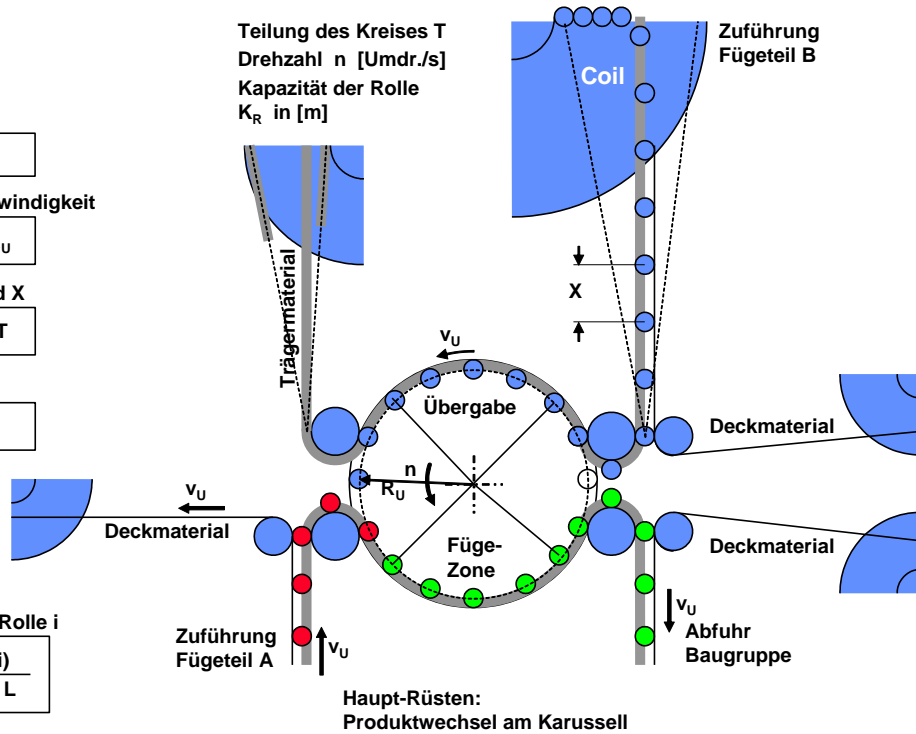
$$X = 2\pi \cdot R_U / T$$

Zykluszeit ZZ

$$ZZ_X = 1 / L$$

Rüst-Intervall: Rolle i

$$RI(i) = \frac{K_R(i)}{X \cdot L}$$



Wickeln

Antrieb über Wickel-Umfang

Leistung

$$L = v_U / X$$

Umfangsgeschwindigkeit

$$v_U = n_A \cdot 2\pi \cdot R_A$$

Zykluszeit ZZ

$$ZZ_X = 1 / L$$

Rüst-Intervall: Rolle

$$RI = \frac{K_R}{X \cdot L}$$

Kapazität der Rolle K_R in [m]

$$K_R = 2\pi \left(w \cdot R_i + d \cdot \sum_{i=1}^w i \right)$$

Kraft durch das Rollengewicht

$$F = m_R \cdot g + K_R \cdot d \cdot b \cdot \delta$$

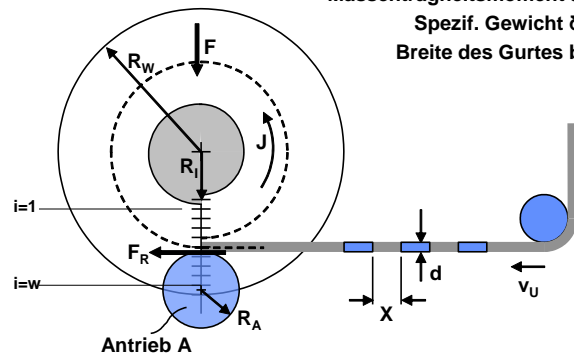
Reibkraft-Kraft

$$F_R = \mu \cdot F$$

Reibkraft-Kraft

$$F_R \cdot (R_i + w \cdot d) = J_{(w)} \cdot \ddot{\phi}$$

Prozessabhängiger Produktabstand X
Produktabhängiger Innen-Wickelradius R_i
Wicklungsanzahl w
Massenträgheitsmoment J
Spezif. Gewicht δ
Breite des Gurtes b



Das Produkt muss das Leergewicht ertragen
Konstante Wickelgeschwindigkeit

Wickeln

Antrieb über Rollenachse

Leistung

$$L = v_p / X$$

Rüst-Intervall: Rolle

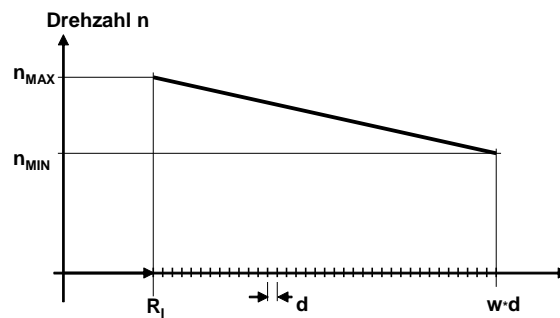
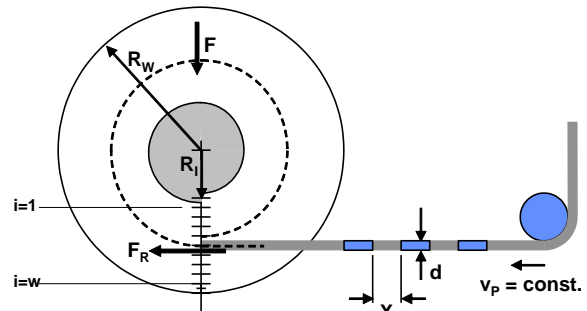
$$RI = \frac{K_R}{X \cdot L}$$

Drehzahl der Rolle ? const

$$n_{MAX} = \frac{v_p}{2 \pi (R_i + d)}$$

$$n_{MIN} = \frac{v_p}{2 \pi (R_i + w \cdot d)}$$

Prozessabhängiger Produktabstand X
Produktabhängiger Innen-Wickelradius R_i
Wicklungsanzahl w
Prozessgeschwindigkeit v_p



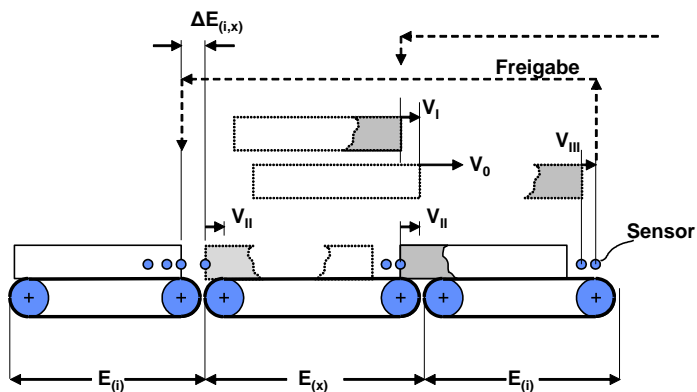
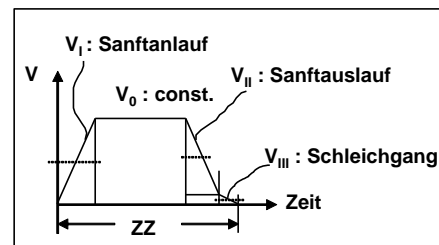
© D. Habenicht

Stetigförderer

MLT-04-01-06-8

Linear-Förderer Getaktet

Transport von Gefahr- u. Schwerlast-Gütern



V_0 ist für alle Teilstrecken gleich

Die längste Strecke bestimmt den Engpass
Engpass-Zykluszeit $ZZ(i? x)$

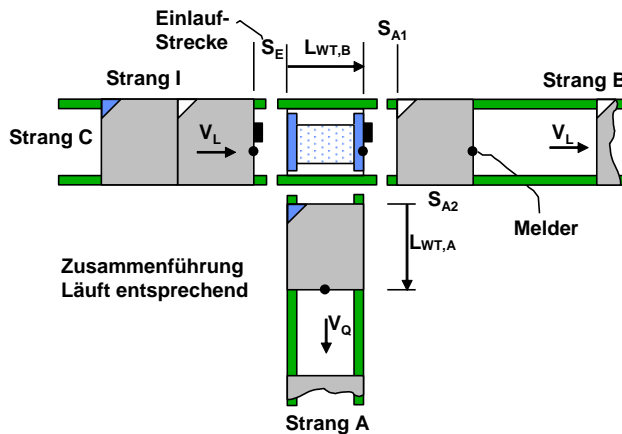
$$ZZ(i? x) = ZZ(x) + ZZ(i)$$

© D. Habenicht

Unstetigförderer

MLT-04-02-01-1

Abzweigung, getaktet



Mengenstrom

$$M_C = M_A + M_B$$

Linear-Zykluszeit (Best-Case)

$$ZZ_L = \frac{S_E + S_{A1} + L_{WT,B}}{V_{TR,L}}$$

Hub-Quer-Zykluszeit (Best-Case)

$$ZZ_{HQ} = \frac{S_E + L_{WT,B}}{V_L} + \frac{S_{A2} + L_{WT,A}}{V_Q} + \frac{2 \cdot S_H}{V_H}$$

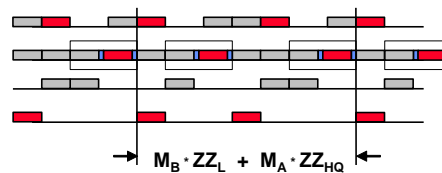
Prozess-Zykluszeit im Strang X, X= A, B, C

$$ZZ_{X-MIX} = \frac{M_B \cdot ZZ_L + M_A \cdot ZZ_{HQ}}{M_X}$$

wobei gilt:

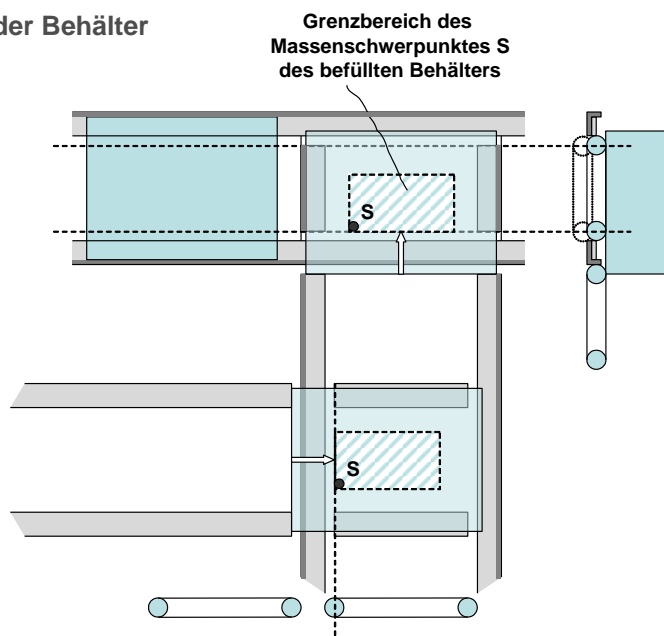
$$ZZ_{C-MIX} = ZZ_{HQ}$$

Beispiel: Menge 5 Auslastung Strang C
 Menge 5 Auslastung HQ
 Menge 3 Auslastung Strang B
 Menge 2 Auslastung Strang A



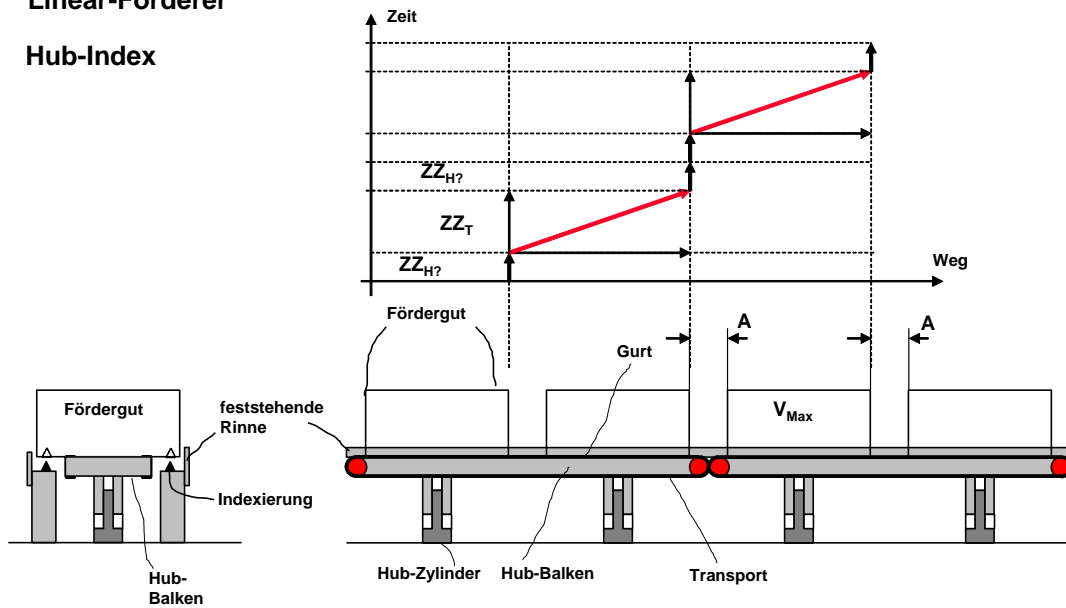
Hub-/Querförderer

Auslegung der Behälter

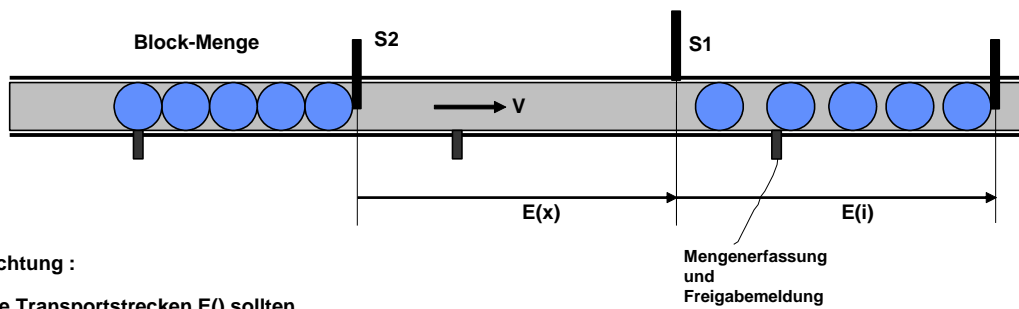


Linear-Förderer

Hub-Index



Transportband kontinuierlich, Teile-Block getaktet



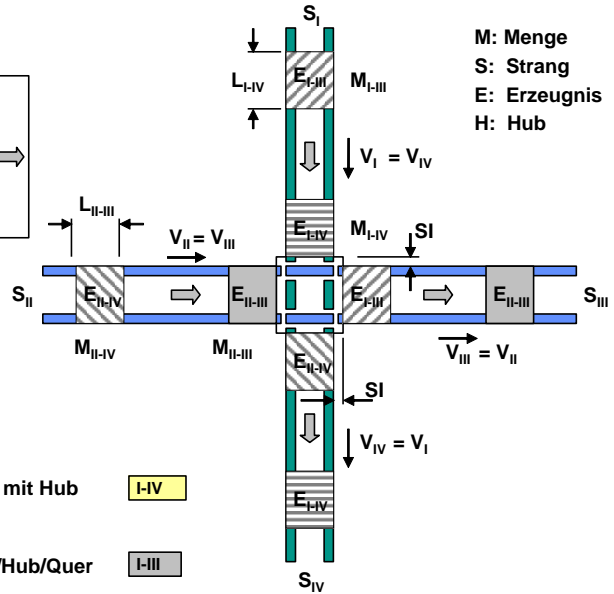
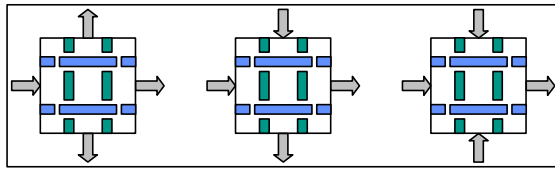
Achtung :

Die Transportstrecken E() sollten identisch sein; dies ist nicht immer machbar.
Die längste E() gibt die Engpass-Zykluszeit an

Mittlere Zykluszeit des Strangs

$$ZZ(i) = \frac{ZZ_{S1??} + \frac{E(i)}{V} + ZZ_{S2??} + \frac{E(x)}{V}}{M}$$

Kreuzung, getaktet



Zykluszeiten

$$ZZ_{I-IV} = ZZ_H + \frac{SI + L_{I-IV} + SI}{V_I} + \frac{L_{I-IV}}{V_I} + ZZ_H$$

$$ZZ_{I-III} = ZZ_H + \frac{SI + L_{I-IV}}{V_I} + ZZ_H + \frac{SI + L_{II-III}}{V_{II}}$$

$$ZZ_{II-III} = X \cdot \frac{SI + L_{II-III} + SI}{V_{II}} + \frac{L_{II-III}}{V_{II}}$$

$$ZZ_{II-IV} = \frac{SI + L_{II-III}}{V_{II}} + ZZ_H + \frac{SI + L_{I-IV}}{V_I} + ZZ_H$$

Längs mit Hub

I-IV

Längs/Hub/Quer

I-III

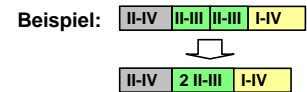
Längs ohne Hub

II-III

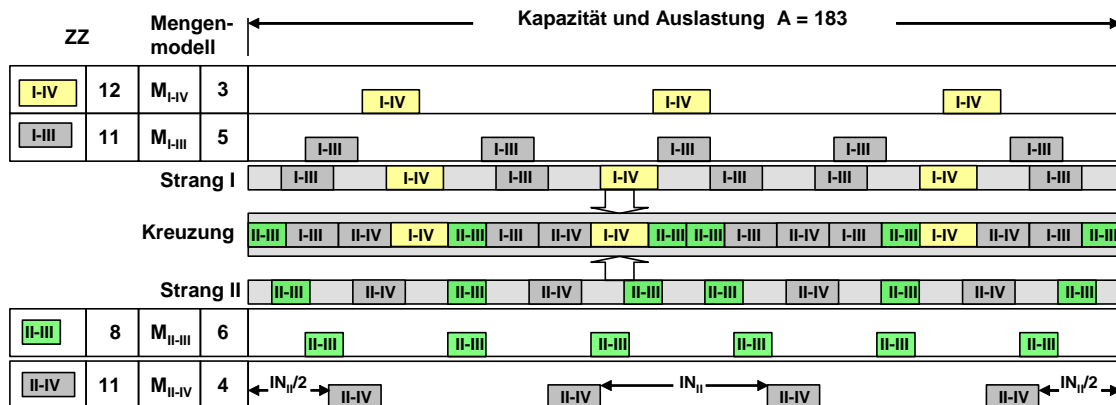
Längs/Hub/Quer

II-IV

Blocktransport mit X Teilen möglich



Kreuzung, getaktet



Auslastung Strang I

$$A_I = \sum_{i=1}^n ZZ_{I-i} \cdot M_{I-i}$$

Menge Strang I

$$M_I = \sum_{i=1}^n M_{I-i}$$

Auslastung Strang II

$$A_{II} = \sum_{i=1}^n ZZ_{II-i} \cdot M_{II-i}$$

Menge Strang II

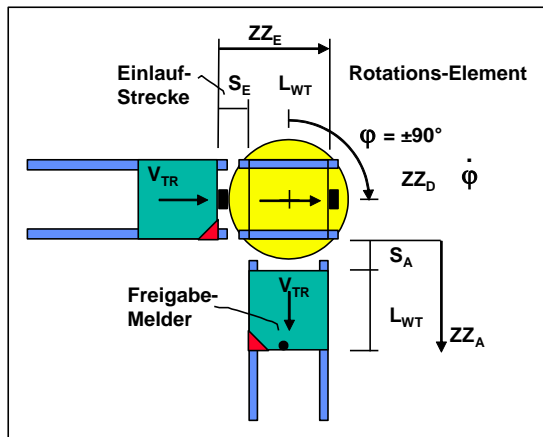
$$M_{II} = \sum_{i=1}^n M_{II-i}$$

Auslastung Kreuzung

$$A = \sum_{i=1}^n ZZ_i \cdot M_i$$

Achtung:
Bei der Ermittlung der ZZ-Kreuzung
Ist ein Blocktransport $X=2$ bei II-III

