

---

**Dissertationsvorhaben:**

# **Entwicklung eines adaptiven heuristischen Optimierungsverfahrens für dynamische multikriterielle Produktionsglättung**

---

**Dissertant:** Felix Kamhuber (m0435138)

Absolvent der Studienrichtung Industrielogistik,  
2010

23. TECHNO-ÖKONOMIE  
FORUM  
Montanuniversität Leoben  
16.04.2018

Dipl.-Ing. Felix Kamhuber  
Fraunhofer Austria Research GmbH  
Theresianumgasse 7/3.OG  
1040 Wien  
[www.fraunhofer.at](http://www.fraunhofer.at)



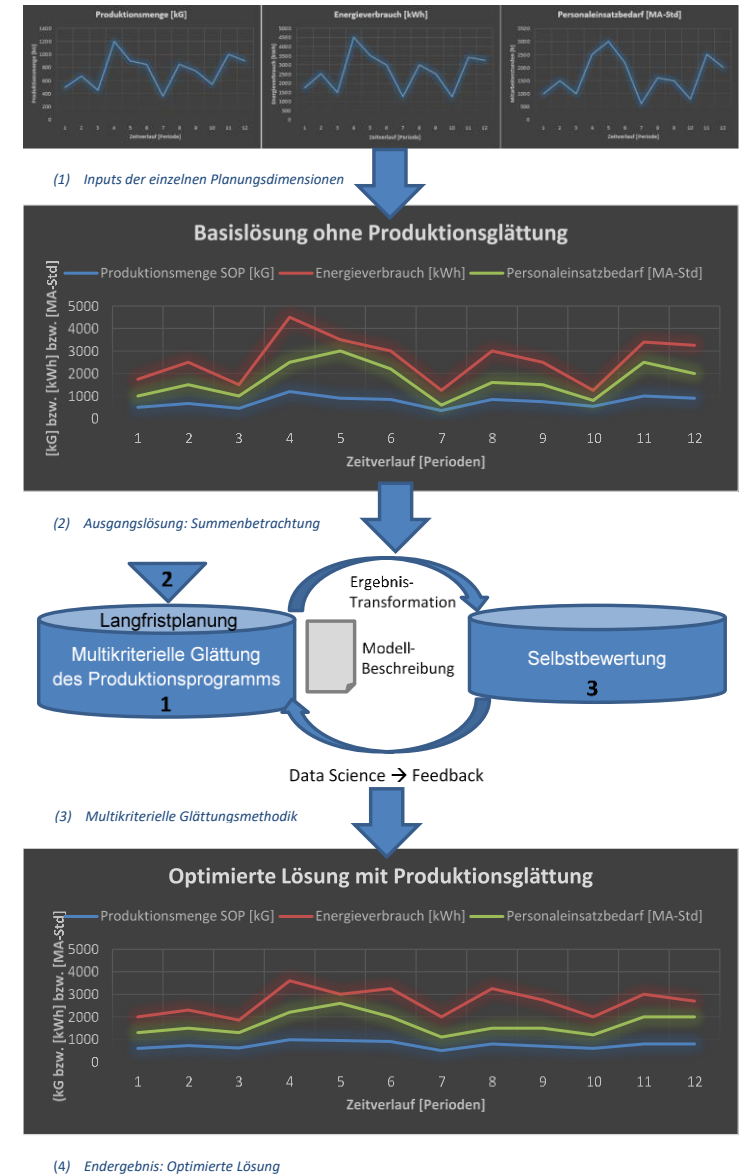
# Worum geht es bei meinem Dissertationsvorhaben

- Erschließen von Optimierungspotentialen (Kosten, Ressourcen, Planung) durch integrierte **roulierende** Anlagen- und Produktionsplanung
- Produktionsglättung (Anlagen, Lager, Personal, Energie)
  - Effekte von Nachfrageschwankungen in der Produktion reduzieren
  - Berücksichtigung der Interaktionen zwischen Materialfluss, Produktionsanlagen und Lager
    - Produktion am „optimalen Betriebspunkt“
  - Erfassung und Bewertung dieser Interaktion mittels **Heuristischer Optimierung**
- Ausnutzung von Data Science Feedback



