



Fraunhofer
IFF
INSTITUT FÜR
LOGISTIK UND MATERIALFLUSSTECHNIK



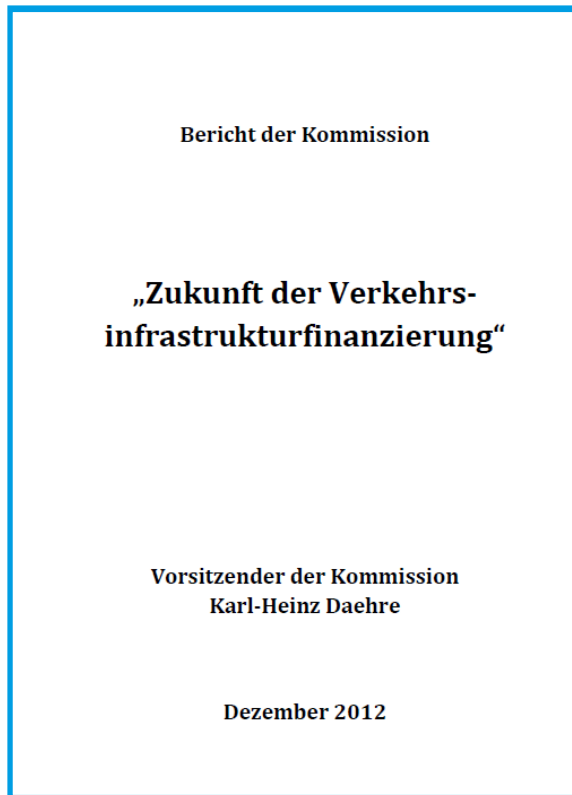
Vorgehensmodells zur Untersuchung multidimensionaler Einflüsse auf (Güter-)Verkehrssysteme am Beispiel Deutschlands



Dr.-Ing. Fabian Behrendt

14. Europäischer Verkehrskongress & 90 Jahre ÖVG – Mobilität 4.0: Quo Vadis Europa?
Wien, 16. Juni 2016

Thematische Einordnung



2011–2012



2012–2016

Inhalt

- Motivation, Problem- und Zielstellung
- Ergebnis
 - Vorgehensmodell
 - Falluntersuchung
- Fazit und Ausblick

Motivation



[dpa 2014]



[FAZ 2016]



[dpa 2015b]

Problemstellung

Entwicklung des Güterverkehrssystems der Bundesrepublik Deutschland

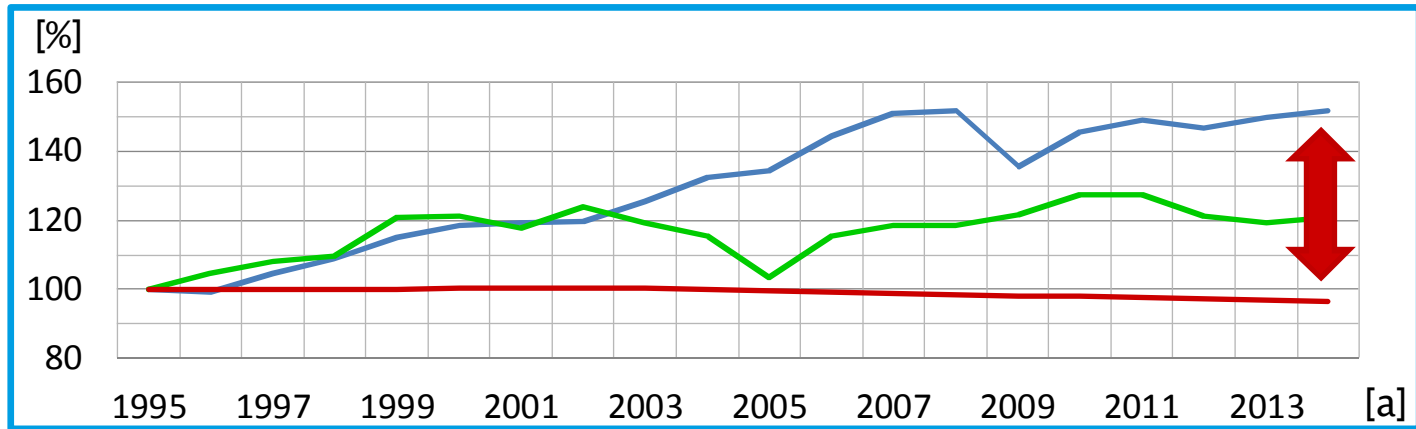


Abb. 1 : Historische Entwicklung [VIZ 2015]

- Güterverkehrsleistung
- Brutto-Anlageinvestitionen
- Modernitätsgrad (Anlagevermögen)

Defizit 7,2 Mrd. € p.a.
(Analysejahr 2012) [Daehre 2012]

Zunehmende Belastung vs. Substanzverzehr der Verkehrsinfrastruktur

Lösungsansätze (Szenarien)

I. Erhöhung der Investitionen für die Verkehrsinfrastruktur

- Erhalt und Sanierung
- Aus- und Neubau



Verkehrsökonomische Maßnahmen

II. Reduzierung der Verkehrsbelastung

- Verkehrsflussoptimierung
- Senkung der Güterverkehrsleistung



Technologische Maßnahmen

Wie kann eine Entscheidung zur Auswahl geeigneter Lösungsansätze methodisch unterstützt werden?

Anforderung und Vergleich bestehender Modelle

■ Modellanforderung

- Prognosen
- Annahmen
- Szenarienvergleich
- Ganzheitliche Zielstellung
- Heterogene Datenqualität

■ Kritik an bestehenden Modellen

- Vergangenheitsanalysen oder Rankings
- Erhebungs- und Analyseaufwand
- Regionale Szenarienwirkungen
- Fokussierung auf Einzelwirkungen