Drehstation



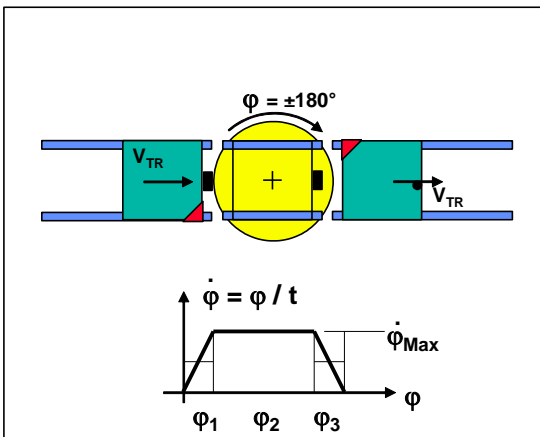
Einlauf-Zykluszeit

$$ZZ_E = \frac{S_E + L_{WT}}{V_{TR}}$$

ZZ Drehtisch

$$ZZ_D = \frac{\frac{1}{2}(\phi_1 + \phi_3) + \phi_2}{\dot{\phi}_{Max}}$$

Wendestation



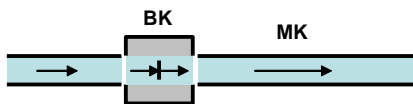
Auslauf-Zykluszeit

$$ZZ_A = \frac{S_A + L_{WT}}{V_{TR}}$$

Stations-Zykluszeit

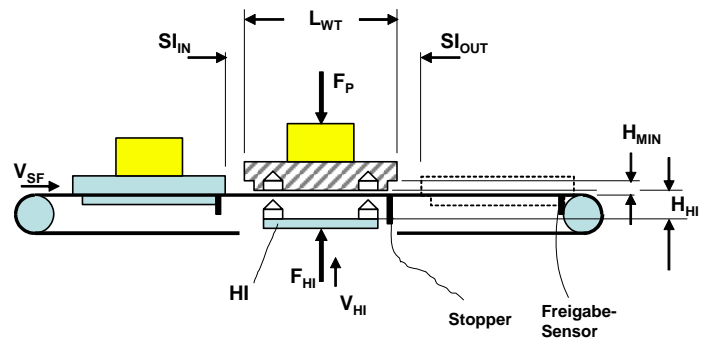
$$ZZ_R = ZZ_E + ZZ_A + 2 * ZZ_D$$

Bereitstellungs-Komponente



Bereitstellung B

1. Getaktete Einfahrt des Gutes
2. Indexierung
3. Getaktete Ausfahrt des Gutes
4. Gesteuerte Prozesszeit



Zykluszeit der Bereitstellung	Prozesszeit
$ZZ_B = \frac{SI_{IN} + L_{WT}}{V_{HI}} + \frac{H_{HI}}{V_{HI}}$	$+ ZZ_P + \frac{SI_{OUT} + L_{WT}}{V_{HI}} + \frac{H_{HI}}{V_{HI}}$

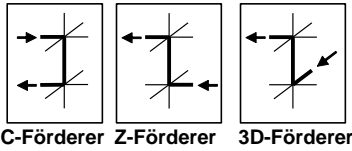
Bei spezieller WT-Auslegung
Können WT_{IN} und WT_{OUT}
parallel laufen, die kleinere
ZZ entfällt

Stopperzeiten können
Einfluss nehmen

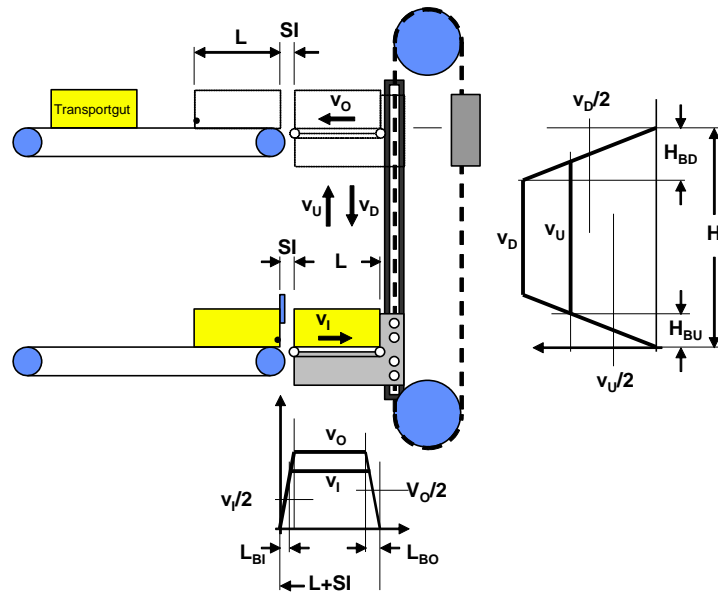
Die mögliche Prozesskraft F_P wird von der Hub-Index-Station HI sichergestellt

Aufzug / Vertikalförderer

Prinzipien



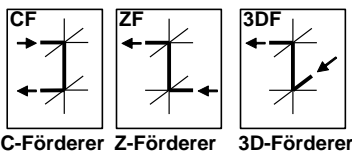
SI : Sicherheitsabstand
L : Länge des Transportguts
V : Geschwindigkeit



$$ZZ_{CF_{auf}} = \frac{v_I}{L_{BI}} + \frac{v_I}{L + SI - 2 L_{BI}} + \frac{v_U}{H_{BU}} + \frac{v_U}{H - 2 H_{BU}} + \frac{v_O}{L_{BO}} + \frac{v_O}{L + SI - 2 L_{BO}} + \frac{v_D}{H_{BD}} + \frac{v_D}{H - 2 H_{BD}}$$

Aufzug / Vertikalförderer

Prinzipien



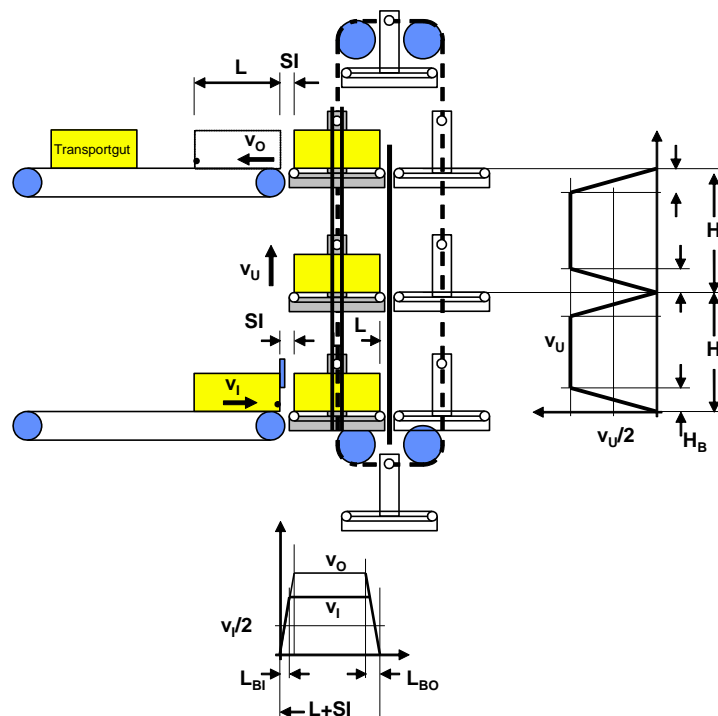
Synchronisation von
Input und Output, dadurch
reduzierte Zykluszeit.

SI : Sicherheitsabstand
L : Länge des Transportguts
v : Geschwindigkeit

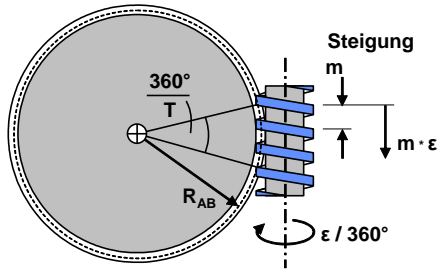
Zykluszeit

$$ZZ_{CF} = ZZ_I + ZZ_U + ZZ_O$$

$$ZZ_{CF} = \frac{v_I}{L_{BI}} + \frac{v_I}{L + SI - 2 L_{BI}} + \frac{v_U}{H_B} + \frac{v_U}{H - 2 H_B} + \frac{v_O}{L_{BO}} + \frac{v_O}{L + SI - 2 L_{BO}}$$



Rastgetriebe



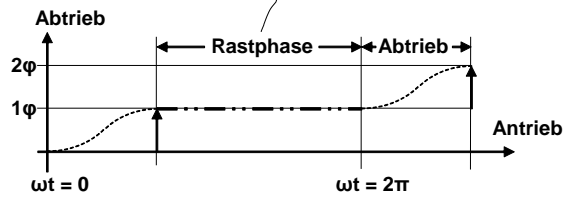
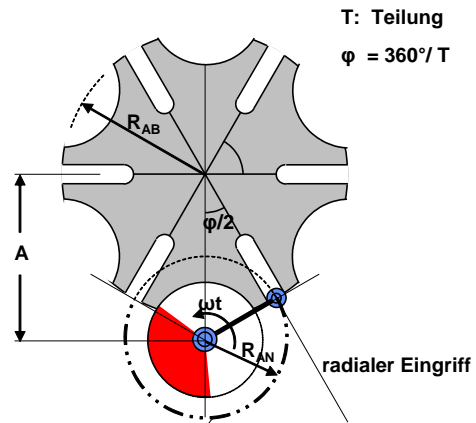
Optimale Teilung aus Fertigungssicht

$T = 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9$

Auslegung Wälzkreisdurchmesser R_{AB}

R_{AB}	47,7	50,9	57,3
$2 \pi R_{AB}$	299,708	319,814	360,0265
Δ	0,292	0,186	0,0265
T-SL	4-74,927	32x10 40x 8	36x10 40x 9

