



Routenzugsysteme durch die Optimierung von Beladeprozessen effizient gestalten



Quellen: STILL, LR Intralogistik, Brose

M.Sc. Andreas Martini

Logistik für Produktionsunternehmen
Department Maschinenbau
Universität Siegen

Siegen, den 18. Januar 2017



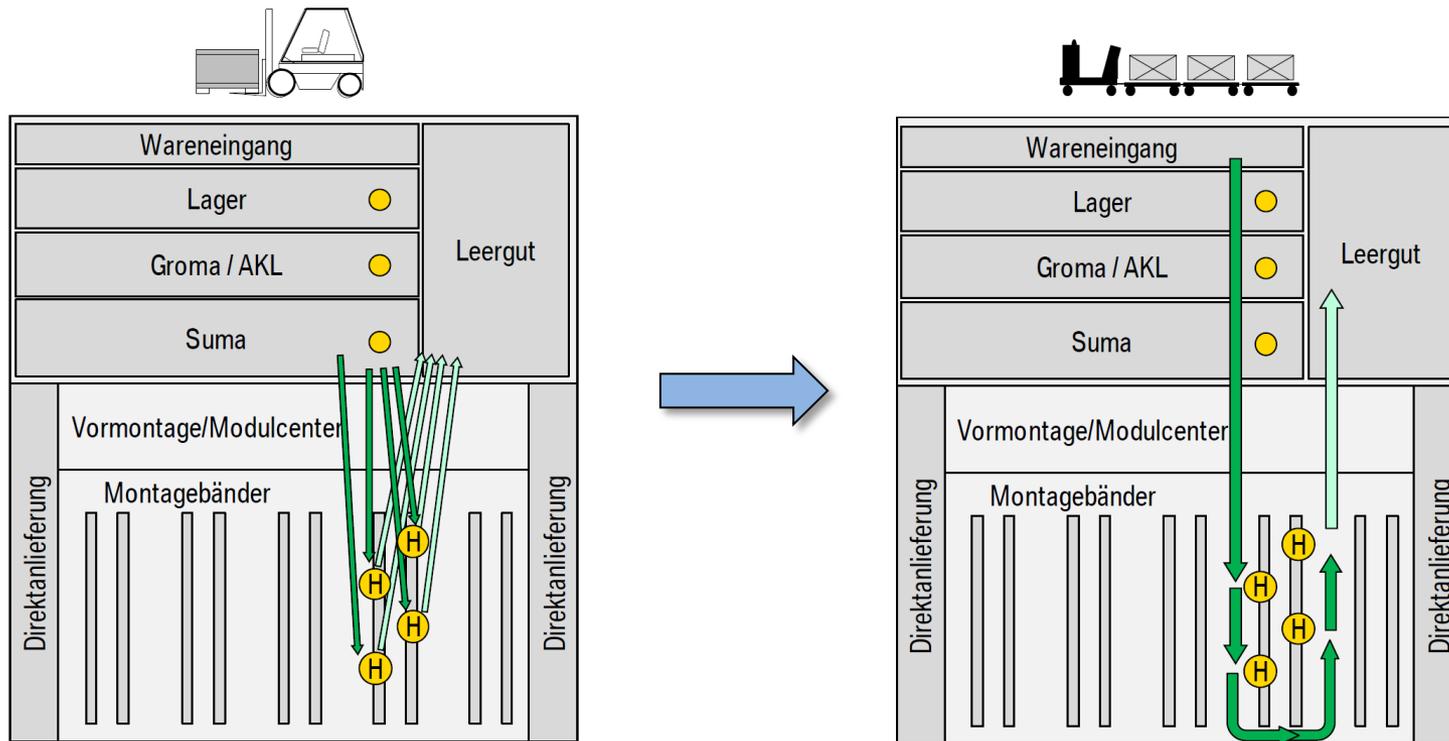
1. Einführung in die Thematik
2. Gestaltungsmöglichkeiten der Beladung
3. Maßnahmen zur Optimierung von Beladeprozessen
4. Fallbeispiel
5. Fazit & Ausblick
6. Fragen



1. Routenzugsysteme - Idee

- Grundidee:

Bündelung von Transporten und hochfrequente Versorgung mit kleinen Ladungsträgern zwecks Reduzierung von Bereitstellmengen an Montagelinien



Quelle: Homolka 2016 – Routenzugsysteme in der Praxis (BMW)



1. Routenzugsysteme - Motivation und Nutzen

- **Motivation:**
 - hohe Variantenvielfalt → kleine Bestellmengen → Produktion kleiner Losgrößen
 - Vermeidung von Verschwendung (Transport, Lagerung, Umschlag, etc.) nach Vorbild von Toyota (Toyota Production System) und Lean Production
 - Vision der „staplerfreien“ Produktion

- **Ziele:**
 - wirtschaftlich (z. B. Reduzierung von Personalkosten)
 - logistisch (z. B. Reduzierung der Anzahl der Transporte)
 - qualitativ (z. B. Reduzierung des Unfallrisikos)



1. Relevanz der Beladung in Routenzugsystemen

▪ Beladung:

- umfasst nach *VDI-Richtlinie 5586 – Routenzugsysteme (Blatt 2)* „die Vorgänge am Haltepunkt, an dem Ladungsträger an den Routenzug übergeben werden“
- schließt die **Kommissionierung** von Transportgütern mit ein

▪ Hochfrequente Versorgung mit kleinen Ladungsträgern führt zu ...

- ... hoher Anzahl Handhabungsvorgänge
→ hoher Anteil der Beladezeit an Zykluszeit
- ... manueller Handhabung von Lasten an Bereitstellorten
→ hohe physische Belastung

Im Folgenden
werden Systeme zur
Materialversorgung
betrachtet!

▪ Folge:

Die Gestaltung des Beladeprozesses kann wesentlichen Einfluss auf die Zykluszeit und damit die Inanspruchnahme von Ressourcen sowie die ergonomische Bewertung haben!

2. Technische Gestaltungsmöglichkeiten

Merkmal		Gestaltungsmöglichkeiten		
TECHNIK	Be- und Entladetechnik			
	Beladetechnik Routenzug	manuell		automatisch
		ohne Hilfsmittel	mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	
	Beladetechnik Trolley	kein Trolleyeinsatz	manuell	
ohne Hilfsmittel			mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	



Manuelle Beladung von Regalwagen ohne Hilfsmittel
(Volkswagen)



Manuelle Beladung von Einschubwagen ohne Hilfsmittel
(Hebezeuge+Fördermittel)



2. Technische Gestaltungsmöglichkeiten

Merkmal		Gestaltungsmöglichkeiten		
TECHNIK	Be- und Entladetechnik			
	Beladetechnik Routenzug	manuell		automatisch
		ohne Hilfsmittel	mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	
	Beladetechnik Trolley	kein Trolleymeinsatz	manuell	
ohne Hilfsmittel			mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	



Manuelle Beladung von Trolley mit Gabelstapler (M.W.B.)



Manuelle Beladung von Plattformwagen mit Gabelstapler (Reichhart)



2. Technische Gestaltungsmöglichkeiten

Merkmal		Gestaltungsmöglichkeiten		
TECHNIK	Be- und Entladetechnik			
	Beladetechnik Routenzug	manuell		automatisch
		ohne Hilfsmittel	mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	
	Beladetechnik Trolley	kein Trolleymeinsatz	manuell	
ohne Hilfsmittel			mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	



Trolley Hub zur automatischen Be- und Entladung von Trolleys (M.W.B.)