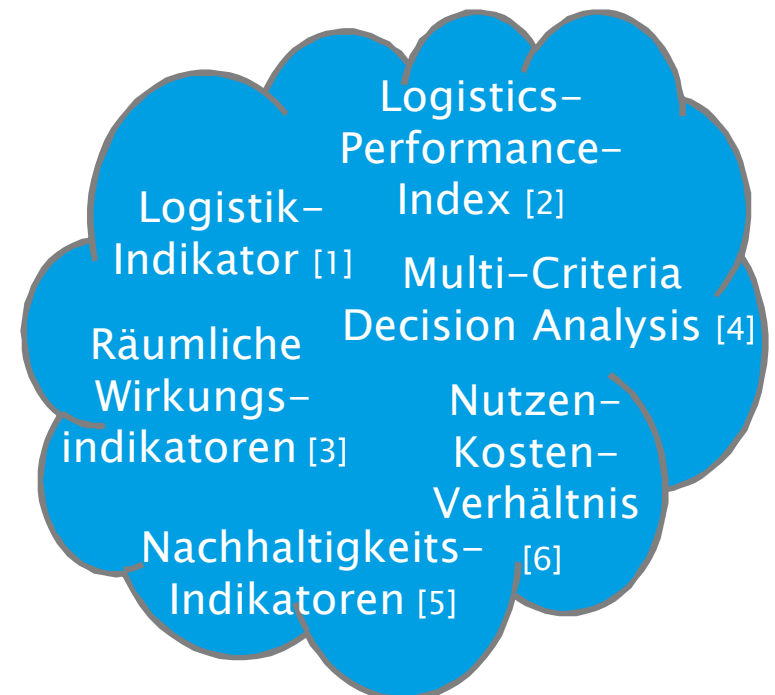


Abb. 2: Verkehrslogistische Modelle

[1] Kooths 2014, [2] Ojala 2013, [3] Schürmann et. al 2011, [4] Macharis et al. 2015, [5] Gerlach et al. 2015, [6] BMVI 2014

Zielstellung der Arbeit

Entwicklung eines Vorgehensmodells

- Ganzheitliche Sichtweise
- Komplexitätsreduktion
- Wirkungsabschätzung (Indikator)



... zur Analyse
verkehrslogistischer
Zusammenhänge

... zum Vergleich
verkehrsökonomischer
und technologischer
Zukunftsszenarien

... aufbauend auf
bestehende Daten
und Verfahren



Verkehrslogistischer Vergleichsindikator (VLVI)
Instrument zur Entscheidungsunterstützung

Inhalt

- Motivation, Problem- und Zielstellung

- Ergebnis
 - Vorgehensmodell
 - Falluntersuchung

- Fazit und Ausblick

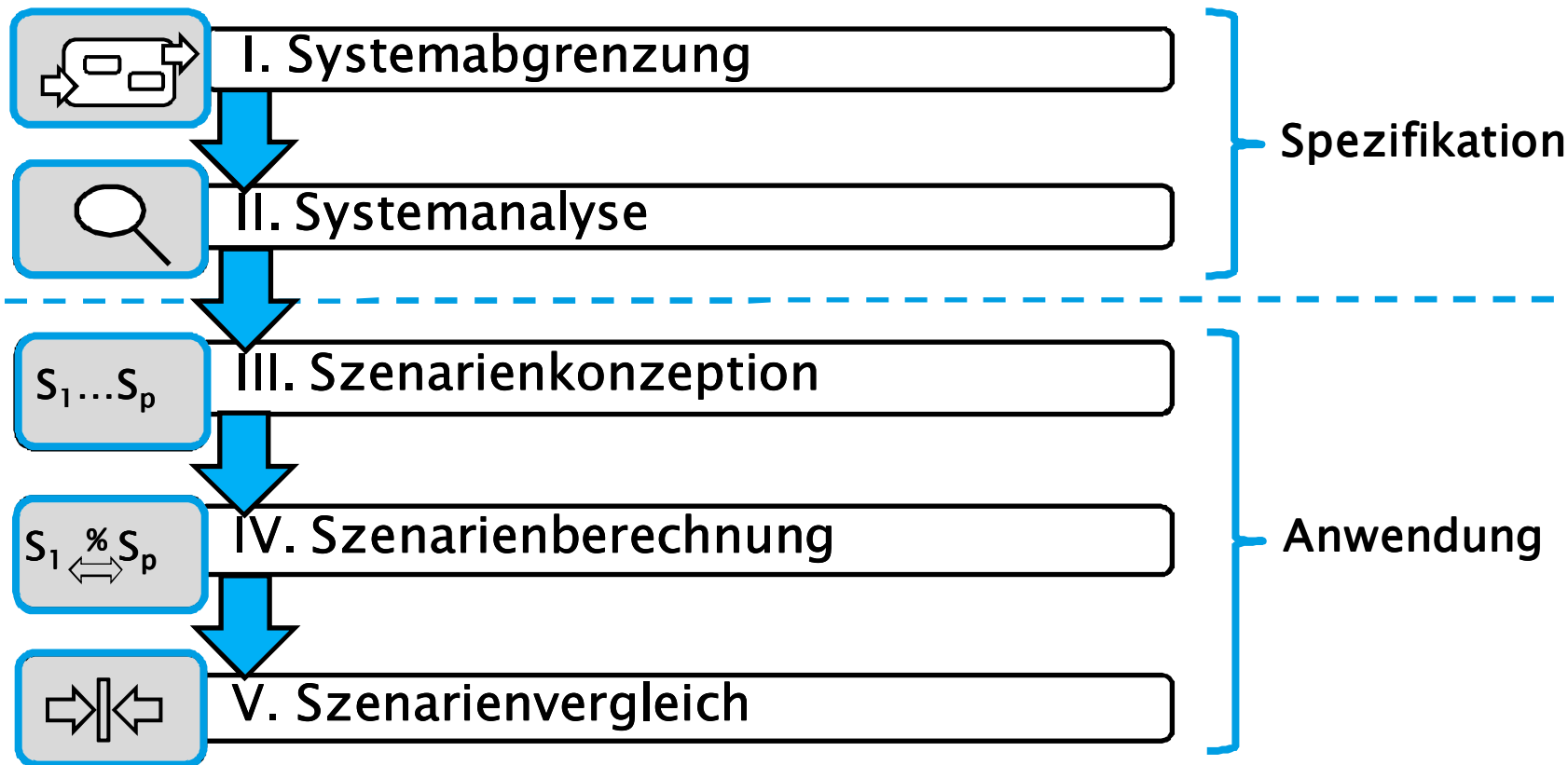


Abb. 4: Ablauf (Herleitung in Anlehnung an das Modell: Logistikplanung für Investitionsentscheidungen [Ziems 2012], [Schenk u. Glistau 2013])

Falluntersuchung:
Güterverkehr
Bundesrepublik Deutschland
Zielhorizont: 2025
Szenarienvergleich

