
Fraunhofer Austria Research

Vorgehensmodell zur rollierenden Planung von Maßnahmen zur Anpassung multimodaler Transportkapazitäten am Beispiel der Automobildistribution

Leoben, am 16.04.2018

DI Georg Brunthaller

Fraunhofer Austria Research GmbH

Theresianumgasse 27

1040 Wien

Tel: +43 1 504 69 06

Fax: +43 1 58801 33040



Inhalte

- Einleitung
- Aufbau der Arbeit
- Forschungsdefizit
- Problemstellung
- Vorgehensmodell zur rollierenden Planung
- Ergebnisse
- Fragen und Diskussion



Einleitung

Welcher Motivation unterliegt die Arbeit?

■ Ökologischer Druck

- Hoher Anteil der österreichischen **THG-Emissionen**
- Hohe Abhängigkeit von **fossilen Brennstoffen**
- **Verlagerung von Verkehren** von der Schiene auf die Straße

■ Ökonomischer Druck

- **Hoher rel. Fixkostenanteil**
- **Auftragsschwankungen** führen zu Über- und Unterkapazitäten

■ Steigende Volatilität:

- Sinkende **Losgrößen** („Losgröße 1“, Individualisierung)
- Höhere **Dringlichkeit** („Güterstruktureffekt“, „Same-Day-Delivery“)
- Steigende **Spontanität** („Sharing Economy“)

Dimensionierung von Transportkapazitäten als kritischer Erfolgsfaktor:

- Negative ökonomische Auswirkungen bei Über-/Unterkapazitäten.
- Negative ökologische Auswirkung durch präferierten Verkehrsträger „Straße“.

Quellen: Statistik Austria (2018), Umweltbundesamt (2017), Lueghammer et al. (2016), Wittenbirnk (2014), Bretzke und Barkawi (2012), Keller und Helmreich (2011), Stölzle (2010), Lohre (2007)

Aufbau der Arbeit

Welchen methodischen Ansatz verfolgt die Arbeit?

- Orientierung am „Design Science Research Process“ (DSRP).
- Entwicklung eines Lösungsvorschlags für eine Problemstellung und Evaluierung am Fallbeispiel.
 - Schritt 1: Problemstellung
 - Schritt 2: Lösung
 - Schritt 3: Demonstration
 - Schritt 4: Evaluierung
 - Schritt 5: Conclusio
- Besondere Eignung aufgrund des angewandten Forschungscharakters

Forschungsschritt	Kapitel der vorliegenden Arbeit
Problemstellung	<ul style="list-style-type: none">• Einleitung• Theoretischer Bezugsrahmen und Eingrenzung des Untersuchungsbereichs• Stand der Wissenschaft zur Planung von Transportkapazitäten in multimodalen Transportnetzen• Problemstellung und Anforderungen
Lösung	<ul style="list-style-type: none">• Vorgehensmodell zur rollierenden Planung von Maßnahmen zur Anpassung multimodaler Transportkapazitäten<ul style="list-style-type: none">○ Modell des Transportsystems○ Modell der Nachfrage○ Modell des rollierenden Planungsprozesses○ Modell zur Bewertung
Demonstration am Fallbeispiel	<ul style="list-style-type: none">• Erprobung des Vorgehensmodells anhand des Fallbeispiels der Automobildistribution<ul style="list-style-type: none">○ Erläuterungen zum Fallbeispiel○ Anwendung des Vorgehensmodells
Evaluierung am Fallbeispiel	<ul style="list-style-type: none">• Evaluierung des Vorgehensmodells anhand des Fallbeispiels der Automobildistribution<ul style="list-style-type: none">○ Evaluierung der resultierenden Flotte○ Zusammenfassung des ökonomischen und ökologischen Mehrwerts○ Weiterführende Ergebnisse
Conclusio	<ul style="list-style-type: none">• Abgleich mit den Anforderungen an die Arbeit• Kritische Betrachtung der Arbeit• Weiterer Forschungsbedarf

Quellen: Hevner et al. (2004), Peffers et al. (2007), Vaishnavi und Kuechler (2008)

Forschungsdefizit

Welche Forschungslücken wurden beobachtet?

■ Untersuchte wissenschaftliche Ansätze:

- Ansätze zur **Dimensionierung von Flotten**
- Modell der **Transportmittel- und Verkehrsträgerwahl**
- Multimodale **Verkehrsnachfragemodelle**
- Probleme zur **Dimensionierung von Transportdienstleistungen**
- Integrierte Probleme der **Flotten-dimensionierung und Tourenplanung**
- Kapazitätsorientierte **Planung von Transportnetzwerken**

In bisherigen Arbeiten nicht berücksichtigt:

- Spezifischen Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung und deren Vorlaufzeit
- Netzwerkeffekte über mehrere Verkehrsträger hinweg
- Auswirkungen veränderlicher Prognosen
- Ökologische Effekte rollierender Kapazitätsdimensionierung

Quelle: Brunthaller (2017)

Problemstellung

Welche Anforderungen an das Modell ergeben sich?

■ Ungelöste Problemstellung:

- Fehlende Entscheidungsunterstützung zur **rechtzeitigen Einleitung von Kapazitätsanpassungsmaßnahmen** im multimodalen Transportnetzwerk des Transportdienstleisters:
 - Mangelnde Transparenz zu Auswirkungen von Auftragsschwankungen auf die Auslastung der Flotte.
 - Kapazitätsangebot nicht ausreichend mit den Nachfrageschwankungen synchronisiert.

■ Forschungsleitende Fragestellung:

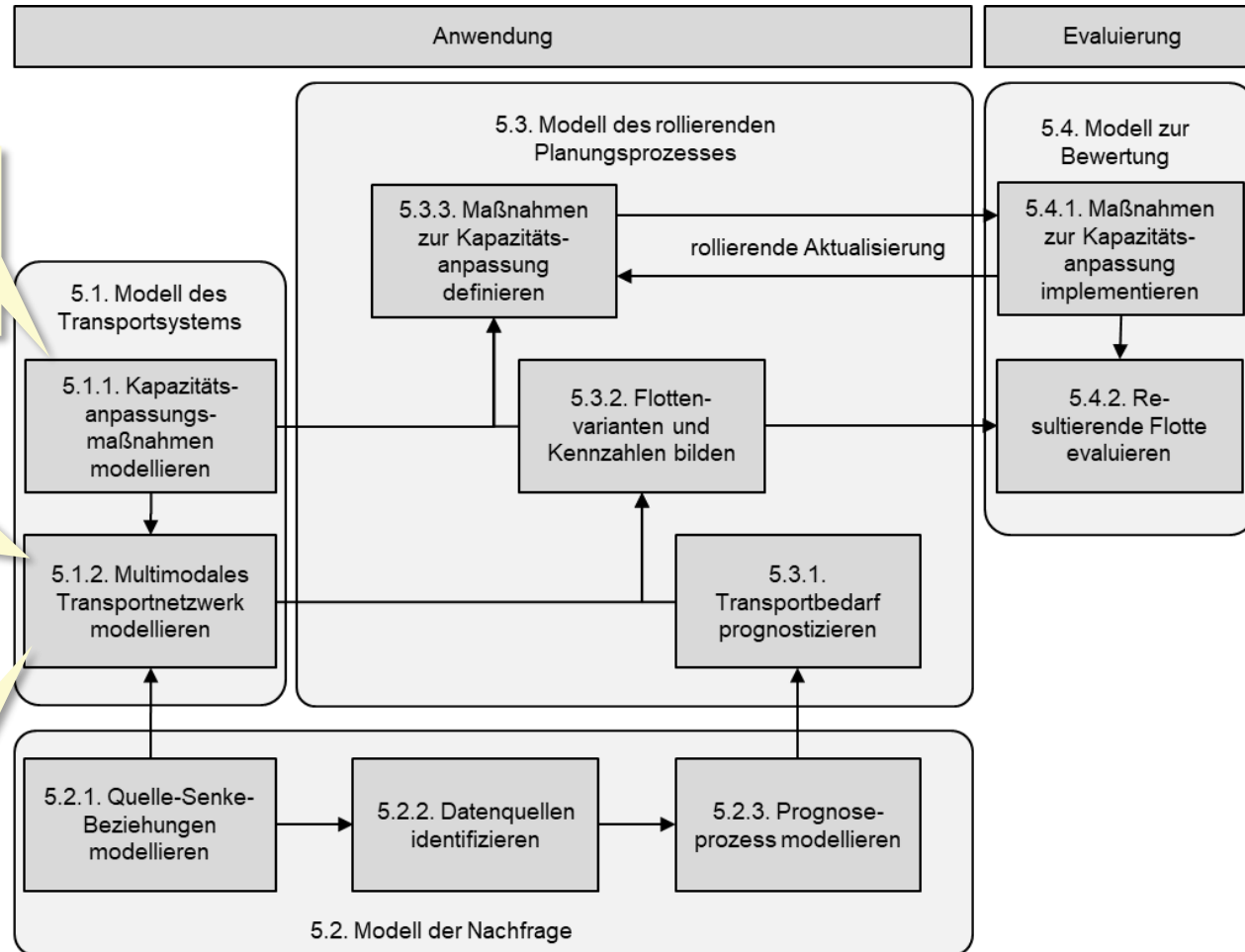
- Trägt eine Vorgehensweise zur rollierenden Planung von Maßnahmen zur Anpassung von multimodalen Transportkapazitäten zu einem **ökologischen und ökonomischen Mehrwert** bei?