Teilautomatische Be- und Entladung von E-Rahmen mit Trolleys (STILL und LR Intralogistik)

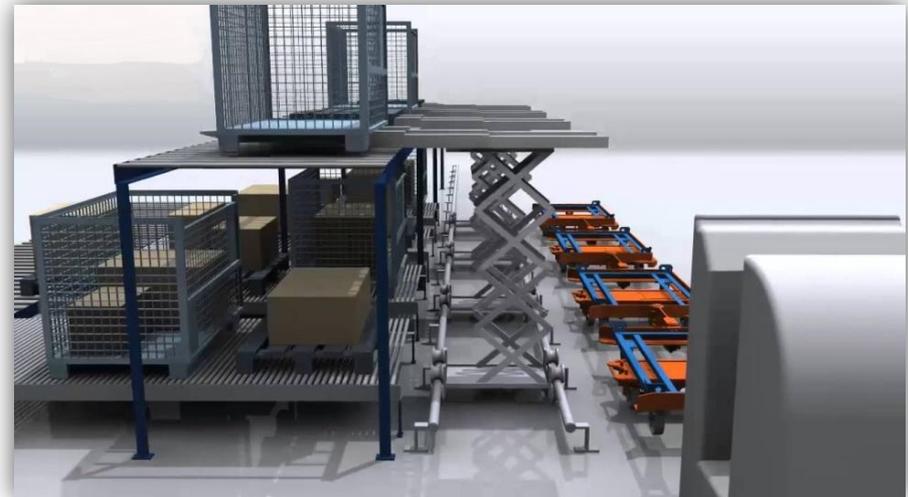


2. Technische Gestaltungsmöglichkeiten

Merkmal		Gestaltungsmöglichkeiten		
TECHNIK	Be- und Entladetechnik			
	Beladetechnik Routenzug	manuell		automatisch
		ohne Hilfsmittel	mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	
	Beladetechnik Trolley	kein Trolleymeinsatz	manuell	
ohne Hilfsmittel			mit Hilfsmittel (z. B. Gabelstapler)	



Drive-Thru-Konzept für automatisierte Routenzugbeladung aus AKL (TU München)

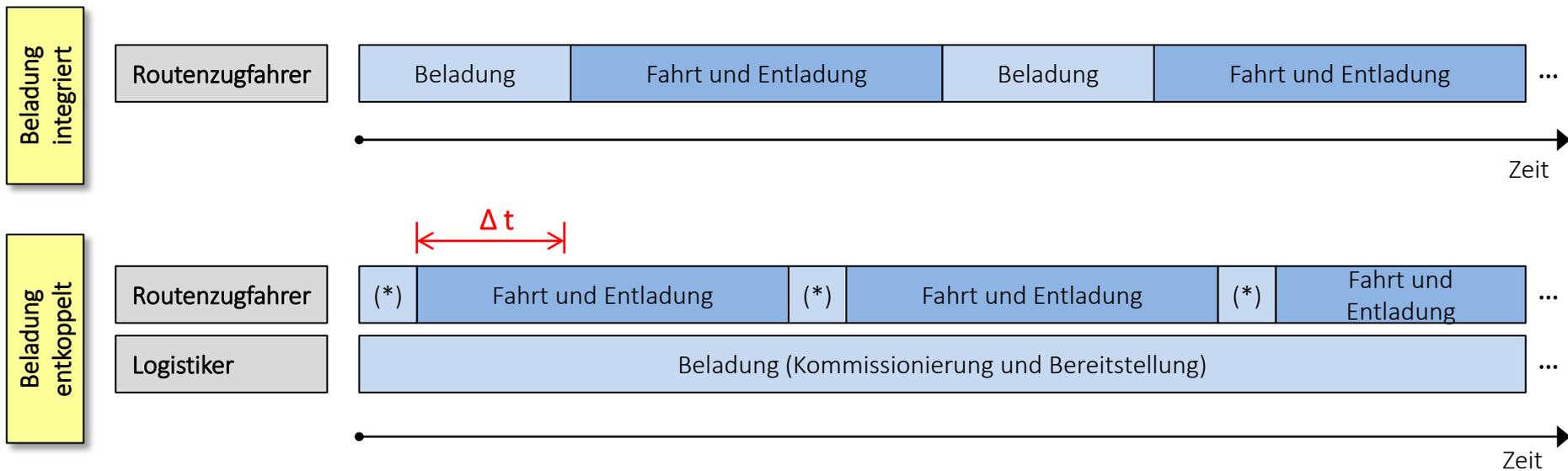


Vollautomatisches System zur Be- und Entladung von Trolleys und Routenzügen (M.W.B.)



2. Organisatorische Gestaltungsmöglichkeiten

Merkmal		Gestaltungsmöglichkeiten		
ORGANISATION	Integration von Be- und Entladung			
	Integration Beladung	integriert	entkoppelt	
	Verbindung von Schlepper und Anhängern im Routenzugprozess			
		Fixe Verbindung zwischen Schlepper und Anhänger	Anhänger fix miteinander verbunden, An- und Abkuppeln des Anhängerverbundes an/von Schlepper	An- und Abkuppeln der einzelnen Anhänger an/von Schlepper
	Vorgegebene Ordnung der Ladung auf dem Routenzug			
	nein	ja		

