

20. Techno-Ökonomie-Kolloqium

Verkehrsträgerwahl in der automobilen Distributionslogistik

Entscheidungsunterstützung durch Quantifizierung von Kosten und Umweltauswirkungen

Leoben, 14.11.2016



Dipl.-Ing. Heimo Pascher

Fraunhofer Austria Research GmbH
IMW – Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung
Produktions- und Logistikmanagement
Theresianumgasse 27
1040 Wien | Österreich
www.fraunhofer.at

Inhalt

14.11.2016

■ Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Ausgangssituation & Motivation
- Zielsetzung & Ergebnis
- Forschungsfragen & Hypothese

■ Methodisches Vorgehen

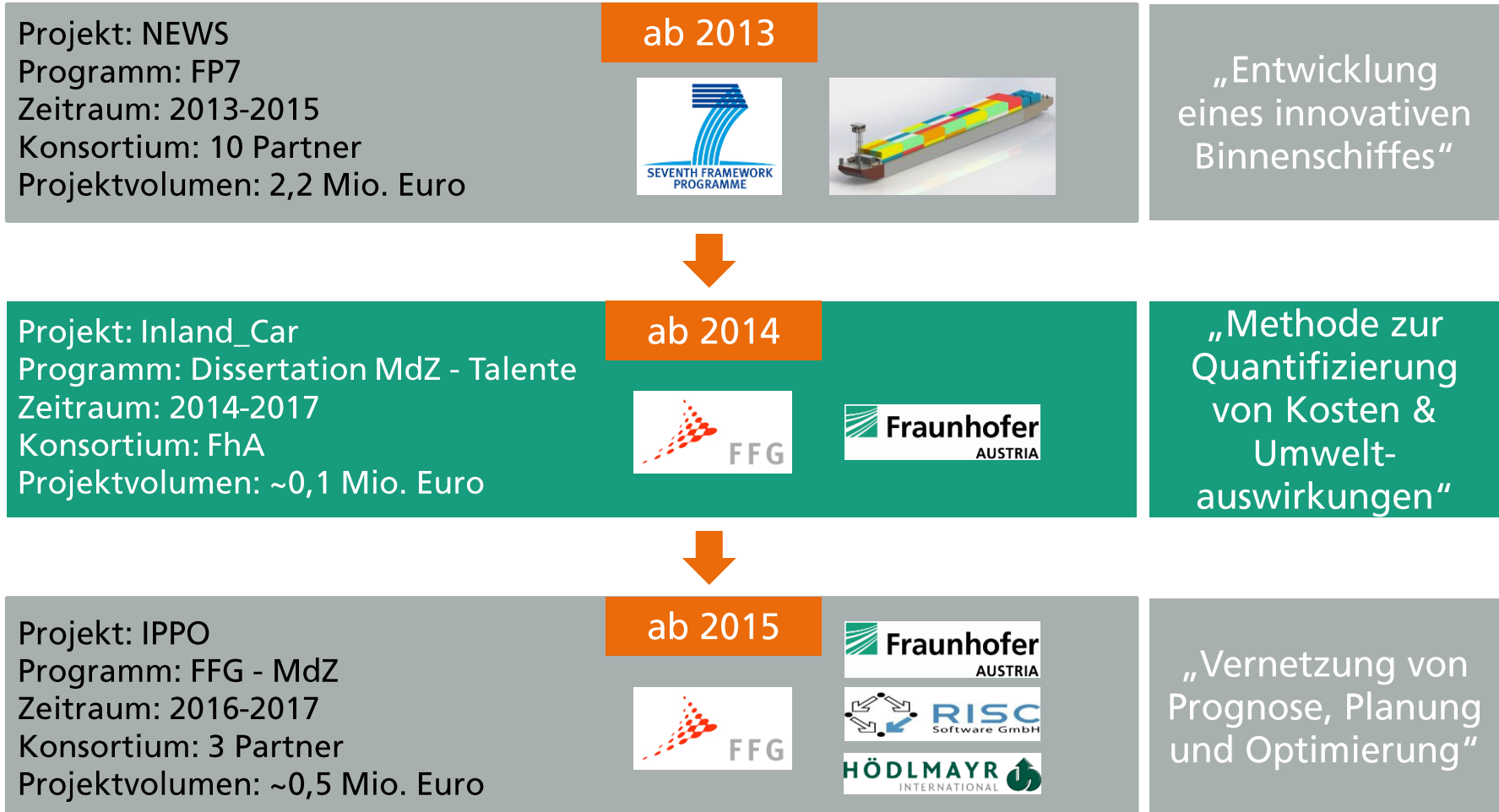
- Aufbau der Arbeit
- Eingrenzung des Untersuchungsbereichs
- Entwicklung der Methode

■ Projektstatus & nächste Schritte



Einleitung | Entstehung des Forschungsvorhabens

Beschreibung des Forschungsvorhabens



Einleitung | Distributionslogistik Automobilindustrie

Beschreibung des Forschungsvorhabens

- „Die Distributionslogistik umfasst alle Güter- und Informationsflüsse von der Fertigstellung der Güter bis hin zur Annahme durch die Kunden“
(Kummer et al. 2009)
- In Europa werden in mehr als **100 Produktionsstätten** PKWs hergestellt
(vgl. European Automobile Manufacturers's Association 2014)
- Gesamtanzahl der zu transportierenden Fahrzeuge in Europa setzt sich aus **~15 Mio. produzierten** und **~2 Mio. importierten Fahrzeugen** zusammen
(vgl. European Automobile Manufacturers' Association 2015)



Quelle: Henninger 2014

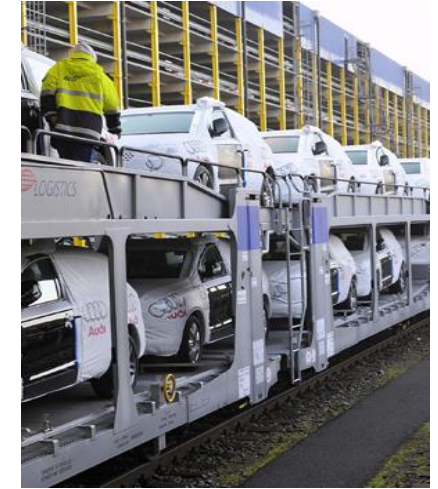
Einleitung | Transportverfahren

Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Fahrzeug wird bei **Roll-on/Roll-off Transport** mittels eigenen Antrieb auf das Transportmittel gefahren
- Es werden **spezielle LKWs, Bahnwaggone oder Binnenschiffe** eingesetzt
- Da die Transportmittel nur für den Transport von Fahrzeugen geeignet sind, ist es besonders wichtig **paarige Verkehre** herzustellen