Synchronisation des Kapazitätsangebots mit der erwarteten Nachfrage:

- **Anforderung 1:** Integration von Verkehrsträgerwahl und Flottendimensionierung sowie netzwerkorientierte Bewertung.
- **Anforderung 2:** Integration rollierender Planung unter Berücksichtigung von Vorlaufzeiten zur Implementierung.
- **Anforderung 3:** Bewertung ökonomischer & ökologischer Effekte vorausschauender multimodaler Planung von Maßnahmen.

Vorgehensmodell zur rollierenden Planung

Wie wird das Modell den Anforderungen gerecht?



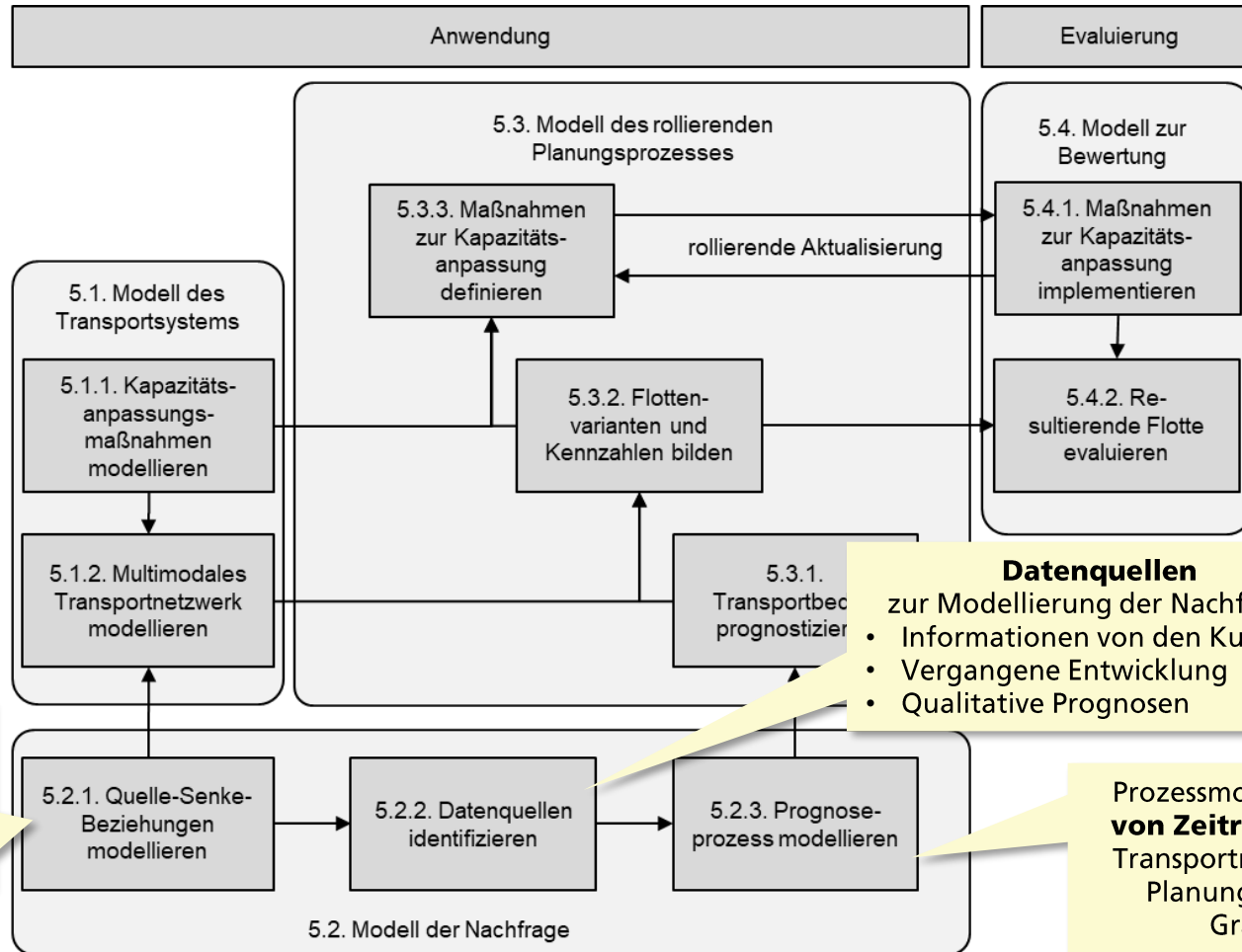
Maßnahmen zur Kapazitätsanpassung definieren Anforderungen an den Planungsprozess