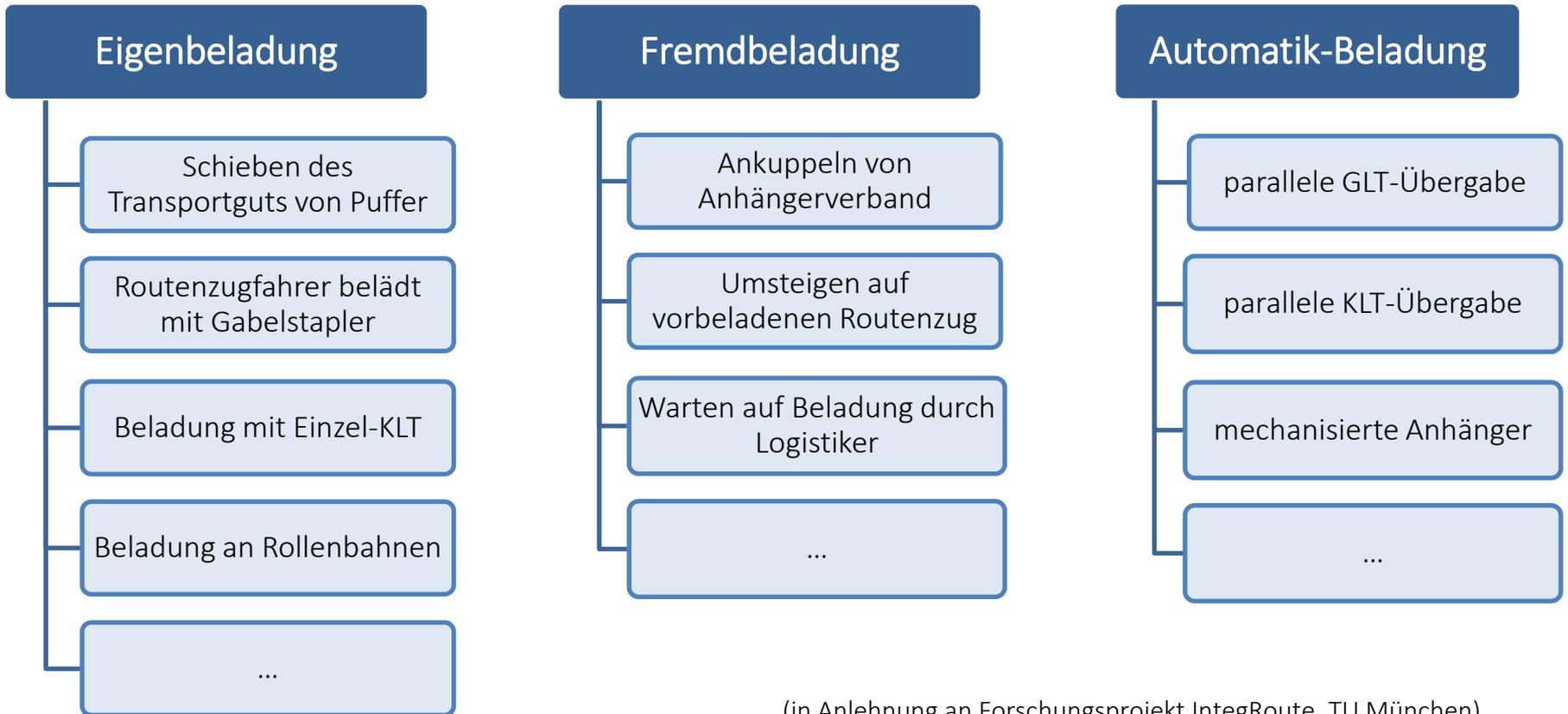


(*) Beladung Routenzugfahrer (Routenzug/Anhänger wechseln)



2. Beladeprozesse

- Kombination technischer und organisatorischer Gestaltungsmöglichkeiten
- Abhängigkeiten zwischen Technik und Prozess sind zu beachten



(in Anlehnung an Forschungsprojekt IntegRoute, TU München)



3. Optimierungsmaßnahmen

Optimierung ohne Änderung der Systemkonfiguration
(bestehende Prozesse verbessern)

Kriterium	Zeit	Ergonomie
Maßnahme	Reduzierung von Informationszeiten (z.B. Toureninformation über mobiles Datenterminal)	Ladungsträger anpassen (z.B. Begrenzung Ladungsträgergröße und -gewicht)
	Reduzierung von Suchzeiten (z.B. definierte Bereitstellplätze)	Bereitstelltechnik anpassen (z.B. Verwendung von Durchlaufregalen)
	Reduzierung von Wegzeiten (z.B. Durchfahren von Supermarkt)	Routenzugtechnik anpassen (z.B. Trolleys/Anhänger mit 2 Lenk-, 2 Bockrollen)
	Reduzierung von Handhabungszeiten (z.B. feste Beladereihenfolge)	technische Hilfsmittel verwenden (z.B. Gabelstapler für Trolley-Handhabung)



3. Optimierungsmaßnahmen

		Optimierung <u>ohne</u> Änderung der Systemkonfiguration (bestehende Prozesse verbessern)		Optimierung <u>mit</u> Änderung der Systemkonfiguration (neue Prozesse definieren)	
Kriterium	Zeit	Ergonomie	Zeit	Ergonomie	
Maßnahme	Reduzierung von Informationszeiten (z.B. Toureninformation über mobiles Datenterminal)	Ladungsträger anpassen (z.B. Begrenzung Ladungsträgergröße und -gewicht)	Entkopplung der Kommissionierung (z.B. Vorkommissionierung von Transportgütern)	Entkopplung der Kommissionierung (z.B. Vorkommissionierung von Transportgütern)	
	Reduzierung von Suchzeiten (z.B. definierte Bereitstellplätze)	Bereitstelltechnik anpassen (z.B. Verwendung von Durchlaufregalen)	Entkopplung der Beladung (z.B. Vorbeladung von Routenzügen)	Entkopplung der Beladung (z.B. Vorbeladung von Routenzügen)	
	Reduzierung von Wegzeiten (z.B. Durchfahren von Supermarkt)	Routenzugtechnik anpassen (z.B. Trolleys/Anhänger mit 2 Lenk-, 2 Bockrollen)	Kommissionierprozesse parallelisieren (z.B. mehrere Anhänger gleichzeitig kommissionieren)	Kommissionierung automatisieren (z.B. Andienung aus AKL)	
	Reduzierung von Handhabungszeiten (z.B. feste Beladereihenfolge)	technische Hilfsmittel verwenden (z.B. Gabelstapler für Trolley-Handhabung)	Beladeprozesse parallelisieren (z.B. mehrere Anhänger gleichzeitig beladen)	Beladung automatisieren (z.B. automatische Beladestationen)	



4. Wirkungsanalyse

- **Motivation:**
 - zielgerichtete Optimierung von bestehenden bzw. geplanten Routenzugsystemen
 - qualitative und quantitative Darstellung der Wirkungen von Parameterveränderungen auf Zielgrößen
 - Bewertung von Optimierungsmaßnahmen

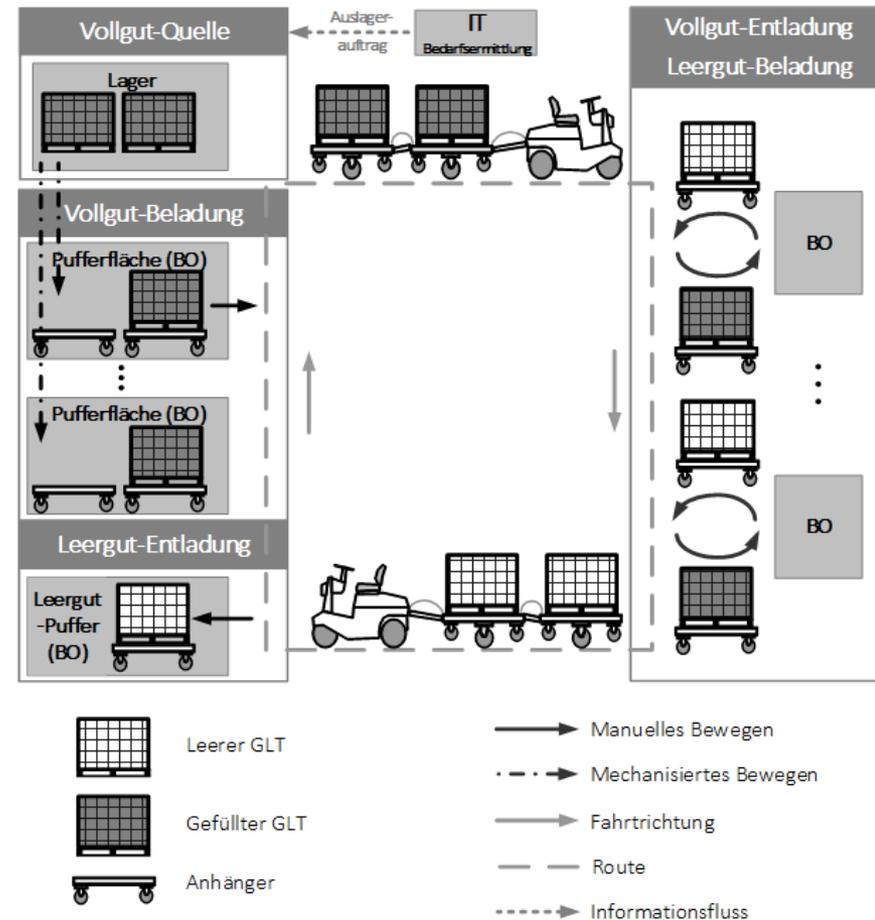
- **Umsetzung in Microsoft Excel:**
 - Dimensionierungsansatz (VDI-Richtlinie 5586 – Routenzugsysteme (Blatt 2))
 - Kennzahlensystem (Struktur, Logistikleistung, Wirtschaftlichkeit, Qualität)
 - Wirkungsanalyse
 - automatisierte Sensitivitätsanalyse für 47 Eingangsgrößen
 - numerische und grafische Darstellung von Wirkungen (Eingabeparameter → Zielgröße)
 - Bestimmung der Wirkintensitäten für alle Eingabeparameter-Kennzahlen-Kombinationen