Quelle: BLG



Quelle: BLG



Quelle: Hödlmayr

Einleitung | Innovative Transportkonzepte

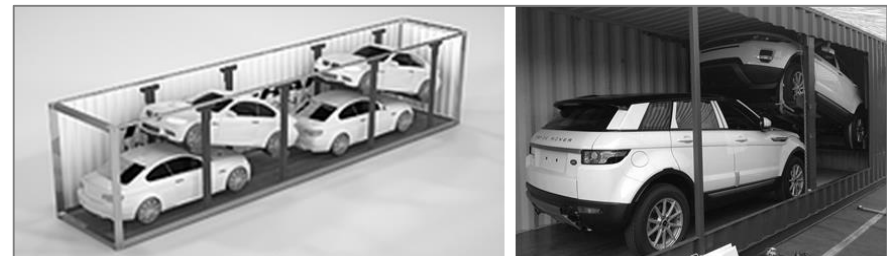
Beschreibung des Forschungsvorhabens

2

- Es existieren unterschiedliche Konzepte für den containerisierten Transport von **PKWs**
- Transport mittels Container erleichtert den Umschlag und **fördert** daher den **multimodalen Transport**
- Geringer Anteil der Fahrzeugtransporte wird aktuell mit Containern durchgeführt (z.B. BMW ~1%) (vgl. Cross 2012)



Quelle: Unit 45 2015



Quelle: Trans-Rak 2015

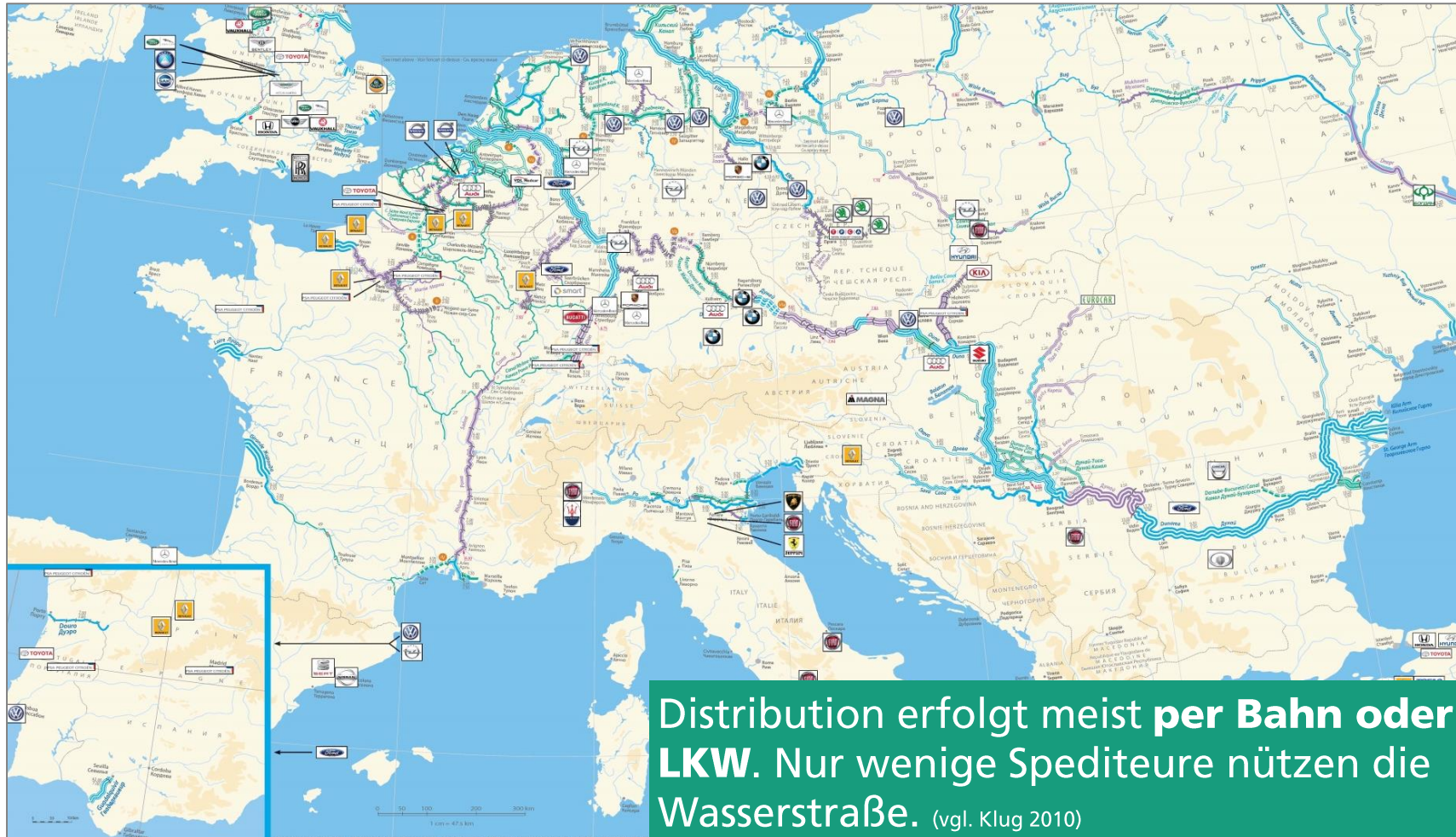


Quelle: Cronos 2014

Einleitung | Produktionsstandorte in Europa

Beschreibung des Forschungsvorhabens

1



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an UNECE 2012

Problemstellung & Motivation

Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Durch die globale Verlagerung von Produktionsstätten und der weltweiten Distribution von Gütern entstehen **ein erhöhtes Transportaufkommen und komplexere Distributionsnetzwerke** (Klug 2010)
 - ~14% der weltweiten Treibhausgase wird lt. Weltklimarat durch Transport (Güter- und Personenverkehr) verursacht (vgl. IPCC 2014)
 - ~27% der Gesamtlogistikkosten in der Automobilindustrie werden durch die Distribution von Fahrzeugen verursacht (Koether 2014)
- Allgemein gilt für den Gütertransport, dass aus ökologischen Gründen der Binnenschifftransport dem Bahntransport und dieser dem LKW-Transport vorzuziehen ist (vgl. Engelfried 2011)
- **Multimodale Transporte** unter Einbindung von Bahn und Binnenschiff **sind logistisch aufwendiger** als der Direkttransport mittels LKW