# Forschungsskizze

- Input: Die Basislösung in Bezug auf die einzelnen Planungsdimensionen (1) wird in einer Summenbetrachtung dargestellt („Fitnesswert“ → Glättungsfaktor)
- Ausführung der „Multikriteriellen Glättungsmethodik“
- Selbstbewertung (Glättungsfaktor) und periodische Abspeicherung der Lösung
- Feedback über integrierten Data Science Ansatz → KVP



# Problembeschreibung

- Vorliegendes Problem: **Multi-Objective Multi-Product Multi-Period (MOMPMP) capacitated production planning problem**
  - Bereits Single-Product Multi-Period (SPMP) sind NP-vollständige Probleme<sup>1</sup>
  - Restriktionen auf Articlebene als auch auf Werksebene pro Periode
- Fokus auf die folgenden Glättungsdimensionen
  - Glättung von Produktionsmengen auf Produktionsartikel- und Werksebene
  - Glättung von Artikelbestandsverläufen
  - Raumauslastungsoptimierung → gezielte Reduktion von benötigter Raumkapazität → Längere Werks-Lebensdauer mit jeweiliger Ausbaustufe des Werks sowie gezielte energetische Reduktion
- Evaluierung der Methodik anhand eines industriellen Use-Case aus der Lebensmittelindustrie (Fleischproduktion)

# Ziele dieses Dissertationsvorhabens

- **Erschließung** der sich in einem Produktionssystem mit schwankendem Produktionsausstoß ergebenden **Kostenreduktionspotentiale** durch die Entwicklung und Umsetzung einer **lernenden Methodik für dynamische, multikriterielle Produktionsglättung** am Beispiel der **fleischverarbeitenden Industrie**
  - Der multikriterielle Ansatz bedingt einerseits Restriktionen und eröffnet gleichzeitig die Erschließung des damit verbundenen Potentials der jeweiligen Planungsebene (z.B. Menge, Kapazität, Energie, Personaleinsatz, ...)
  - Im Gegensatz zum State-of-the-Art können Produktionsaufträge im Zuge dieser Methodik dynamisch verändert bzw. aufgeteilt und dadurch mathematisch besser optimiert werden
  - Die Methodik kann, bedingt durch ihren roulierenden und selbstbewertenden Charakter, Daten aus der Historie sammeln, verarbeiten und sich dadurch selbst bewerten, dynamisch an die Zukunft anpassen und die sich dadurch ergebenden Potentiale erschließen

# Aktueller Stand der Technik und Forschungslücken (I)

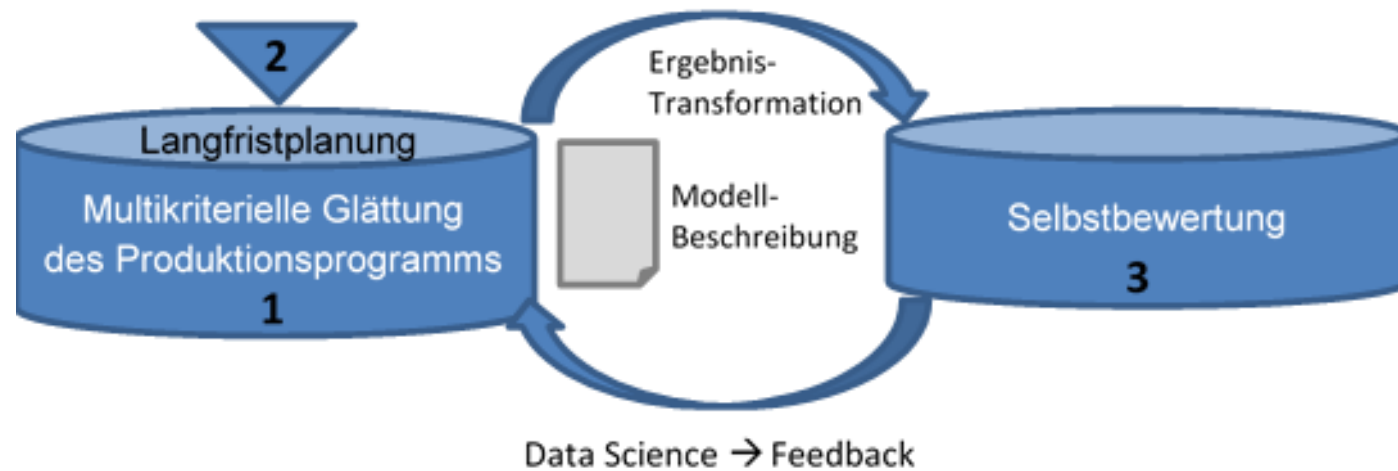
- Moderne heuristische und metaheuristische Optimierungsverfahren sind starr und lernen nicht aus der Vergangenheit mittels Data Science → **mangelnde Anpassungsfähigkeit**
- Produktionsmengenglättung: Der Split in zwei separat bzw. parallel zu optimierende Mengen-Dimensionen stellt eine Forschungslücke dar, welche diese Arbeit schließt
  - Mathematisch: Metaheuristiken arbeiten üblicherweise mit einer **fest definierten (Problem-)Matrizengröße** ohne Losteilung
  - Logisch: Metaheuristiken arbeiten sonst nur mit **einer Dimension**, ohne diese **logisch weiter aufzuteilen in separate Sub-Planungsebenen** → FMCG Branche erfordert jedoch eine Betrachtung von z.B. Kurantmengen und Aktionsmengen sowie unterschiedlicher spezifischer Anforderungen

