



Das Technologie-Netzwerk:
Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

it's owl

Session: 12
**Optimierung und Materialflussanalyse in der
Oberflächentechnik (TK-Oberfläche)**
06. Juli 2016 | Bielefeld

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

DAS CLUSTERMANAGEMENT WIRD GEFÖRDERT DURCH:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Bauen, Wohnen und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



Agenda

Abschlusspräsentation



Einführung

Zielsetzung

Ergebnisse

Resümee und Ausblick

TK Oberfläche

Vorstellung des Transfernehmers

- Seit über 40 Jahren Spezialist auf dem Gebiet der Oberflächenveredelung in den Bereichen Pulverbeschichten und Eloxal
- Produktion an den Standorten Bielefeld, Korschenbroich
- Ca. 50 Mitarbeiter



COR-Lab Institut für Kognition und Robotik

Exzellenzcluster Kognitive Interaktionstechnologie



Zwei 2007 gegründete zentrale wissenschaftliche Einrichtungen der Universität Bielefeld mit Fokus auf

- **Mensch-Maschine Interaktion**
- **Maschinelles Lernen**
- **Intelligente (Robotik-) Systeme**
- **Mitarbeiter: > 280 Wissenschaftler**

Arbeitsgruppe **Kognitive Robotik und Lernen**

- **Maschinelles Lernen**
- **Interaktive Robotik**
- **Kognitive Systemarchitekturen**



Heinz Nixdorf Institut

Vorstellung des Transferegebers



Heinz Nixdorf Institut

- Forschungszentrum der Universität Paderborn, gegründet 1987
- Derzeit ca. 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie 9 Professuren



Fraunhofer Einrichtung für Entwurfstechnik Mechatronik IEM

- Start am 1. März 2011 als Projektgruppe für Entwurfstechnik Mechatronik des Fraunhofer IPT, Aachen
- Seit 1. Januar 2016 eigenständige Fraunhofer-Einrichtung für Entwurfstechnik Mechatronik IEM
- Derzeit 71 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Stand 18. Januar 2016)

Optimierung und Materialflussanalyse in der Oberflächentechnik

Motivation

Pulverbeschichtung

- Vielzahl an unterschiedlichen Arbeitsaufträgen
- Warenträger werden auf Basis von Farbgleichheit manuell bestückt
- Aktuell keine optimale Auslastung der Warenträger
- Warenträger werden evtl. nicht optimal bestückt
- Längere Durchlaufzeiten und Effizienzeinbußen in der Produktion
- Aktuelle Optimierungsbestrebungen beruhen auf impliziten Wissen

Selbstoptimierung

- Bietet verschiedene Methoden zur Steigerung der Produktionseffizienz und damit der Wettbewerbsfähigkeit
- Zuordnen von Bauteilen zu Chargen bzw. zu Warenträgern und das Einlasten dieser Träger in den Produktionsprozess soll Methodisch unterstützt werden
- Identifizierte Optimierungsansätze sollen durch Simulationen validiert werden

Agenda

Abschlusspräsentation



Einführung

Zielsetzung

Ergebnisse

Resümee und Ausblick

Zielsetzung und Vorgehensweise

AP 1 System- und Anforderungsanalyse

- Systemgrenzen und Randbedingungen definieren
- Analyse der aktuellen Situation
- Analyse historischer Produktionsdaten

AP 2 Datenerfassung

- Aufnahme der relevanten Daten
- Erstellung einer Prozessfolge
- Identifikation erster Opt. Potentiale
- Datenanalyse bzgl. möglicher Cluster

AP 3 Optimierung Warenträger

- Entwicklung eines Verfahren zur optimalen Bestückung von Warenträgern
- Geometrische optimale Anordnung um Gesamtfläche zu minimieren
- Relevante Cluster aus historischen Daten

AP 4 Modellierung und Simulation des Produktionsprozesses

- Überführung der Daten in Simulationsmodell
- Validierung des Simulationsmodells
- Materialflussanalyse für das Referenzsystem

AP 5 Ableiten Handlungsempfehlungen

- Identifikation von Optimierungspotentialen
- Erstellung von Handlungsempfehlungen

Dokumentation

Zielsetzung und Vorgehensweise

AP 1 System- und Anforderungsanalyse ✓

- Systemgrenzen und Randbedingungen definieren
- Analyse der aktuellen Situation
- Analyse historischer Produktionsdaten