Kosten-, Emissions- & Kapazitätswirkung am multimodalen Transportnetzwerk

Berücksichtigung von Transportmittel auf **Straße, Schiene und Wasserstraße**

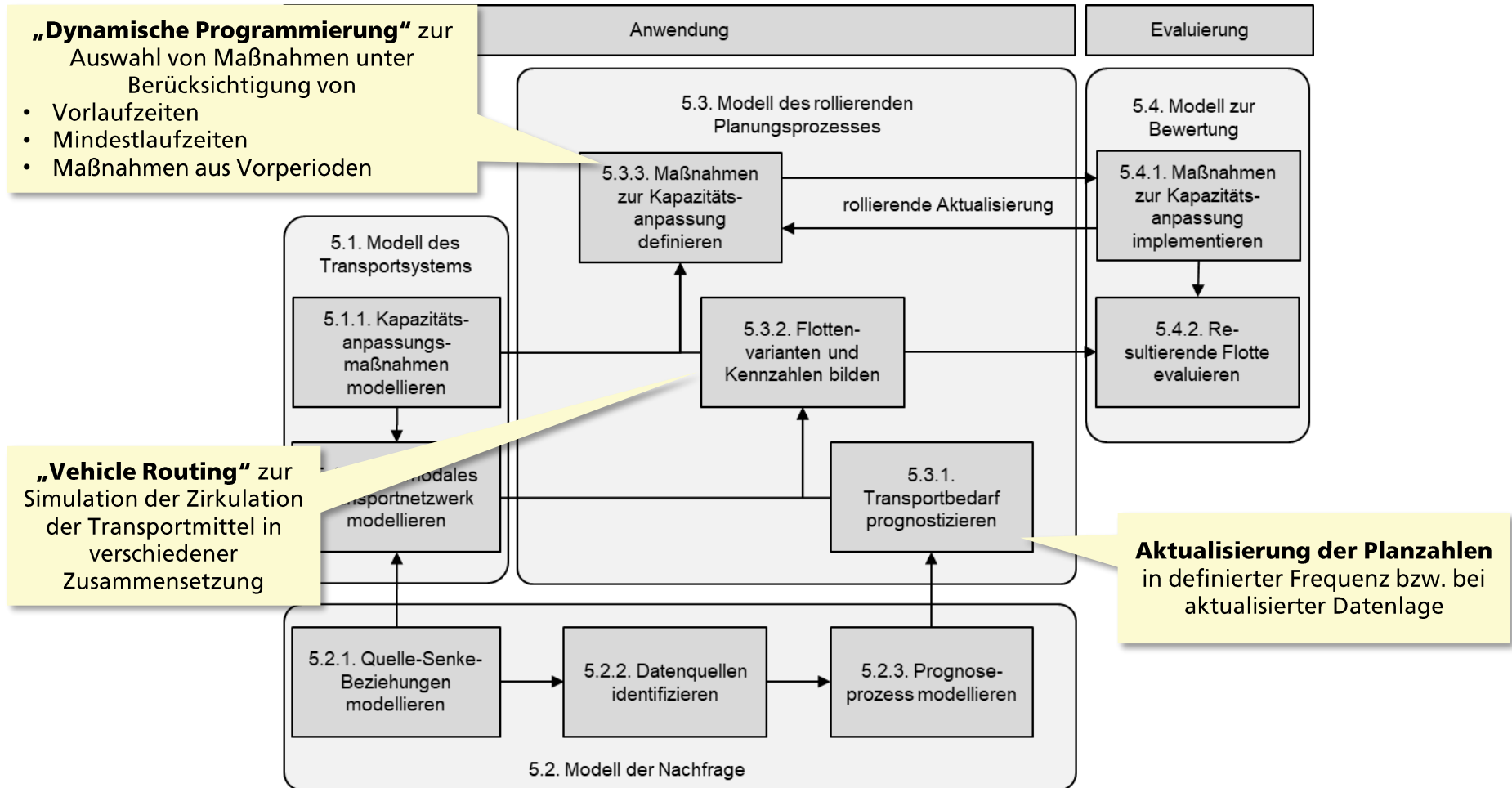
Vorgehensmodell zur rollierenden Planung

Wie wird das Modell den Anforderungen gerecht?



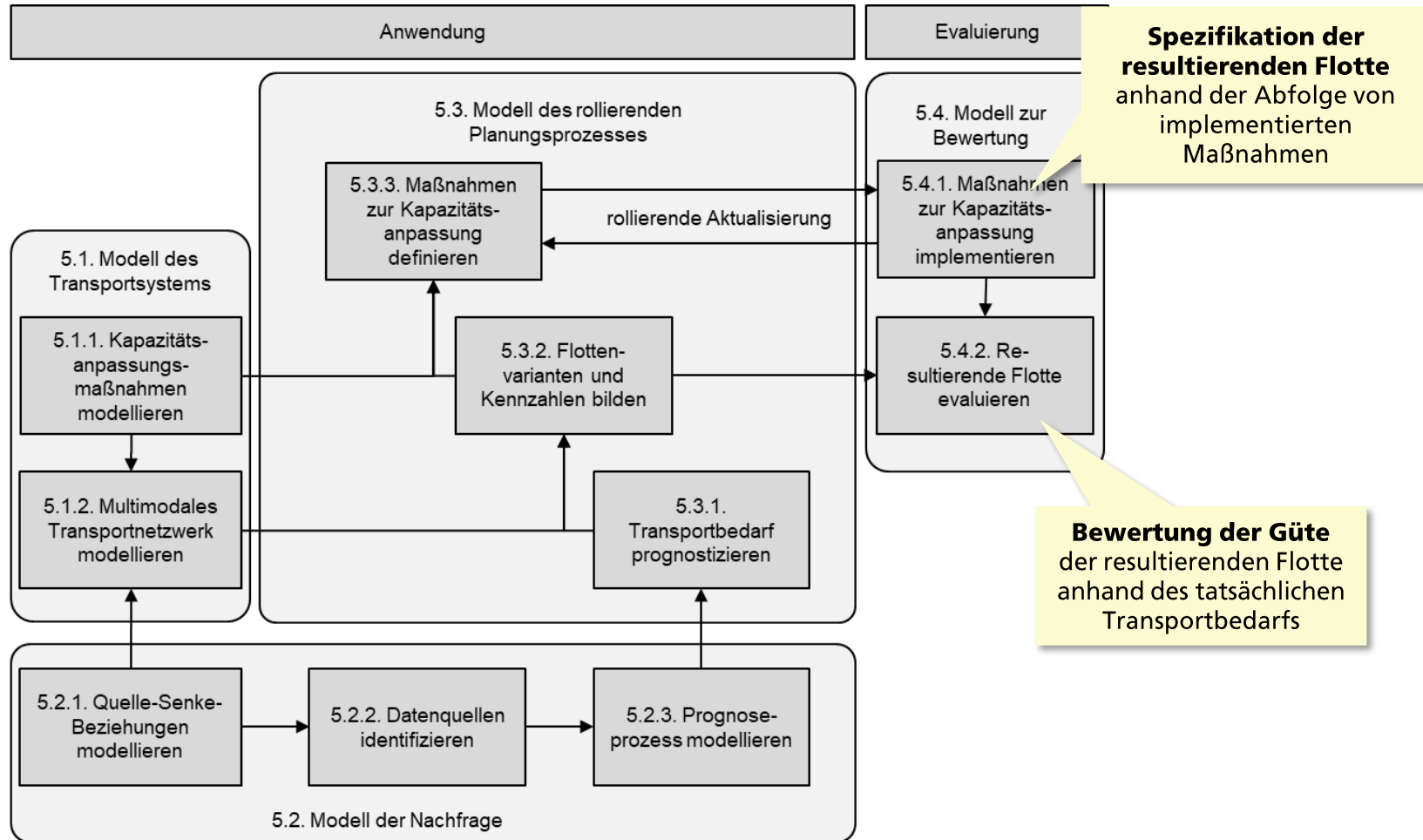
Vorgehensmodell zur rollierenden Planung

Wie wird das Modell den Anforderungen gerecht?



Vorgehensmodell zur rollierenden Planung

Wie wird das Modell den Anforderungen gerecht?



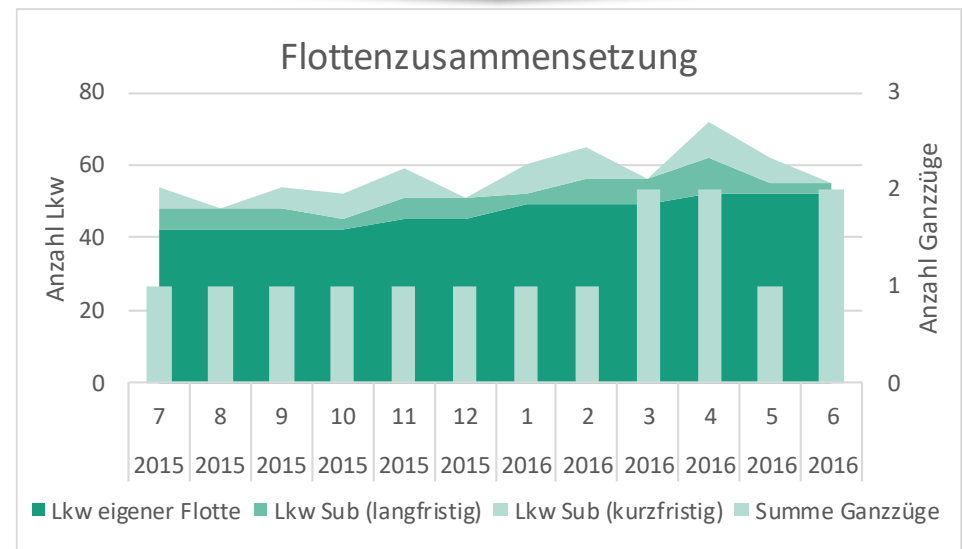
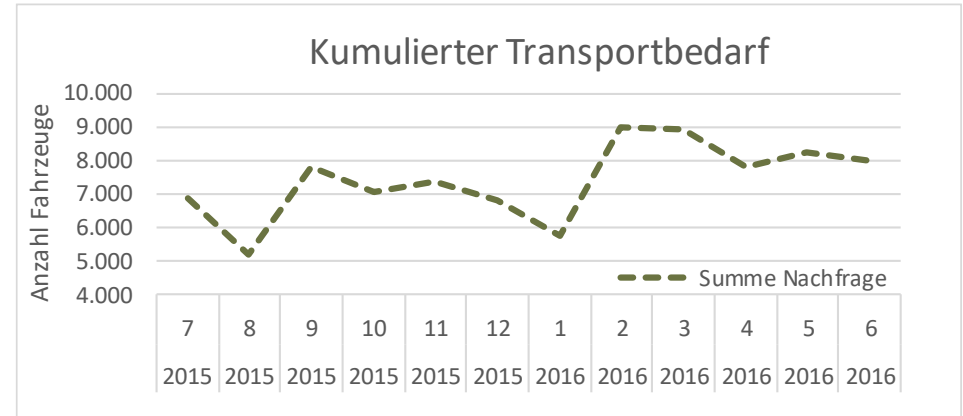
Ergebnisse