# Aktueller Stand der Technik und Forschungslücken (II)

- **Starre Produktionskapazitäten<sup>2</sup> → Berücksichtigung roulierend flexibler Kapazitätsgrenzen und dynamischer Soll- und Minimalbestandswerte** sind GAPS in modernen ERP/APS Planungs-Systemen → wird im Zuge dieser Arbeit in der Planung berücksichtigt
  - Pflege flexibler Leistungsspitzen an bestimmten Wochen (z.B. im Dezember)
  - Wochen mit Feiertagen sind komfortabel in der Leistung anpassbar
  - Kurz- und mittelfristige Bestandsverlaufsvorgaben (Red. von Planungsrisiken)
- Kombination aus Mengenglättung, Bestandsglättung & Raumauslastungsoptimierung in der Fitnessfunktion dargestellt über einen gewichteten “MCSMI” (Multi-Criteria Smoothing Index)
  - Erfordert eine Raumauslastungsvorschau im Programm
  - Einstellbare Gewichtungen → Priorisierung möglich

# Forschungsfragen im Zuge dieser Dissertation

- (1) Wie kann eine dynamische multikriterielle Glättungsmethode gestaltet sein, welche die wesentlichen Mängel verfügbarer Glättungsmethoden adressiert?



- (2) Welche Anforderungen und Voraussetzungen müssen für den erfolgreichen Einsatz von Produktionsglättungsmethoden speziell für die im Zuge dieser Dissertation entwickelten Methodik für multikriterielle Produktionsglättung in der fleischverarbeitenden Industrie erfüllt sein?
- (3) Wie kann Optimalität bewertet werden?

# Industrieprojekt: Einführung einer Produktionsglättung

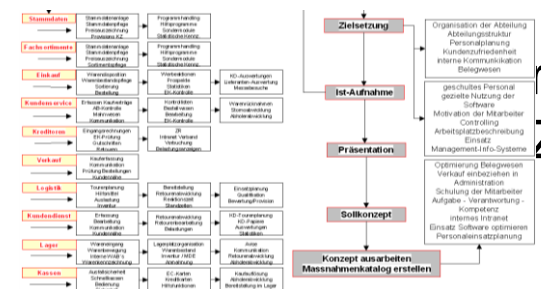
■ Ausgangssituation: Im Zuge einer Fabrikplanung möchte ein produzierendes Unternehmen aus der FMCG- Branche eine Produktionsglättung für den neuen Werksstandort bei sich integrieren

■ Definition FMCG: „Fast-moving consumer goods“ bezeichnet den Handel mit schnell-drehenden (Lebensmittel,...)