AP 2 Datenerfassung ✓

- Aufnahme der relevanten Daten
- Erstellung einer Prozessfolge
- Identifikation erster Opt. Potentiale
- Datenanalyse bzgl. möglicher Cluster

AP 3 Optimierung Warenträger ✓

- Entwicklung eines Verfahren zur optimalen Bestückung von Warenträgern
- Geometrische optimale Anordnung um Gesamtfläche zu minimieren
- Relevante Cluster aus historischen Daten

AP 4 Modellierung und Simulation des Produktionsprozesses ✓

Übergeordnetes Ziel des Transferprojekts sind **Handlungsempfehlungen** für einen optimierten **Produktionsprozess**. Im Fokus stehen dabei die **Verbesserung** der Auslastung von **Warenträgern**, das intelligente Zusammenfassen von Bauteilen zu Warenträgergruppen und die Analyse des Materialflusses des aktuellen Produktionsprozesses hinsichtlich der durchgeführten Optimierungen.

AP 5 Ableiten Handlungsempfehlungen

- Identifikation von Optimierungspotentialen
- Erstellung von Handlungsempfehlungen

Dokumentation

Agenda

Abschlusspräsentation



Einführung

Zielsetzung

Ergebnisse

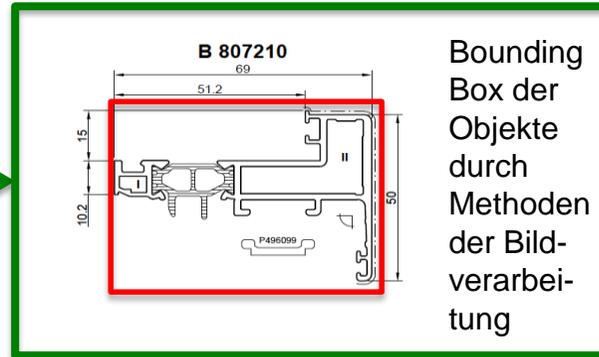
Resümee und Ausblick

Optimierung Warenträger - Formalisierung

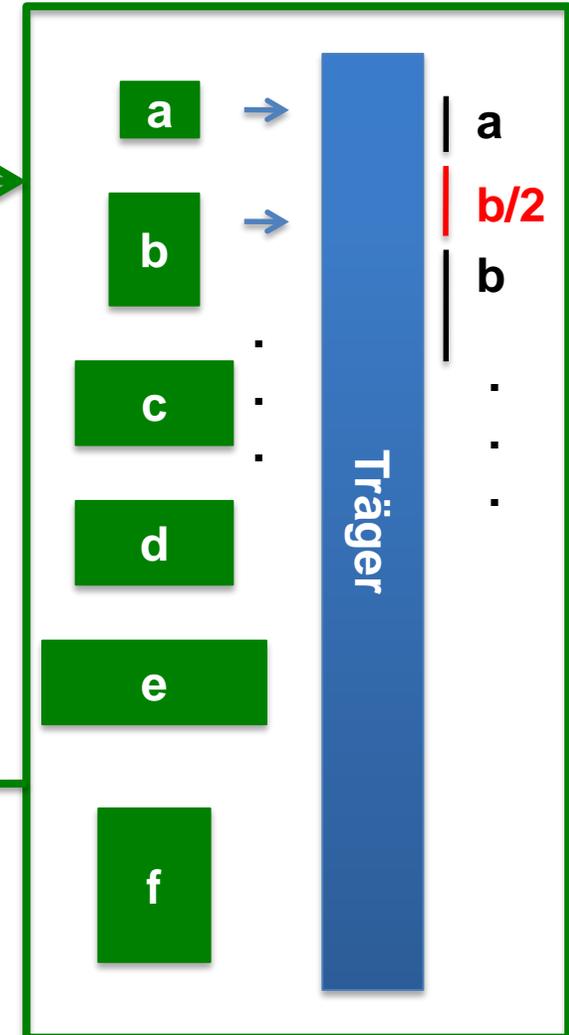
Auftrag

Pos-Nr. Restmenge	Artikel	Zeichnungs-Nr.	Werkstoff	Länge	Breite	Höhe	Innenbearb. Ø	Außenbearb. Ø	Oberfläche
10	805010		Aluminium	6500	329	0	0	0	2,14 m ²
	Hinweis: 1 St. Rahmenprofil								
29	805200		Aluminium	6500	397	0	0	0	2,58 m ²
	Hinweis: 1 St. Flügelprofil								