Problemstellung & Motivation

Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Personen die hauptsächlich mit einem bestimmten Verkehrsträger Transporte durchführen gehen von einer geringen Leistungsfähigkeit der anderen Verkehrsträger aus. Die **Einschätzungen bezüglich der Leistungsfähigkeit basieren zum Teil auf inkorrekten Annahmen**. Verkehrsträger werden oftmals **aufgrund von Informationsmangel** ausgeschlossen. (vgl. Vannieuwenhuyse et al. 2003)
- Binnenschifffahrt wird in vielen politischen Strategiepapieren als wichtige Option für intermodalen Verkehr genannt. Es liegen jedoch nur **wenige wissenschaftliche Arbeiten** in denen eine quantitative Bewertung erfolgt. (vgl. Hayashi & Nemoto 2010)
- Ein **Wissens- und Informationsmangel hinsichtlich nachhaltigen Transporten** (z.B. Bahn und Binnenschiff) kann einer der Gründe sein, warum Entscheidungsträger in der Logistik auf allgemein bekannte Transportlösungen zurückgreifen. (vgl. Putz & Schauer 2013)

Forschungslücke

Beschreibung des Forschungsvorhabens

Überblick & qualitativer Vergleich ausgewählter Berechnungstools						
Grad der Erfüllung	Symbol	EcoTransit	NTM Calc. Freight (Base: 4.0)	Map&Guide	Marco Polo Calculator	CO2.Tec
Nicht erfüllt	○					
Teilweise erfüllt	◐					
Vollständig erfüllt	●					
Verkehrsträgerauswahl	LKW	●	●	●	●	●
	Bahn	●	●	○	●	○
	Binnenschiff	●	○	○	●	○
Straßentransport	LKW-Typ	●	●	●	○	●
	Emissionsklasse	●	●	●	○	●
Bahntransport	Waggon-Typ	◐	◐	○	○	○
	Antriebsart	●	◐	○	●	○
Binnenschifftransport	Wasserstraßenklasse	●	○	○	○	○
	Antriebsart	○	○	○	●	○
Transportgut	Gewichtabhängiges Ladegut [t]	●	●	●	●	●
	Standard-Container	○	○	○	○	○
	Spezialequipment PKW-Transport	○	○	○	○	○
	PKW	◐	○	○	○	○
Ladefaktor	Leerfahrt	●	○	●	○	●
	Lastfahrt	●	○	●	○	●
	Auslastungsbezogen	●	○	●	○	●
Transportstrecke	Länderspezifische Berechnung	○	○	○	○	○
	Ein- bzw. mehrgliedrige Transportstrecke	●	○	○	●	●
	Umschlag	●	○	○	○	○
Ergebnisdarstellung	Qualität der Routerplanung	◐	◐	●	○	○
	Kartographische Darstellung	●	●	●	○	○
	Vergleich der Verkehrsträger	○	○	○	◐	○
Energiebedarf	Tank-to-Wheel	●	○	●	○	●
	Well-to-Wheel	●	●	●	○	○
Emissionsberechnung	Tank-to-Wheel	●	○	●	○	●
	Well-to-Wheel	●	●	●	○	○
Zeit & Kosten	Transportzeit	○	○	○	○	○
	Kostenbewertung	○	○	◐	○	○
Tool	Freizugänglich, kostenfrei	●	●	○	●	○
	Transparente Berechnungsmethode	●	◐	○	●	◐

Quelle: eigene Darstellung

Gewichtabhängiges Ladegut [t]	●	●	●	●	●
Standard-Container	●	○	○	○	○
Spezialequipment PKW-Transport	○	○	○	○	○
PKW	◐	○	○	○	○

Die in wissenschaftlichen Arbeiten beschriebenen Methoden und Modelle...

- ...betrachten die spezifischen Rahmenbedingungen der automobilen Distributionslogistik nicht umfänglich.
- ...ermöglichen keinen Vergleich zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern und Transportverfahren für den Transport von Fahrzeugen.

Zielsetzung der Arbeit

Beschreibung des Forschungsvorhabens

Das Ziel der Arbeit ist...

1. ...durch Quantifizierung von ökologischen und ökonomischen Zielgrößen **einen Beitrag für die optimale Verkehrsträgerwahl** zu leisten
2. ...**existierende Theorien im Kontext der Fahrzeugdistribution zu prüfen** (Eignung der unterschiedlichen Verkehrsträger umweltfreundliche und kostengünstige Transporte zu ermöglichen)
3. ...Aussagen zu generieren **hinsichtlich der Effizienz von innovativen Logistiklösungen** im Vergleich zu dem Roll-on/Roll-Verfahren



Ergebnis der Arbeit

Beschreibung des Forschungsvorhabens

Ergebnis der Arbeit ist eine Methode...

- ...die auf bestehenden Normen und Richtlinien aufbaut
- ...die alle relevanten Faktoren der automobilen Distribution von Fahrzeugen berücksichtigt
- ...die Informationen auf der strategischen und taktischen Planungsebene von Transportketten zur Verfügung stellt
- ...die durch die Transparenz eine Unterstützung bei der Verkehrsträgerwahl bietet

Forschungsfragen

Beschreibung des Forschungsvorhabens

- 1. Welche Methoden und Modelle** aus dem Bereich des Massengut- und Containertransports hinsichtlich ökonomischer und ökologischer Bewertung von unterschiedlichen Verkehrsträger **haben für die Fertigfahrzeugdistribution keine Gültigkeit?**
- 2. Welche spezifischen Gegebenheiten** der automobilen Distributionslogistik haben signifikanten Einfluss auf die Höhe der Transportkosten und Treibhausgasemissionen und **müssen dementsprechend in einer zu entwickelnden Methode berücksichtigt werden?**
- 3. Unter welchen Rahmenbedingungen können innovative Logistiklösungen** als Alternative zu dem Roll-on/Roll-off Transport **eine Effizienzsteigerung bewirken?**

Forschungshypothese

Beschreibung des Forschungsvorhabens

Hypothese:

„Der Transportmittelvergleich hinsichtlich Transportkosten und Treibhausgasemissionen in der automobilen Distributionslogistik führt zu abweichenden Ergebnissen im Vergleich zu Massengüter- und Containertransporten.“

Offene Fragestellung:

Ist die gewählte Forschungshypothese zu allgemein formuliert („...führt zu abweichenden Ergebnissen“) und muss hinsichtlich der zu erwarteten Ergebnissen konkretisiert werden?