→ en

■ Ausgangspunkt: Detaillierte Prozessaufnahme einen möglichen **Entkopplungspunkt** Aufspannen des Variantenbaums) der Prozessanalyse zu **identifizieren**

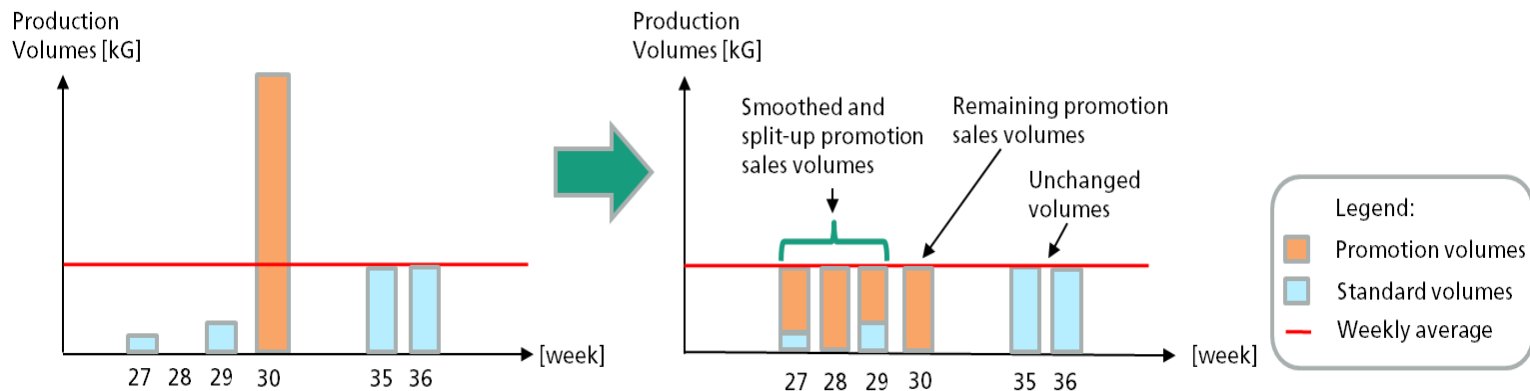


um Züge

■ Ziel: Umsetzung einer um die Lastspitzen reduzierten Produktion, sodass erhebliche Kosteneinsparungen beim Bau bzw. dem nachfolgenden effizienten (roulierenden) Betrieb des neuen Standorts resultieren

# Phase 1: Regelbasierte Glättung: Ausgangspunkt

- Ausgangspunkt: Mengen aus der Absatzplanung bzw. daraus resultierende start-of-production (SOP) Mengen
- Voraussetzung: Identifikation & **Verwendung** eines geeigneten **Entkopplungspunkts** in der Produktion, um absatzseitig resultierende Nachfrageschwankungen an diesem Punkt ausgleichen zu können
  - Aufnehmen von Produktionsregeln, die kritische Kapazitäten, z.B. Verpackungsmaschinen, berücksichtigen
  - Ziel: Zuordnung gesplitteter (Aktions-) Mengen zur jeweiligen Verpackungsanlage → Glättung von Aktionsmengen an Verpackungsmaschinen

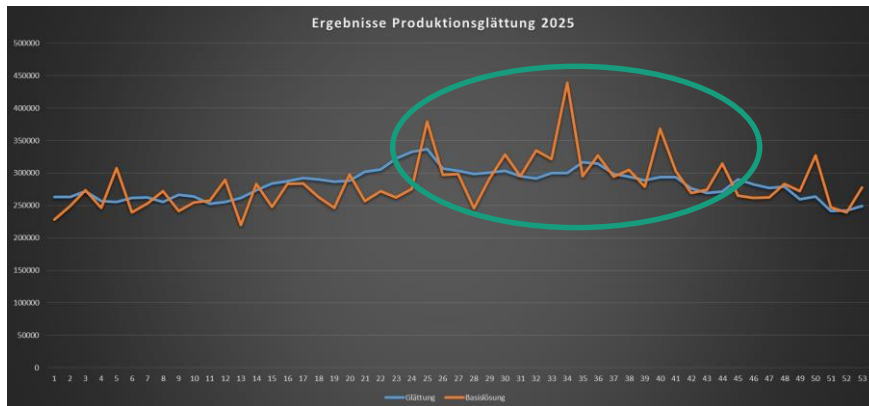


## Phase 2: Heuristische Optimierung → Maximale Ausnutzung des Entkopplungspunkts

### ■ Inputs:

- Artikelspezifika: Maximal möglicher zeitlicher und mengenmäßiger Versatz (Wochen und Mengen) pro (Produktions-) Artikel vor Entkopplungspunkt
- Kapazitätsrestriktionen in jeder Periode
- Produktionslast in jeder Periode an jedem Artikel bekannt