30	805500		Aluminium	1275	545	0	0	0	0,69 m ²
	Hinweis: 1 St. Sockelprofil								
40	594218		Aluminium	6500	157	0	0	0	1,02 m ²
	Hinweis: 1 St. Glasleiste 44								
50	145200		Aluminium	6000	199	0	0	0	14,33 m ²
	Hinweis: 12 St. Glasleiste								
60	149740		Aluminium	6000	309	0	0	0	14,83 m ²
	Hinweis: 8 St. Blendr.44/66								
70	149780		Aluminium	6000	442	0	0	0	5,30 m ²
	Hinweis: 2 St. Riegel 44/88								

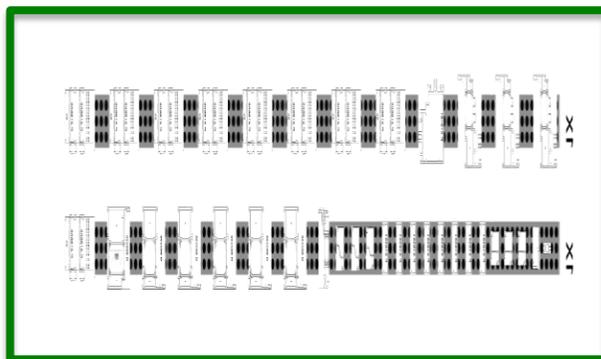
Digitalisierung



Optimierungsproblem



Evaluation



Optimierung

Das Problem ist ein Bin Packing Problem

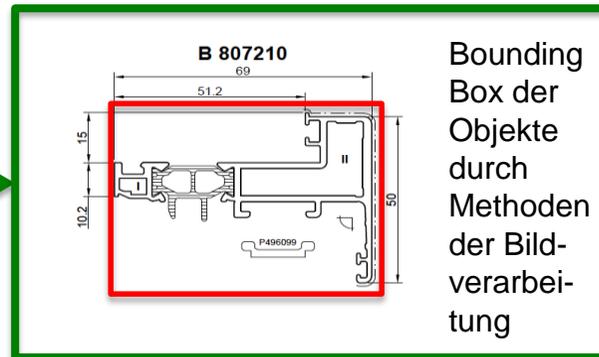
- untere Schranke für die Anzahl Träger (**k**)
- FFDS Algorithmus für beweisbar gute Bepackung

Optimierung Warenträger - Evaluation

Auftrag

Pos-Nr. Restmenge	Artikel	Zeichnungs-Nr.	Werkstoff	Länge	Breite	Höhe	Innenbearb. Ø	Außenbearb. Ø	Oberfläche
10	805010		Aluminium	6500	329	0	0	0	2,14 m ²
	Hinweis: 1 St. Rahmenprofil								
29	805200		Aluminium	6500	397	0	0	0	2,58 m ²
	Hinweis: 1 St. Flügelprofil								
30	805500		Aluminium	1275	545	0	0	0	0,69 m ²
	Hinweis: 1 St. Sockelprofil								
40	594218		Aluminium	6500	157	0	0	0	1,02 m ²
	Hinweis: 1 St. Glasleiste 44								
50	145200		Aluminium	6000	199	0	0	0	14,33 m ²
	Hinweis: 12 St. Glasleiste								
60	149740		Aluminium	6000	309	0	0	0	14,83 m ²
	Hinweis: 8 St. Blendr.44/66								
70	149780		Aluminium	6000	442	0	0	0	5,30 m ²
	Hinweis: 2 St. Riegel 44/88								