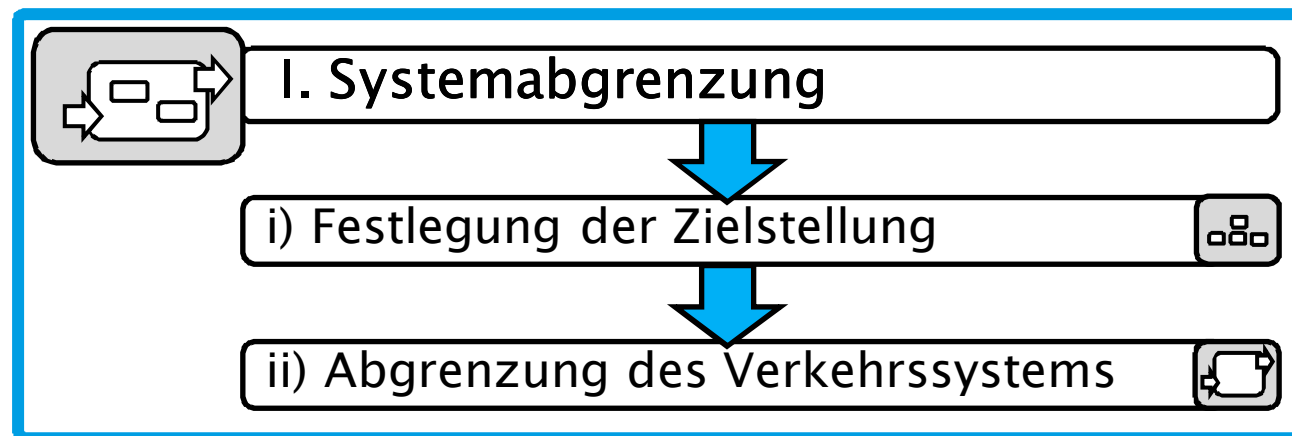


Abb. 5: Vorgehensschritt I des Vorgehensmodells

(i) Festlegung der Zielstellung [BMVI 2015]:



- (1) Erhaltung und Modernisierung der Substanz
- (2) Transportkostensenkung
- (3) Verbesserung Verkehrsfluss/Engpassbeseitigung
- (4) Erhöhung der Zuverlässigkeit von Transporten
- (5) Verbesserung der Anbindung von internationalen Drehkreuzen

(ii) Eingrenzung des Betrachtungsraums:



- Verkehrsträger: Straße, Schiene
- Verkehrsregion: National
- Logistikprodukt: Stück- und Schüttgüter, Flüssigkeiten, Gase
- Analysejahr: 2015
- Prognosejahr: 2025

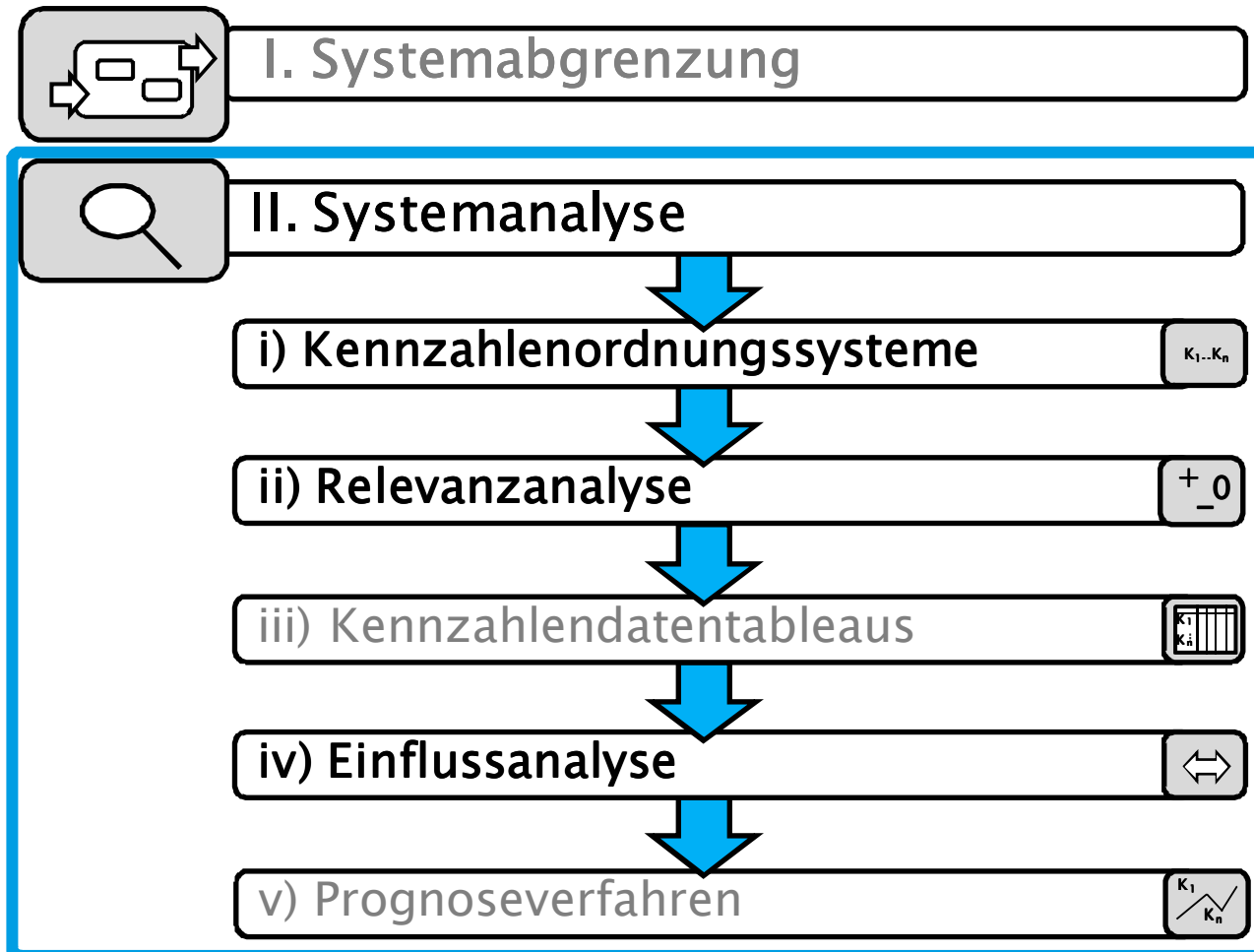


Abb. 6: Vorgehensschritt II des Vorgehensmodells

(i) Kennzahlenordnungssysteme

K_n 25

- Ermittlung von Kennzahlen
 - Verkehrsökonomisch → Beschreibung der Verkehrsinfrastruktur (System)
 - Verkehrslogistisch → Beschreibung der logistischen Prozesse und Güter

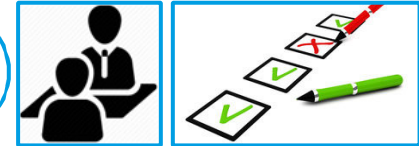
Tab. 1: Exemplarisches Kennzahlenordnungssystem (Zuordnung nach: [Schenk 2010], [Illés 2007], [Ziems 2007])

Zuordnung	Kennzahl (K)		Einheit
System	K_1 K_{\dots}	z.B. Netzlänge ...	[km] ...
Prozess	K_{\dots} K_{\dots}	z.B. \emptyset tägliche Verkehrsstärke ...	[Kfz/24h] ...
Produkt	K_{\dots} K_{25}	z.B. Verkehrsaufkommen ...	[Mio. t] ...