- Output: Verschiebung und Los-Aufteilung<sup>3</sup> von Kurant- und Aktionsmengen in die, auf Produktionsartikel- (A/B- Artikel) oder Produktgruppenebene (C-Artikel), Woche mit den geringsten Mengen → „Auffüllen“ von Wochen



### Outcome:

Lastspitzen-  
Reduktion  
um ~ 30% in  
der Produktion

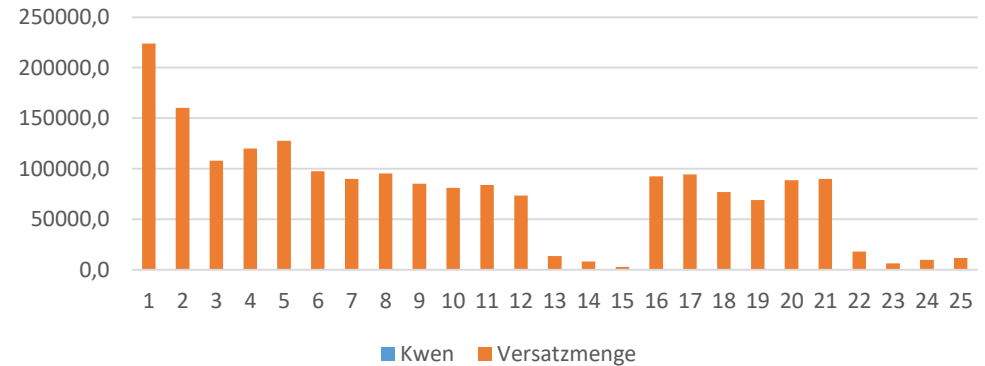
# Bewertung Produktionsglättung (Analytisch / Simulation)

■ **Analyt.:** Die Glättung bedingt einen Versatz eines bestimmten Anteils der Produktionsmengen (~ 9%) (möglichst zeitnahes Schiebefenster)

■ **Sim.:** Kosteneinsparungen einer geglätteten Produktion (Waren-Eingang, Maschinen, Personal) stehen Mehrkosten durch z.B. längerer Lagerung gegenüber