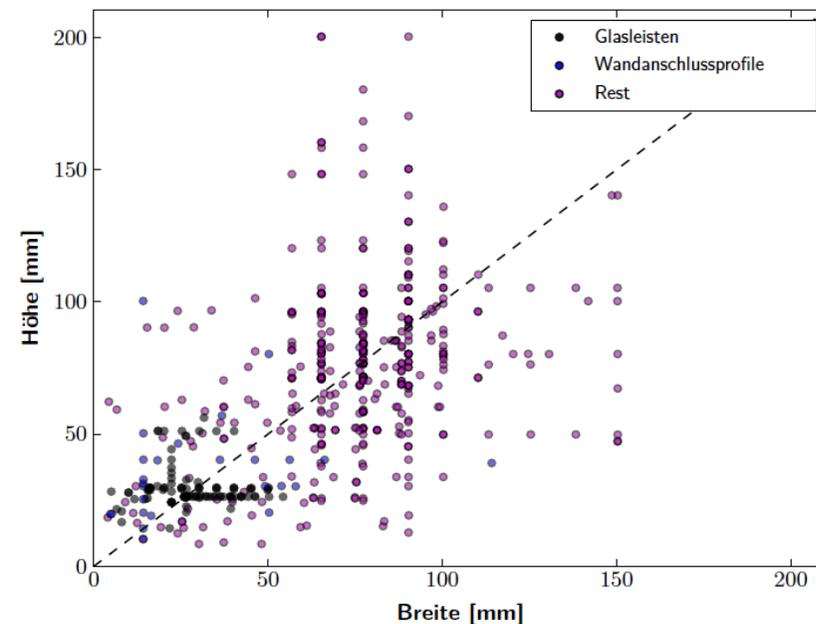
Digitalisierung



Bounding Box der Objekte durch Methoden der Bildverarbeitung

Scatter Plot der automatisch extrahierten Bounding Boxen (Breite / Höhe) der Bauteile:

97.1% der Bauteile konnten korrekt extrahiert werden, d.h. 543 von 559



Optimierung Warenträger - Evaluation

Auftrag

Pos-Nr. Restmenge	Artikel	Zeichnungs-Nr.	Werkstoff	Länge	Breite	Höhe	Innenbearb. Ø	Außenbearb. Ø	Oberfläche
10	805010		Aluminium	6500	329	0	0	0	2,14 m ²
	Hinweis: 1 St. Rahmenprofil								
29	805200		Aluminium	6500	397	0	0	0	2,58 m ²
	Hinweis: 1 St. Flügelprofil								
30	805500		Aluminium	1275	545	0	0	0	0,69 m ²
	Hinweis: 1 St. Sockelprofil								
40	594218		Aluminium	6500	157	0	0	0	1,02 m ²
	Hinweis: 1 St. Glasleiste 44								
50	145200		Aluminium	6000	199	0	0	0	14,33 m ²
	Hinweis: 12 St. Glasleiste								
60	149740		Aluminium	6000	309	0	0	0	14,83 m ²
	Hinweis: 8 St. Blendr.44/66								
70	149780		Aluminium	6000	442	0	0	0	5,30 m ²
	Hinweis: 2 St. Riegel 44/88								

Optimierung der Warenträger

Das Problem ist ein Bin Packing Problem
(i) untere Schranke für die Anzahl Träger **k**
(ii) FFDS-Algorithmus für beweisbar gute Bepackung

(*) Schätzung:
1 Träger /
15 Quadratmeter

Nummer	1410593	1521411	1521434	1521485	1521895	1521916	1522052	152208
Anz. Bauteile	1303	89	17	46	12	87	18	6
Quadratmeter	2405	51	23	171	40	8		
(*) k geschätzt	161	4	2	12	3	1		
(i) k Schranke	77	3	1	6	2	1		
(ii) k FFDS	78	4	1	6	2	1		
Einsparung gegenüber Schätzung	51%	0%	0%	50%	50%	33%	0%	