→ Ganzheitliche Sichtweise auf das Güterverkehrssystem

(ii) Relevanzanalyse

$K_n * Ziel_m$ 125



Tab. 2: Exemplarische Relevanzprüfung von Kennzahlen in Bezug auf die Zielstellung

Kennzahl (K_1 bis K_{25})	Zielstellung (Ziel 1 bis Ziel 5)					Σ Aktiv	
	Erhaltung, Moder- nisierng	Transport- kosten- senkung	Verkehrs- flussopt., Engpass- beseitig- ung	Transport- zuver- lässigkeit	Anbin- dung an intern. Dreh- kreuze	Betrag	Saldo
Kennzahlenklasse							
K_1 Netzlänge	+	-	+	+	0	4	2
K_8 Modal Split	0	0	0	0	0	0	0
Σ Passiv (Betrag)	1	1	1	1	0	4	

Bewertungsschema:

+ : positiver Einfluss, - : negativer Einfluss, 0 : kein direkter bzw. nicht eindeutig abschätzbarer Einfluss

→ Relevante Sichtweise auf das Güterverkehrssystem

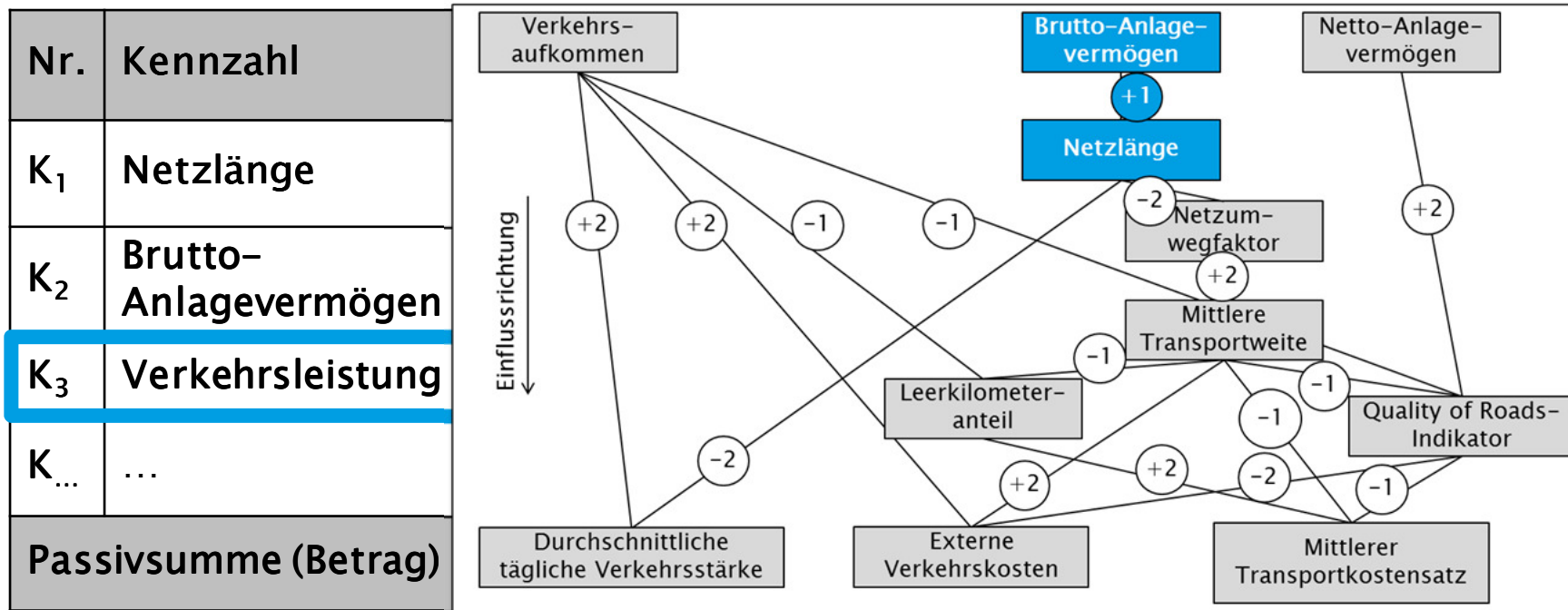
$$125 \rightarrow \frac{K_n}{Ziel_m} = \frac{22}{4} = 5.5 \rightarrow 52$$

(iv) Einflussanalyse: Kennzahlenmatrix



266

Tab. 3: Exemplarische Einflussmatrix für den Verkehrsträger Straße (Auszug)



Legende: $\pm/ -1/2/3$: **Zunahme**/Abnahme K_2 um **100%** → **Zunahme**/Abnahme K_1 um **25%/50%/100%** (in Anlehnung an: [Illés et al. 2007])

→ Qualitative Sichtweise auf das Güterverkehrssystem

33

(iv) Einflussanalyse: 5 Indikator Kennzahlen



33

- Identische Kennzahlen je Verkehrsträger (Straße, Schiene)
- Mathematische Berechnung aus den qualitativen Kennzahlen:

(1) Verkehrsleistung = *Verkehrsaufkommen* * *mittlere Transportweite*

(2) Netzdichte = $\frac{\text{Netzlänge}}{\text{Fläche Verkehrsträger}}$

(3) Modernitätsgrad = $\frac{\text{Netto-Anlagevermögen}}{\text{Brutto-Anlagevermögen}} * 100$