Was ist das Ergebnis der Anwendung des Vorgehensmodells?

■ Anwendung am Fallbeispiel

- Transportvolumen:
 - Ca. 90.000 Pkw
 - Ca. 11.000 Lkw-Ladungen
- 25 % des Transportvolumen des Anwendungspartners
- Maßnahmen:
 - Eigener Lkw-Fuhrpark
 - Lkw-Subauftragnehmer (kurz-/langfristig)
 - Ganzzug (kurz-/langfristig)
- Planungshorizont:
 - 24 Monate
 - monatliche Aktualisierung

Resultat des Vorgehensmodells ist ein Maßnahmenplan Anpassung der Flottenzusammensetzung

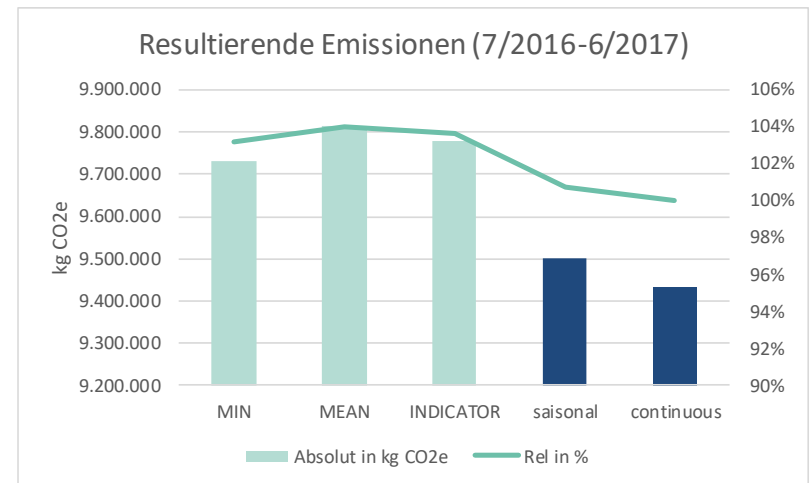
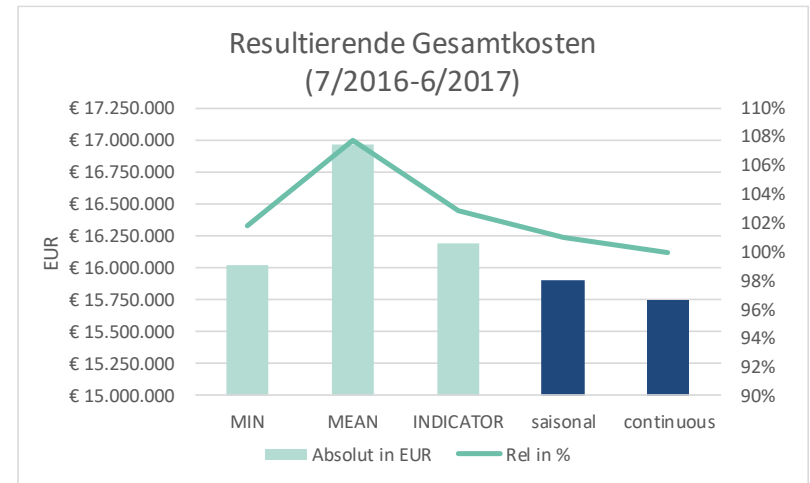


Ergebnisse

Wie wirkt sich die Anwendung des Vorgehensmodells aus?

■ Evaluierungsszenarien

- **„MIN“**: Orientierung der Flotte des kommenden Jahres am erwarteten Minimum des Transportvolumens.
- **„MEAN“**: Orientierung der Flotte des kommenden Jahres am erwarteten Mittelwert des Transportvolumens.
- **„INDICATOR“**: Kalkulation der Flotte für das nächste Jahr anhand vergangener Kennzahlen.
- **„Saisonal“**: Jährliche Anwendung des Vorgehensmodells.
- **„Continuous“**: Monatlich rollierende Anwendung des Vorgehensmodells.



Evaluierung des Vorgehensmodell anhand des tatsächlichen Transportbedarfs:

- Resultierende Gesamtkosten: bis - 7,7 %
- Resultierende THG-Emissionen: bis - 4 %

Fragen und Diskussion





Wir begleiten Sie gerne in
innovativen Projekten...



„INNOVATIVE LÖSUNGEN FÜR DAS HEUTE VON MORGEN“

Georg Brunthaller

Theresianumgasse 27

1040 Wien, Austria

Tel.: +43 676 888 616 16

georg.brunthaller@fraunhofer.at

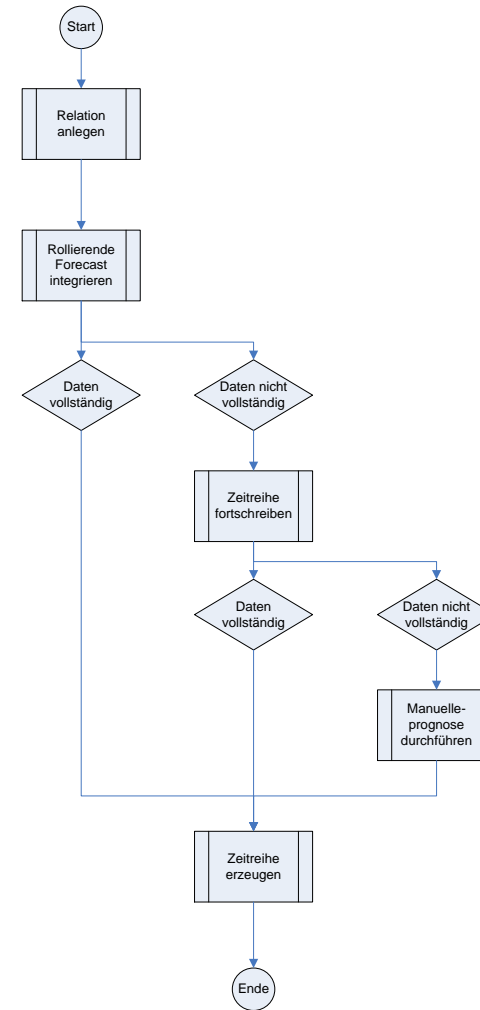
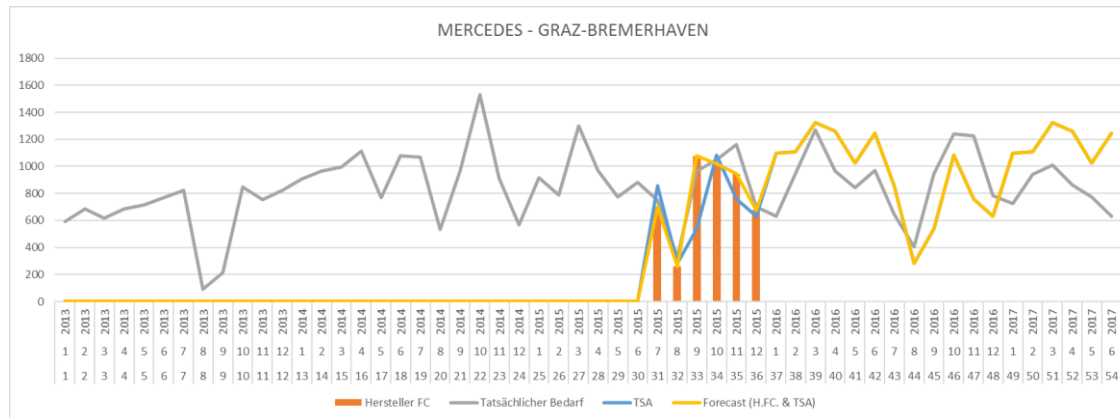
BACKUP: PLANUNGSSCHRITTE