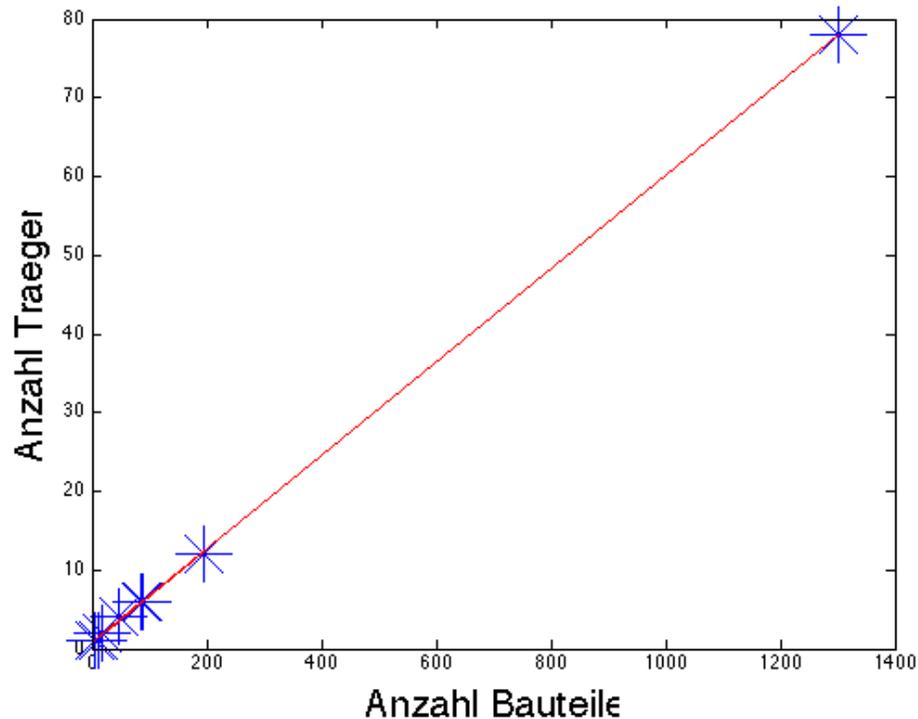
Hier wurden 91 Warenträger benötigt

Das entspricht einer Einsparung von 14% durch den FFDS-Algorithmus in der Praxis

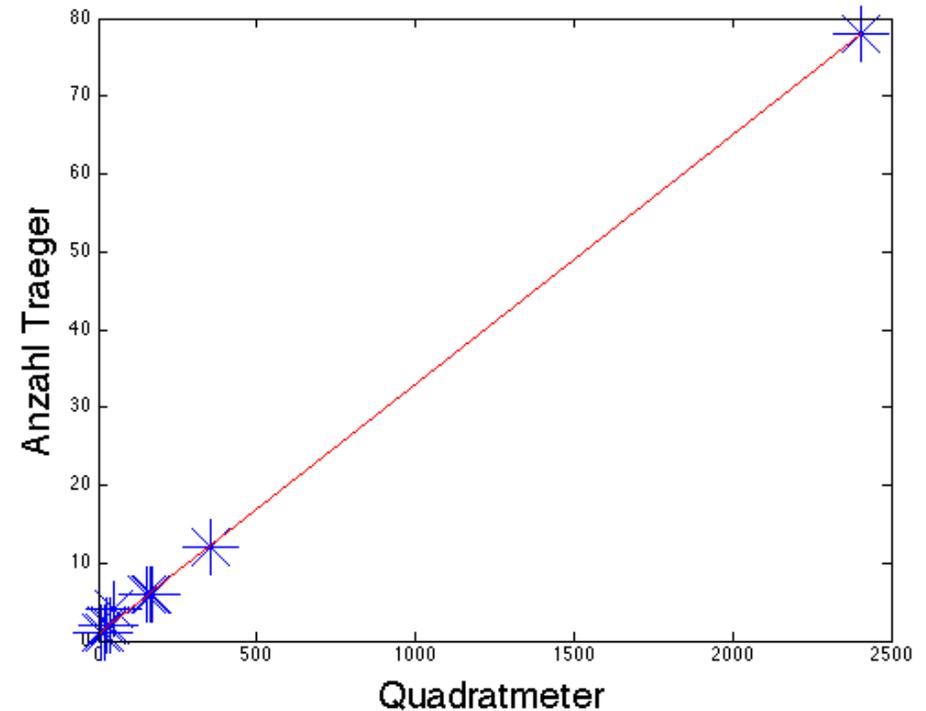
Optimierung der Schätzung zur Planung

- Verbesserung der Schätzung der benötigten Anzahl Träger auf der Basis gegebener Information – Formalisierung als Regressionsproblem