$$\frac{\epsilon \cdot m}{360^\circ} = \frac{2 \pi R_{AB}}{T}$$



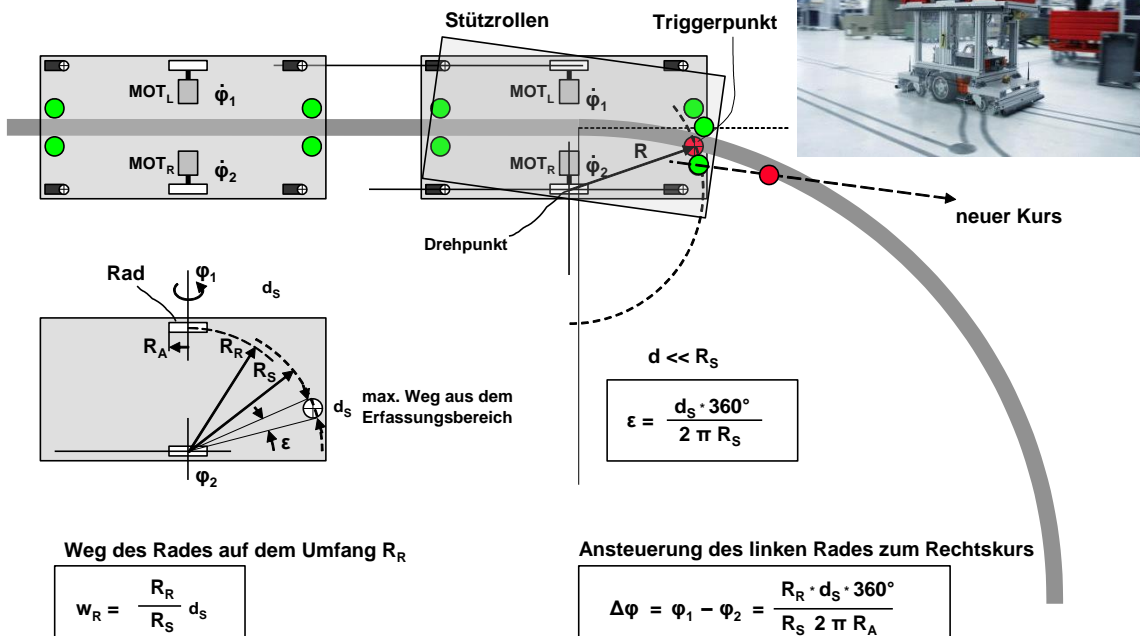
$$\tan(\phi/2) = R_{AN} / R_{AB}$$

Abstand

$$A = \frac{R_{AN}}{\sin(\phi)}$$

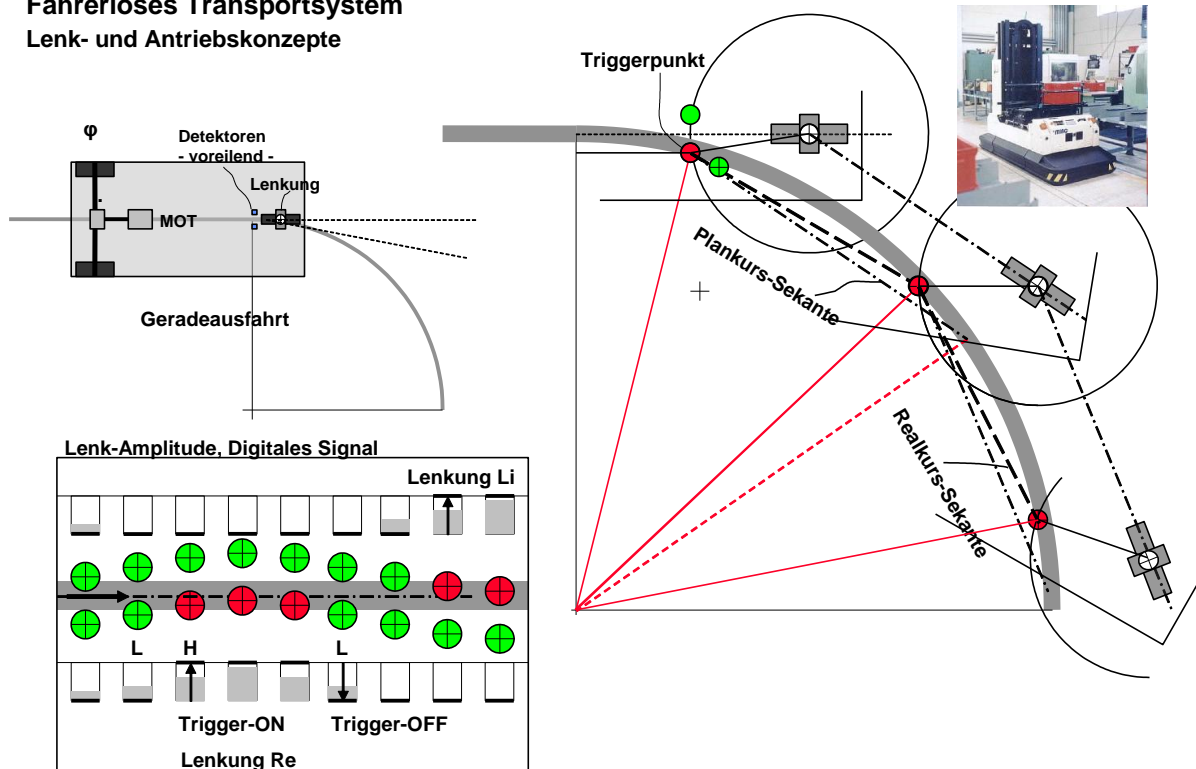
Fahrerloses Transportsystem

Lenk- und Antriebskonzepte



Fahrzeugsymmetrie garantiert gleiches Verhalten bei Vor- / Rückwärtsfahrt

Fahrerloses Transportsystem Lenk- und Antriebskonzepte

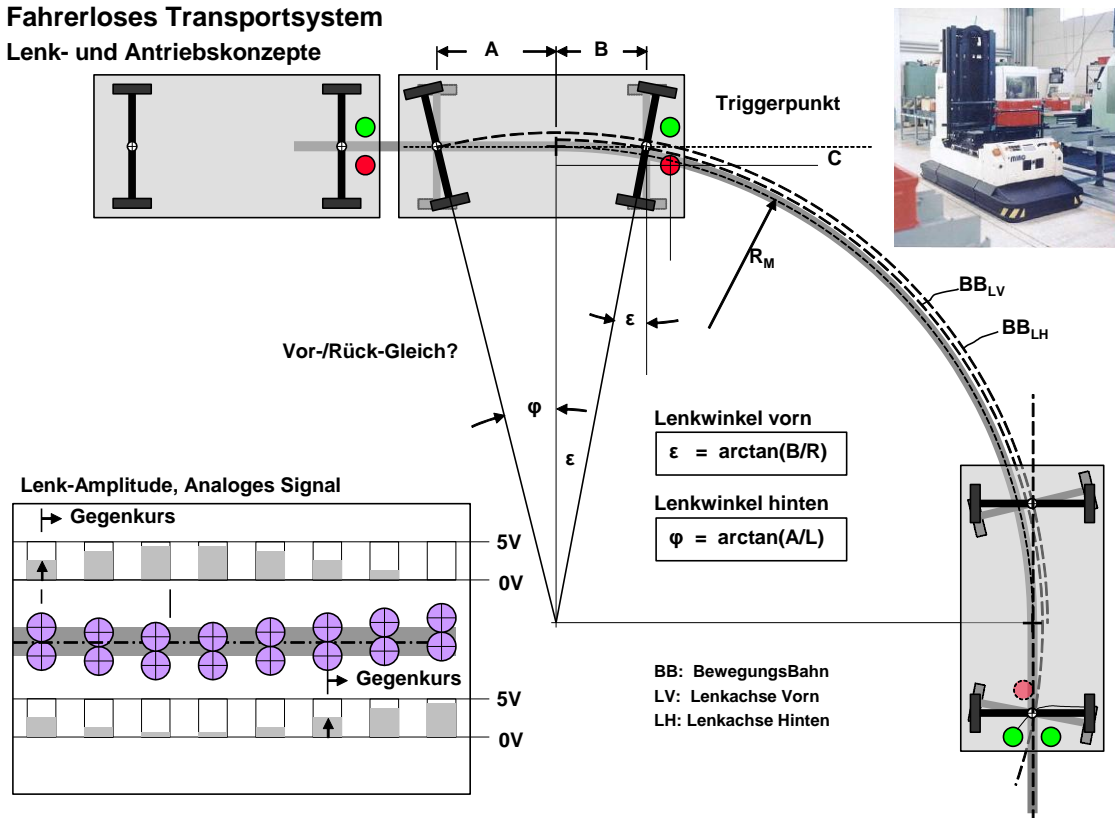


© D. Habenicht

Unstetigförderer

MLT-04-02-05-2

Fahrerloses Transportsystem Lenk- und Antriebskonzepte



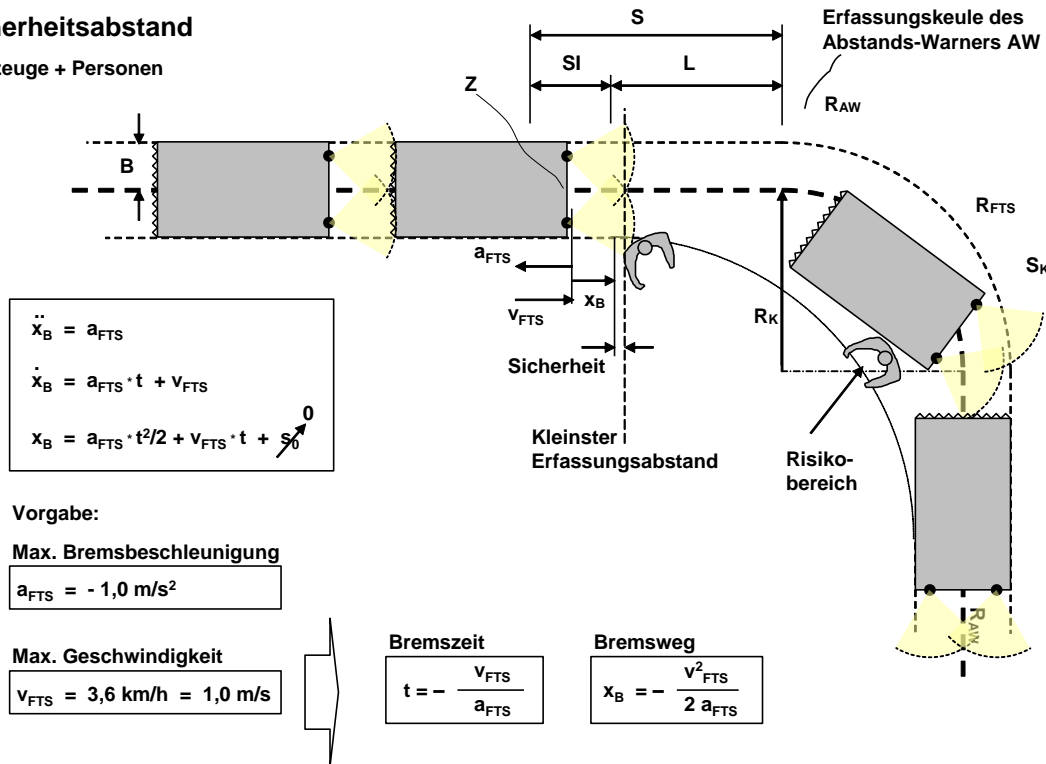
© D. Habenicht

Unstetigförderer

MLT-04-02-05-3

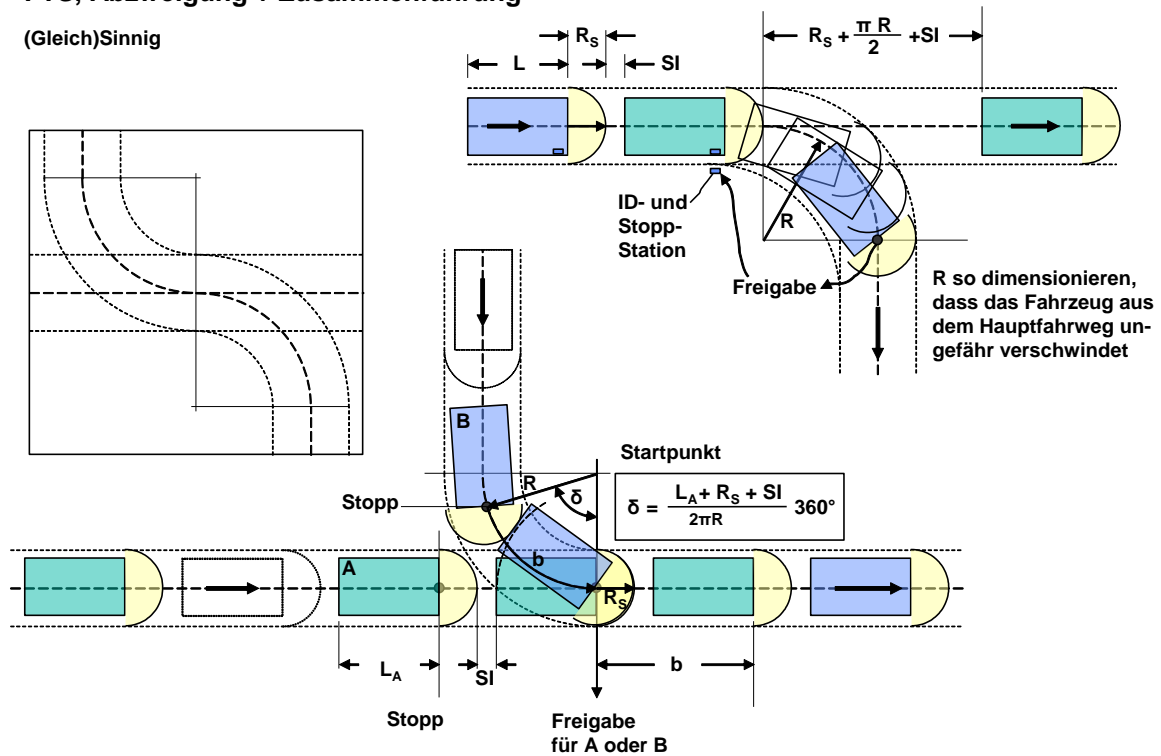
Sicherheitsabstand

Fahrzeuge + Personen

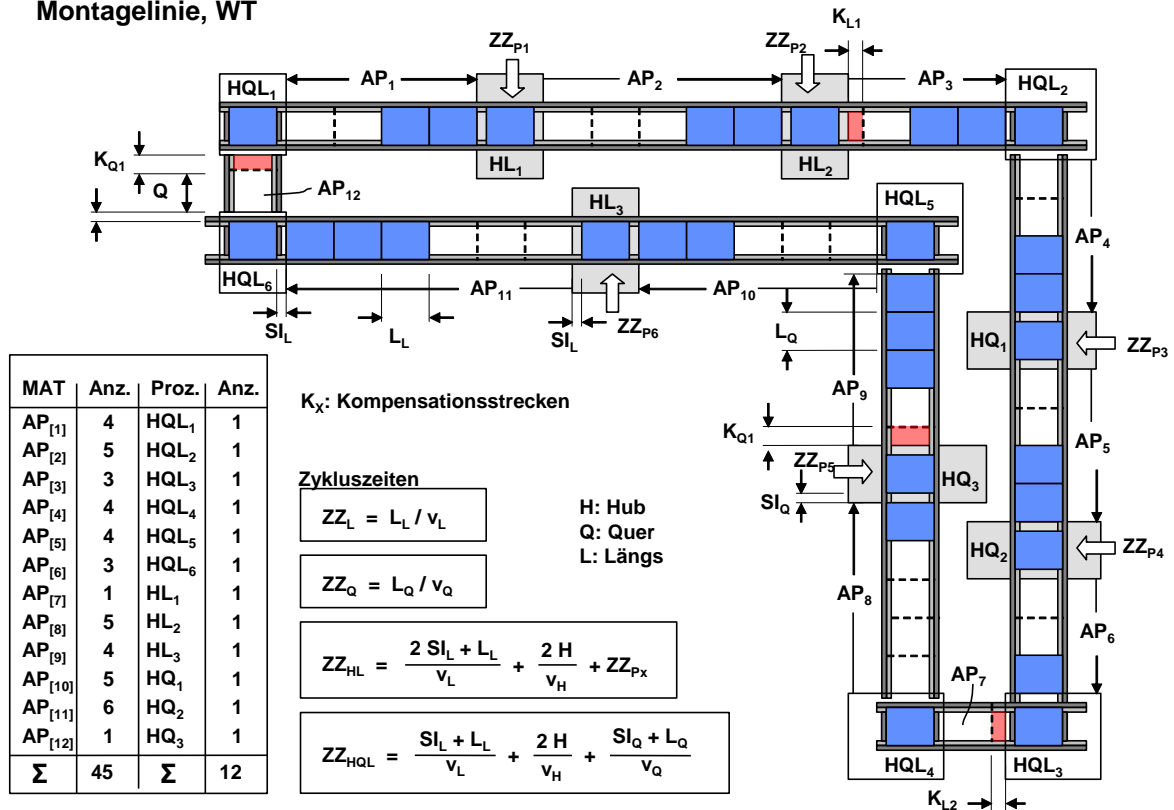


FTS, Abzweigung + Zusammenführung

(Gleich)Sinnig



Montagelinie, WT

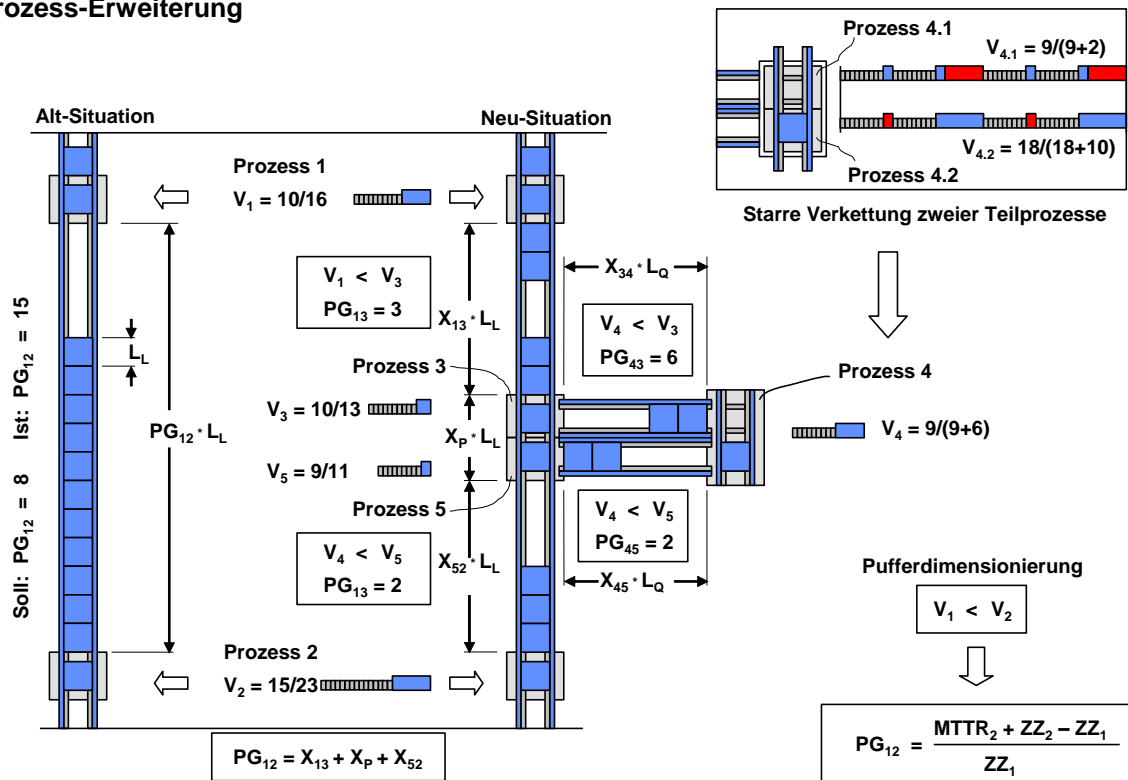


© D. Habenicht

Produktions-Anlagen

MLT-04-04-01-1

Prozess-Erweiterung



© D. Habenicht

Produktions-Anlagen

MLT-04-04-01-2

Durchlaufzeit

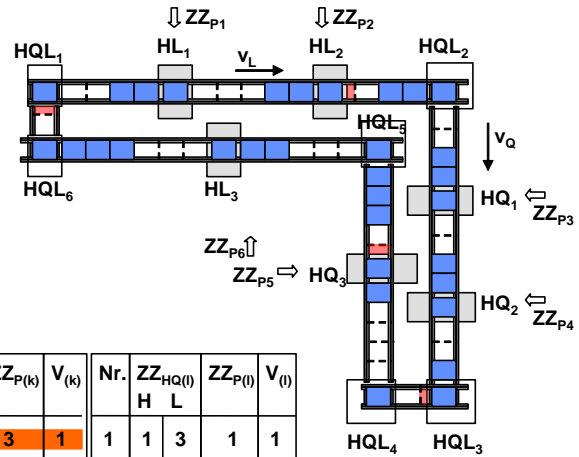
Nr.	AP _(i)	ZZ _{AP(i)}	ZZ _{K(i)}	V _(i)
1	4	3		1
2	5	3		1
3	3	3	1	1
4	4	2		1
5	4	2		1
6	3	2		1
7	1	3	1	1
8	5	2		1
9	4	2	1	1
10	5	3		1
11	6	3		1
12	1	2	1	1

Nr.	ZZ _{HQL(j)}			V _(j)
	H	Q	L	
1	1	2	3	1
2	1	2	3	1
3	1	2	3	1
4	1	2	3	1
5	1	2	3	1
6	1	2	3	1

Nr.	ZZ _{HL(k)}		ZZ _{P(k)}	V _(k)
	H	L		
1	1	3	3	1
2	1	3	1	1
3	1	3	2	1

Nr.	ZZ _{HQ(l)}		ZZ _{P(l)}	V _(l)
	H	L		
1	1	3	1	1
2	1	3	2	1
3	1	3	2	1

H: Hub
Q: Quer
L: Längs



Durchlaufzeit DLZ eines WT

$$DLZ = \sum_{i=1}^n \frac{(ZZ_{AP(i)} + ZZ_{K(i)})}{V_{(i)}} + \sum_{j=1}^m \frac{ZZ_{HQL(j)}}{V_{(j)}} + \sum_{k=1}^o \frac{(ZZ_{HL(k)} + ZZ_{P(k)})}{V_{(k)}} + \sum_{k=1}^o \frac{(ZZ_{HL(k)} + ZZ_{P(k)})}{V_{(l)}} + \sum_{l=1}^p \frac{(ZZ_{HL(l)} + ZZ_{P(l)})}{V_{(l)}}$$

Engpass-Prozess durch Vergleich

	ZZ _{HL}	ZZ _{Px}	V _(k)
H	1	3	3
L	1	3	3

→ ZZ_{ENG}

Optimale Anzahl WT

$$AWT = DLZ / ZZ_{ENG}$$

Notwendige Anzahl Werkstückträger WT

$$ZZ_L = L / V_L$$

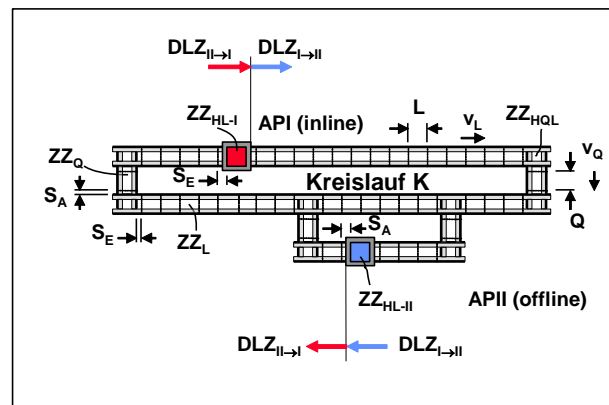
$$ZZ_Q = Q / V_Q$$

$$ZZ_{HL-X} = ZZ_H + ZZ_L + S_X / V_L + ZZ_{PX}$$

$$ZZ_{HQL} = S_E / V_L + ZZ_L + ZZ_H + ZZ_Q + S_A / V_L$$

$$S_A > S_E \quad S_X = S_A$$

$$S_A < S_E \quad S_X = S_E$$



Die Durchlaufzeit eines Transport-Segments beginnt am Ende eines Prozesses und endet am Ende des Folgeprozesses.

Mindest-Anzahl Werkstückträger AWT im ungestörten Betrieb !

ZZ_{ENG} ist die größte Zykluszeit einer Prozesskette, also wenn ZZ_{HL-I} > ZZ_{HL-II} dann ist ZZ_{ENG} = ZZ_{HL-I}

Teilmenge AWT_{I→II}

$$AWT_{I \rightarrow II} = \frac{DLZ_{I \rightarrow II}}{ZZ_{ENG}}$$

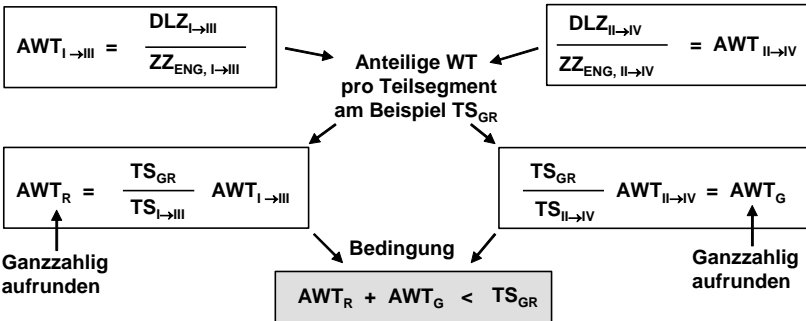
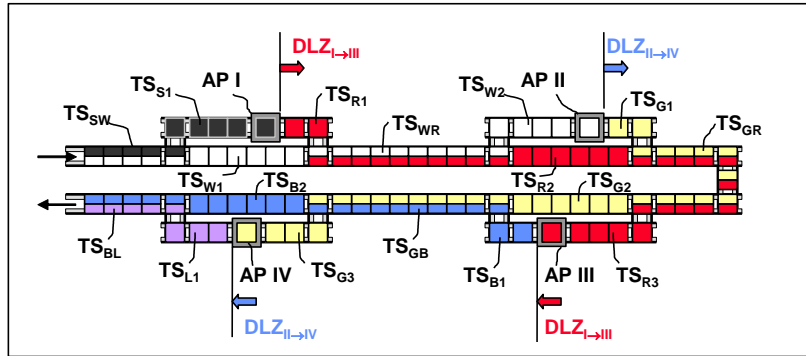
Teilmenge AWT_{II→I}

$$AWT_{II \rightarrow I} = \frac{DLZ_{II \rightarrow I}}{ZZ_{ENG}}$$

Gesamtmenge im Kreislauf AWT_K

$$AWT_K = AWT_{I \rightarrow II} + AWT_{II \rightarrow I}$$

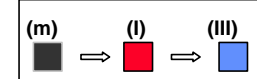
Anzahl WT, Varianten-Problem



Prozesskette Produkt A



Prozesskette Produkt B



Anzahl WT-Plätze in den Teil-Strängen

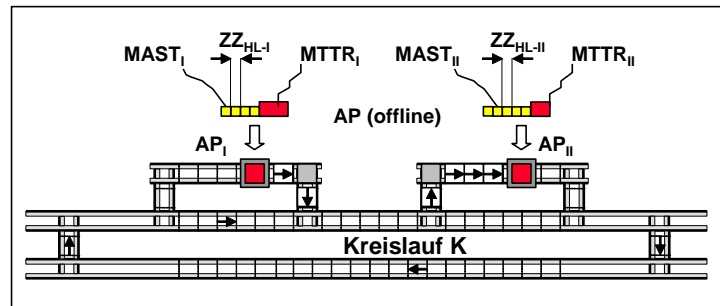
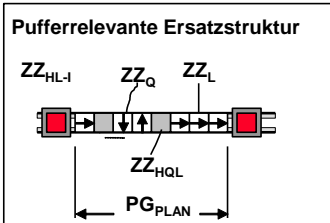
TS_{R1}	2	TS_{G1}	2
TS_{WR}	10	TS_{GR}	11
TS_{R2}	6	TS_{G2}	6
TS_{GR}	11	TS_{GB}	10
TS_{R3}	5	TS_{G3}	4
$TS_{I \rightarrow III}$	34	$TS_{II \rightarrow IV}$	33

Notwendige Anzahl AWT im Transp.-Segment

Durchlaufzeit DLZ

TS: Anzahl Plätze im Transportsegment

Varianten-Fertigung Bypass-Auslegung



Der Bypass-Puffer verhindert ein Mehrfach-Umlaufen von WTs bei Störungen in der Station

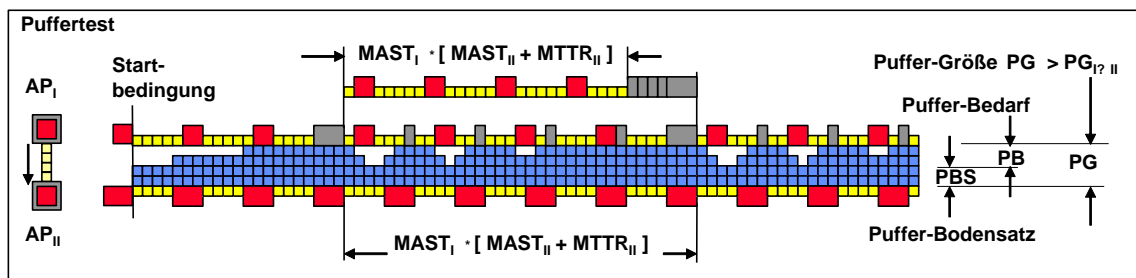
Kreislauf-Strecken sind daher nicht zur Pufferung bestimmt.