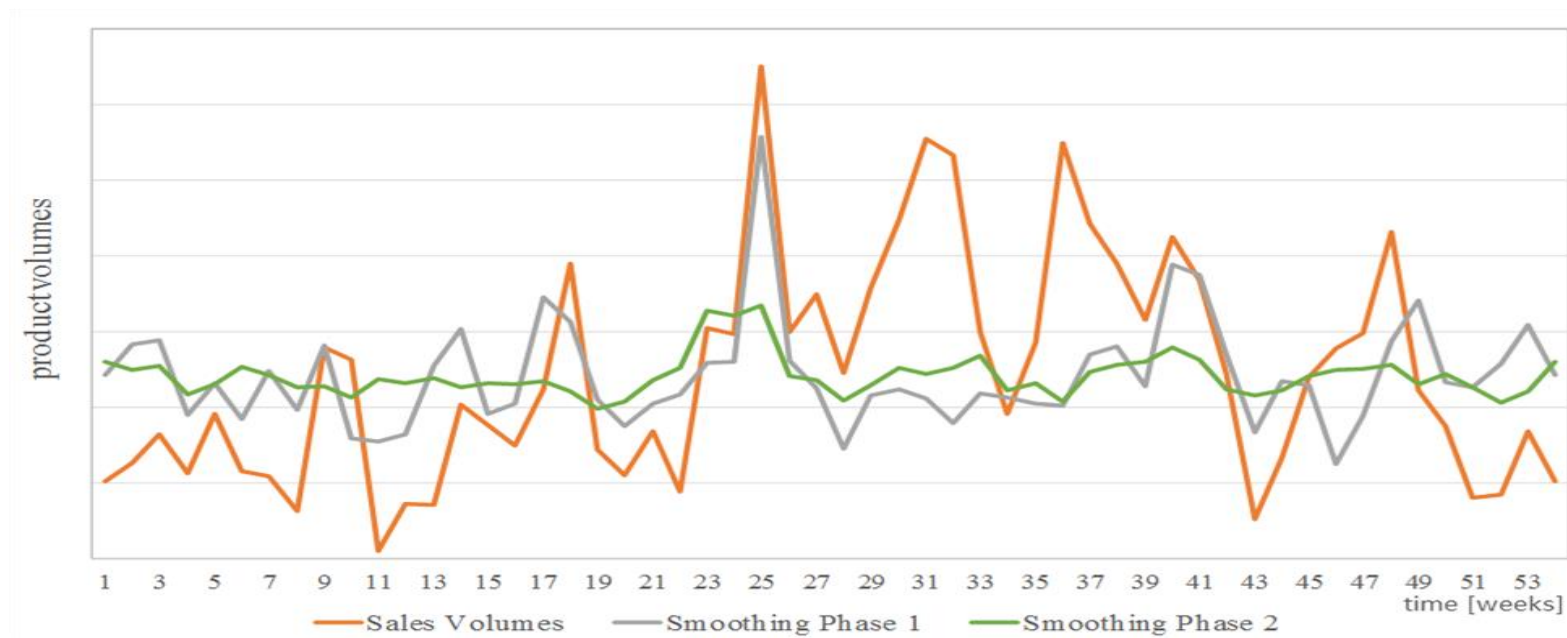
■ **Analyt.:** Roulierende Bewertung mittels MCSMI → **Offen**

Versatz Aktionsmengen je KW 2025



# Bisherige Planungsergebnisse (Basis GJ 2020/2025)

- Ergebnisse der Heuristik „Produktionsmengenglättung“
  - Glättungsphase 1: Use-Case-spezifisches Regelwerk in Bezug auf die Reduktion von Spitzen für die Verpackungsmaschinen
  - Glättungsphase 2: Mathematisch heuristische Los-Aufteilung gemäß Artikel- und Wochenrestriktionen



# Vorgehensweise im Zuge des Industrie- und Forschungsprojekts (ASPeCT)

- Technische Anbindung (Datenbank-Anbindung) → Roulierende Planung (Go-Live 04.2018)
  - Verarbeitung der aktuell erhaltenen Absatzplanung Erledigt
  - Verarbeitung/heuristische Ausnützung der aktuellen Bestandssituation Erledigt
  - Feedback in Bezug auf den Produktionsvorschlag für KW 1 von letzter Woche Erledigt
  
- Anbindung weiterer Optimierungsmodule
  - Integration Modul Bestandsglättung WIP
  - Integration Modul Raumauslastung → Vorschau & Optimierung WIP
  
- Integration „Data Science“ Modul
  - Periodische DB-Abspeicherung von Strategien, Bestandsverlauf & Lösung Erledigt
  - Statistische Auswertung und Vorschlag für neue Parameterwerte: Ab 2019 Offen

# Literaturverzeichnis

- (1) M.Karimi-Nasab and I. Konstantaras, „A random search heuristic for a multi-objective production planning,“ *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 62, No. 2, pp. 479 – 490, 2012
- (2) C.Morawetz, „Vorgehensweise zur Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems zur kostenoptimalen mittelfristigen Kapazitätsanpassung,“ *Dissertation*, TU Wien, 2015
- (3) C.Low, C.-M. Hsu, and K.-I. Huang, „Benefits of lot splitting in a job shop scheduling,“ *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 24, No. 9-10, pp. 773-780, 2004



Wir begleiten Sie gerne in  
innovativen Projekten...



*„Fraunhofer Austria - Im Auftrag der Zukunft“*

Dipl.-Ing. Felix Kamhuber  
Fraunhofer Austria Research GmbH  
Theresianumgasse 7/3.OG  
1040 Wien  
[www.fraunhofer.at](http://www.fraunhofer.at)