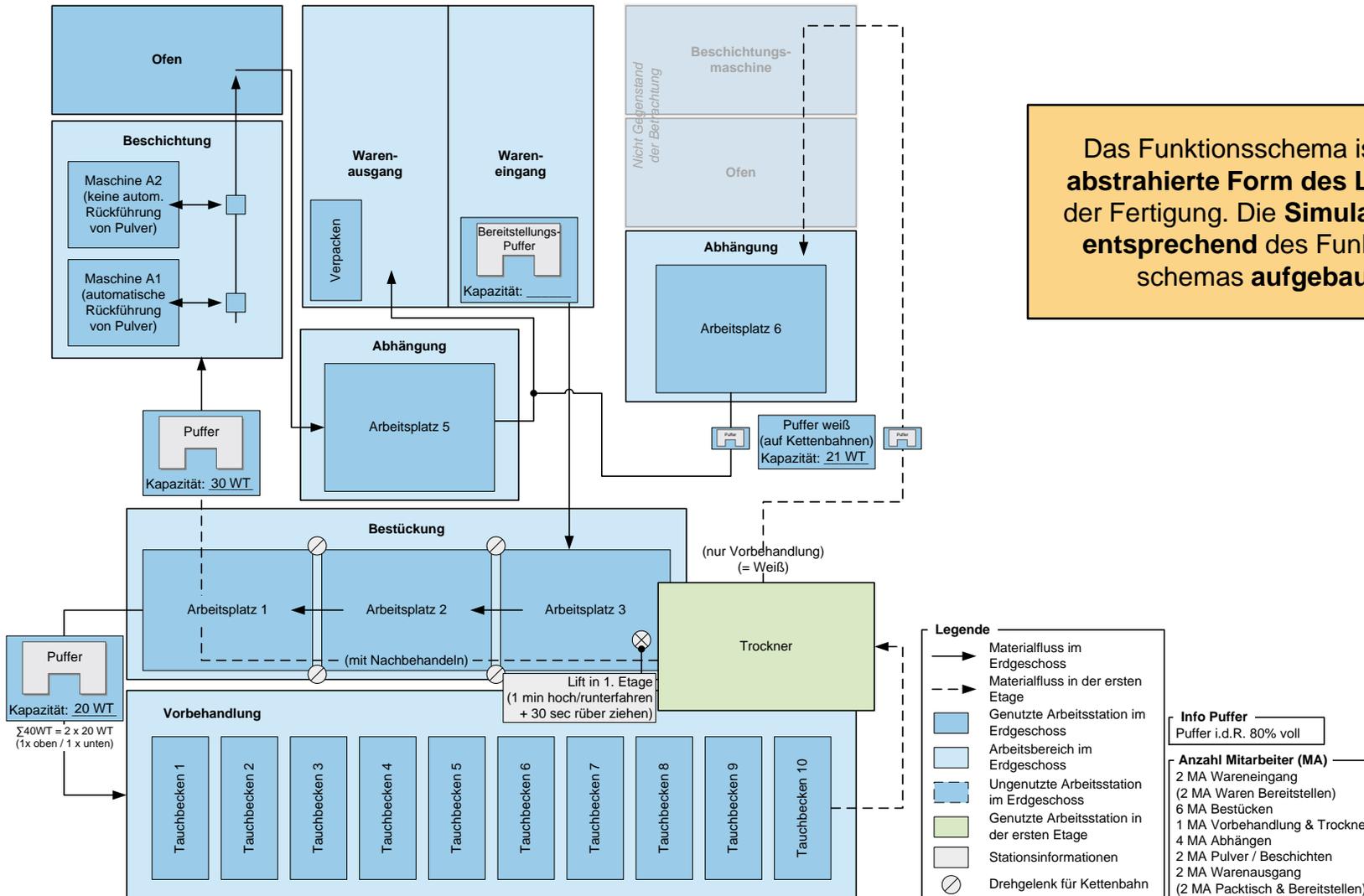
$$\text{Anzahl Träger} = 0.0593 * \text{Anzahl Bauteile} + 0.7205$$



$$\text{Anzahl Träger} = 0.0321 * \text{Quadratmeter} + 0.8430$$



Funktionsschema der Fertigung



Das Funktionsschema ist eine **abstrahierte Form des Layouts** der Fertigung. Die **Simulation ist entsprechend des Funktions-schemas aufgebaut.**

Zusammenfassung der Simulationsergebnisse (1/2)