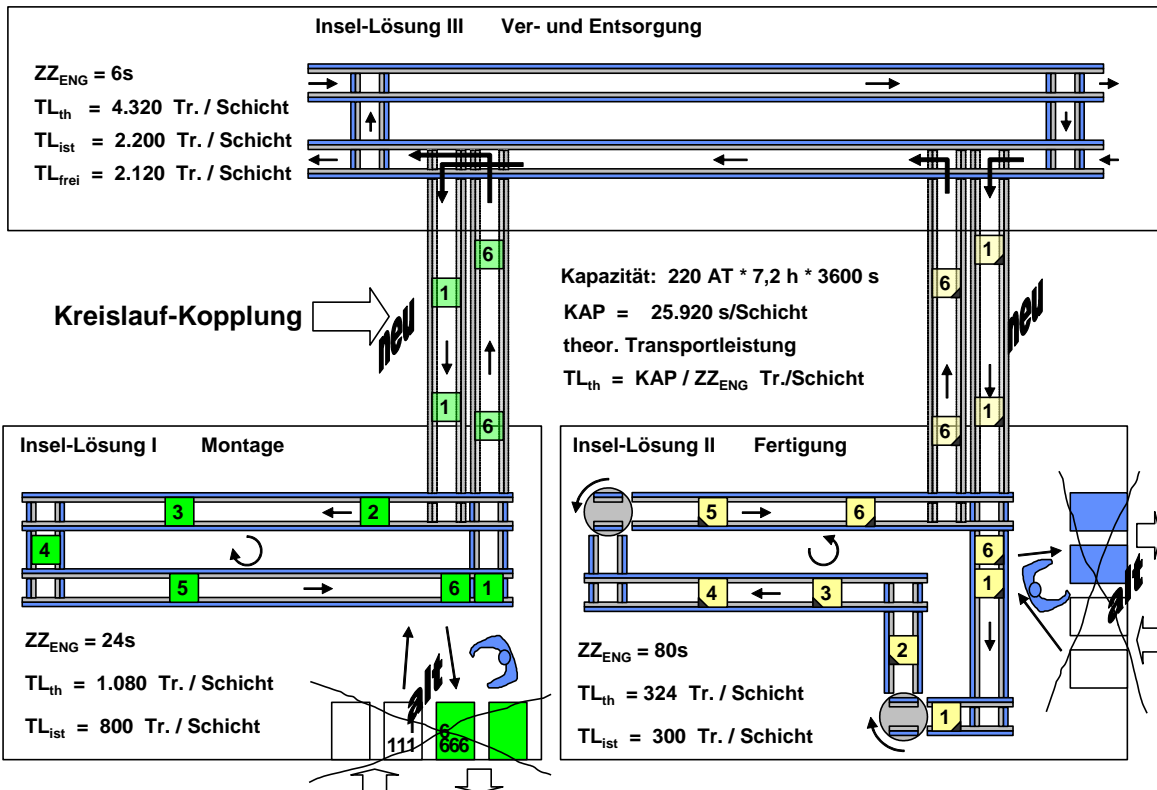
Zwischen Bearbeitung und Kreislauf muß ein Pufferplatz zur rückwirkungsfreien Eisteuerung sein.

$$NT_x = ZZ_{HL-x} + \frac{MTTR_x}{MAST_x}$$

wenn $NT_I < NT_{II}$ dann

$$PG_{I? II} = \frac{MTTR_I + ZZ_{HL-I} - ZZ_{HL-II}}{ZZ_{HL-II}}$$





Fertigungssystem FTS Fahrerloses Transportsystem

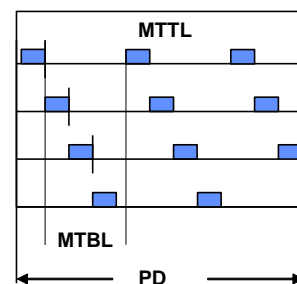
IB: Inline-Bearbeitung
OB: Offline-Bearbeitung

1 Ladestation / Kreislauf

MTBL: Mean-Time-Between-Load
MTTL: Mean-Time-To-Load

Anzahl möglicher Ladezyklen

$$A_{LZ} = PD / MTTL$$



1 Fahrzeug in Ladestation

Anzahl Fahrzeuge in Produktion

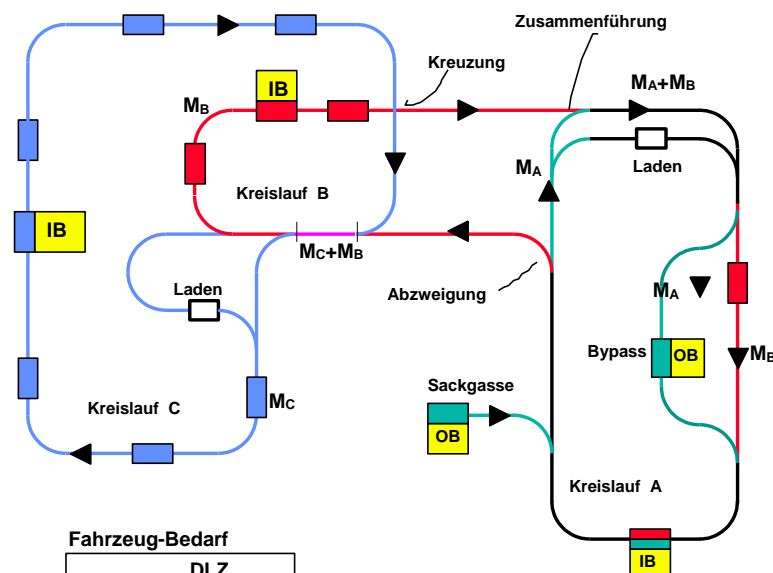
$$A_{FTS} = MTBL / MTTL$$

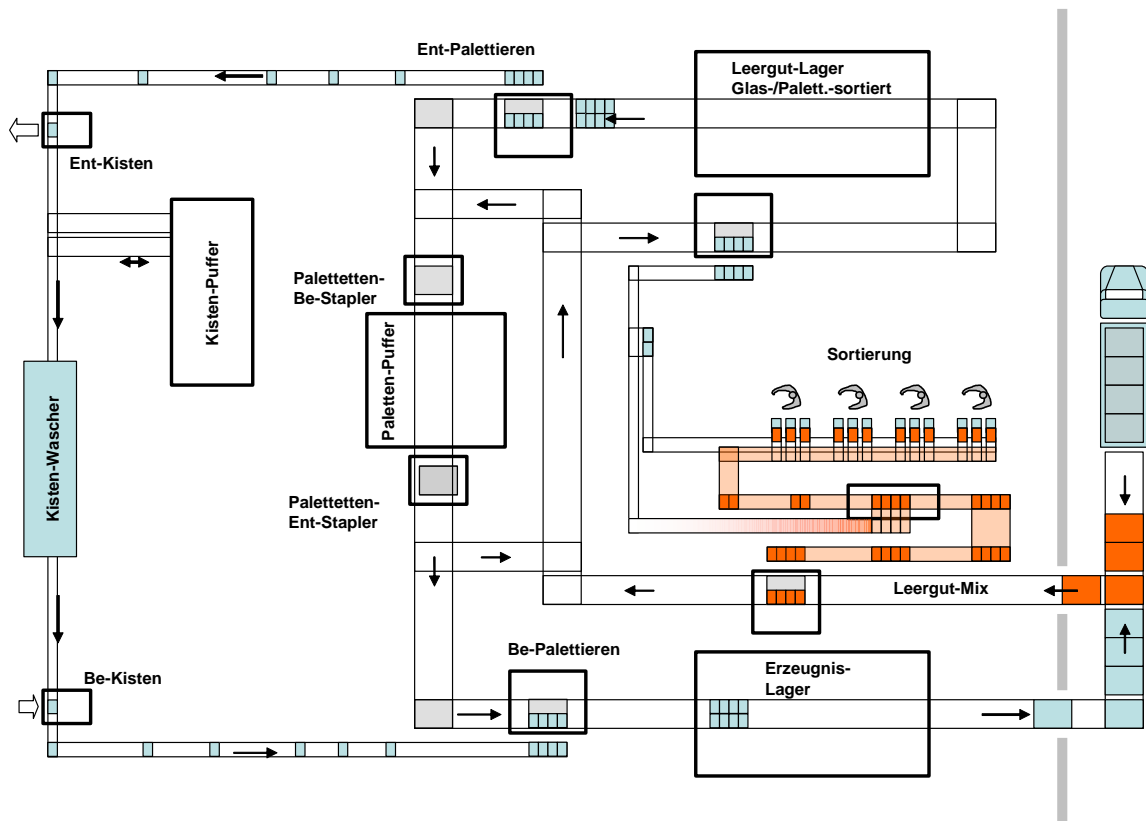
Anzahl Ladestationen

$$A_{LS} = B_{FTS} / A_{FTS}$$

Fahrzeug-Bedarf

$$B_{FTS} = \frac{DLZ}{ZZ_{ENG}}$$





Betriebsverhalten

Normalfall: $ZZ_{LIE} \neq ZZ_{ENG}$

Drückende Fertigung

$$NT_{LIE} < NT_{ENG}$$

Nutztakt

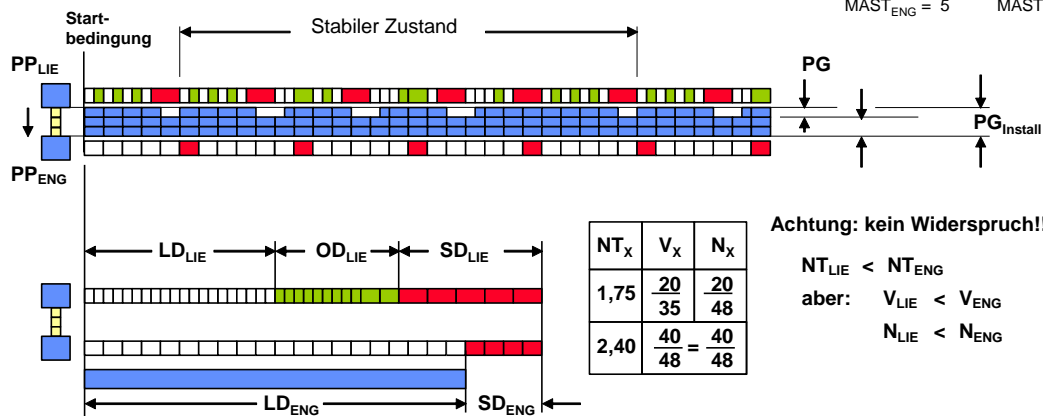
$$NT_X = ZZ_X + \frac{MTTR_X}{MAST_X}$$

Genutzte Puffer-Größe

$$PG = \frac{MTTR_X + ZZ_X - ZZ_{ENG}}{ZZ_{ENG}}$$

$$ZZ_{ENG} = ZZ_{LIE} = 1s \quad MTTR_{ENG} = 7s \quad MTTR_{LIE} = 3s$$

$$MAST_{ENG} = 5 \quad MAST_{LIE} = 4$$



Laufdauer

$$LD_X = ZZ_X \cdot \prod_{i=1}^n [MAST_i]$$

Stördauer

$$SD_X = \frac{MTTR_X}{MAST_X} \cdot \prod_{i=1}^n [MAST_i]$$

Organisationsdauer

$$OD_{LIE} = LD_{ENG} - LD_{LIE} + SD_{ENG} - SD_{LIE}$$

Betriebsverhalten

Ziehende Fertigung

Genutzte Puffer-Größe

Normalfall: $ZZ_{ENG} \neq ZZ_{KUN}$

$$NT_{LIE} > NT_{ENG}$$

$$NT_X = ZZ_X + \frac{MTTR_X}{MAST_X}$$

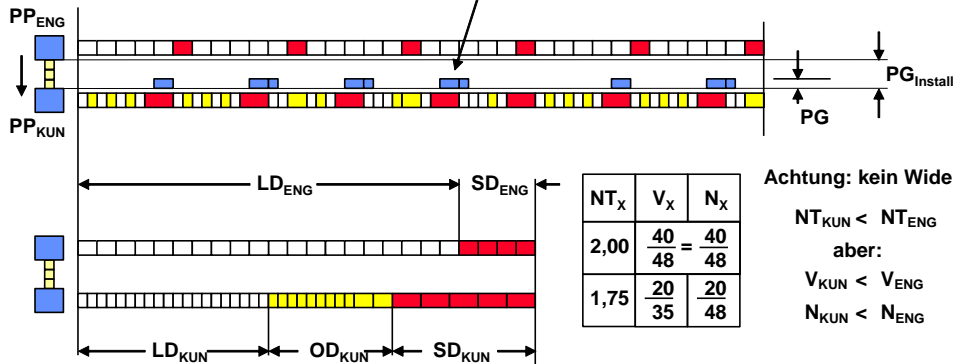
$$PG = \frac{MTTR_X + ZZ_X - ZZ_{ENG}}{ZZ_{ENG}}$$

$$ZZ_{ENG} = ZZ_{LIE} = 1s$$

$$MTTR_{ENG} = 7s \quad MTTR_{LIE} = 3s$$

$$MAST_{ENG} = 5 \quad MAST_{LIE} = 4$$

Pufferverhalten komplementär zur drückenden Fertigung



Achtung: kein Widerspruch!!

$$NT_{KUN} < NT_{ENG}$$

aber:

$$V_{KUN} < V_{ENG}$$

$$N_{KUN} < N_{ENG}$$

Laufdauer

$$LD_X = ZZ_X \cdot \prod_{i=1}^n [MAST_i]$$

Stördauer

$$SD_X = \frac{MTTR_X}{MAST_X} \cdot \prod_{i=1}^n [MAST_i]$$

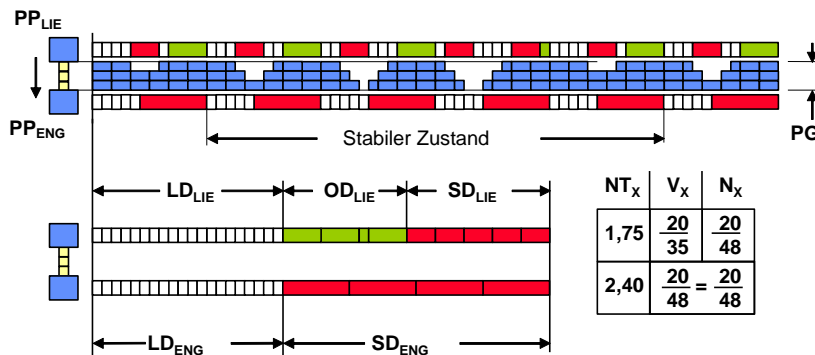
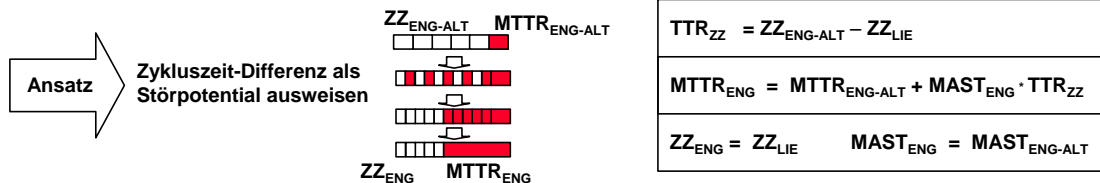
Organisationsdauer