(4) Transportkosten = *Verkehrsleistung* * *Mittlerer Transportkostensatz*

(5) Ext. Verkehrskosten = *Verkehrsleistung* * *externen Verkehrskostensatz*

→ Komplexitätsreduzierte Sichtweise auf das Güterverkehrssystem

5

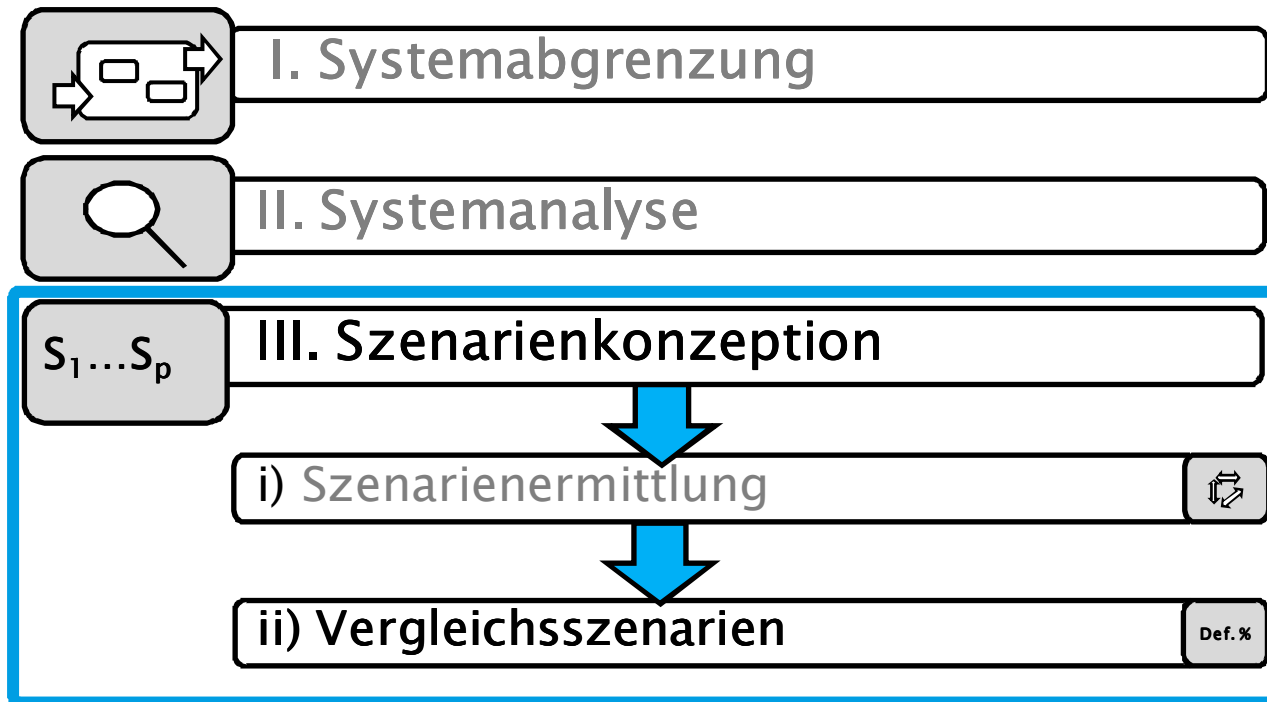


Abb. 7: Vorgehensschritt III des Vorgehensmodells

(ii) Definition der Vergleichsszenarien (Prognosejahr: 2025)

- **Szenario 1.1: Ausweitung Lkw-Maut nach BMVI** [BMVI 2015]
 - Ausweitung der Lkw-Maut auf $> 7,5$ t zGG
 - Streckennetz: zusätzlich 1.100 km Bundesstraßen
- **Szenario 1.2: Ausweitung Lkw-Maut mit Verkehrsverlagerung (VV)** [Daehre 2012]
 - Ausweitung der Lkw-Maut auf $> 3,5$ t zGG
 - Streckennetz: gesamtes Straßennetz
 - Verkehrsverlagerung: 11% Zunahme auf der Schiene [TransCare 2006]



[Lkw 2015]

-
- **Szenario 2: Einführung Lang-Lkw** [BASt 2014], [IIN 2011], [VDA 2006]
 - Verlagerung von 5 %
 - Verbesserung Quality-of-Roads-Indikator um 5 %



[BMVI 2016]

(ii) Definition der Vergleichsszenarien



Tab. 4: Szenarienbildungstableau für die Falluntersuchung (Prognosejahr 2025)

Qualitative Kennzahlen	Szenario 1.1: Ausweitung Lkw-Maut (BMVI)	Szenario 1.2: Ausweitung Lkw-Maut mit VV	Szenario 2: Lang-Lkw
Verkehrsträger Straße			
Brutto-Anlagevermögen	0,75 %	7,92 %	-
Netto-Anlagevermögen	0,99 %	10,45 %	-
Verkehrsaufkommen	-	- 1,44 %	-
Mittlerer Transportweite	-	-	0,62 %
Quality-of-Roads-Indikator	-	-	5,00 %
Verkehrsträger Schiene			
Verkehrsaufkommen	-	+ 11,00 %	-

- keine Wertänderung zur Basisprognose, Wertänderung (Zu-/Abnahme)