Input	Sim.-Studie 1	Sim.-Studie 2	Sim.-Studie 3	Sim.-Studie 4	Sim.-Studie ...	Sim.-Studie 26
KW	12.6.15 – 19.6.15 (6 Arbeitstage)	12.6.15 – 19.6.15 (6 Arbeitstage)	12.6.15 – 19.6.15 (6 Arbeitstage)	12.6.15 – 19.6.15 (6 Arbeitstage)	...	12.6.15 – 19.6.15 (6 Arbeitstage)
Schichtkalender	6:00 – 14:00	6:00 – 14:00	6:00 – 14:00	6:00 – 14:00	...	6:00 – 14:00
Anzahl WT im PZR (Soll)	577	577	577	577	...	
Anzahl Ø –WT pro Deckel	~2,7	∞	∞	~2,7	...	~2,7
Berücksichtigung der Mitarbeiter-Restriktion an der Beschichtung	Ja	Ja	Ja	Nein	...	Ja
Anmerkung	Schichtdauer 8 Std. fix, Output variabel	Ohne Vorbehandlung	Ohne Vorbehandlung, ohne Trockner	Ohne Beschichtung	...	Erhöhung der Ø –Anzahl WT pro Deckel
Output						
Durchsatz [Stk] – Beschichtet	366	402	410	377	...	377
Durchsatz [Stk] – Vorbeh. (Σ-Ges.)	77 (443)	97 (499)	101 (511)	77 (454)	...	78 (458)
DLZ [Std]	3,9	-	-	-	...	4,1
Ø Puffer Vorbehandlung [%]	98%	-	-	-	...	-
Ø Auslastung Trockner [%]	61%	69%	-	63%	...	63%
Ø Puffer Beschichtung [%]	93%			-
Auslast. Be-/Abhängen [%]	75 / 31			75/32	...	
Fazit	Es wird ca. 77% des Soll- Durchsatzes erreicht.	Ist-Situation dient zur Validierung und als Referenzsimulation Bei Erhöhung der WT/Deckel können bis zu 15% mehr Durchsatz erzielt werden.				

Zusammenfassung der Simulationsergebnisse (2/2)

Ergebnisse

- Bei **gegebener** Produktverteilung ist die **Vorbehandlung** der **Engpass**
- Mit einer **Erhöhung** der **Warenträger** pro Deckel könnten bis zu **15% mehr Durchsatz** erzielt werden
- Der **Durchsatz** könnte durch das **Ausschalten** des **Beschichtungsengpasses** um **ca. 5%** an zu beschichtenden Warenträgern gesteigert werden
- Der **Ofen** ist **kein Engpass** im Produktionsprozess
- Mit mehr **Warenträgern pro Deckel** und **ohne** den **Beschichtungsengpass** könnte der Durchsatz erheblich **gesteigert** werden
- Eine **Erhöhung** der durchschnittlichen Anzahl an **Warenträgern auf 4** pro Deckel erhöht den **Durchsatz um ca. 10%**. Eine weitere Erhöhung der Warenträger pro Deckel bringt keinen signifikanten Mehrwert
- Bei gegebener Verteilung ist die **Beschichtung** der **eindeutige Engpass**

Handlungsempfehlungen

I Kurzfristige Maßnahmen

- **Aufträge** in verwertbarer, **digitaler Form** von Kunden einfordern
 - ▶ Optimierungspotential mit Hilfe der Bounding-Boxes ist eine Platzersparnis entsprechend 50% der Warenträger
- **Einsetzen des FFDS Algorithmus zur Bestückung der Träger erlaubt eine Einsparung von mehr als 10% bei großen Aufträgen**

II Mittelfristige Maßnahmen

- **Zusammenstellung des Warenflusses verbessern**
 - ▶ Optimierung des Warenflusses führt zu einer besseren Auslastung des Vorbehandlungsprozesses
 - ▶ Optimierungspotential ist ein ca. 12% erhöhter Durchsatz
- **Begünstigung nur vorzubehandelnder Aufträge**
 - ▶ Anreizsystem erschaffen (Preis)
 - ▶ Ohne jegliche Änderungen ist eine Durchsatzsteigerung von 10% möglich (vgl. Studie mit unterschiedlichen Produktverteilungen)

Agenda

Abschlusspräsentation



Einführung

Zielsetzung

Ergebnisse

Resümee und Ausblick

Resümee und Ausblick

I Zusammenfassung

- Aktuelle Produktion wurde analysiert
- Es wurde die Grundlage für eine Automatisierung und Digitalisierung geschaffen
- Verfahren zur optimaleren Bestückung von Warenträgern wurde entwickelt
- Gefundene Optimierungen wurden validiert
- Simulationsmodell lieferte weitere Optimierungsansätze
- Handlungsempfehlungen wurden erarbeitet
- Ergebnisse sind Grundlage für einen intensiven Dialog mit Steuerungslieferanten über Integration der Projektergebnisse in den gesamten Produktionsprozess

II Ausblick

- Handlungsempfehlungen werden intensiv weiter diskutiert
- Intensive Anstrengungen die Ergebnisse in den Unternehmensalltag zu integrieren
- Umsetzung der gefundenen Optimierungspotentiale
- Folgeprojekt zur Online Optimierung der Produktion und zur Prognose der Auslastung ist derzeit in Vorbereitung
- Projektergebnisse werden in den Leitstand integriert