$$OD_{KUN} = LD_{ENG} - LD_{KUN} + SD_{ENG} - SD_{KUN}$$

Betriebsverhalten

Normalfall: $ZZ_{LIE} \neq ZZ_{ENG}$

Vergleiche Bild MLT-04-04-04-1



Die neue Zykluszeit verstärkt den Bedarf der Puffergröße

Laufdauer

$$LD_X = ZZ_X \cdot \prod_{i=1}^n [MAST_i]$$

Stördauer

$$SD_X = \frac{MTTR_X}{MAST_X} \cdot \prod_{i=1}^n [MAST_i]$$

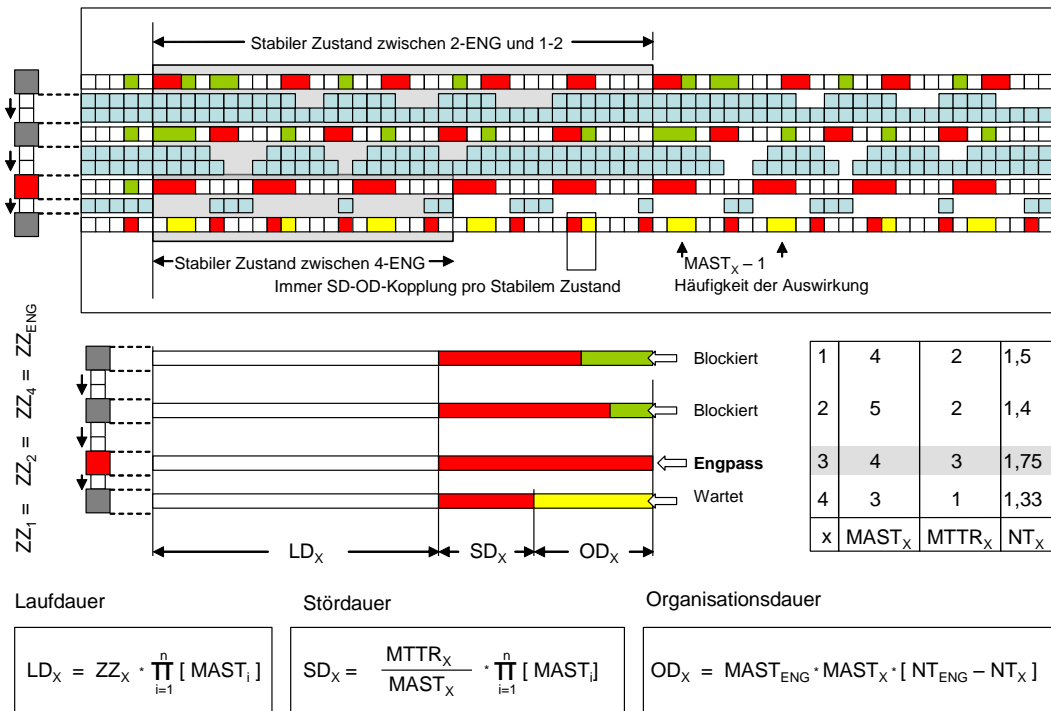
Organisationsdauer

$$OD_{LIE} = SD_{ENG} - SD_{LIE}$$

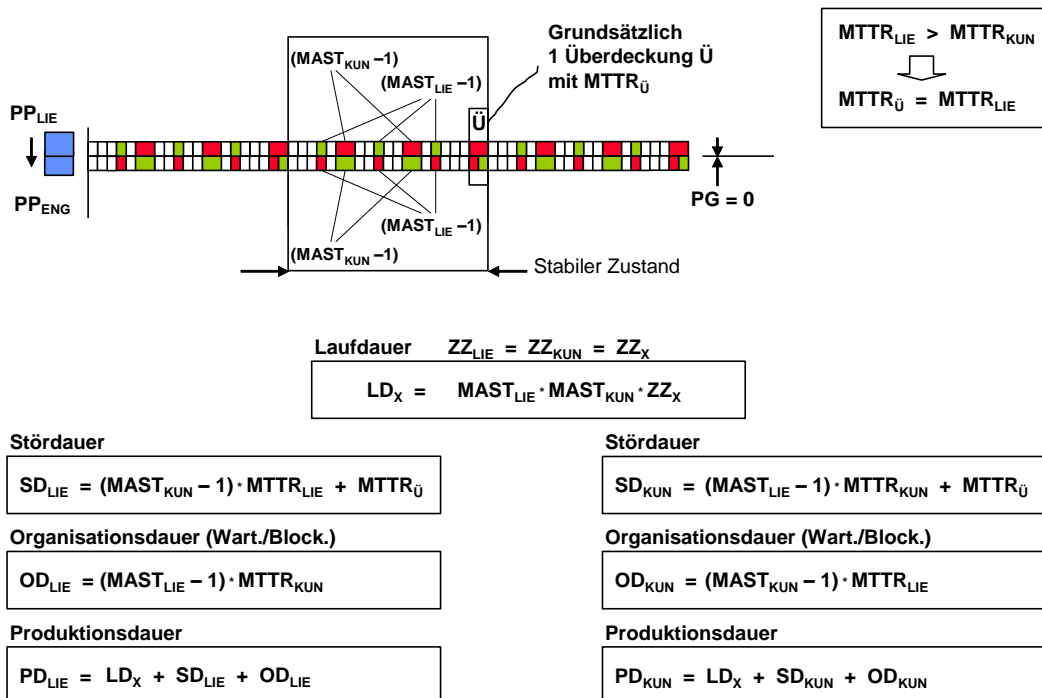
Genutzte Puffer-Größe wenn $ZZ_{ENG} = ZZ_{LIE}$

$$PG_{NEU} = \frac{MTTR_X}{ZZ_{ENG}}$$

Betriebsverhalten

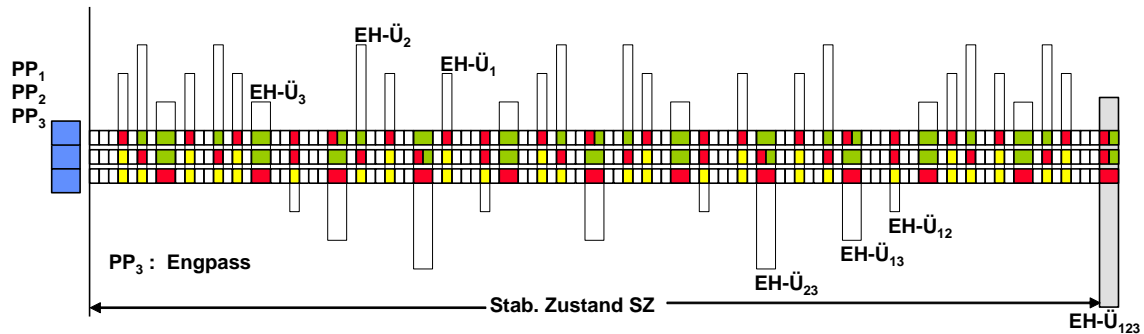


Starre Verkettung / Null-Puffer



Starre Verkettung / Null-Puffer

PP ₁		MAST ₁ = 3	MTTR ₁ = 1
PP ₂		MAST ₂ = 4	MTTR ₂ = 1
PP ₃		MAST ₃ = 5	MTTR ₃ = 2



Ereignis-Häufigkeit
Solo-Überdeckung \bar{U}_x

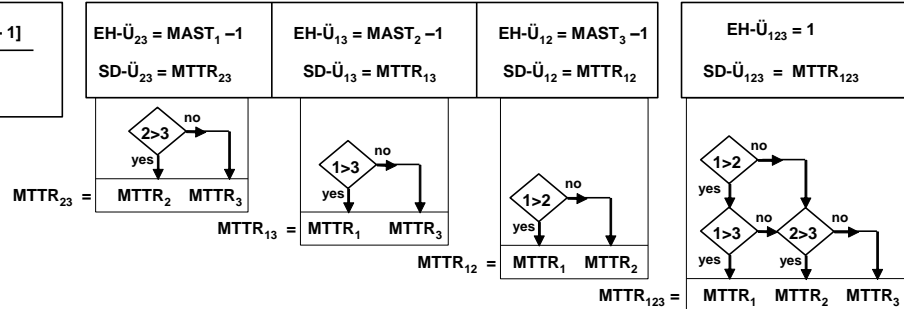
$$EH-\bar{U}_x = \frac{\prod_{i=1}^n [MAST_i - 1]}{MAST_x - 1}$$

$$SD-\bar{U}_x = MTTR_x$$

Ereignis-Häufigkeit

Kombi-Überdeckung \bar{U}_{xy}

Ereignis-Häufigkeit
SZ-Überdeckung \bar{U}_{xyz}

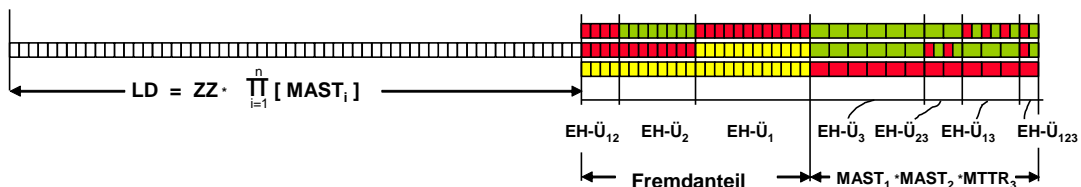
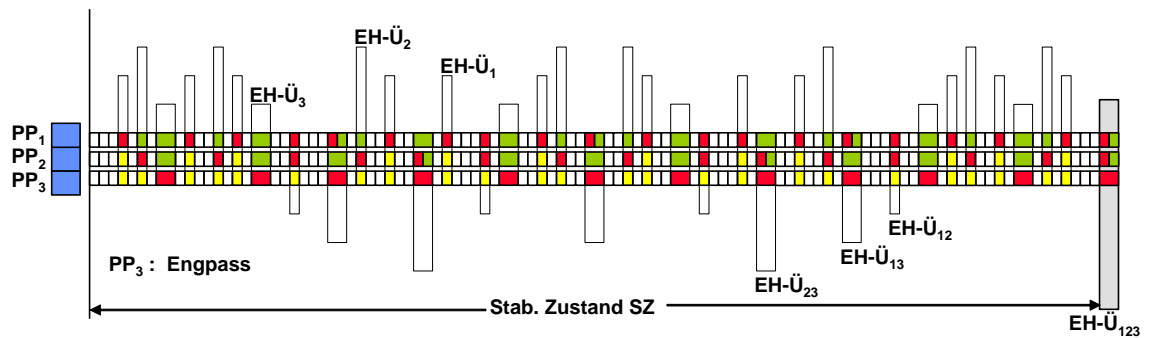


Fortsetzung Bild MLT-04-04-05-7

Starre Verkettung / Null-Puffer

Fortsetzung zum Bild MLT-04-04-05-6

PP ₁		MAST ₁ = 3	MTTR ₁ = 1
PP ₂		MAST ₂ = 4	MTTR ₂ = 1
PP ₃		MAST ₃ = 5	MTTR ₃ = 2



Nutzungsgrad des Engpasses PP₃

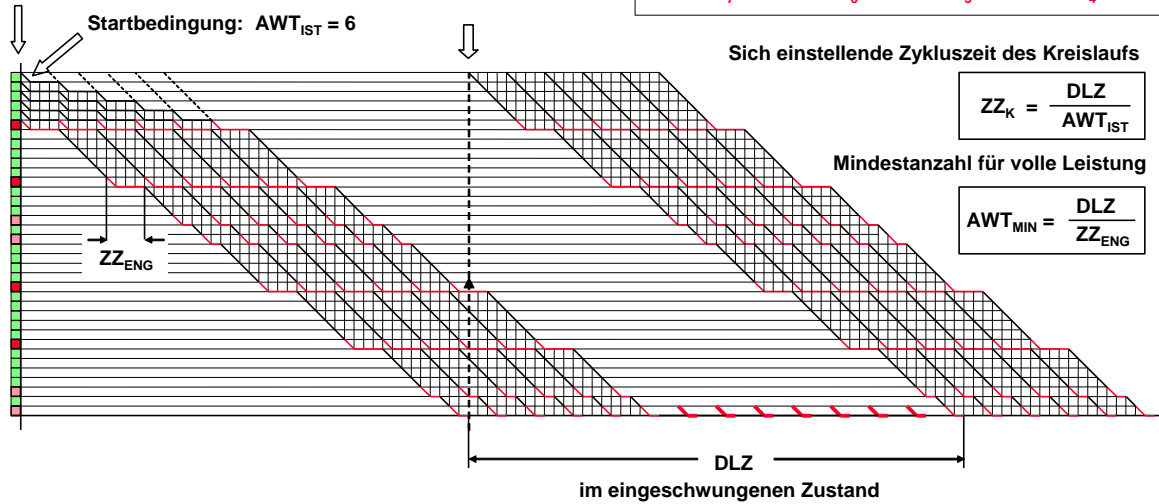
$$N_{ENG} = N_3 = \frac{LD}{LD + MAST_1 \cdot MAST_2 \cdot MTTR_3 + [EH-\bar{U}_{12} \cdot MTTR_{12} + EH-\bar{U}_{2} \cdot MTTR_2 + EH-\bar{U}_{1} \cdot MTTR_1]}$$

Eigenstöranteil

Fremdstöranteil

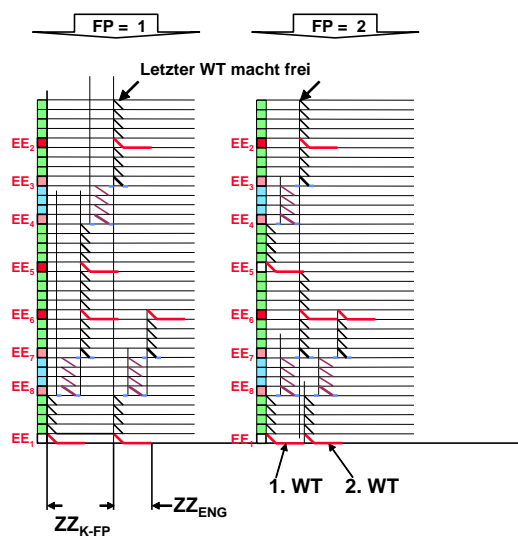
Durchlauf-Simulation

Reihenfolge der
Stau- und Einzel-
Elemente

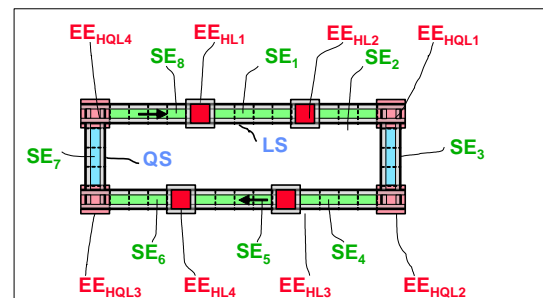


Durchlauf-Simulation

Anzahl der HQL EinzelElemente $A_{HQL} = 4$
Zykluszeitwirksam ist nur ein empfangendes
HQL-Element im Querstrang QS



StauElement
EinzelElement



Max. WT-Anzahl

$$AWT_{MAX} = \sum_{j=1}^n EE(j) + \sum_{i=1}^m ES(i)$$

Belegte Plätze

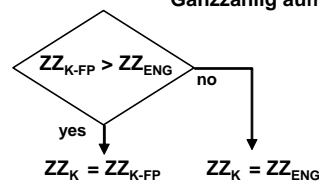
$$AWT = AWT_{MAX} - FP$$

FreiPlätze FP

Mittlere Zykluszeit des Kreislaufs durch FP

$$ZZ_{K-FP} = \frac{A_{HQL}}{2 * FP} [ZZL + 2 * ZZH + ZZQ]$$

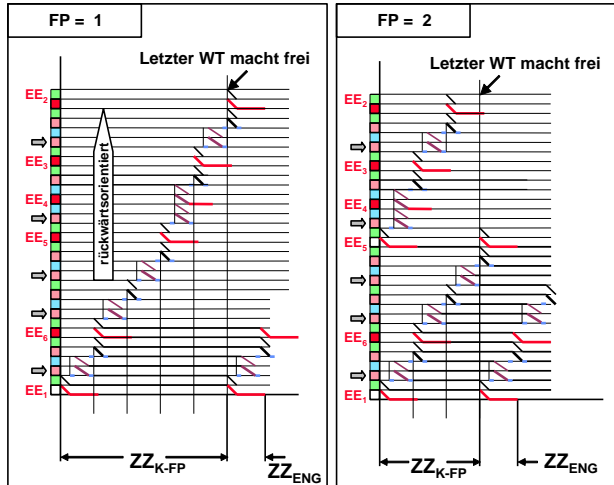
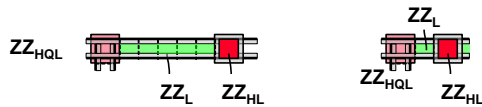
Ganzzahlig aufrunden



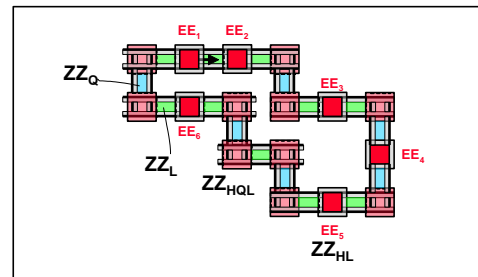
Durchlauf-Simulation

Stau-Elemente haben bei überfüllten Anlagen keine Auswirkung

Auf EinzelElemente Reduziertes Ersatzschaltbild



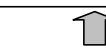
Reduzierte Anlagenstruktur



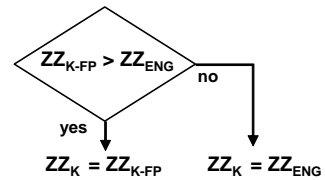
Anzahl der HQL EinzelElemente $A_{HQL} = 10$

Mittlere Zykluszeit des Kreislaufs durch FP

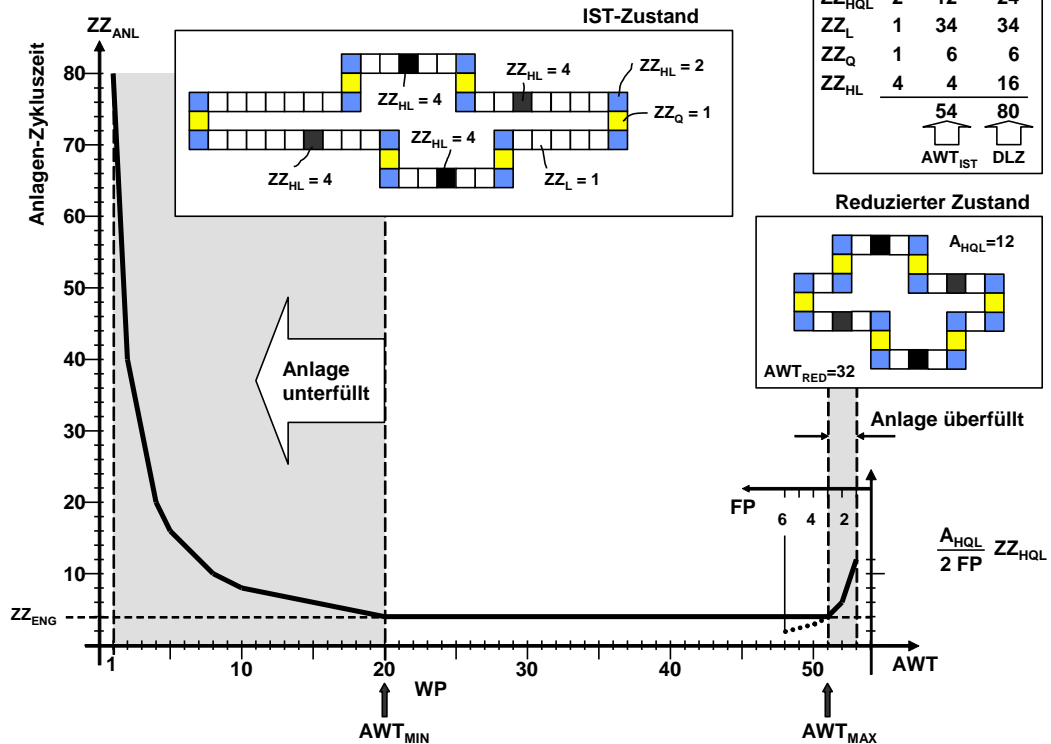
$$ZZ_{K-FP} = \left[\frac{A_{HQL}}{2 \cdot FP} \right] \cdot [ZZ_L + 2 \cdot ZZ_H + ZZ_Q]$$