4. Beispiel - Systembeschreibung

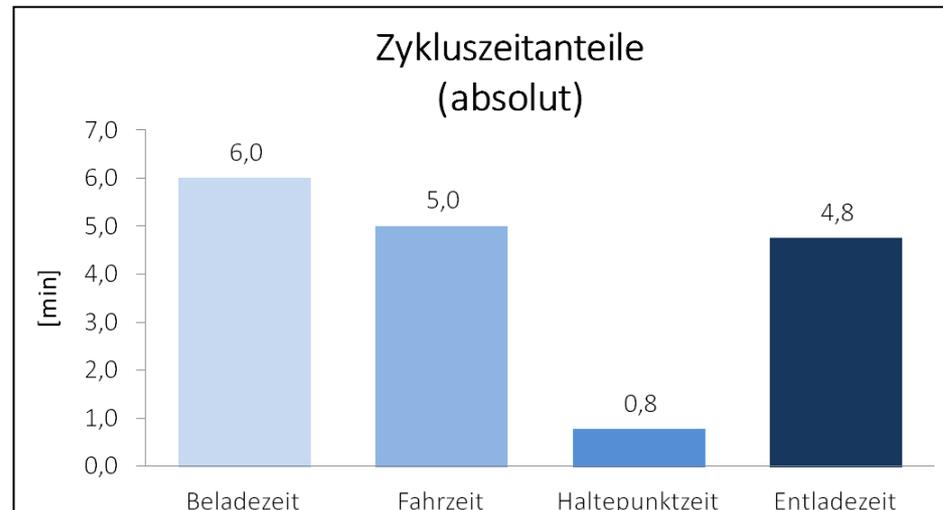
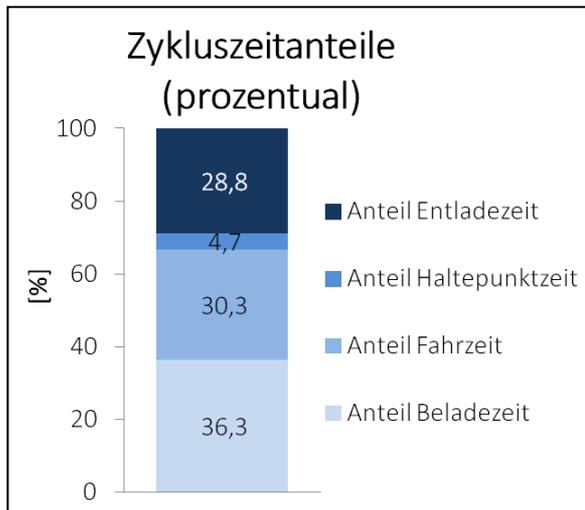
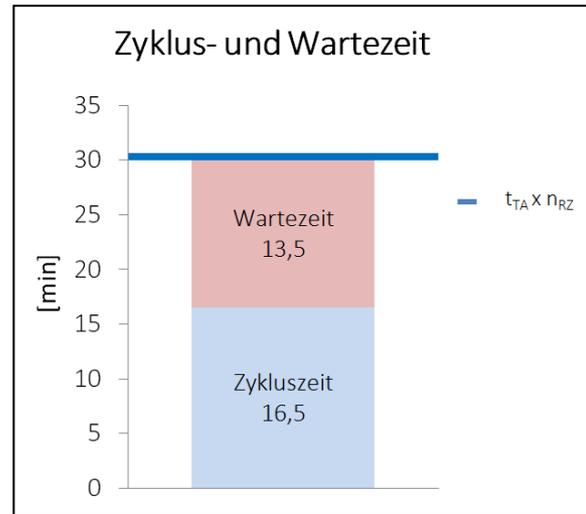
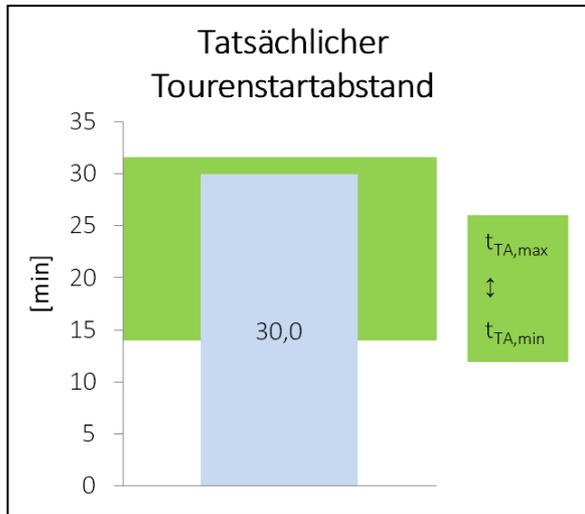
Dimensionierungsbeispiel VDI-Richtlinie 5586 – Routenzugsysteme (Blatt 2)

Eingabeparameter	
Beladetechnik Routenzug	Gabelstapler
Integration Beladung	entkoppelt
Verbindung von Schlepper und Anhängern	Anhänger fix miteinander verbunden, An- und Abkuppeln des Anhängerverbundes an/von Schlepper
Anzahl Anhänger je Routenzug	5
vorgegebene Ordnung der Ladung auf dem Routenzug	ja
Anzahl Haltepunkte	6
Routenlänge	500 m
Durchsatz	9,5 GLT/h
Fahrgeschwindigkeit	6 km/h
Beladezeit	360 s/Routenzug
Haltepunktzeit	10 s/Haltepunkt
Entladezeit	60 s/GLT