Inhalt

14.11.2016

■ Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Ausgangssituation & Motivation
- Zielsetzung & Ergebnis
- Forschungsfragen & Hypothese

■ Methodisches Vorgehen

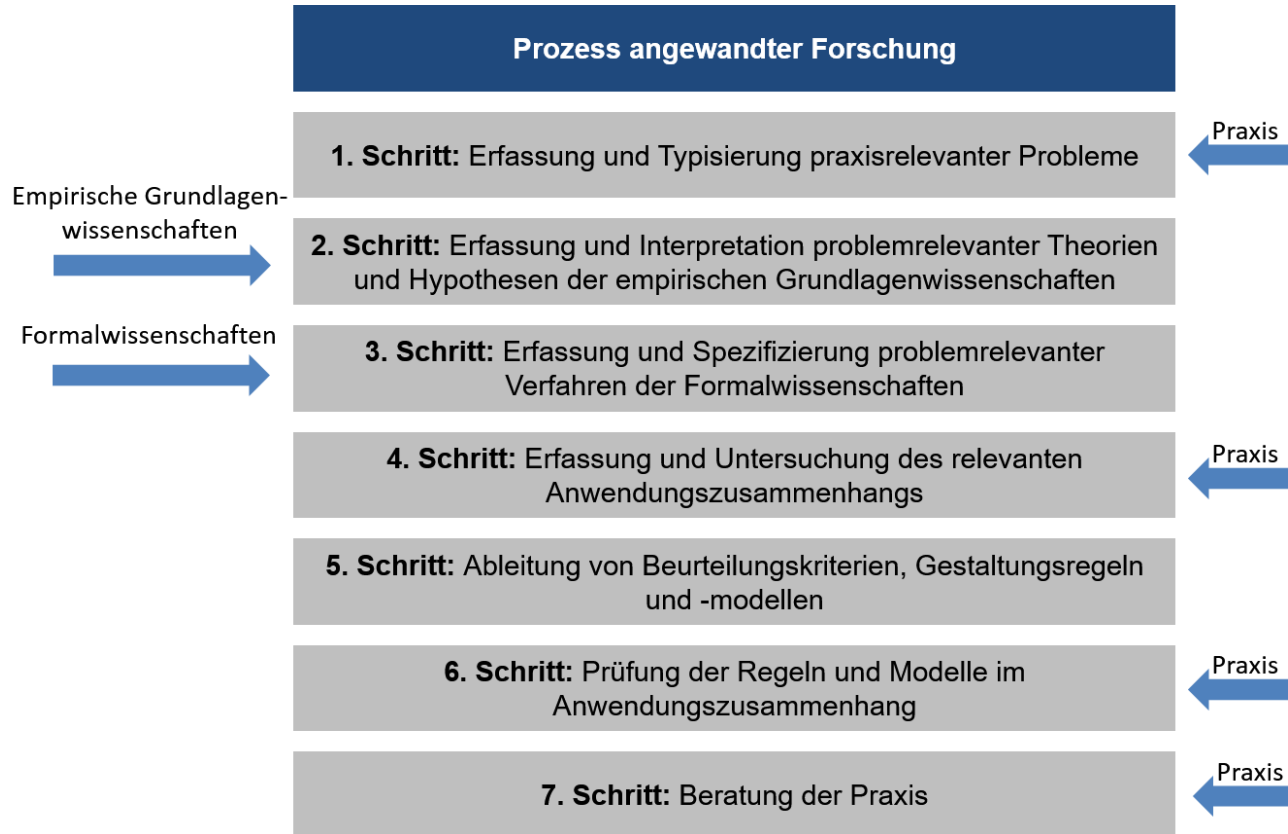
- Aufbau der Arbeit
- Eingrenzung des Untersuchungsbereichs
- Entwicklung der Methode