Das Technologie-Netzwerk:
Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

it's owl

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

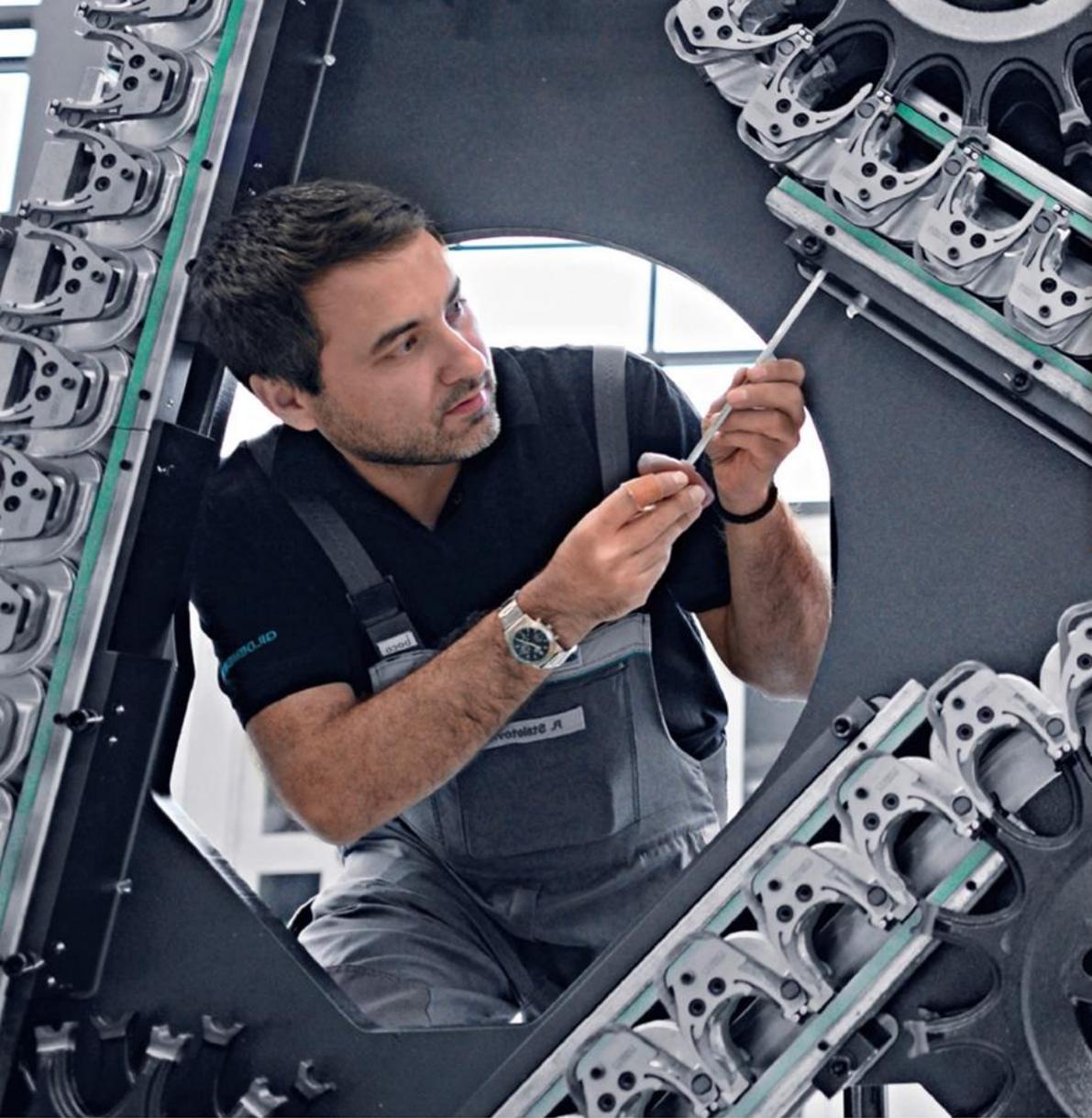
DAS CLUSTERMANAGEMENT WIRD GEFÖRDERT DURCH:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Bauen, Wohnen und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen





Das Technologie-Netzwerk:
Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

it's owl

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



BETREUT VOM



PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie

DAS CLUSTERMANAGEMENT WIRD GEFÖRDERT DURCH:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Bauen, Wohnen und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen