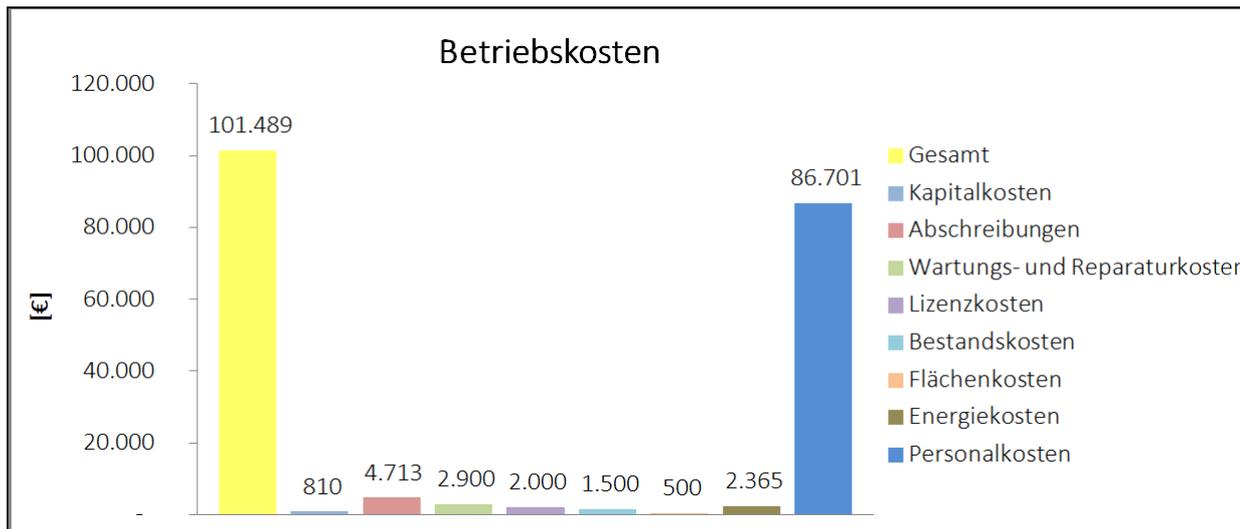
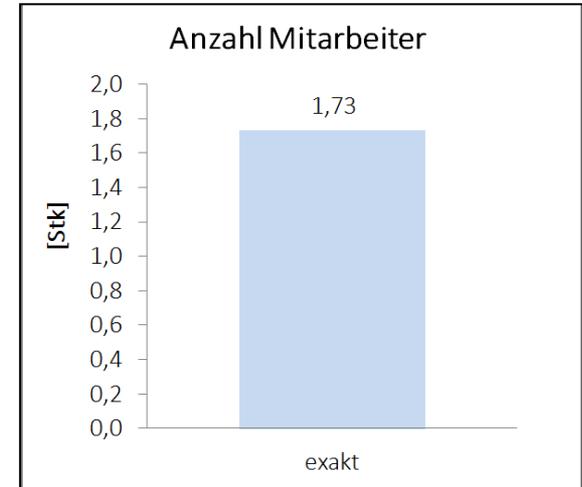
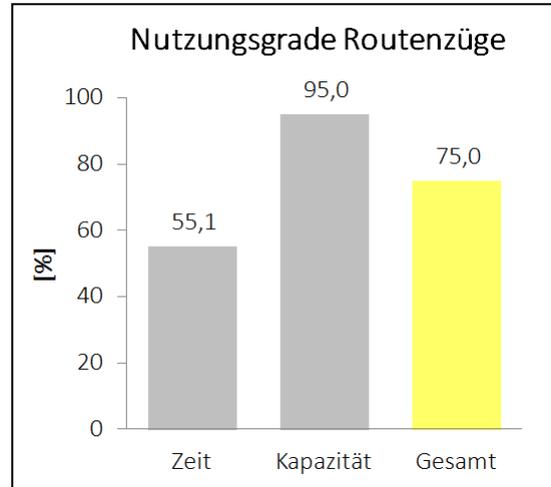
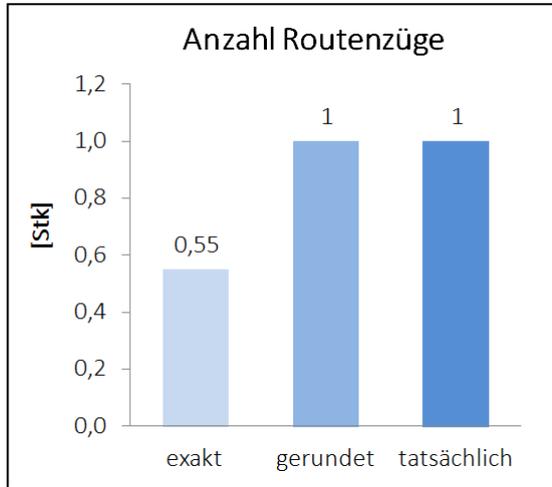


4. Beispiel - Kennzahlen





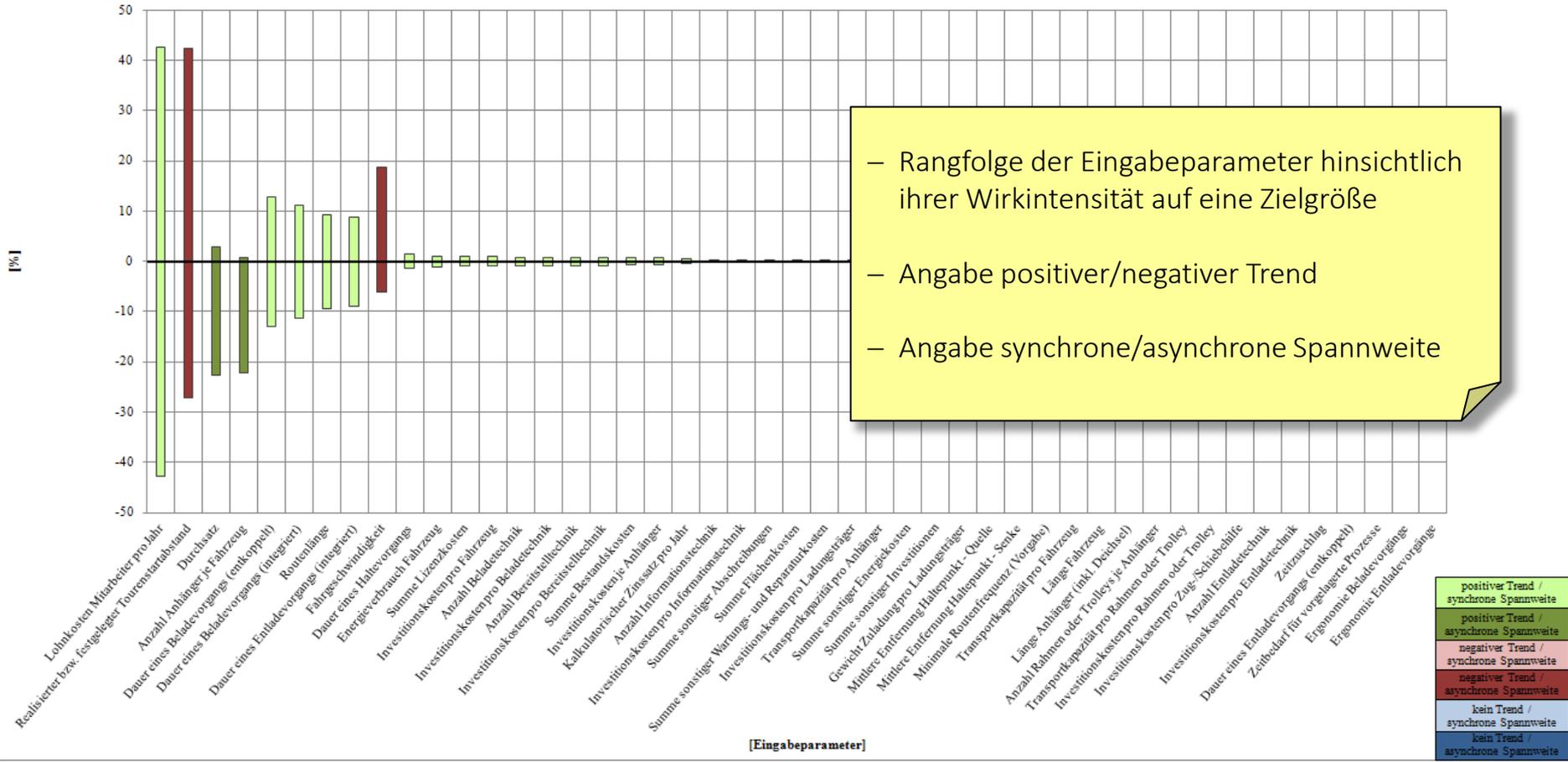
4. Beispiel - Kennzahlen





4. Beispiel - Diagramm Wirkungsanalyse

Route 1 / Diagramm Wirkungsanalyse - Kennzahl: Betriebskosten (absteigend nach Wirkintensität)





4. Beispiel - Auswertung Wirkungsanalyse

Rangfolge - Kennzahl: Betriebskosten	
Nr.	Eingabeparameter
1	Lohnkosten Mitarbeiter pro Jahr
2	Realisierter bzw. festgelegter Tourenstartabstand
3	Durchsatz
4	Anzahl Anhänger je Routenzug
5	Dauer eines Beladevorgangs (entkoppelt)
6	Dauer eines Beladevorgangs (integriert)
7	Routenlänge
8	Dauer eines Entladevorgangs (integriert)
9	Fahrgeschwindigkeit
...	...



In der Regel nicht bzw. in geringem Umfang beeinflussbar!



4. Beispiel - Auswertung Wirkungsanalyse

Rangfolge - Kennzahl: Betriebskosten	
Nr.	Eingabeparameter
1	Lohnkosten Mitarbeiter pro Jahr
2	Realisierter bzw. festgelegter Tourenstartabstand
3	Durchsatz
4	Anzahl Anhänger je Routenzug
5	Dauer eines Beladevorgangs (entkoppelt)
6	Dauer eines Beladevorgangs (integriert)
7	Routenlänge
8	Dauer eines Entladevorgangs (integriert)
9	Fahrgeschwindigkeit
...	...



Erforderliche Erhöhung des Tourenstartabstandes bzw. Anzahl der Anhänger aufgrund von Vorgabe (max. 5 Anhänger) nicht realisierbar!



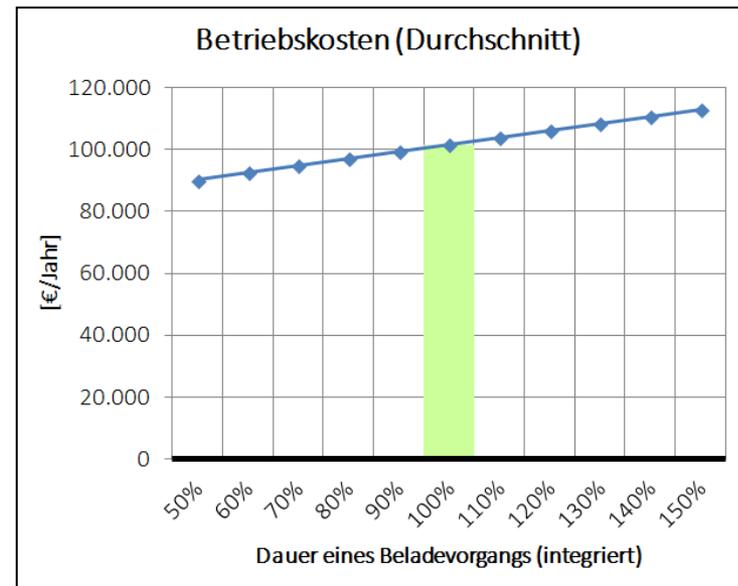
4. Beispiel - Auswertung Wirkungsanalyse

Rangfolge - Kennzahl: Betriebskosten	
Nr.	Eingabeparameter
1	Lohnkosten Mitarbeiter pro Jahr
2	Realisierter bzw. festgelegter Tourenstartabstand
3	Durchsatz
4	Anzahl Anhänger je Routenzug
5	Dauer eines Beladevorgangs (entkoppelt)
6	Dauer eines Beladevorgangs (integriert)
7	Routenlänge
8	Dauer eines Entladevorgangs (integriert)
9	Fahrgeschwindigkeit
...	...



Optimierung Beladung!

Reduzierung Beladezeit (integriert) von 6 min auf 3 min
→ Reduzierung Betriebskosten um ca. 11 % (11.384 €/Jahr)





4. Beispiel - Optimierungsansatz

Eingabeparameter	
Beladetechnik Routenzug	Gabelstapler
Integration Beladung	entkoppelt
Verbindung von Schlepper und Anhängern	Anhänger fix miteinander verbunden, An- und Abkuppeln des Anhängerverbundes an/von Schlepper
Anzahl Anhänger je Routenzug	5
vorgegebene Ordnung der Ladung auf dem Routenzug	ja
Anzahl Haltepunkte	6
Routenlänge	500 m
Durchsatz	9,5 GLT/h
Fahrgeschwindigkeit	6 km/h
Beladezeit	360 s/Routenzug
Haltepunktzeit	10 s/Haltepunkt
Entladezeit	60 s/GLT



Übernahme vorbeladener Routenzüge!



Reduzierung von Prozesszeiten!



4. Beispiel - Optimierungsansatz

→ Übernahme vorbeladener Routenzüge reduziert Prozesszeiten

Beispiel VW Wolfsburg	
Anzahl Routen	9
Anzahl Bereitstellorte	620
Anzahl Routenzüge	28
Anzahl Touren pro Jahr	98.618
Anzahl Behälter pro Jahr	341.037
Flächenbedarf	2.400 m ²
Anzahl Stellplätze für Routenzüge	28