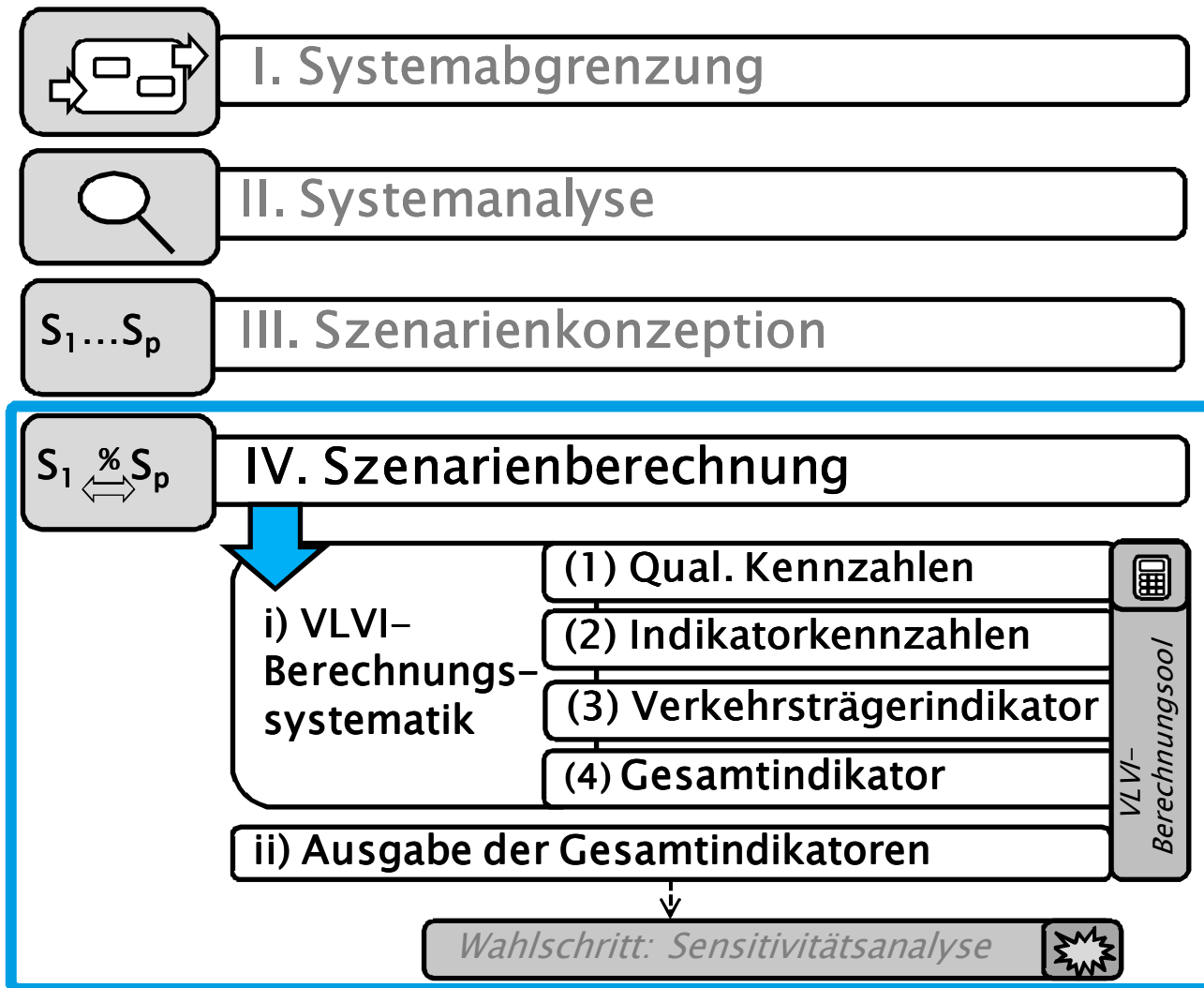


Abb. 8: Vorgehensschritt IV des Vorgehensmodells



(i) VLVI-Berechnungssystematik

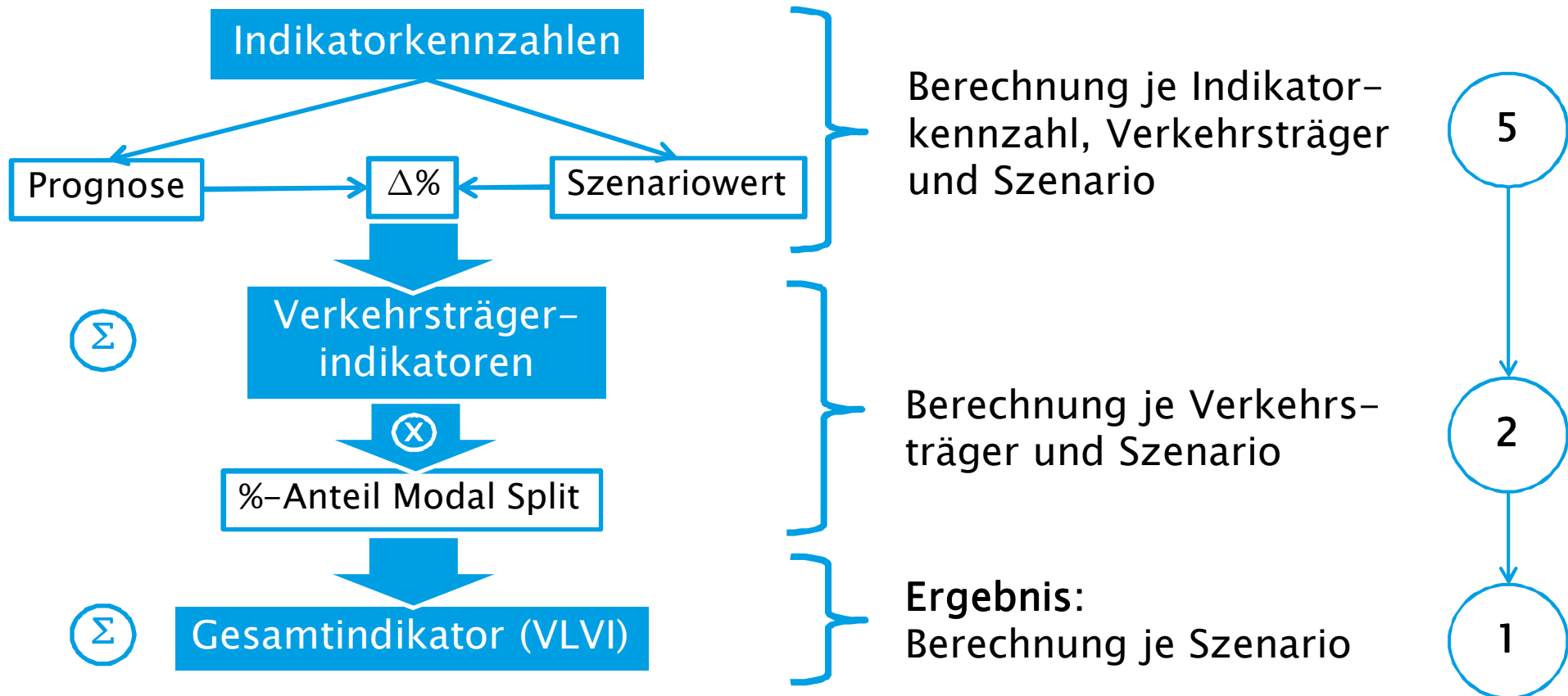


Abb. 9: Schaubildliche Berechnungssystematik des Gesamtindikators

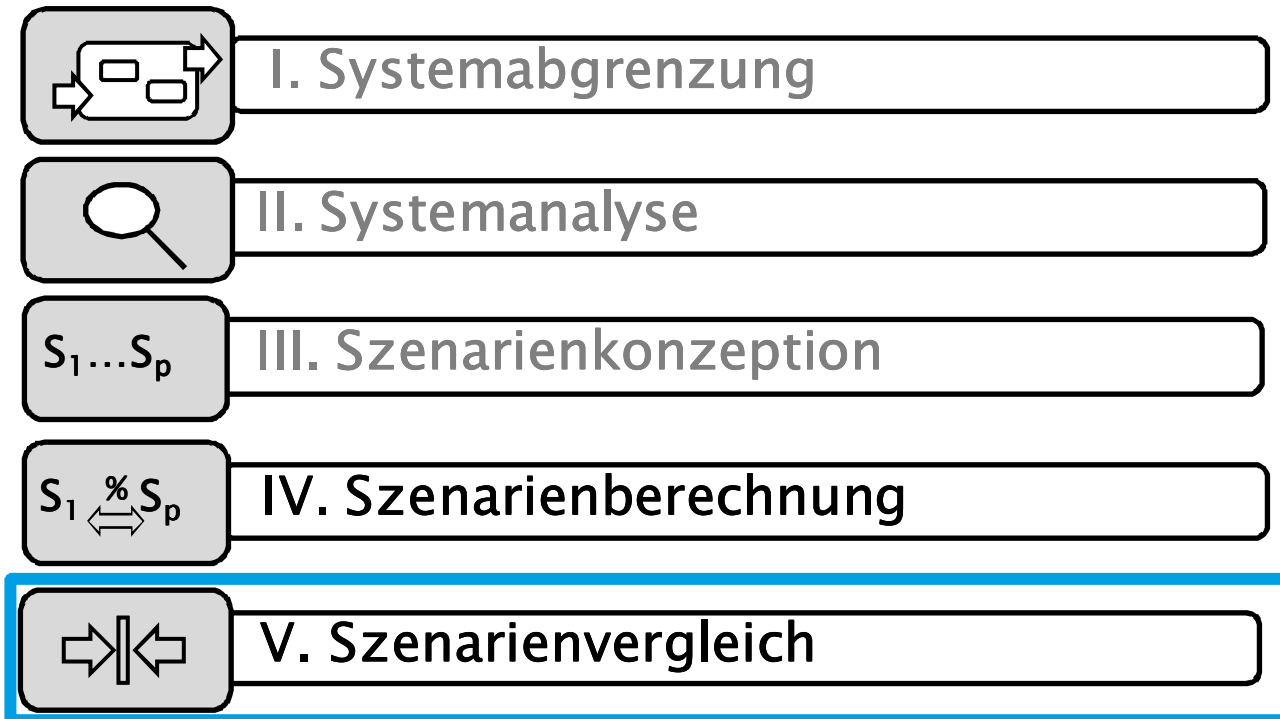


Abb. 10: Vorgehensschritt V des Vorgehensmodells

Verkehrslogistischer Vergleichsindikator (VLVI)

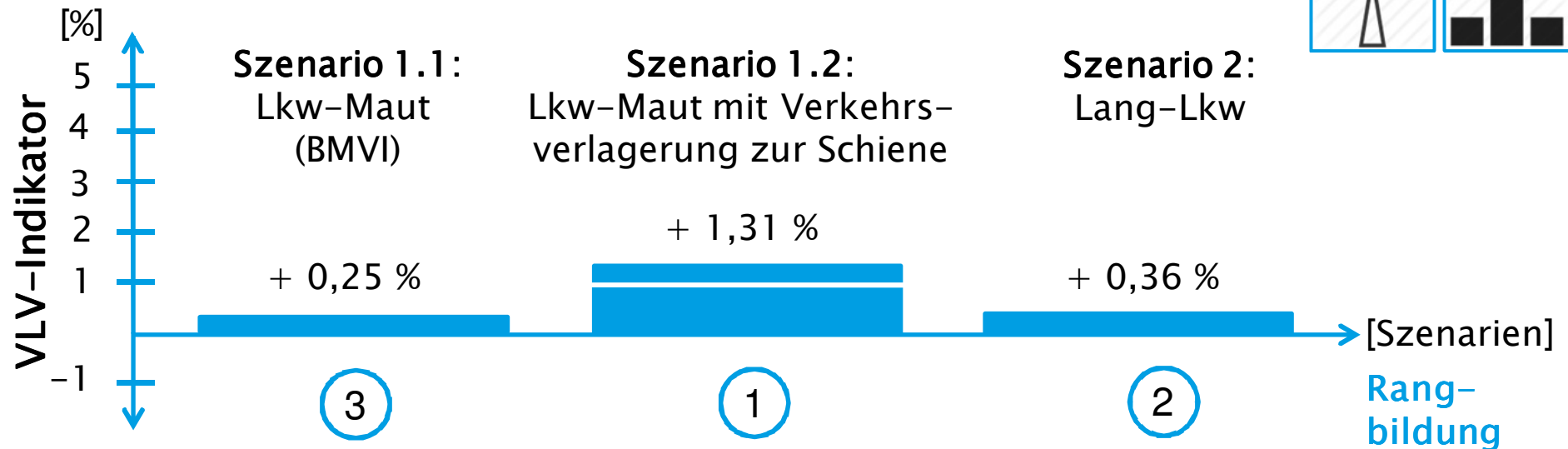
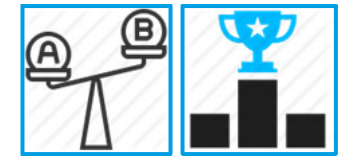


Abb. 11: Gegenüberstellung der Gesamtindikatoren je betrachtetem Szenario

Verkehrsträgerindikatoren

Tab. 5: Gegenüberstellung der Verkehrsträgerindikatoren je betrachtetem Verkehrsträger und Szenario



Szenario	Straße	Schiene
1.1: Ausweitung Lkw-Maut nach BMVI	+ 0,34 %	0,00 %
1.2: Ausweitung Lkw-Maut mit VV zur Schiene	+ 4,78 %	- 10,16 %
2: Einführung Lang-Lkw	+ 0,50 %	0,00 %

Inhalt

- Motivation, Problem- und Zielstellung
 - Ergebnis
 - Vorgehensmodell
 - Falluntersuchung
- Fazit und Ausblick

Fazit

Vorgehensmodell zur Untersuchung multidimensionaler Einflüsse auf Güterverkehrssystemen

- Ganzheitliche Sichtweise ✓
- Komplexitätsreduktion ✓
- Wirkungsabschätzung (Indikator) ✓

Verkehrslogistischer Vergleichsindikator (VLVI)