Ganzzahlig aufrunden

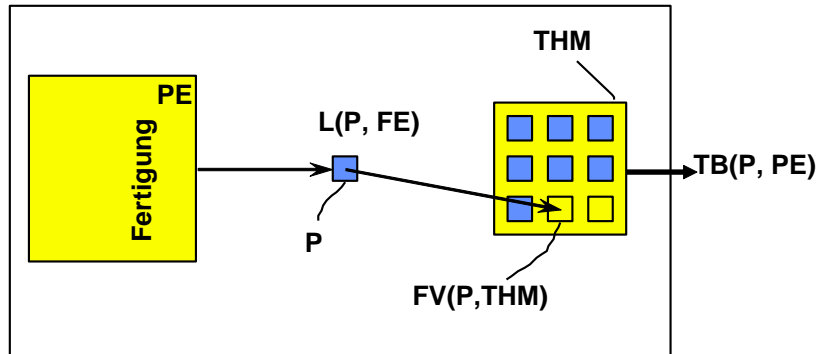


Anlagen-Zykluszeit = f (AWT)



Transport-Bedarf aus THM-Sicht

Die Situation



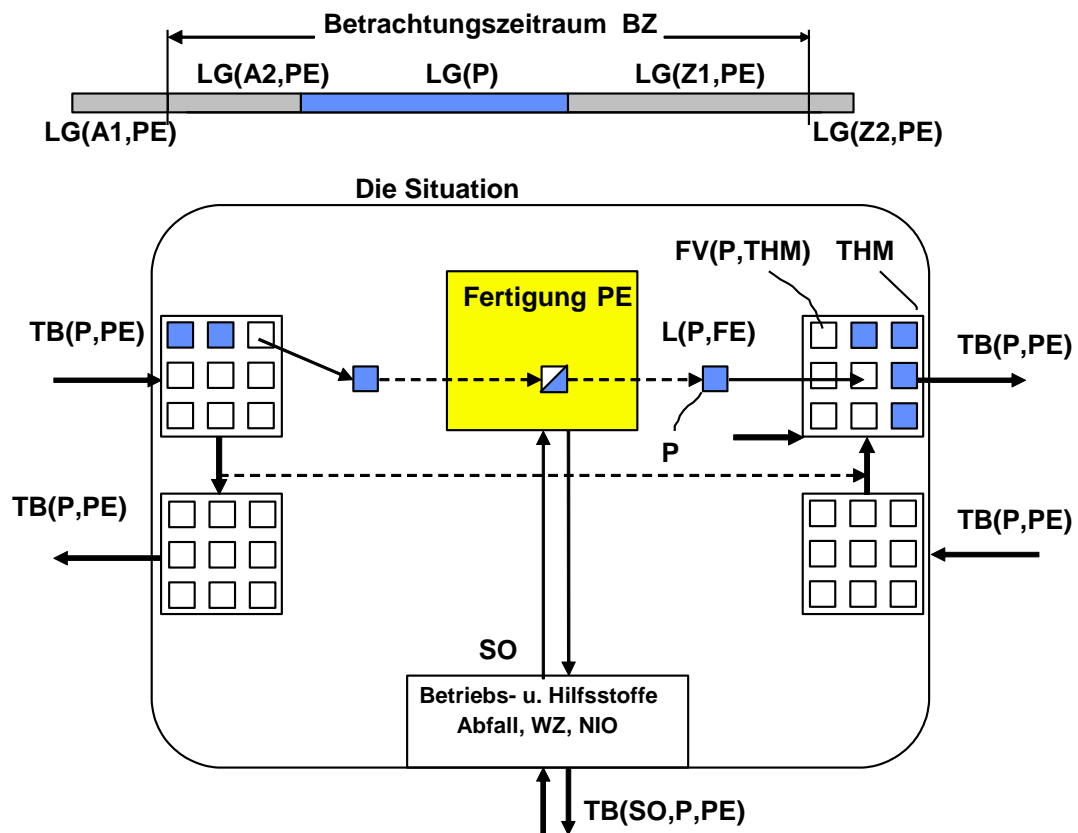
PE : ProduktionsEinrichtung
 AI : ArbeitsInhalt [min/Stck]
 P : Produkt P
 THM : TransportHilfsMittel
 L : Leistung [Stck/min]
 FV : Fassungs-Vermögen des THM (Stck/THM)

$$L(P, PE) = \frac{1}{AI(P, PE)} \left[\frac{\text{Stck}}{\text{min}} \right]$$

Transport-Bedarf aus THM-Sicht

$$TB(THM) = \frac{L(P, PE)}{FV(P, THM)} \left[\frac{\text{THM}}{\text{min}} \right]$$

Transport-Bedarf aus PE-Sicht



Transportbedarf pro Fertigungsauftrag

$$TB(i, PE) = \frac{LG(i, PE)}{FV(i, THM)} + \frac{LG(i, PE)}{FV(i, THM)} + TB(SO, i, PE)$$

Voll-THM Leer-THM

Transport-Bedarf aus PE-Sicht im BZ

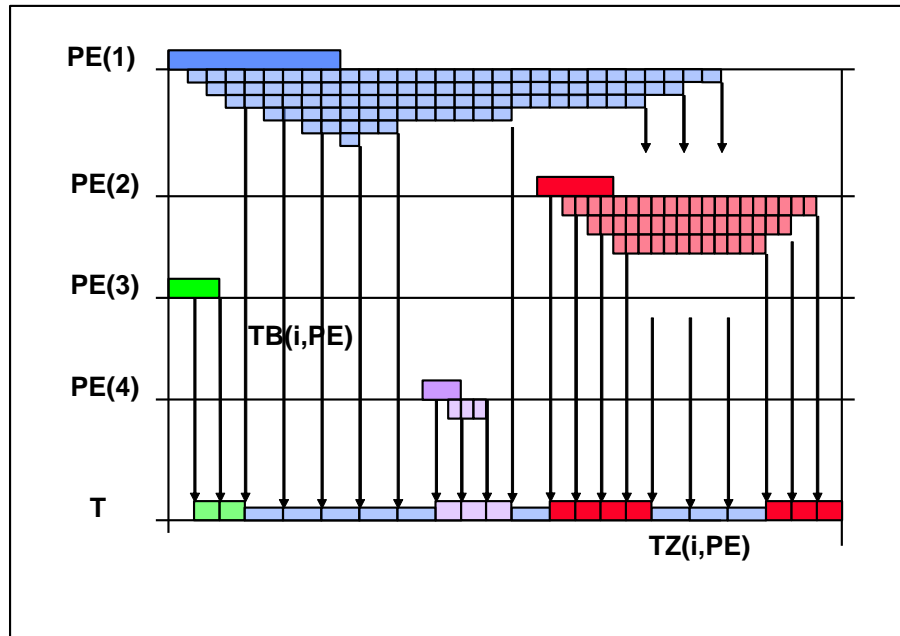
$$TB(PE) = \sum_{i=A}^Z TB(i, PE) \quad \left[\frac{\text{Anzahl}}{\text{BZ}} \right]$$

PE : ProduktionsEinrichtung
P : Produkt P

THM : Transport-Hilfsmittel
L : Stückleistung
FV : Fassungs-Vermögen [Stck/THM]

Transport-Bedarf aus TransporteurSicht

Die Situation



Transportbedarf aus TransporteurSicht TS

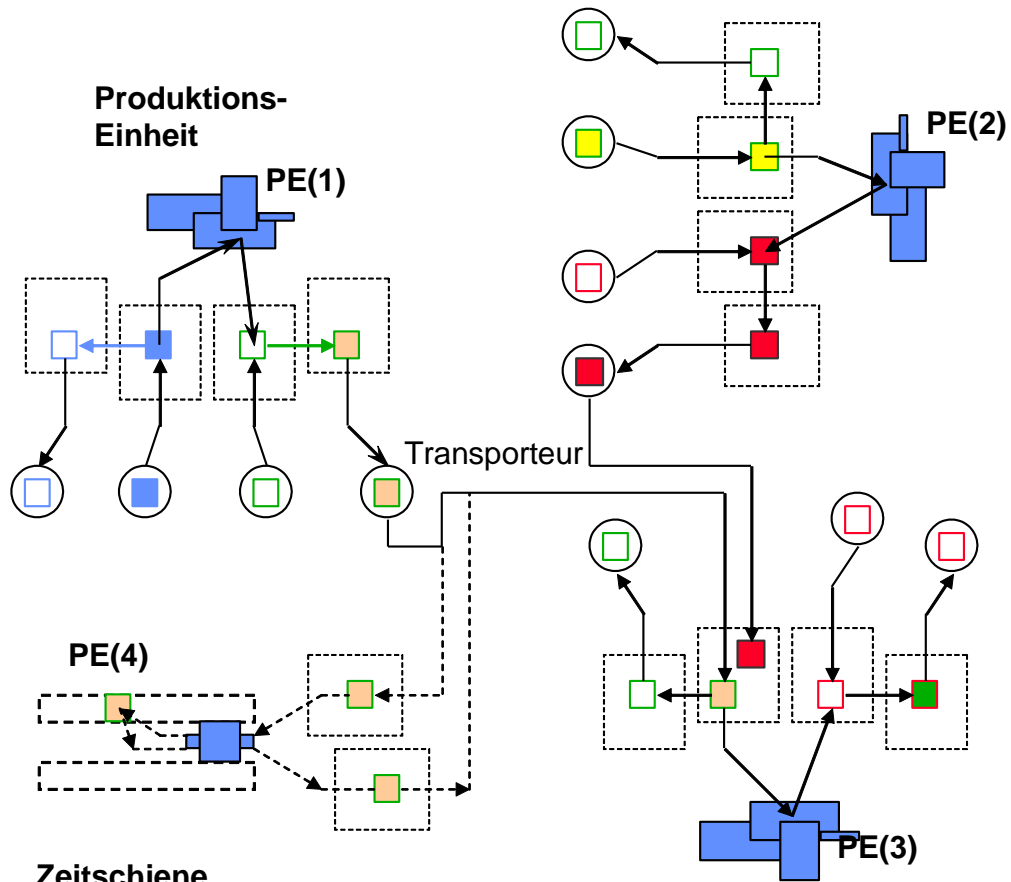
$$TB(TS) = \sum_{x=1}^{PE} TB(i, x)$$

Auslastung aus TransporteurSicht TS

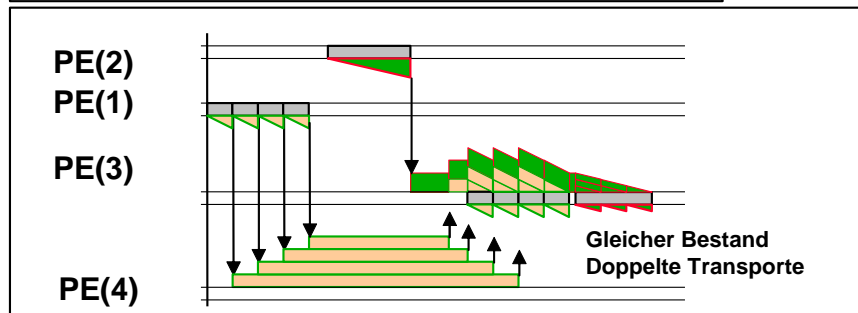
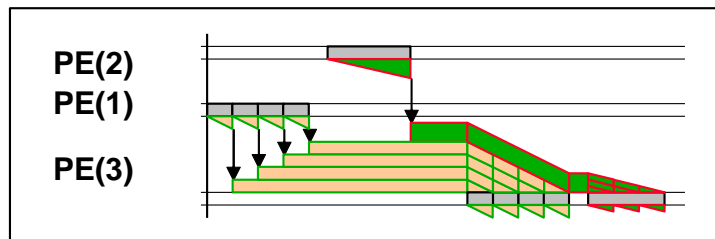
$$A(TS) = \sum_{x=1}^{PE} TB(i, x) * TZ(i, x)$$

PE : ProduktionsEinrichtung
 TR : Transporteur
 P : Produkt P
 THM : Transport-Hilfsmittel
 L : Leistung [Stck/min]
 FV : Fassungs-Vermögen [Stck/THM]

Transport-Bedarf bzw. -Mehrbedarf

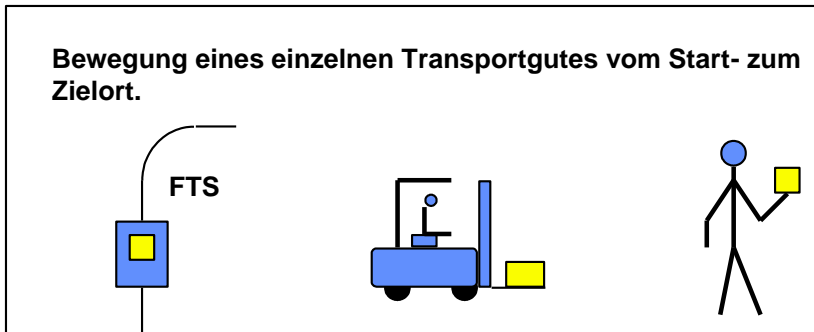


Zeitschiene

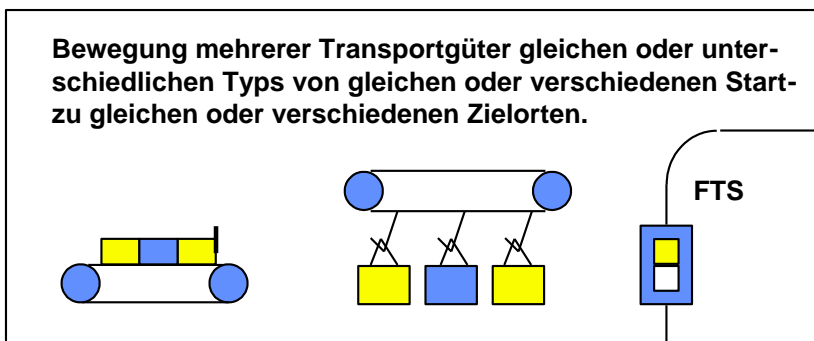


Transport-Auftrag

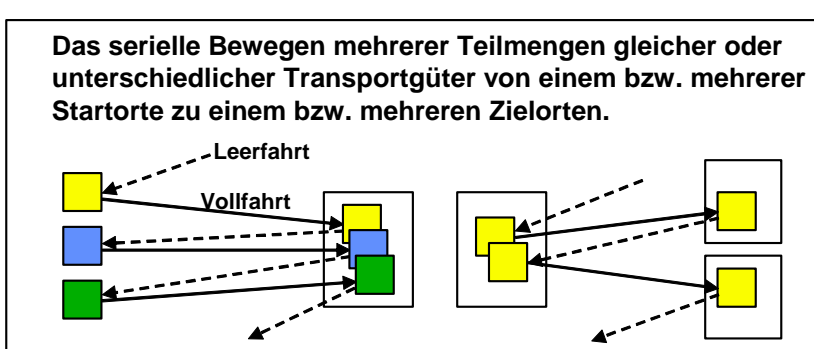
Einzel-Transport



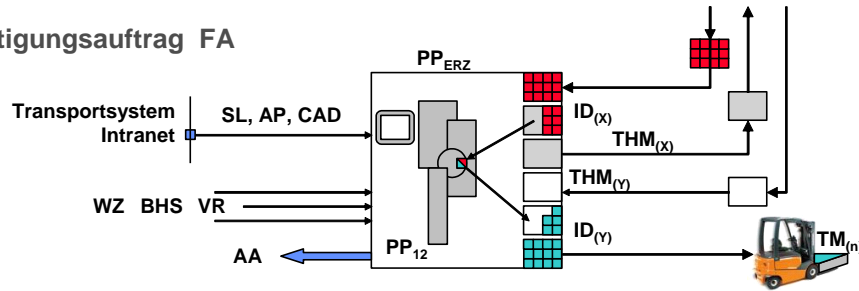
Mengen-/Block-Transport



Koppel-Transport



Der Fertigungsauftrag FA



Menge identischer und in Folge gefertigter Identnummernwechsel $ID_{(x)} \rightarrow ID_{(y)}$

Fertigungsauftragsmenge $FAM_{(ID)}$ soll ein Vielfaches des THM-Fassungsvermögens $FV_{(THM)}$ sein

Bereitstellung der FA-Unterlagen (AP: Arbeitsplan, CAD-Zeichnungen, SL: Stückliste etc.)

Bereitstellung der Werkzeuge WZ, der Vorrichtungen VR, der Betriebs- und Hilfsstoffe BHS und die Entsorgung der Abfallarten AA

FA	$ID_{(y)}$	$FAM_{(ID)}$	$AP_{(ID)}$	$CAD_{(ID)}$	$SL_{(ID)}$	$WZ_{(ID)}$	$VR_{(ID)}$	$BHS_{(ID)}$	$AA_{(ID)}$	AA-Menge [m³/ID]
002-2009	471100	0100	221870	553225 57.. 59..	341560	701288 73..	785401 75.. 76..	955435 97.. 98..	932301 91.. 92..	0,001
		$FV_{(THM)}$	Intranet							

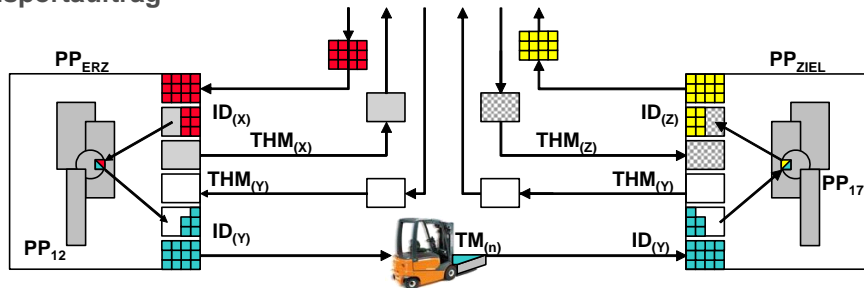
Transportauslösende Güter

© D. Habenicht

Steuerung / Verwaltung

MLT-04-05-02-1

Der Transportauftrag



Jede Identnummer $ID_{(i)}$ hat mindestens 1 Erzeugungs- PP_{ERZ} und mindestens 1 Zielort PP_{ZIEL}

Jede Identnummer $ID_{(i)}$ hat ein eindeutiges Transporthilfsmittel $THM_{(m)}$ inkl. aller Inlets.

Jedes Transporthilfsmittel $THM_{(m)}$ ist einem eindeutigen Typ Transportmittel $TM_{(n)}$ zuzuordnen.