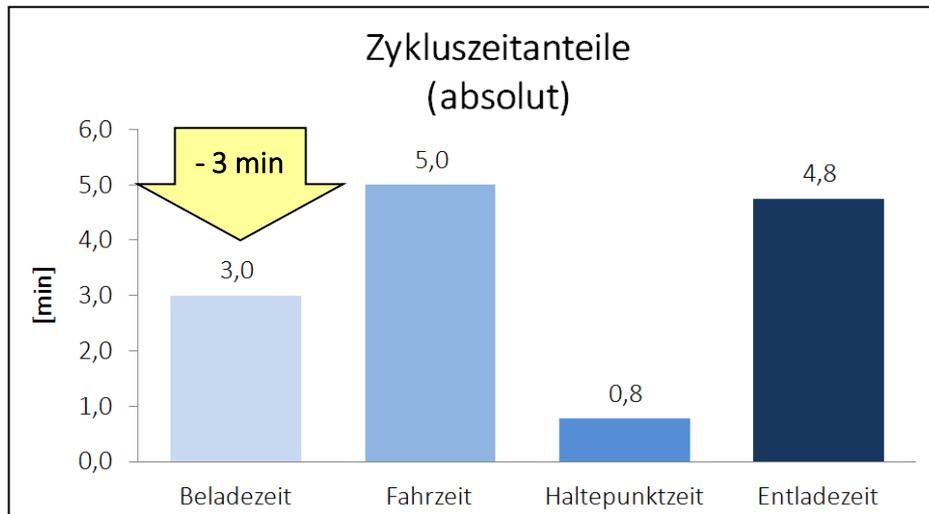
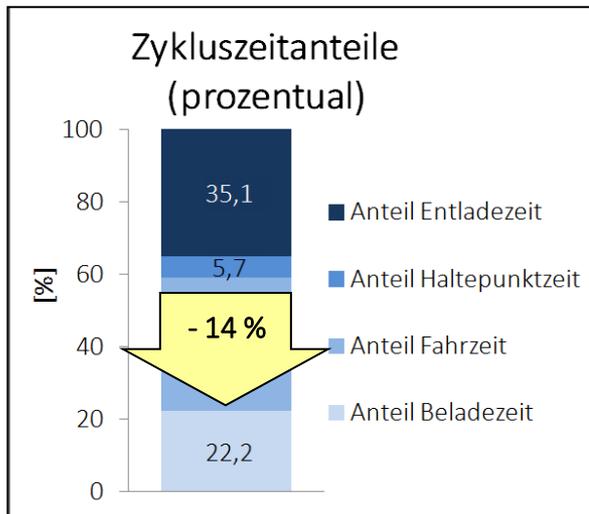
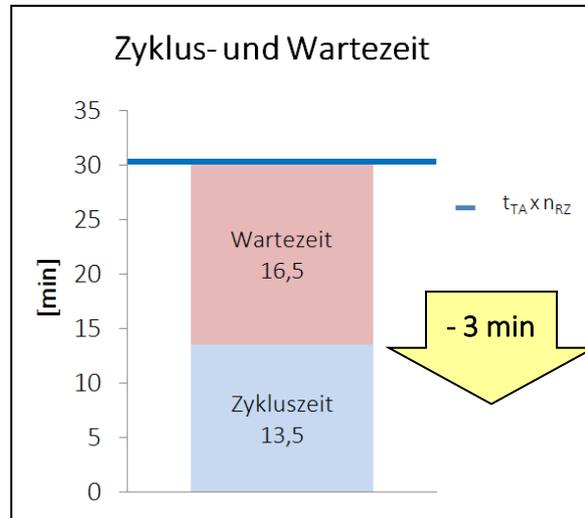
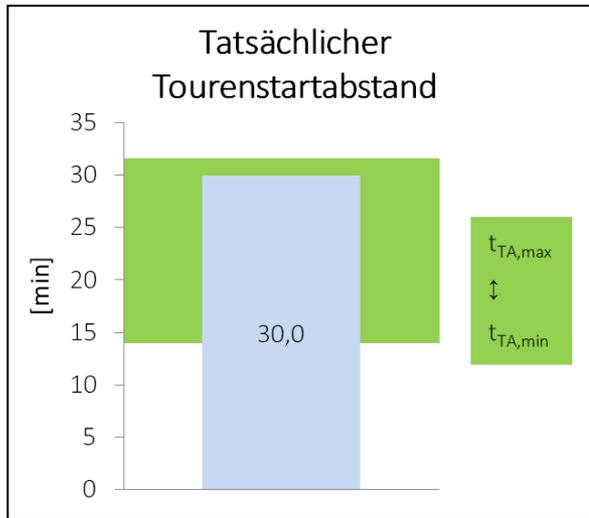


Routenzug-Bahnhof im Werk Wolfsburg (Volkswagen)

Amortisationszeit zusätzlicher Technik
→ 0,6 Jahre

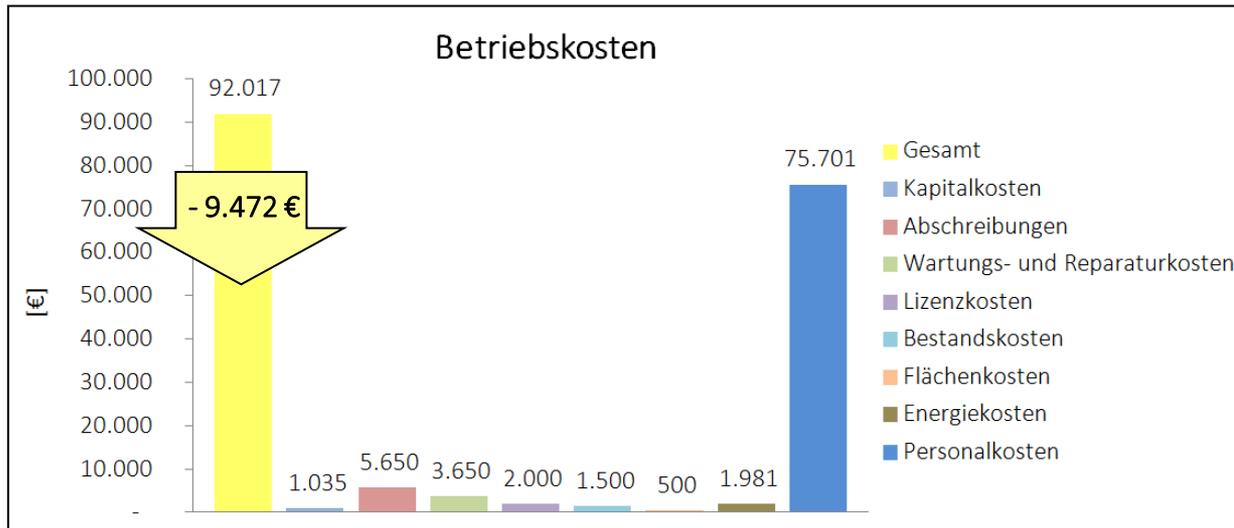
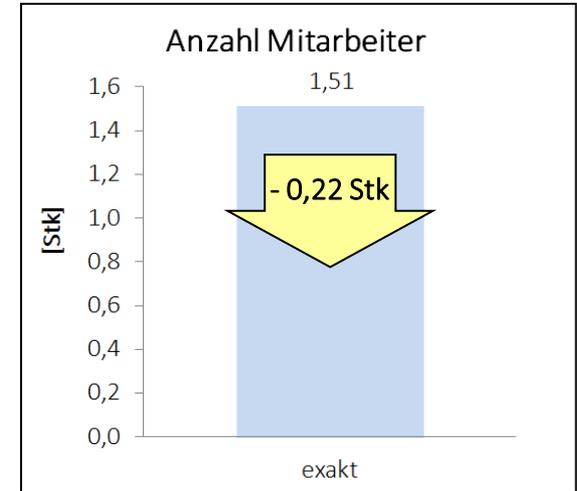
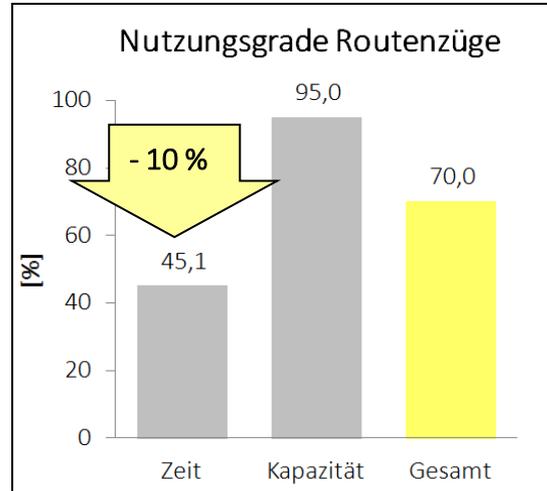
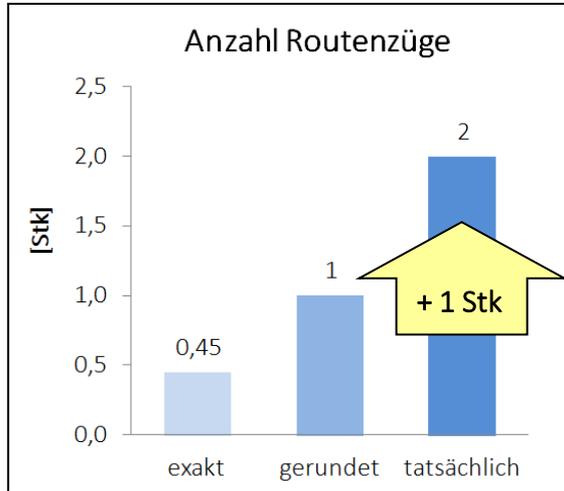


4. Beispiel - Kennzahlen (neu)





4. Beispiel - Kennzahlen (neu)



Investition für zusätzlichen Schlepper: 12.000 €

Hinweis: keine zusätzlichen Anhänger erforderlich, da diese bereits vorhanden sind!