■ Projektstatus & nächste Schritte



Anwendungsorientierte Forschung | Theorie

Methodisches Vorgehen

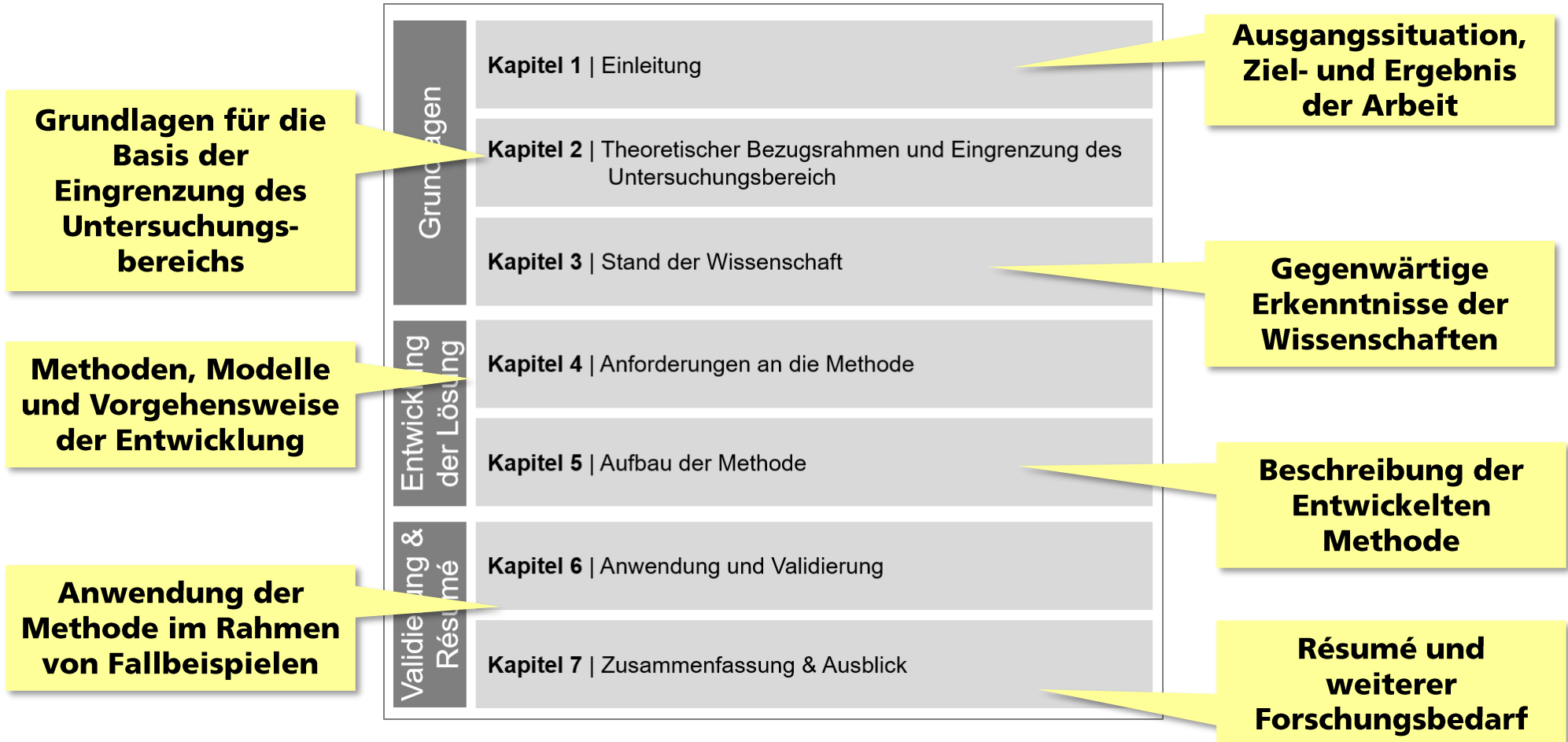


Der unmittelbare Zweck der anwendungsorientierten Wissenschaft besteht darin, ein wissenschaftlich fundiertes Vorgehen in der Praxis zu ermöglichen.

(vgl. Ulrich 1984)

Anwendungsorientierte Forschung | Dissertation

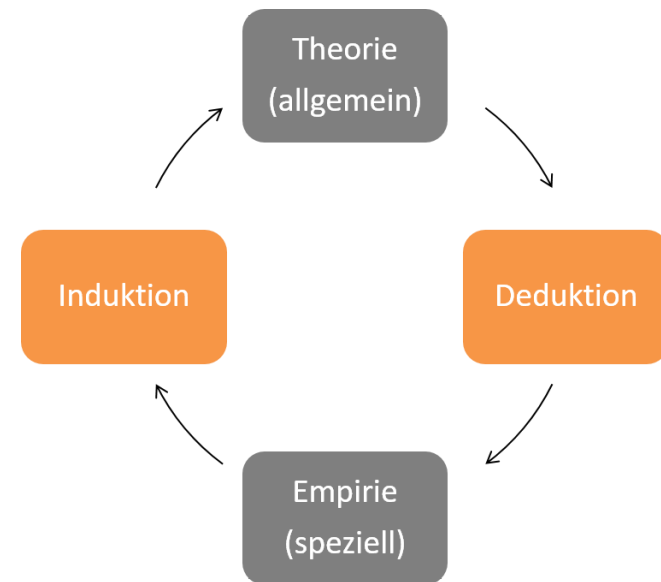
Methodisches Vorgehen



Deduktive & Induktive Forschungsmethodik | Dissertation

Methodisches Vorgehen

- Rein induktives Vorgehen aufgrund der geringen Grundgesamtheit ausgeschlossen (z.B. innovative Transportlösungen im Markt)
- Deduktives Vorgehen aufgrund des Fehlens von spezifischen Theorien nicht zielführend
- **Kombination aus deduktiven & induktiven Vorgehen erforderlich!**



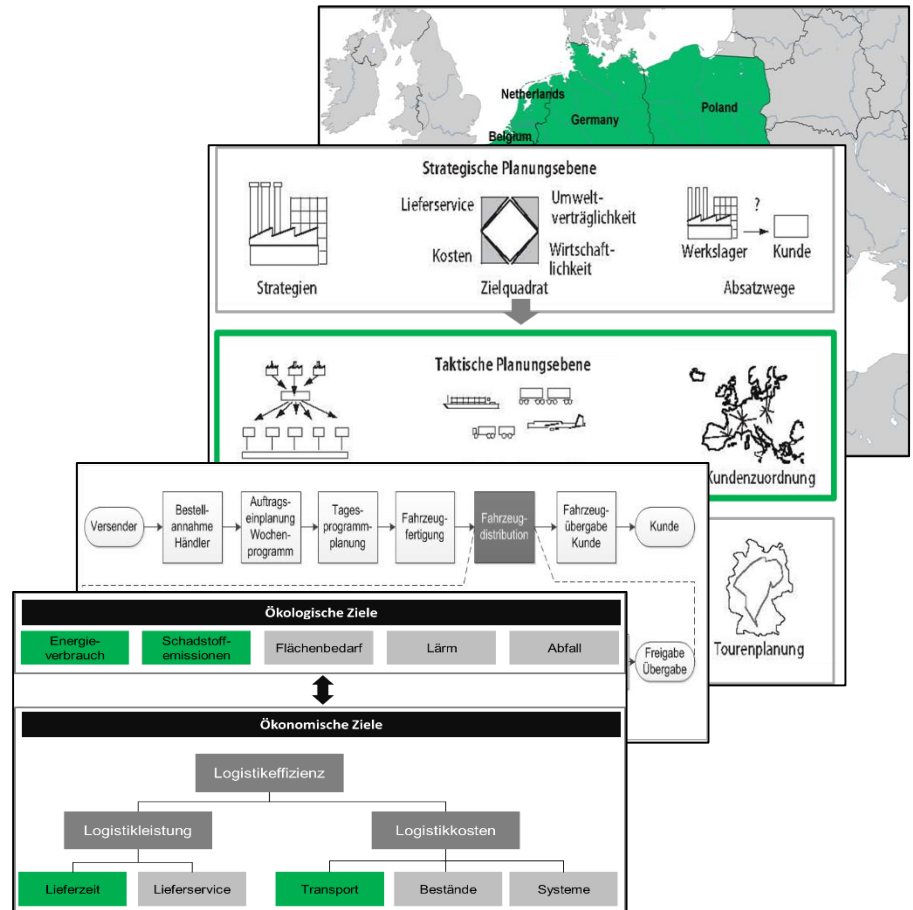
Quelle: vgl. Rost 2003

Eingrenzung des Untersuchungsbereichs | Dissertation

Methodisches Vorgehen

Die Eingrenzung des Untersuchungsbereichs erfolgte für...