Prognoseprozess

■ Prognoseprozess:

- Rollierende Forecasts integrieren
- Zeitreihe fortschreiben
- Manuelle Prognose durchführen

■ Beispiel:

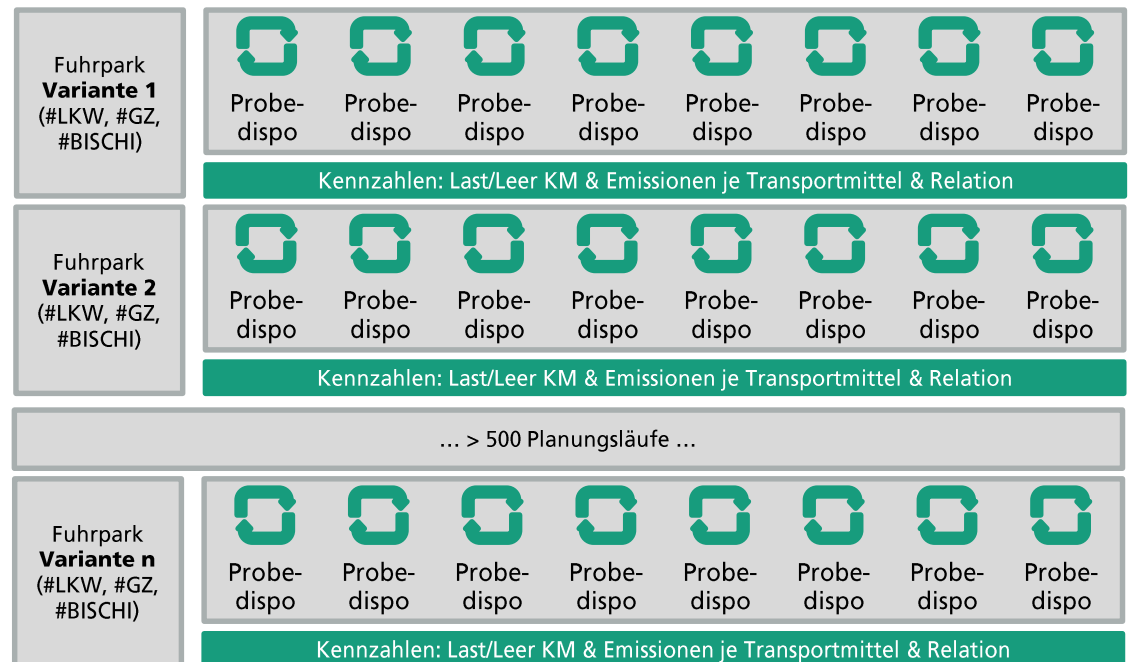


- Ergebnis ist eine Zeitreihe prognostizierter zu transportierende Fzge. durch Kombination der verschiedenen Prognoseprozesse.

Varianten und Kennzahlen bilden

Umlaufplanung

- Ermittlung von Last- und Leer-Strecken-Anteilen je Teilperiode.
- Simulation von Umläufen unter Berücksichtigung variierender Fuhrparkzusammensetzung.
 - Kostenbewertung und Emissionsbewertung je Relation
 - Tourenplanungsproblem entsprechend prognostizierter Nachfrage
- Resultierende Gesamtemissionen Je Fuhrparkvariante.



Beispiel: Varianten und Kennzahlen bilden

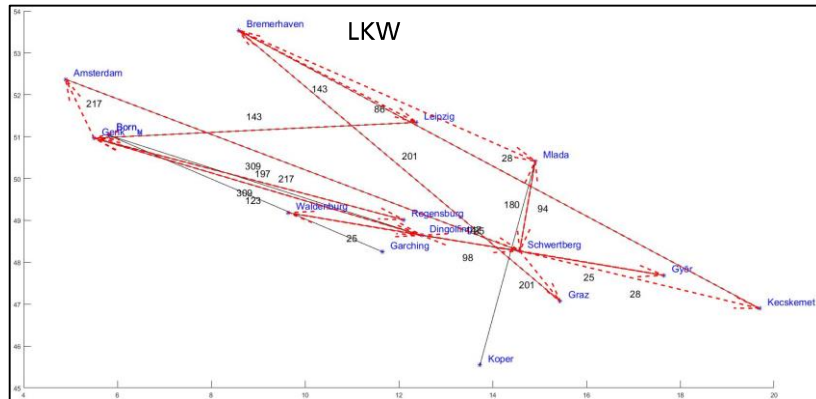
Umlaufplanung

■ Periode 1/Fuhrparkvariante 1: nur LKW

■ Kennzahlen

	Anzahl	Strecke (KM)	Emissionen (kgCO2E)
LKW	123	1.569.111	1.503.873
Ganzzug	-	-	-

■ Fahrten:

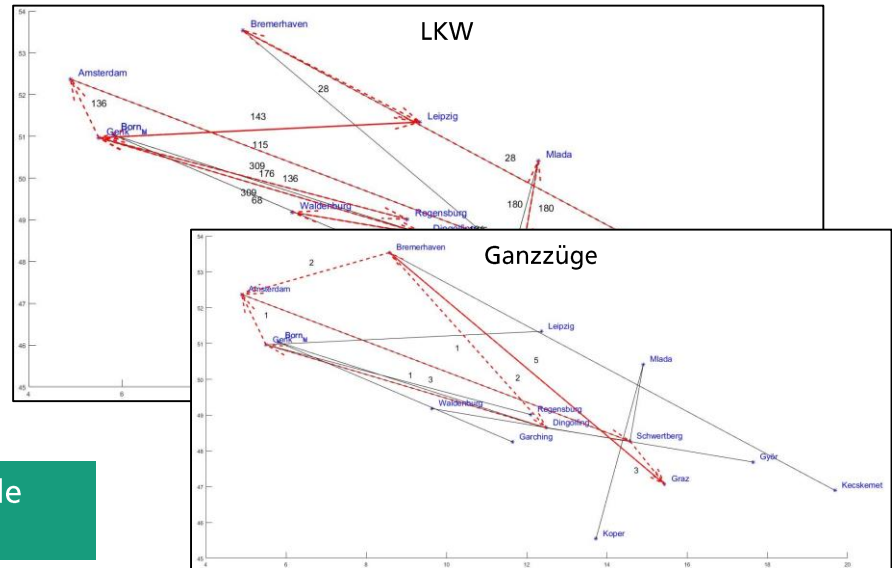


■ Periode 1/Fuhrparkvariante 2: 1 Ganzzug + LKW

■ Kennzahlen

	Anzahl	Strecke (KM)	Emissionen (kgCO2E)
LKW	89	472.945	1.086.852
Ganzzug	1	5.025	117.039