4. Beispiel - KLT-System



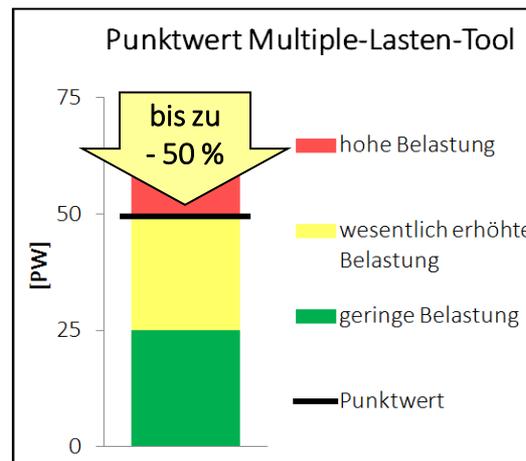
Manuelle Beladung eines Routenzugs mit KLT auf Trolleys (Hebezeuge+Fördermittel)

Entkopplung
Parallelisierung
Automatisierung



Automatisierte Beladung eines Routenzugs mit KLT (Brose)

- Beladezeit ca. 600 s
- hohe physische Belastung durch manuelle Umsetz- und Schiebevorgänge

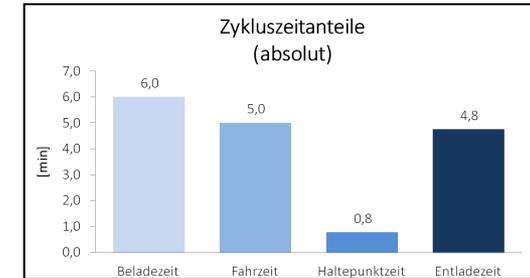


- ✓ Reduzierung Beladezeit auf ca. 60 s
- ✓ keine physische Belastung durch manuelle Beladeprozesse
- ✓ ...
- sehr hohe Investition (AKL, Fördertechnik, Beladestation, Steuerung, ...)
- Vorlaufzeit erforderlich (e-Kanban)
- ...

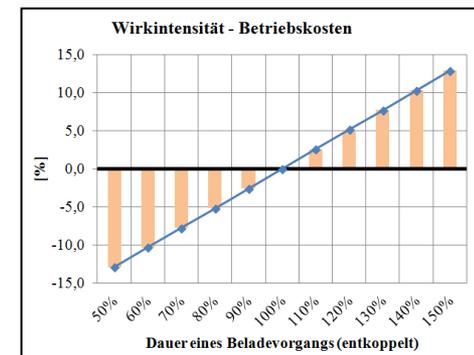


5. Fazit & Ausblick

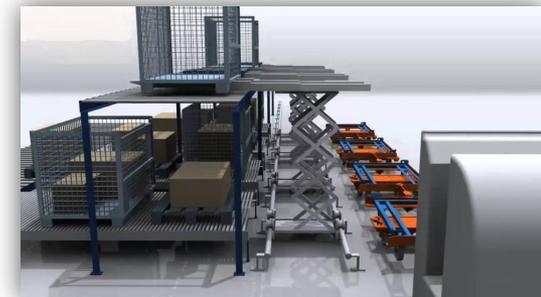
- Kommissionierung und Beladung hat, je nach Systemkonfiguration, erheblichen Einfluss auf **Zykluszeit**, **Ressourcenbedarf**, **Ergonomie**, **Investitions-** und **Betriebskosten** haben
- Abhängigkeiten **technischer und organisatorischer Gestaltungsmöglichkeiten** für Beladeprozesse sind zu beachten
- Es gibt zahlreiche **potentielle Optimierungsmaßnahmen mit und ohne Änderung der Systemkonfiguration**
- Wirkungen von Optimierungsmaßnahmen sind **schwer vorhersagbar** und von **Systemkonfiguration** sowie **Betriebspunkt** abhängig
 → **Wirkungsanalyse** durchführen



Kriterium	Optimierung ohne Änderung der Systemkonfiguration (bestehende Prozesse verbessern)		Optimierung mit Änderung der Systemkonfiguration (neue Prozesse definieren)	
	Zeit	Ergonomie	Zeit	Ergonomie
Maßnahme	Reduzierung von Informationszeiten (z.B. Toureninformation über mobiles Datenterminal)	Ladungsträger anpassen (z.B. Begrenzung Ladungsträgergröße und -gewicht)	Entkopplung der Kommissionierung (z.B. Vorkommissionierung von Transportgütern)	Entkopplung der Kommissionierung (z.B. Vorkommissionierung von Transportgütern)
	Reduzierung von Suchzeiten (z.B. definierte Bereitstellplätze)	Bereitstelltechnik anpassen (z.B. Verwendung von Durchlaufregalen)	Entkopplung der Beladung (z.B. Vorbeladung von Routenzügen)	Entkopplung der Beladung (z.B. Vorbeladung von Routenzügen)
	Reduzierung von Wegzeiten (z.B. Durchfahren von Supermarkt)	Routenzugtechnik anpassen (z.B. Trolleys/Anhänger mit 2 Lenk-, 2 Bockrollen)	Kommissionierprozesse parallelisieren (z.B. mehrere Anhänger gleichzeitig kommissionieren)	Kommissionierung automatisieren (z.B. Andienung aus AKL)
	Reduzierung von Handhabungszeiten (z.B. feste Beladereihenfolge)	technische Hilfsmittel verwenden (z.B. Gabelstapler für Trolley-Handhabung)	Beladeprozesse parallelisieren (z.B. mehrere Anhänger gleichzeitig beladen)	Beladung automatisieren (z.B. automatische Beladestationen)
...



- **Entkopplung, Parallelisierung und Automatisierung** bieten erhebliches Potenzial für **Effizienzsteigerungen** (insbesondere bei großen Systemen mit mehreren Routen)
- Zusätzliches Potenzial durch **Poolung von Mitarbeitern und/oder Routenzügen** (auch in kleinen Routenzugsystemen)
- **Amortisationsdauer zusätzlicher Investitionen** aufgrund reduzierter Prozesszeiten und Ressourcenbedarfe **zum Teil sehr gering**
- **Trend zur Automatisierung von Prozessen** erkennbar (**Gründe:** Kostenreduzierung von Automatisierungstechnik, Ergonomie gewinnt an Bedeutung, demografischer Wandel, ...)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



M.Sc. Andreas Martini

Logistik für Produktionsunternehmen

Department Maschinenbau

Universität Siegen

andreas.martini@uni-siegen.de

+49 271 740 2975