- Transportgut
- Verkehrsträgerwahl
- Prozessabschnitt in Auftragsabwicklung
- Planungsebene
- Geographische Eingrenzung



Inhalt

14.11.2016

■ Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Ausgangssituation & Motivation
- Zielsetzung & Ergebnis
- Forschungsfragen & Hypothese

■ Methodisches Vorgehen








- Aufbau der Arbeit
- Eingrenzung des Untersuchungsbereichs
- Entwicklung der Methode

■ Projektstatus & nächste Schritte



Arbeitsfortschritt

Projektstatus & nächste Schritte

		Status
Grundlagen	Kapitel 1 Einleitung	
	Kapitel 2 Theoretischer Bezugsrahmen und Eingrenzung des Untersuchungsbereich	
	Kapitel 3 Stand der Wissenschaft	
Entwicklung der Lösung	Kapitel 4 Anforderungen an die Methode	
	Kapitel 5 Aufbau der Methode	 75%
Validierung & Résumé	Kapitel 6 Anwendung und Validierung	 50%
	Kapitel 7 Zusammenfassung & Ausblick	 0%

Tool | Ökologische Bewertung

Projektstatus & nächste Schritte

1. Definition
Transportgut

2. Definition
Transportstrecke

3. Definition
Transportmittel

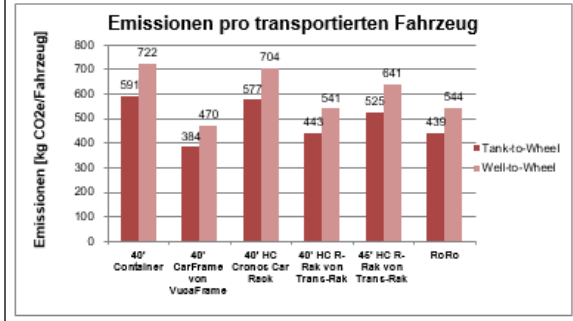
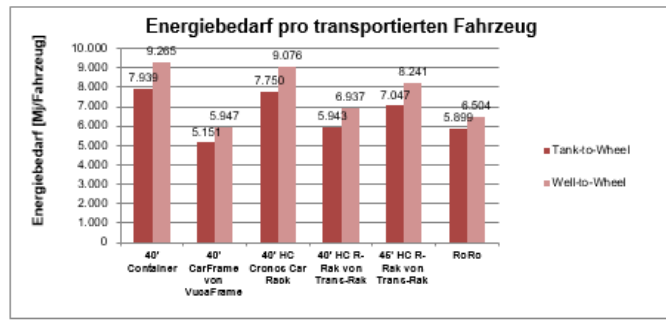
4. Ausgabe der
Ergebnisse

Eingabeparameter		Transportmittel & -gut		Transport: Wasserstraße Energiebedarf & Emissionen		
Klassifizierung Transportgut:		Kompaktklasse				
Startland:		Leerfahrt		Lastfahrt		
Starthafen:		Ungarn		Rumänien		
Zielland:		Budapest		Giurgiu		
Zielhafen:		Rumänien		Österreich		
Wasserstraßenklasse		Giurgiu		Enns-Ennsdorf		
Anzahl Schleusen		6		8		
Gesamtdistanz:		2		9		
Containerschiff:		1147		1618,8		
Antriebsart:		Großmotorgüterschiff		Großmotorgüterschiff		
Antriebsart:		Diesel		Diesel		
Höhe der Zuladung Container [m]:		8		8		
RoRo-Schiff		RoRo V		RoRo V		
Antriebsart:		Diesel		Diesel		
Transportstrecke		Nr.1		Nr.2		Nr.3
Hilfsspalte Topologie		Frei fließender Fluss:		Frei fließender Fluss: Bergfahrt		Nr.4
Anzahl Kilometer Leerfahrt [km/Flusskategorie]		Talfahrt		Kanal		Nr.5
Anzahl Kilometer Lastfahrt [km/Flusskategorie]		838		0		0
		0		1116,2		60
						0
						442,6
Auswertung: Gesamttransport		Energiebedarf für def. Transport [MJ/Komplettladung]		Emissionen für def. Transport [kg CO2e/Komplettladung]		Anzahl Fahrzeuge
		Tank-to-Wheel		Well-to-Wheel		Beladung
40' Container		1.143.270		1.334.223		85.148
40' CarFrame von YucaFrame		1.236.338		1.427.291		92.080
40' HC Cronos Car Rack		1.115.959		1.306.912		83.114
40' HC R-Rak von Trans-Rak		1.141.031		1.331.984		84.982
45' HC R-Rak von Trans-Rak		1.127.535		1.318.488		83.976
RoRo		1.356.675		1.495.840		101.042
Auswertung: Fahrzeug		Energiebedarf für def. Transport		Emissionen für def. Transport		
		Tank-to-Wheel		Well-to-Wheel		
40' Container		7.939		9.265		531
40' CarFrame von YucaFrame		5.151		5.947		384
40' HC Cronos Car Rack		7.750		9.076		577
40' HC R-Rak von Trans-Rak		5.943		6.937		443
45' HC R-Rak von Trans-Rak		7.047		8.241		525
RoRo		5.899		6.504		439



Eingaben löschen

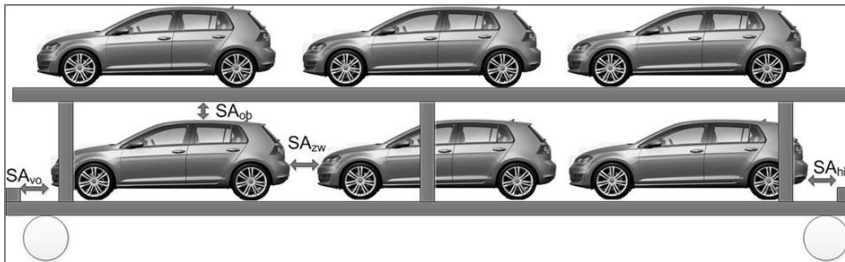
Berechnung



Beispiel | Berechnung Ladefaktor

Projektstatus & nächste Schritte

1. Theorie & Praxis



2. Mathematische Modellierung

$$F_{Ebene} = \left\lfloor \frac{LE_{Länge} - SA_{vo} - SA_{hi} - SA_{zw}}{F_{Länge} + SA_{zw}} \right\rfloor$$

$$F_{Waggon} = (F_{Ebene \text{ unten}} + F_{Ebene \text{ oben}})$$

$$F_{Ebene} \cdot F_{Waggon} \in \mathbb{N}$$

mit

$F_{Ebene \text{ unten}}$... max. Anzahl Fahrzeuge untere Ladeebene

$F_{Ebene \text{ oben}}$... max. Anzahl Fahrzeuge obere Ladeebene

F_{Waggon} ... max. Anzahl Fahrzeuge pro Waggon

$$F_{Ebene} = \frac{LE_{Länge} - SA_{vo} - SA_{hi} - SA_{zw} \cdot (F_{Ebene} - 1)}{F_{Länge}}$$