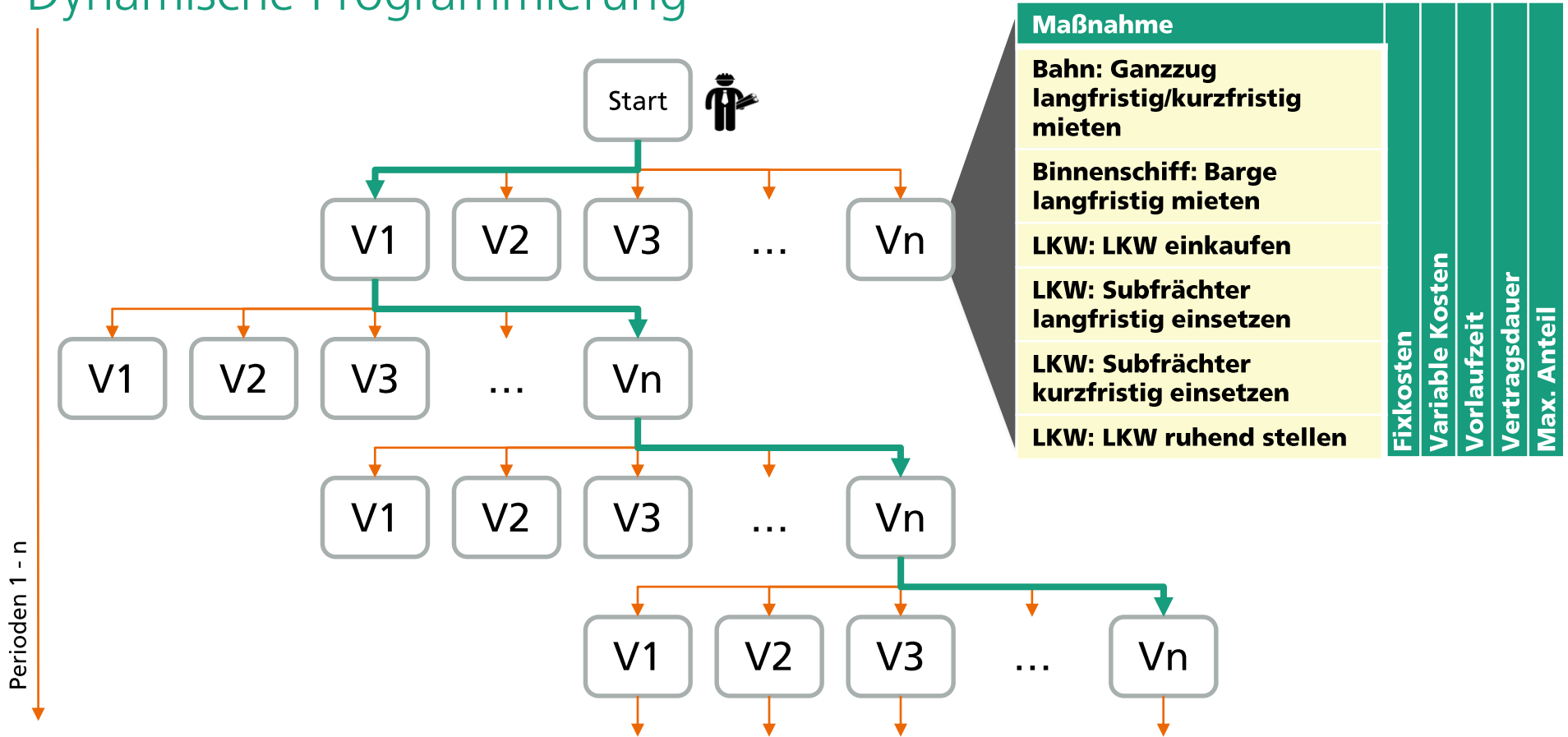
■ Fahrten:



■ Ermittlung des Kapazitätsbedarfs je Transportmittel, Periode und Variante

Fuhrparkvariante Auswählen

Dynamische Programmierung

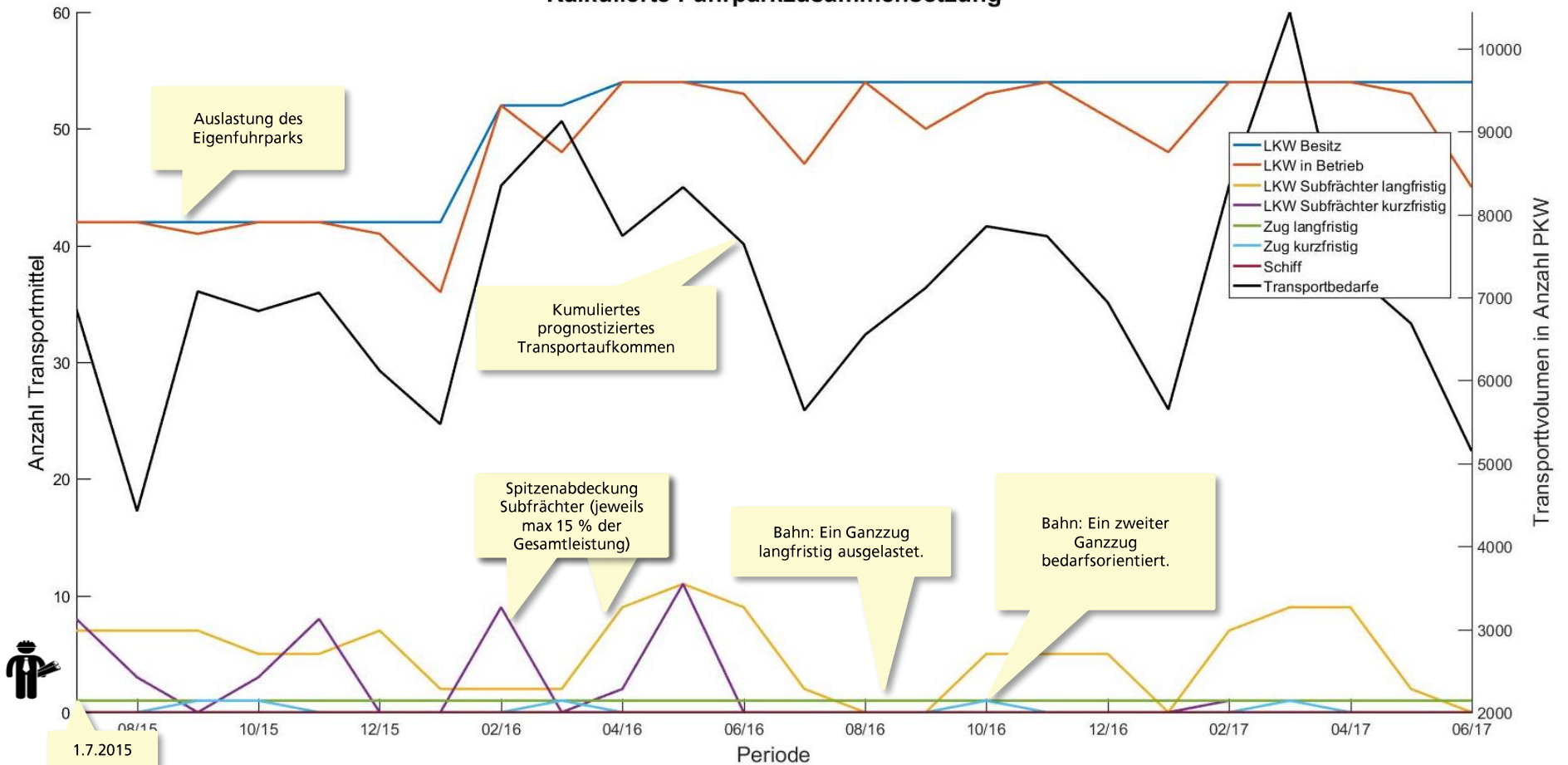


- Bildung Kapazitätsanpassungsmaßnahmen je Variante, Periode und Verkehrsträger.
- Kapazitätsmanagement (Kauf, Miete, Outsourcing) unter gegebenen Restriktionen (Vorlaufzeiten, Kapazitäten) und Anpassungs- bzw. Anschaffungskosten.