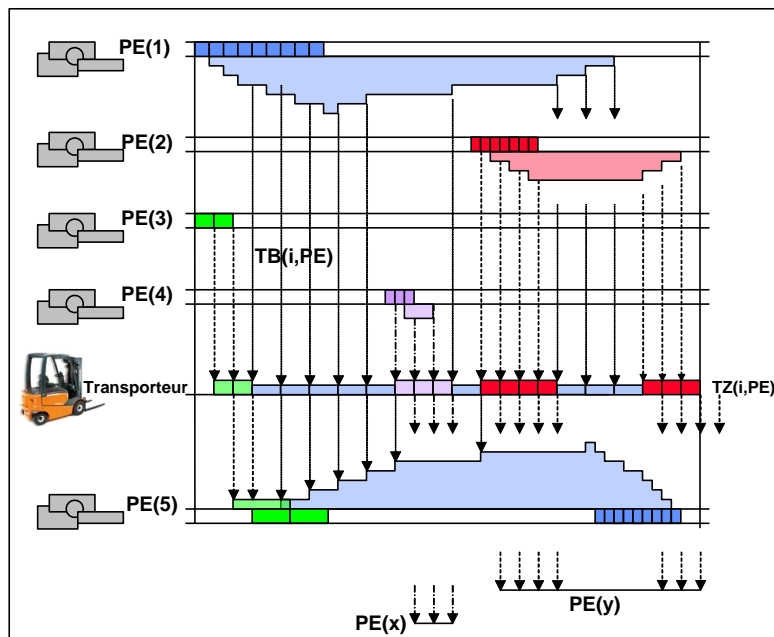
$ID_{(y)}$	THM-ID	Inlet-ID	FV-Inlet	Rahmen-ID	Inlet-Anzahl	$FV_{(THM)}$ [Stck]	Gesamt-Gewicht [N]	PP_{ERZ}	PP_{ZIEL}	$TM_{(i)}$	Maximale Stapelhöhe auf $TM_{(i)}$
347110000	2080	0249	10	1249	5	50	250	012	017	50	1

© D. Habenicht

Steuerung / Verwaltung

MLT-04-05-02-2

Die Transport-Steuerung



© D. Habenicht

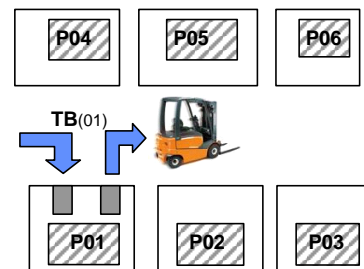
Steuerung / Verwaltung

MLT-04-05-02-3

Betriebsmittel

Produktionsprogramm

PE _{START}	ID	SJ	RH	TB _(01,i)	PE _{ZIEL}	TZ _(01,j)	TM _(x)
001	04711	2.000	10	50	031	10	356
001	00815	1.200	6	12	187	12	312
001	00007	4.000	10	30	007	10	348
001	01324	80	20	40	114	4	312
001	09876	1.000	10	20	071	10	312
001	04466	1.600	8	16	082	8	347
001	03311	100	4	8	004	8	312
..



Jahres-Transport-Bedarf

$$JTB_{(01)} = \sum_{i=1}^{ID} TB_{(01,i)}$$

Jahres-Transport-Kapazität $TM_{(312,01)}$

$$JTK_{(01,312)} = \sum_{i=1}^{ID} (TB_{(01,312,i)} \cdot TZ_{(01,312,i)})$$

Nutzbare Kapazität

$$KAP_N = A \cdot AT \cdot DS$$

Auslastung
Dauer d. Schicht
Arbeitsstage/Jahr

Jahres-Transport-Kapazität

$$JTK_{(312)} = \sum_{n=1}^{PE} JTK_{(n,312)}$$

Anzahl $TM_{(312)}$

$$A-TM_{(312)} = \frac{JTK_{(312)}}{KAP_N}$$

© D. Habenicht

Steuerung / Verwaltung

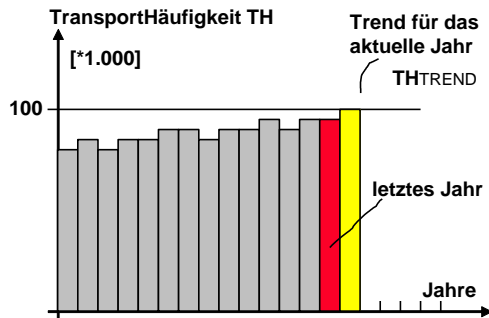
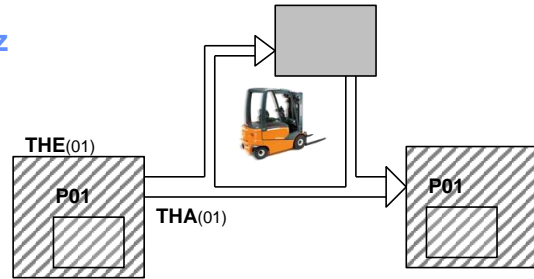
MLT-04-05-02-4

Betriebsmittel TransportKostensatz

Philosophie

Die Lager gehören zum Transportwesen. Im Abbau der Lager steckt das Potential zur Transportautomation.

6+2 Mitarbeiter im Transportwesen (2 in Verwalt.)
220 Arbeitstage
7 h/Tag



Trend: Überprüfung des Transportintervalls
TI = 5,45 min/Transp

JahresBelastung

JB(L) durch Lager z.B.: 279.846 ?/Jahr
JB(T) durch Transport z.B.: 307.580 ?/Jahr

TransportKostensatz TKS

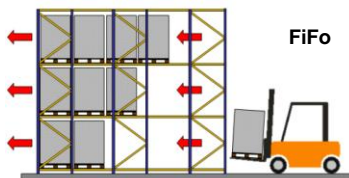
$$TKS = \frac{JB(L) + JB(T)}{THTREND} \quad [?/Transp.]$$

$$TKS = 5,88 \text{ ?/Transp.}$$

© D. Habenicht

Wertschöpfung durch Transport

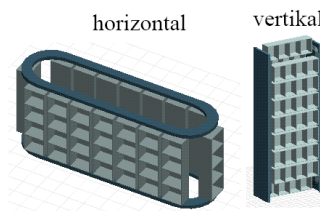
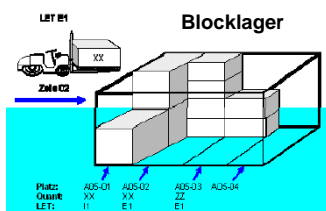
MLT-09-01



Das gezielte Nichtbewegen von Gütern

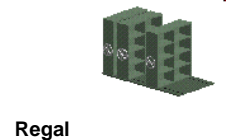
- meistens mit Kostenschöpfung
- oftmals mit Wertschöpfung

mit eindeutiger Lagerortzuweisung



horizontal

vertikal



Regal



Silo



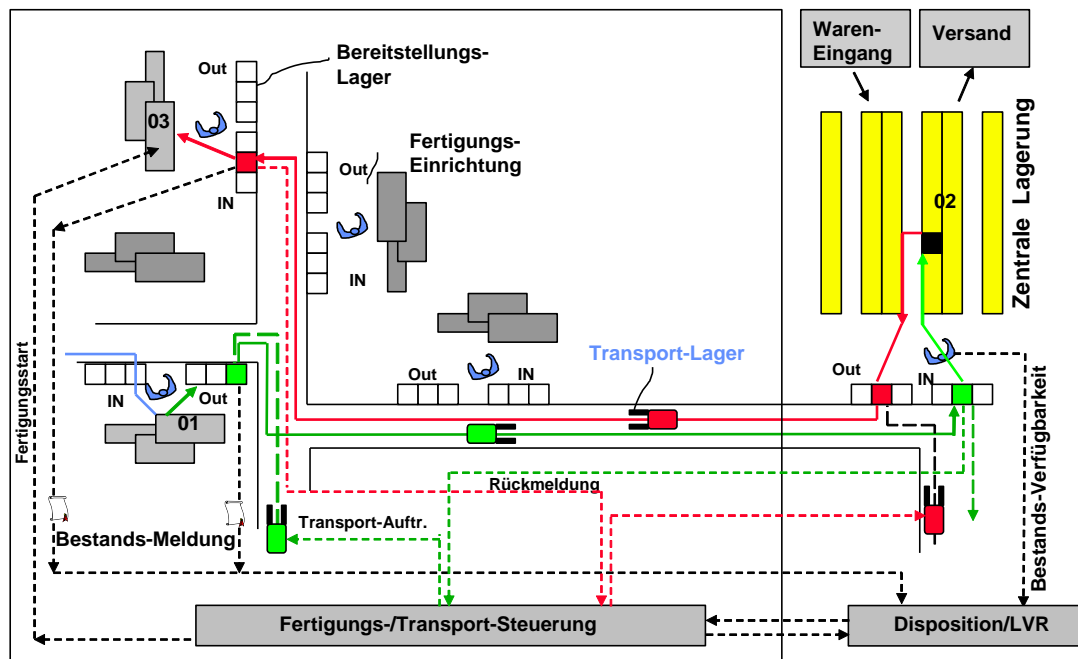
Halde

© D. Habenicht

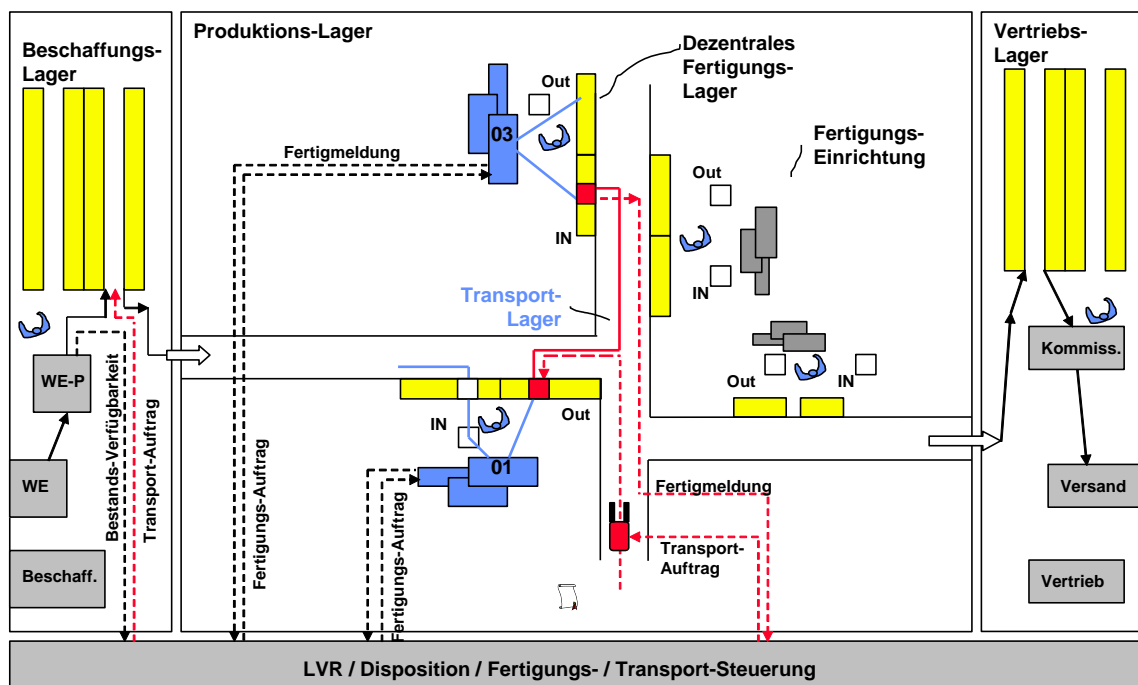
Struktur der Lagertechnik

MLT-05-00-1

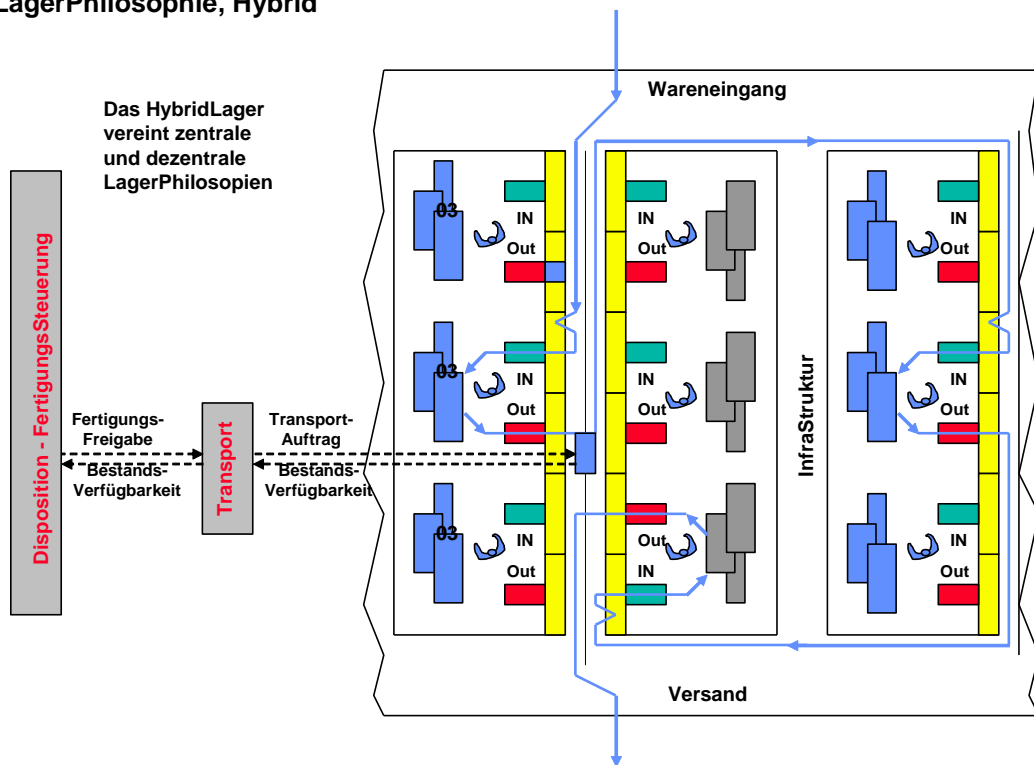
Lager-Philosophie, Zentral



Lager-Philosophie, Dezentral



LagerPhilosophie, Hybrid



© D. Habenicht

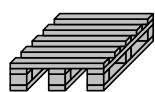
Lagertechnik

MLT-05-00-4

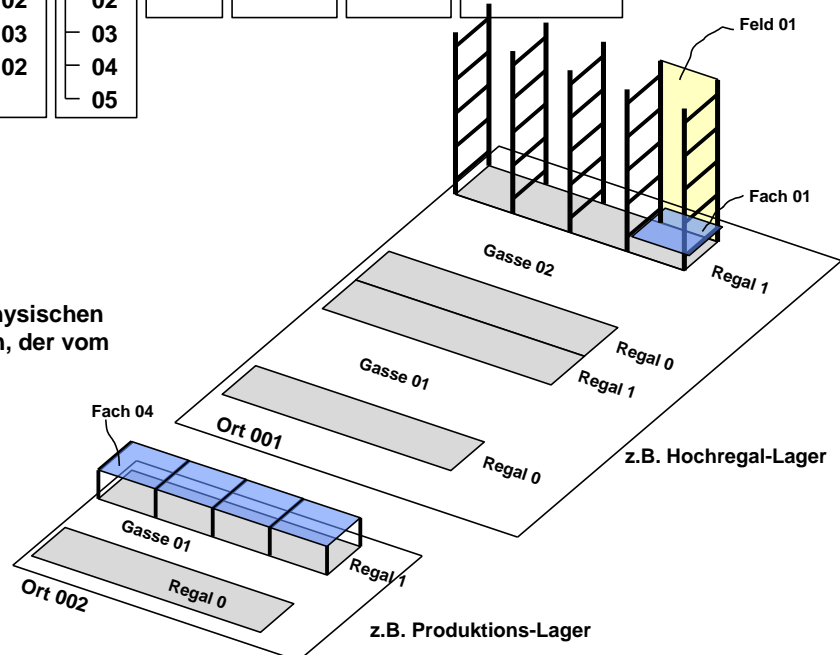
LagerOrganisation

Ort	Gasse	Regal	Feld	Fach	THM	ID	Menge	Ein-Lag-Dat
001	01	0	01	01	2415	3020311	245	15.03.2004
	02	1	02	02				
			03	03				
			02	04				
				05				
002								
013								

Philosophie:
Jeder Behälter hat einen physischen Lagerplatz im Unternehmen, der vom LVR verwaltet wird.