Fahrzeuge pro Ebene

Ebene

und zwischen Waggon und Stoßstange vorne

und zwischen den Stoßstangen der Fahrzeuge

und zwischen Waggon und Stoßstange hinten

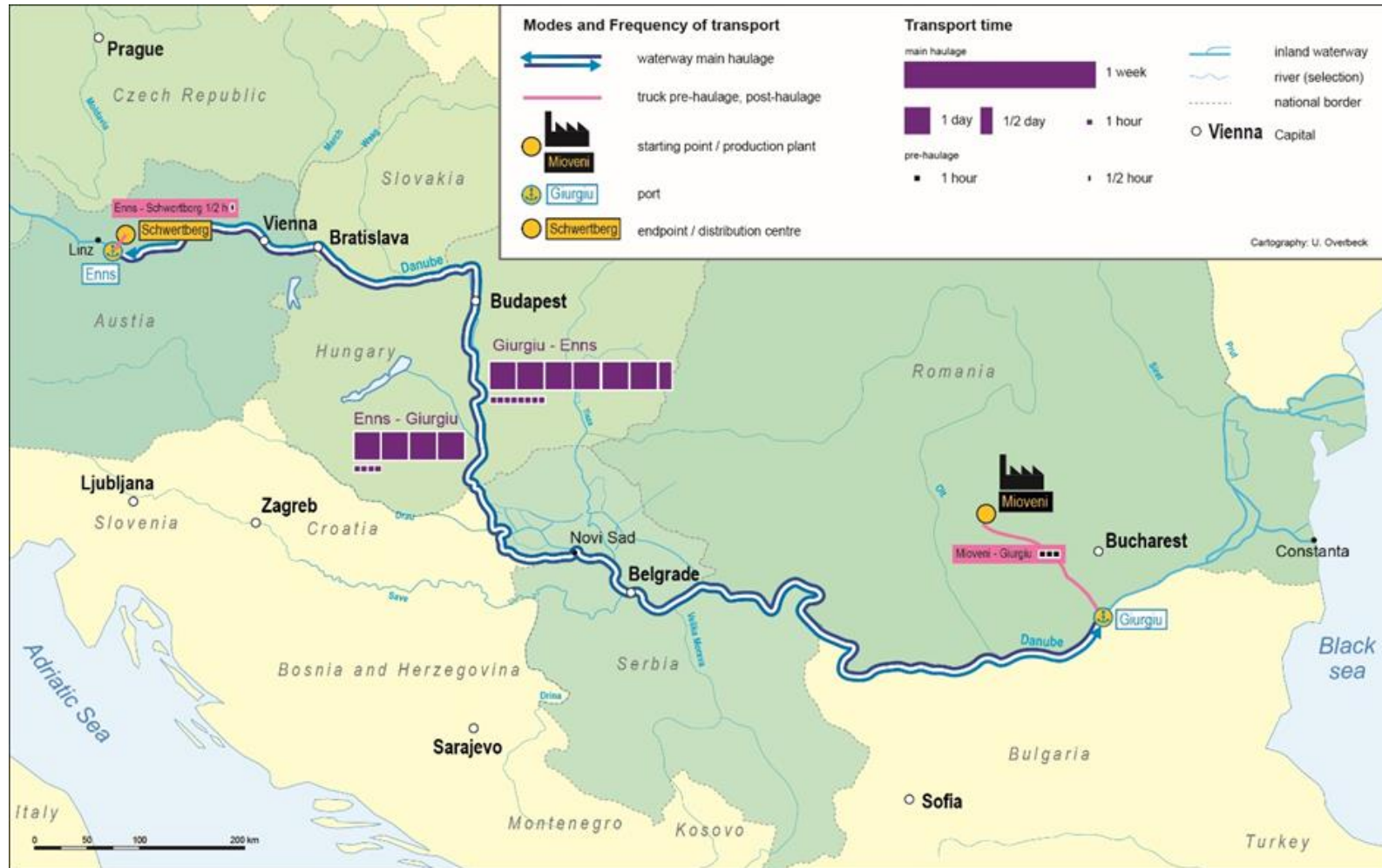
die Fahrzeuglänge

3. Fahrzeugspezifischer Ladefaktor

Fahrzeugsegment	Fahrzeuglänge [m]	Transportkapazität pro Waggon		
		Offener einstöckiger Flachwagen	Offener Doppelstockwagen	Geschlossener Doppelstockwagen
		Laers 810 (obere Ladeebene abgesenkt)	Laers 810	Hceerrs 330.1
Minis	3,415	8	16	28
Kleinwagen	3,955	7	14	24
Kompaktklasse	4,320	6	12	22
Mittelklasse	4,724	6	12	20
Obere Mittelklasse	4,901	5	11	20
Oberklasse	5,035	5	10	20
SUV	4,376	6	12	22
Geländewagen	4,597	6	12	22
Sportwagen	4,376	6	12	22
Mini Vans	4,321	6	12	22
Großraum Vans	4,710	6	12	20

Fallbeispiel Nr. 1

Projektstatus & nächste Schritte





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

 **Fraunhofer**
AUSTRIA

„Fraunhofer Austria - Im Auftrag der Zukunft“

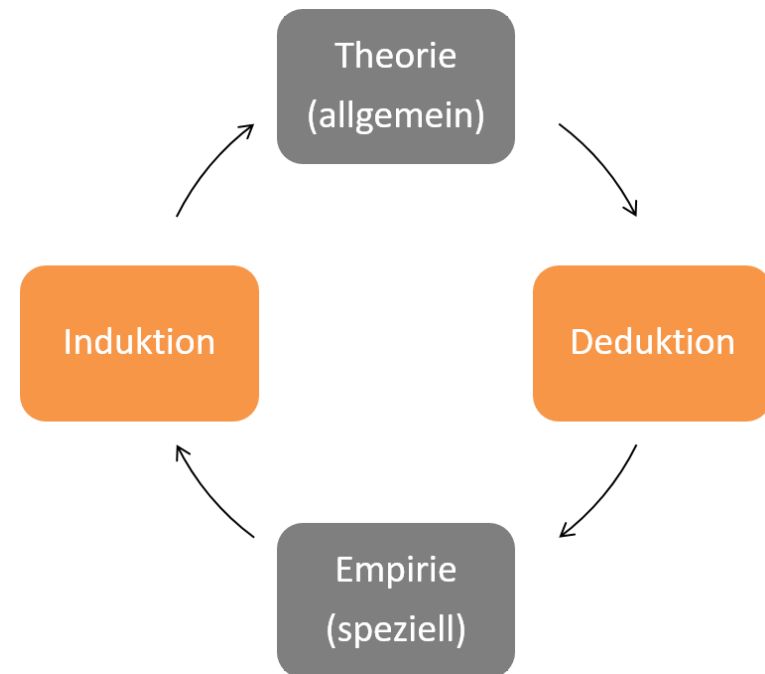
 **INSTITUT FÜR
MANAGEMENTWISSENSCHAFTEN**
Betriebstechnik und Systemplanung