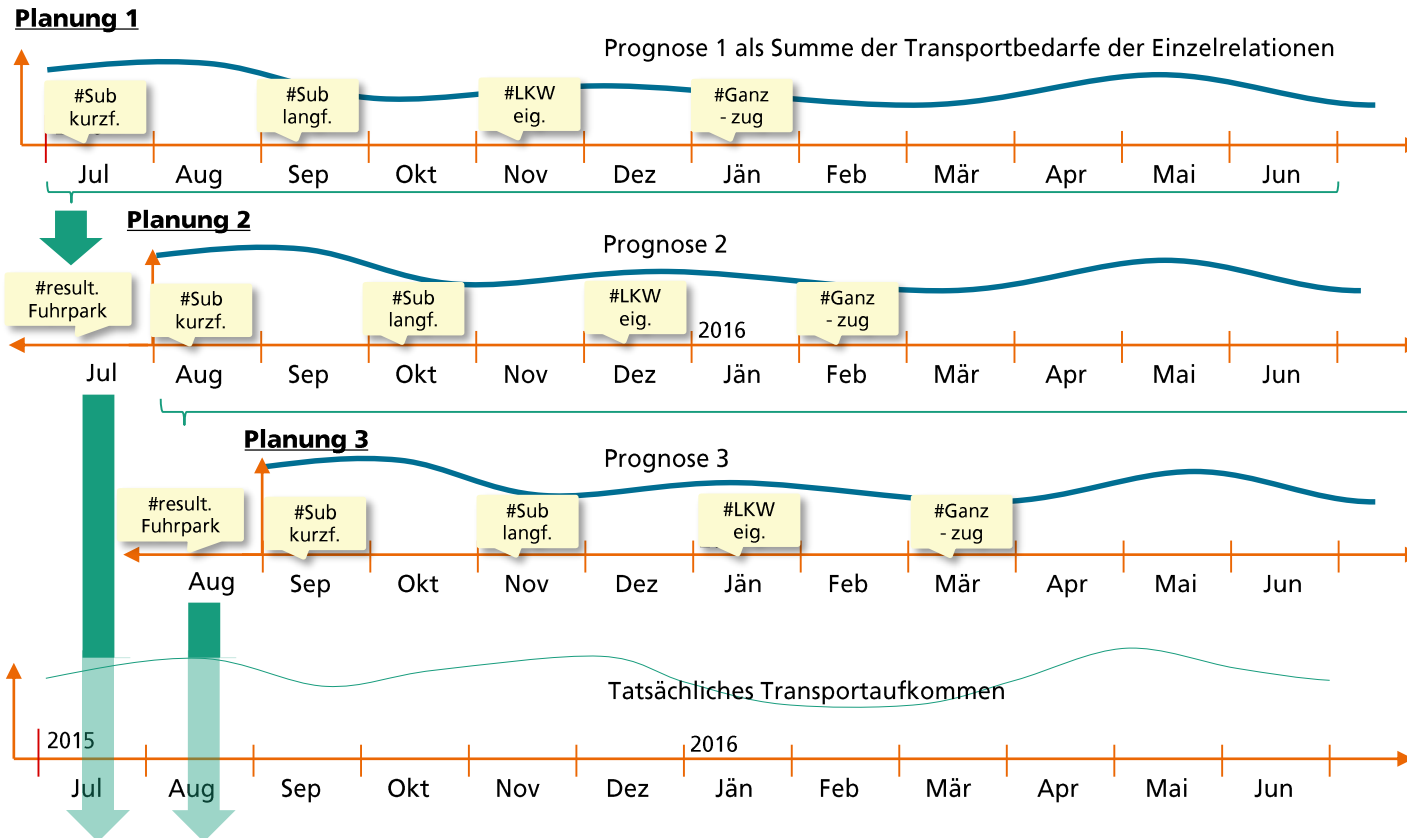
Ergebnis: Kalkulierte Fuhrparkzusammensetzung

Dynamische Programmierung

Kalkulierte Fuhrparkzusammensetzung



Rollierende Planung



Umlaufsimulation je Periode mit resultierendem Fuhrpark bei gegebenen Transportaufkommen

Resultierende **Kosten in EUR** und **Emissionen in CO2E**

- **Unterkapazitäten:** Zusatzbedarf kurzfristige Subfrächten
- **Überkapazitäten:** Fixkosten der definierten Transportmittel

BACKUP: DARSTELLUNG DES STATE-OF-THE-ART

State-of-the-Art Analysis: Continuous Pre-Planning of Required Transportation Capacity for the Design of Sustainable Freight Transportation Networks

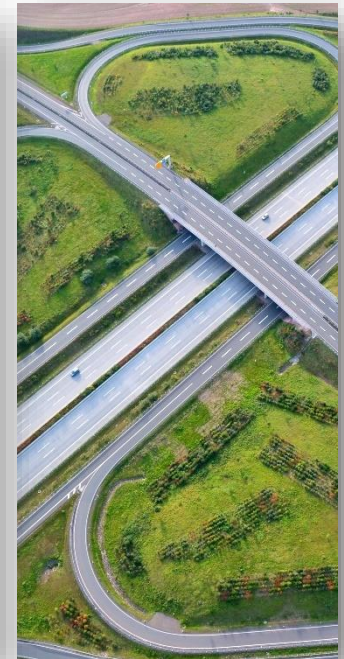
Barcelona, October 6 2017

Prof. Dr. Wilfried Sihm
Head and CEO

Dr. Sandra Stein
Research Coordinator

DI Georg Brunthaller
Research Associate

Fraunhofer Austria Research GmbH
Theresianumgasse 27
1040 Wien
Tel: +43 1 504 69 06
Fax: +43 1 58801 33040



Recent Publications in the field of integrated demand modelling, fleet sizing and mode choice in freight logistics

- Search field:
 - Forecasting in (Multimodal) Freight Transportation Networks
 - (Multimodal) Freight Transportation Planning (operational, tactical, strategic)
 - (Multimodal) Fleet Sizing and Choice of Transport Mode

Level of planning	Publication
Strategic planning problems	
Multimodal infrastructure network design and control policy	(Arnold et al., 2004), (Jong and Ben-Akiva, 2007), (Yamada et al., 2009), (Pazour et al., 2010), (Lin and Lee, 2010), (Gelareh and Pisinger, 2011), (Bai et al., 2012), (Pimentel et al., 2013), (Reis, 2014), (Mitra and M. Leon, 2014), (Samimi et al., 2014), (Arencibia et al., 2015), (Román et al., 2016)
17 Papers	
Cooperation	(Usha Ramanathan, 2010), (Caris et al., 2012)
Risk Management	(Miller-Hooks et al., 2012), (Chen and Miller-Hooks, 2012)
Tactical planning problems	
Capacity levels of equipment and fleet size	(Couillard and Martel, 1990), (Couillard, 1993), (Bojović, 2002), (Diana et al., 2006), (Hsu and Hsieh, 2007), (Godwin et al., 2008), (Andersen et al., 2009), (Sayarshad and Tavakkoli-Moghaddam, 2010), (Li and Tao, 2010), (Hoff et al., 2010a), (Schönberger and Kopfer, 2010), (Merkert and Hensher, 2011), (George and Xia, 2011), (Kopytov and Abramov, 2012), (Wang et al., 2013), (Hoen et al., 2014), (Rahimi-Vahed et al., 2015), (Dožić and Kalić, 2015), (Perez Rivas and Men, 2015), (Kazan et al., 2015)
35 Papers	
Network flow configuration	(Qu et al., 2008), (Pedersen et al., 2009), (Beltran et al., 2009), (Desai and Sen, 2010), (Jin et al., 2010), (Anghinolfi et al., 2011), (Chouman and Crainic, 2011), (Meng and Wang, 2012), (Meng et al., 2012), (Domuta et al., 2012), (B. van Riessen et al., 2013), (Zhu et al., 2013), (Braekers and Kovacs, 2016),
Pricing strategy	(Klein, 2006), (Crevier et al., 2012),
Capacitated /Multimodal Routing and Scheduling	(Guélat et al., 1990), (Bräysy et al., 2008), (Paraskevopoulos et al., 2008), (Lium et al., 2009), (Katayama et al., 2009), (Pessoa et al., 2009), (Baldacci et al., 2009), (Bräysy et al., 2009), (Cacchiani et al., 2010), (Corman et al., 2010), (Hewitt et al., 2010), (Ballis and Dimitriou, 2010), (Verma and Zortea, 2010), (Hoff et al., 2010b), (Moccia et al., 2011), (Andersen et al., 2011), (Cho et al., 2012), (Ayar and Yaman, 2012), (Archetti and Speranza, 2012), (Minh et al., 2012), (Nguyen et al., 2013), (Shi et al., 2014), (Paraskevopoulos et al., 2016)
24 Papers	