THM-Beispiel

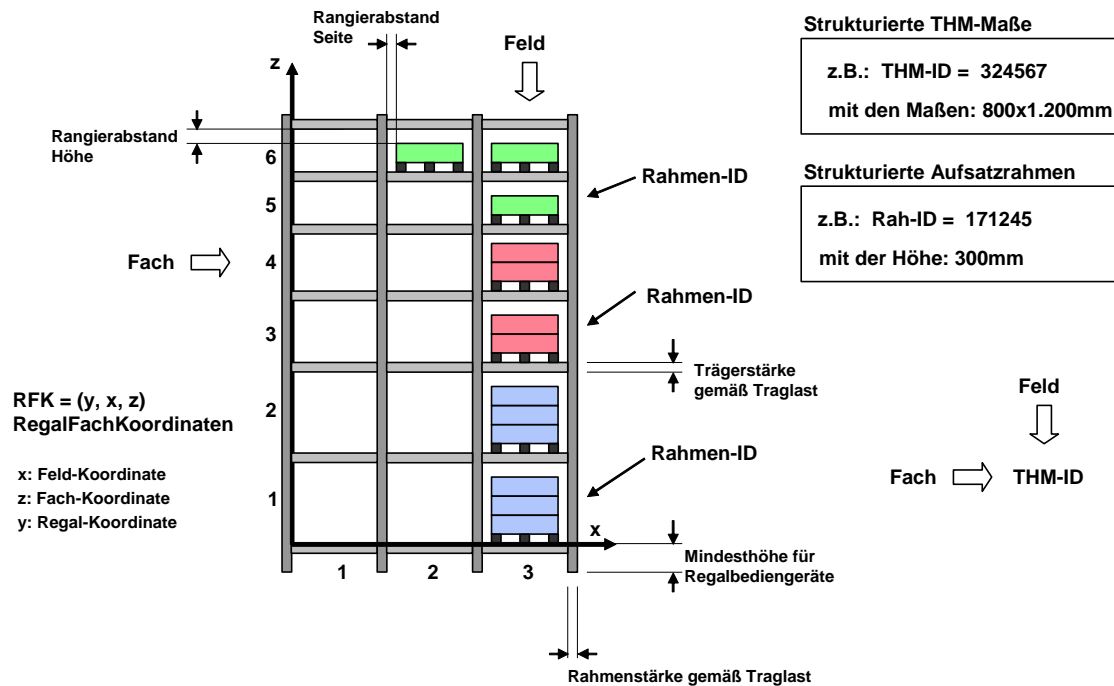


© D. Habenicht

Lagertechnik

MLT-05-01-1

Die Regalstruktur



Das Einzelspiel

Vertikale Zykluszeit

$$ZZ_V = \frac{y_e - y_0}{V(y)}$$

Beachte:
 $V(y) \uparrow \neq V(y) \downarrow$

Horizontale Zykluszeit

$$ZZ_H = \frac{x_e - x_0}{V(x)}$$

Fallunterscheidung

$$ZZ_V \uparrow > ZZ_H$$

$$ZZ_V \uparrow < ZZ_H$$

$$ZZ_V \downarrow > ZZ_H$$

$$ZZ_V \downarrow < ZZ_H$$

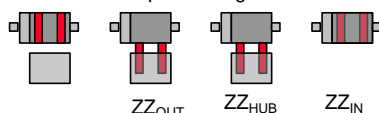
$$ZZ_{Hin} = ZZ_V \uparrow$$

$$ZZ_{Hin} = ZZ_H$$

$$ZZ_{Rück} = ZZ_V \downarrow$$

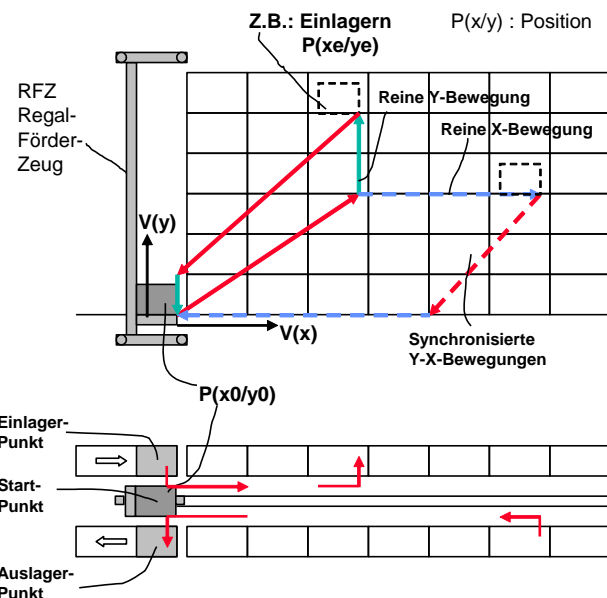
$$ZZ_{Rück} = ZZ_H$$

z.B.: GabelSpiel Auslagern



GabelSpiel-Zykluszeit

$$ZZ_{GS} = ZZ_{OUT} + ZZ_{HUB} + ZZ_{IN}$$



Einzelspiel-Zykluszeit

$$ZZ_{ES} = ZZ_{Hin} + ZZ_{Rück} + 2 ZZ_{GS}$$

Das DoppelSpiel

Vertikale ZyklusZeit

$$ZZ_V = \frac{y_e - y_0}{V(y)}$$

Horizontale ZyklusZeit

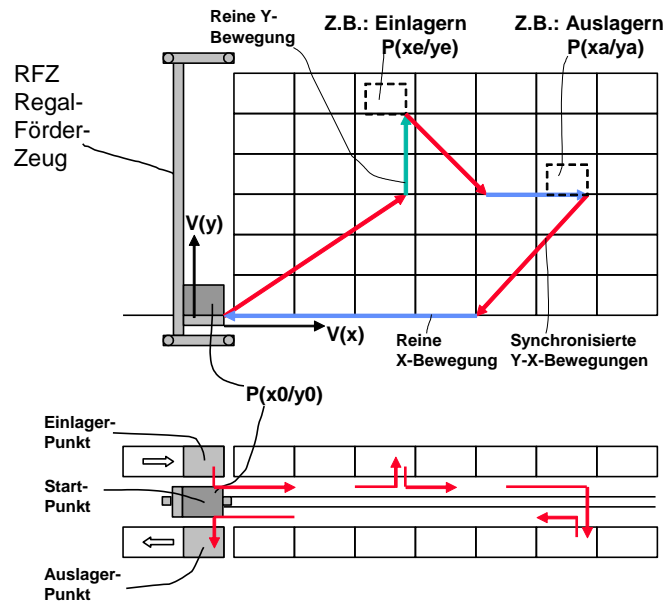
$$ZZ_H = \frac{x_e - x_0}{V(x)}$$

Beachte:

$$V(y) \uparrow \neq V(y) \downarrow$$

Restzeit in Mono-Bewegung

$$ZZ_{Mono} = ZZ_V - ZZ_H$$



DoppelSpiel-ZyklusZeit

$$ZZ_{DS} = ZZ_{Hin} + ZZ_{Zwi} + ZZ_{Rück} + 4 ZZ_{GS}$$

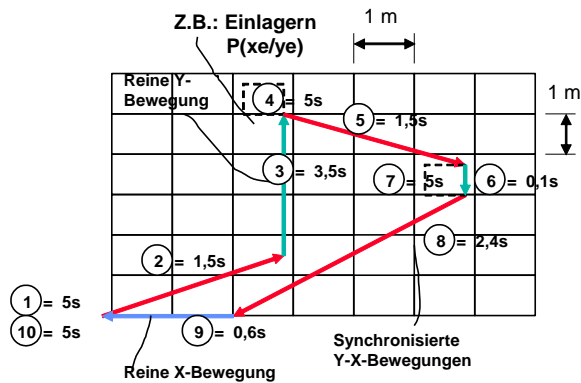
Beispiel

$$V(y) \uparrow = 1,0 \text{ m/s}$$

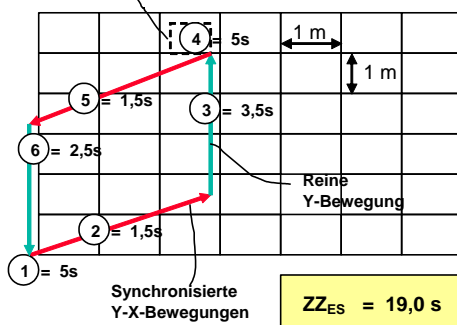
$$V(y) \downarrow = 1,25 \text{ m/s}$$

$$V(x) = 2,0 \text{ m/s}$$

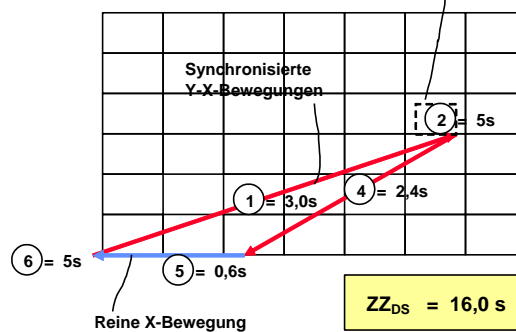
$$ZZ_{GS} = 5 \text{ s}$$



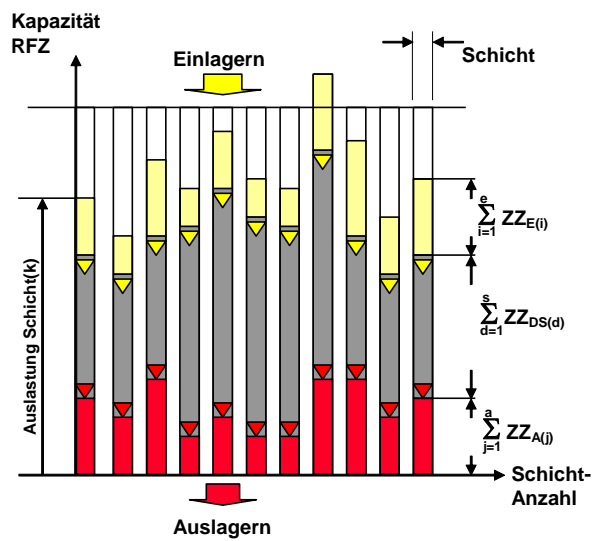
Z.B.: Einlagern



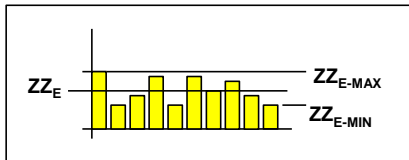
Z.B.: Auslagern



Das Zeitverhalten des Lagerbedarfs

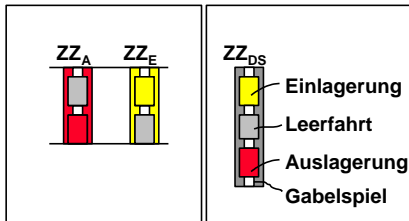


ZZ_E ist abhängig vom Tagesprogramm und von der Lage (x/y) der Lagerfächer

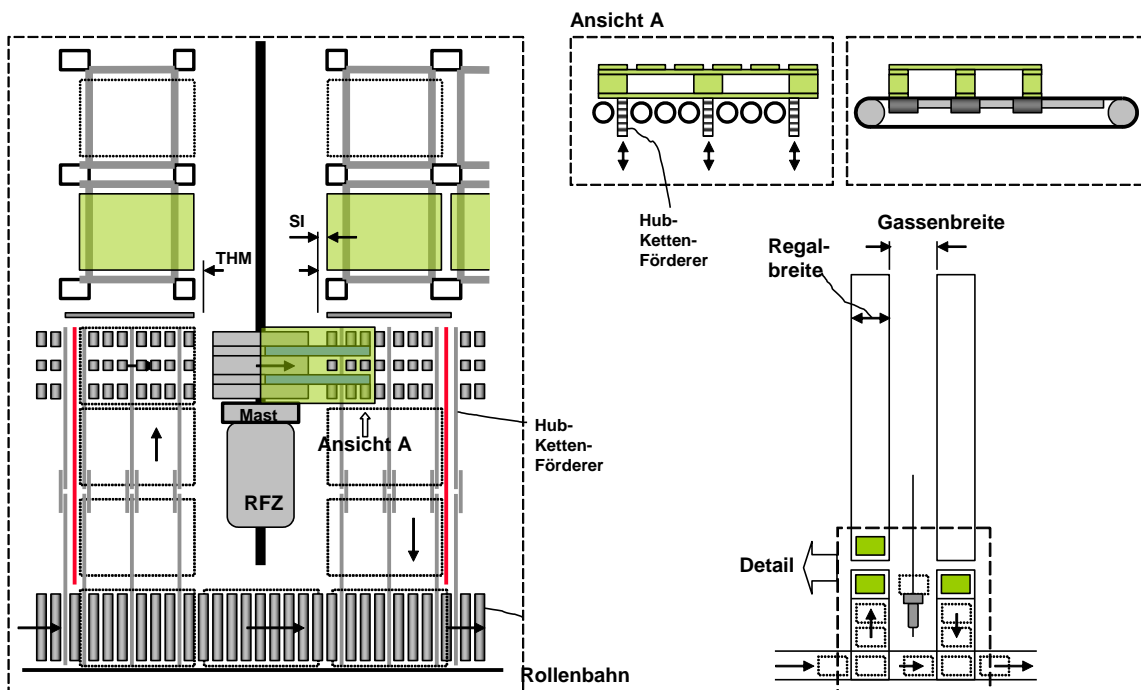


Einzelspiel

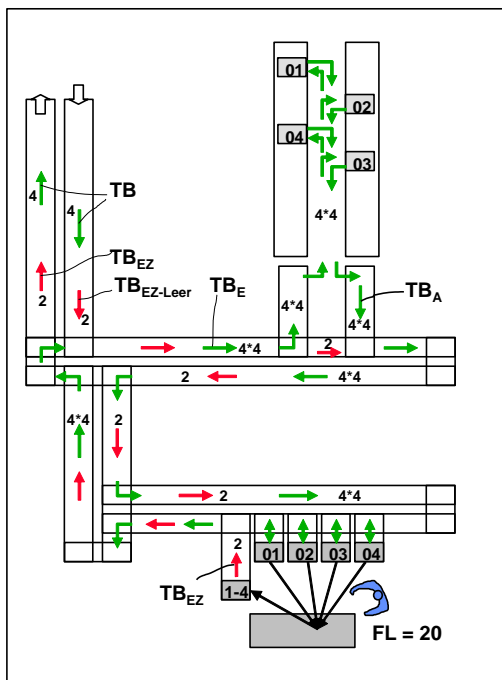
Doppelspiel



Regallager im Materialfluss



Auslagerung in Fertigung



$$TB_{(ID)} = BL_{ID} / FV_{THM}$$

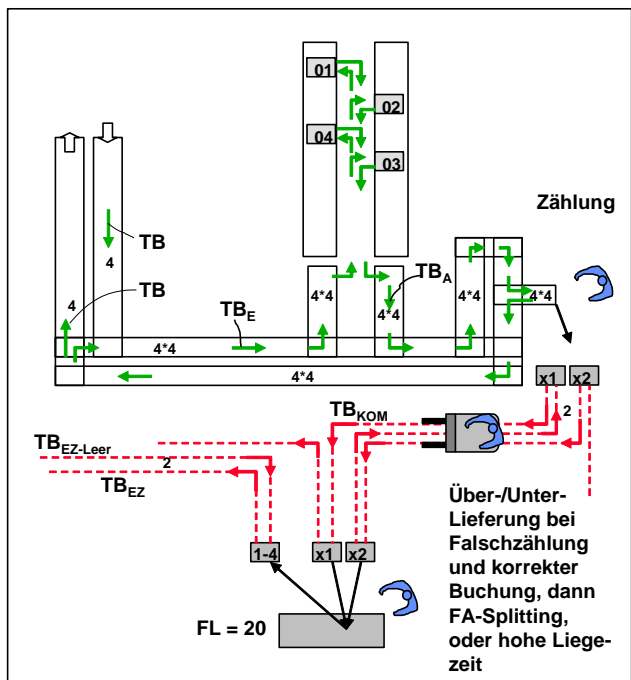
$$TB = \sum_{i=1}^{ID} TB(i)$$

$$TB_A = \frac{BL_{ID}}{FL} TB$$

$$TB_E = TB_A$$

$$TB_{EZ} = VL_{EZ} / FV_{THM}$$

Auslagerung in Kommissionierung

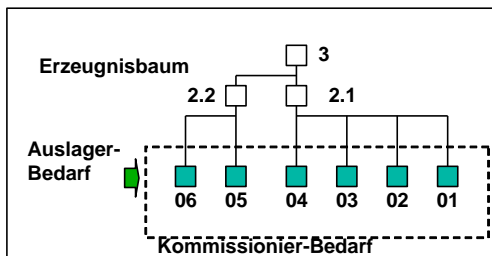


© D. Habenicht

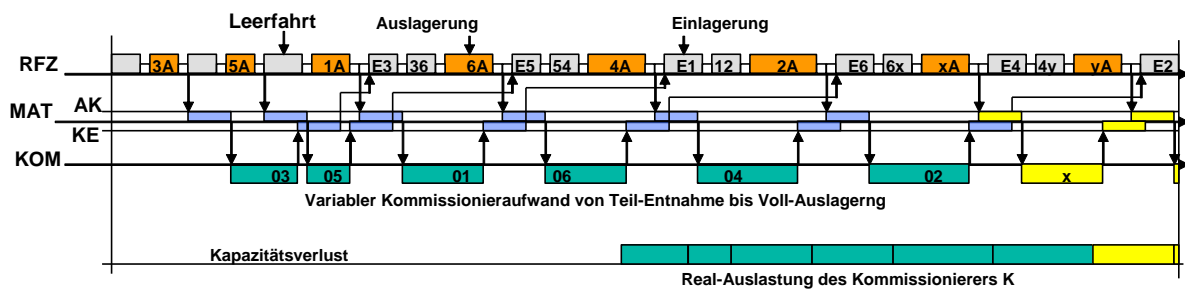
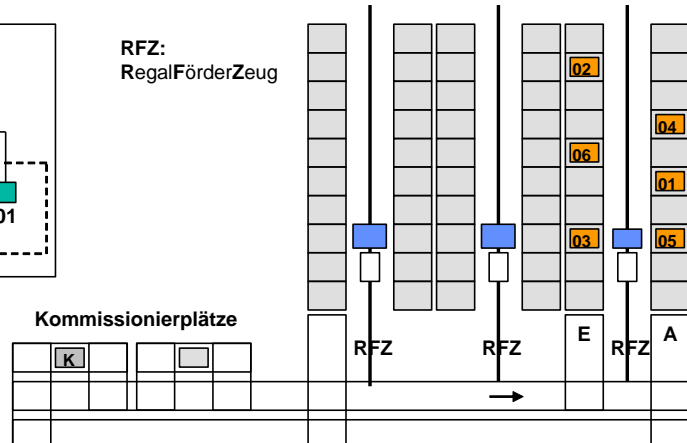
Lagertechnik

MLT-05-02-1

Die Kommissionierung



Problematic:
Häufung von Artikeln in einer Gasse bei einem Kommissionierauftrag



© D. Habenicht

Lagertechnik

MLT-05-02-2

Die Lagerverwaltung

Stamm-Daten

ID _(V)	THM-ID ID lfd. Nr.	Inlet-ID	FV-Inlet	Rahmen-ID	Inlet-Anzahl	FV _(THM) [Stck]	Gesamt-Gewicht [N]	PP _{ERZ}	PP _{ZIEL}	TM _(i)	Maximale Stapelhöhe auf TM(i)
347110000	2080-02957	0249	10	1249	5	50	250	012	017	50	1

Bestands-Daten

IST-Datum: 2009.07.01

ID	THM-ID ID lfd. Nr.	Lagerort	Menge Soll	Menge IST	Status	Start-Datum	Verweil-/Liegezeit Zum Ist-Datum JJ.MM.TT.h.m	Umschlag-Häufigkeit 2009 / 2008
347110256	0	01.00.00.0.00.00	2000	2000	1	2009.04.21	00.00.04.06.23	215 / 467
347110256	2080-02957	02.00.00.0.00.00	2000	2000	1	2009.04.25	00.00.02.01.50	215 / 467
347110256	2080-02957	05.01.03.1.03.12	2000	2000	1	2009.04.27	00.01.04.06.23	215 / 467
347110256	2080-02957	03.01.03.1.03.12	2000	2000	1	2009.05.01	00.01.04.06.23	215 / 467
347110256	2080-02957	05.00.00.0.00.00	1600	1600	1	2009.06.01	00.01.00.01.40	215 / 467
347110256	2080-01634	02.00.00.0.00.00	1000	1000	1	2009.05.01	00.02.00.06.10	215 / 467
347110256	0	01.00.00.0.00.00	1600	1600	1	2009.06.01	00.01.00.01.40	215 / 467
347110256	2080-05698	02.00.00.0.00.00	1000	1000	0	2009.03.01	00.04.00.00.15	215 / 467
013242566	2080-01355	01.02.06.0.02.08	400	400	1	2009.06.01	00.01.00.01.40	017 / 052

Status: 1: Freigegeben
0: Gesperrt

Lagerort: 01: In Bestellung 04: Im Versand
02: Im WE 05: Im Lager
03: In Produktion 06: Im Transport

© D. Habenicht

Steuerung / Verwaltung

MLT-05-03-1

Die Lagerverwaltung

Umschlag-Häufigkeit und Einlagerstrategie

	Start-Produkt	THM-Menge	Auslager-Häufigkeit	Umschlag-Häufigkeit pro Jahr	Ziel-Produkt	Rüst-Häufigkeit	Fert.-Auftr.-Menge	THM-Menge	Umschlag-Häufigkeit pro Jahr
Slow-Mover	1111	600	5	17	4711	5	30	30	5
	1111	600	7		0815	7	80	80	7
	1111	600	5		1834	5	120	100	10
	2222	300	15	15	1324	15	300	50	90
Fast-Mover	3333	300	25	75	2345	25	100	100	25
	3333	300	10		3456	10	300	25	60
	3333	300	15		4567	15	150	150	15
	3333	300	10		5678	10	100	100	10
	3333	300	15		6789	15	75	50	30
	4711	20	30	30	1701	30	1	5	30
	0815	50	40	40	3265	40	2	2	40

↓

Auslagern

→

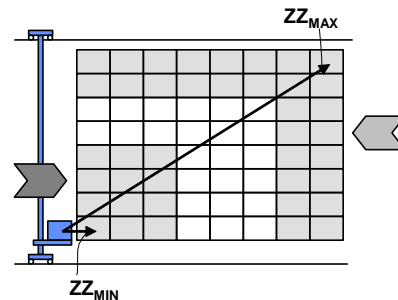
Fertigen

↑

Einlagern

ZZ_{MAX}

Auslagern → Fertigen → Einlagern



© D. Habenicht

Lagertechnik

MLT-05-03-2