BACK UP

Deduktive & Induktive Forschungsmethodik | Theorie

Methodisches Vorgehen

- Erkenntnisgewinn auf Basis von in der Vergangenheit erarbeiteten und empirisch überprüften Theorien wird als **deduktive Methode** bezeichnet
- Die **induktive Methode** hingegen geht in umgekehrter Richtung vor. Aus der Summe von beobachteten Einzelfällen sollen übergeordnete Regelmäßigkeiten und möglichst allgemeingültige Wirkungsmechanismen abgeleitet werden (vgl. Töpfer 2012)

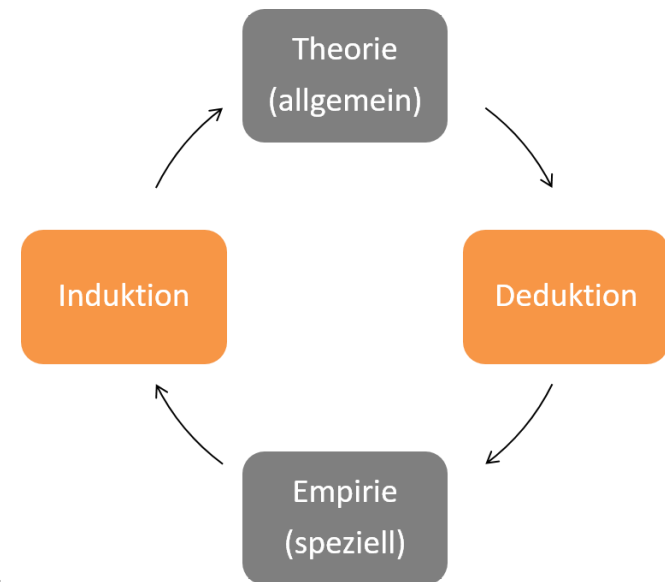


Quelle: vgl. Rost 2003

Deduktive & Induktive Forschungsmethodik | Dissertation

Methodisches Vorgehen

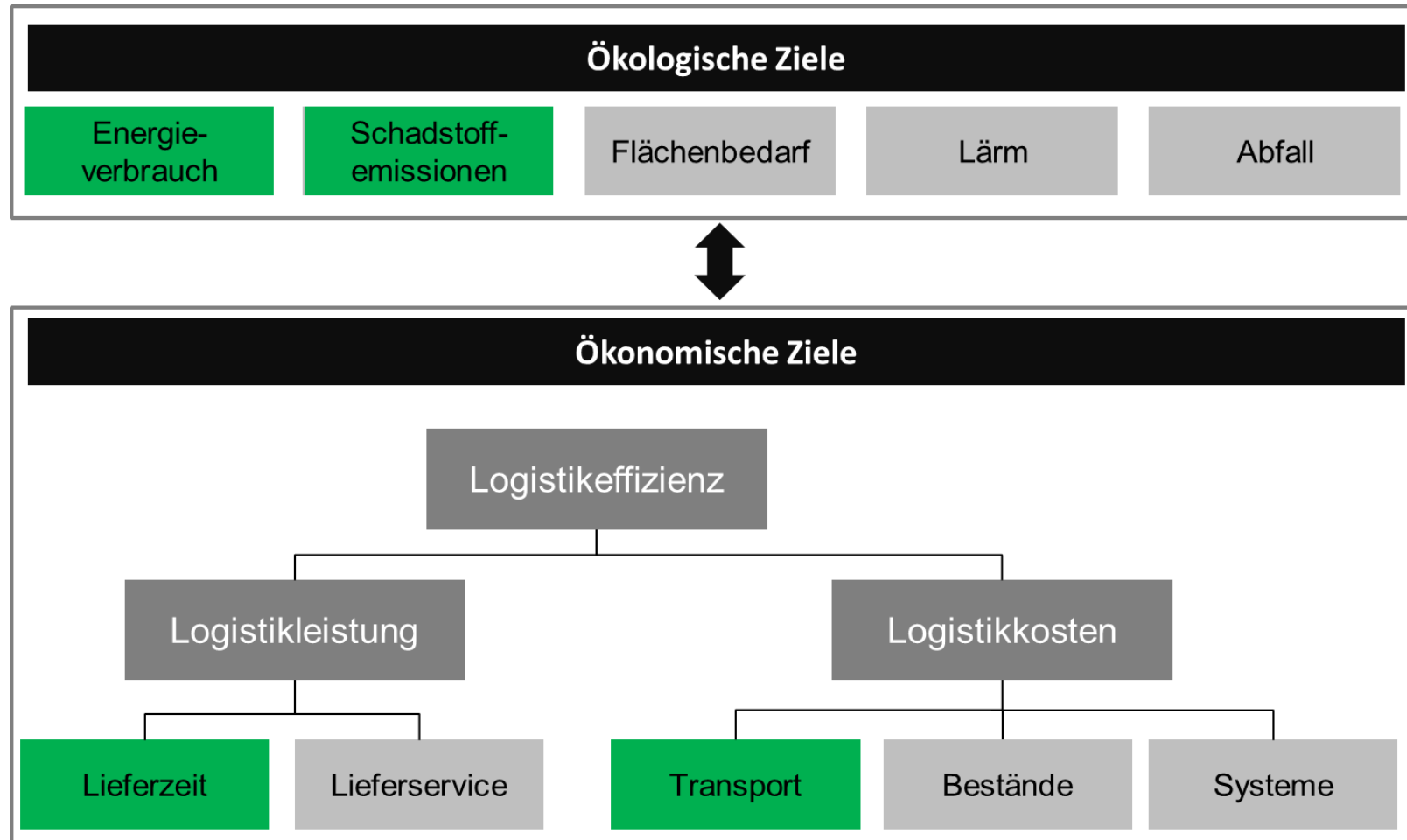
- Strukturierung des Forschungsfeldes erfolgt **induktiv** mit Hilfe der definierten Problemstellung aus der Praxis
- In einem **deduktiven** Vorgehen werden die theoretischen Grundlagen durch eine umfassende Literaturrecherche als relevante Problemstellung identifiziert und Forschungshypothesen konstruiert
- Mit math. Methoden & empirisch ermittelter Informationen wird die Forschungshypothese falsifiziert/verifiziert
- **Induktiv** werden aus den analysierten Einzelfällen allgemeingültige Wirkungsmechanismen abgeleitet



Quelle: vgl. Rost 2003

Eingrenzung des Untersuchungsbereichs | Zielgrößen

Methodisches Vorgehen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Schuh und Stich 2013; Arnold et al. 2008