Relevant aspects to analyze in multimodal fleet sizing and modal choice in freight transportation

- Planning Problems
(strategic, tactical, operational)
 - Focused stakeholders
 - Regarded planning horizon (time span) and demand modelling
 - Capacity adjustment and regarded actions for capacity adjustment
 - Addressed modes of transport (air, rail, road, inland waterway, sea) and mode-change actions
 - Specified models and solution algorithms
 - Modelled optimization objectives

Analysis of specified models to find solution algorithms that can be used in the specified multimodal and continuous fleet sizing problem.

Focused Stakeholder in Intermodal Freight Logistics

- Carrier / Service provider

Carriers, Fleet-Owners, Railway operators, CEP-service providers, 3 / 4 PL, Terminal Operators, Network Operators, Intermodal Operators

- Forwarder / Client

Industry, Whole-sale, Retail, E-Commerce

- Policy / Infrastructure provider

Policy, Macro-Economics, Infrastructure Investments

Stakeholder	Publication
Carrier/ service provider	(Couillard and Martel, 1990), (Couillard, 1993), (Bojović, 2002), (Klein, 2006), (Diana et al., 2006), (Hsu and Hsieh, 2007), (Paraskevopoulos et al., 2008), (Bräysy et al., 2008), (Qu et al., 2008), (Godwin et al., 2008), (Andersen et al., 2009), (Katayama et al., 2009), (Pessoa et al., 2009), (Beltran et al., 2009), (Pedersen et al., 2009), (Baldacci et al., 2009), (Bräysy et al., 2009), (Lium et al., 2009), (Schönberger and Kopfer, 2010), (Corman et al., 2010), (Desai and Sen, 2010), (Verma and Verter, 2010), (Cacchiani et al., 2010), (Li and Tao, 2010), (Hewitt et al., 2010), (Lin and Lee, 2010), (Bauer et al., 2010), (Ballis and Dimitriou, 2010), (Hoff et al., 2010a), (Hoff et al., 2010b), (Usha Ramanathan, 2010), (Sayarshad and Tavakkoli-Moghaddam, 2010), (Georgiadis and Kostas, 2011), (Ghareh and Pisinger, 2011), (Anghinolfi et al., 2011), (Andersen et al., 2011), (Merkert and Hensher, 2011), (Moccia et al., 2011), (Chouman and Crainic, 2011), (Meng and Wang, 2011), (Chen and Miller-Hooks, 2012), (Archetti and Speranza, 2012), (Miller-Hooks et al., 2012), (Ayar and Yaman, 2012), (Preuss and Hellgrath), (Crevier et al., 2012), (Meng et al., 2012), (Caris et al., 2012), (Cho et al., 2012), (Domuta et al., 2012), (Meng and Wang, 2012), (Minh et al., 2012), (B. van Riessen et al., 2013), (Wang et al., 2013), (Zhu et al., 2013), (Nguyen et al., 2013), (Shi et al., 2014), (Rahimi-Vahed et al., 2015), (Dožić and Kalić, 2015), (Perez Rivera and Mes, 2015), (Paraskevopoulos et al., 2016), (Braekers and Kovacs, 2016)
Forwarder/ client	(Guélat et al., 1990), (Jin et al., 2010), (Harks et al., 2012), (Kopytov and Abramov, 2012), (Bierwirth et al., 2013), (Cirel et al., 2013), (Hoen et al., 2014), (Kazan et al., 2015),
Policy/ infrastructure provider	(Arnold et al., 2004), (Jong and Ben-Akiva, 2007), (Yamada et al., 2009), (Pazour et al., 2010), (Bai et al., 2012), (Froning et al., 2014), (Mitra and M. Leon, 2014), (Reis, 2014), (Arencibia et al., 2015), (Román et al., 2016),

62 Papers

8 Papers

10 Papers

- Focus on carriers and logistics service providers.
- Integration of other intermodal planning domains/stakeholders to learn about models, algorithms and methodologies.

Result in regard of integrated forecasting and multimodal fleet sizing

- Modal Choice and Fleet Sizing is a successive/separated procedure. Fleet Sizing focus on homogenous and heterogeneous fleets usually on one transport mode.
- Most models integrate deterministic demand, some specify stochastic demand models. Forecasting procedures for continuous updates are undefined.
- Multimodal capacity adjustment measures can not be derived from current vehicle routing problems
- GHG-Emissions objectives are not implemented in objective functions.

Main Thematic Gaps	Publications
Models for modal choice, but from the <u>perspective of shippers and clients</u>	(Jin et al. 2010), (Kopytov und Abramov 2012), (Kazan et al. 2015), (Bierwirth et al. 2012), (Hoel et al. 2010), (Crisp et al. 2008)
Models for demand modelling, but from a <u>macroeconomic perspective</u>	(Pazour et al. 2010), (Samimi et al. 2014), (Reis 2014), (Mitra und M. Leon 2014), (Arencibia et al. 2015), (Günther et al. 2016)
Models for fleet sizing, but <u>without an intermodal perspective</u>	(Couillard und Martel 1990), (Couillard 1993), (Hsu und Hsieh 2007), (Andersen et al. 2009), (Puettmann und Stadler 2010), (Caris et al. 2012), (Schönberger und Kopfer 2010), (Rahimi-Vahed et al. 2015), (Cacchiani et al. 2010), (V. V. V. Shad und Tavakkoli-Moghaddam 2010), (Ballis und Dimitriou 2010), (Li und Tao 2010), (George und Xia 2011), (Miller-Hooks et al. 2012), (Shi et al. 2014), (Perez Rivera und Mes 2015), (Dožić und Kalić 2015)
Models for vehicle routing with limited capacity, but <u>without specified fleet adjustment measures</u>	(Bräysy et al. 2008), (Baldacci et al. 2009), (Bräysy et al. 2009), (Andersen et al. 2009), (Beltran et al. 2009), (Pedersen et al. 2009), (B. van Riessen et al. 2013), (Lium et al. 2009), (Katayama et al. 2009), (Hoff et al. 2010), (Mishra et al. 2012), (Gelareh und Pisinger 2011), (Carpentier und Crainic 2011), (Andersen et al. 2011), (Ayar und Yaman 2012), (Domuta et al. 2012), (Harks et al. 2012), (Paraskevopoulos et al. 2016), (Schönberger und Kopfer 2010), (Perez Rivera und Mes 2015)

6 Papers

6 Papers

17 Papers

20 Papers

Economic and Ecological added value of continuous multimodal capacity adjustment is not evaluated.

Implications for our future research

- Analysis of ecological and economic impact of **horizontally integrated fleet sizing and transport mode choice** for a holistic evaluation of multimodal **capacity adjustment measures**.
- Analysis of impact of forecasting and **forecasting quality** of future transport demand on the **quality of capacity adjustment measures**.
- Analysis of **trade-off between ecological and economic effects** on integrated modal choice and fleet size actions with ecological objective formulation.

Ecological and economic impact of horizontally integrated forecasting, fleet sizing and transport mode choice has not been elaborated in freight transport.

Comments, Questions and Answers

■ ...





We are looking forward to
assist you in innovative
projects ...



„Innovations for the today of the future“

DI Georg Brunnhaller
Research Associate

Theresianumgasse 27
1040 Vienna, Austria
Tel: +43 676 88 86 16
georg.brunnhaller@fraunhofer.at