Verkehrsökonomische und technologische Szenarien

Quantitative und qualitative Entscheidungsunterstützung

Ausblick – Verkehrsinfrastruktur

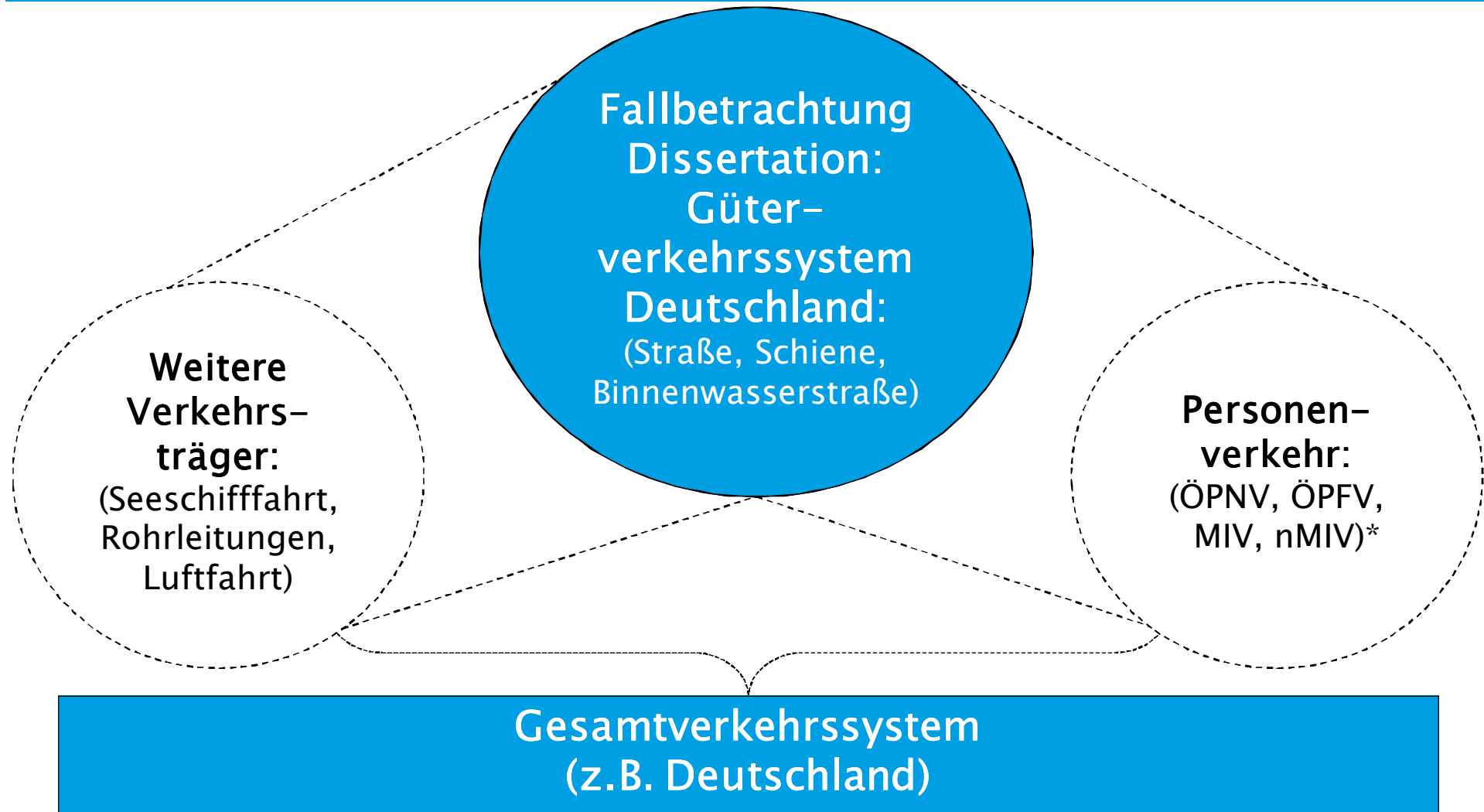


Abb. 12: Weiterführende Ansätze

*ÖPNV/ÖPFV: Öffentl. Personennah-/fernverkehr; MIV/nMIV: (nicht) motorisierter Individualverkehr

Adaption des Modells – Intelligente (digitale) Infrastrukturen



Abb. 13: Mobilitätsdienste der Zukunft auf Basis digitaler Infrastrukturen [BMVI 2016]

Zukunftsszenarien – Intelligente (digitale) Infrastrukturen



Predictive Maintenance

E-Mobility



Autonomes Fahren

V2I-Kommunikation



Taktile 5G-Netzwerke

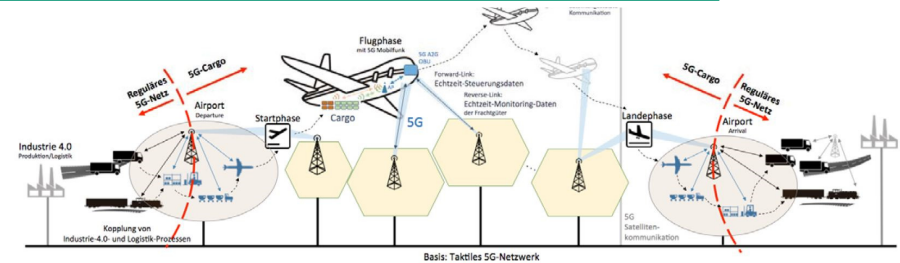


Abb. 14: Projektbeispiele Fraunhofer IFF [BMVI 2016]; [IFF 2016]



Dr.-Ing. Fabian Behrendt
Wien, 16. Juni 2016



Vielen Dank für Ihr Interesse



Dr.-Ing. Fabian Behrendt

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb
und -automatisierung IFF/
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,
Institut für Logistik und Materialflusstechnik

Telefon: +49 391 4090-411

E-Mail: fabian.behrendt@iff.fraunhofer.de

Literaturverweise

- [BAST 2014] Bundesanstalt für Straßenwesen BAST: Feldversuch mit Lang-Lkw – Zwischenbericht, Bergisch Gladbach, 2014, S. 28ff.
- [BMVI 2014] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI: Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015 – bedarfsgerecht – transparent – herausfordernd. Broschüre, Berlin, 2014, S. 57f.
- [BMVI 2015] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI: Minister Dobrindt weitet Lkw-Maut auf Bundesstraßen aus, Pressemitteilung (063/2015) vom 30.06.2015
- [Daehre 2012] Daehre, K.-H.: Bericht der Kommission „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung“. Abschlussbericht, Magdeburg, 2012, S. 73.
- [Gerlach et al. 2015] Gerlach, J.; Hübner, S.; Becker, T.; Becker, U.: Entwicklung von Indikatoren im Bereich Mobilität für die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. In: Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit Texte 12/2015. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2015, S. 39, 45, 97f.
- [IIN 2011] Initiative für innovative Nutzfahrzeuge IIN: Faktenpapier zum Feldversuch mit Lang-Lkw, 2011, S.12.
- [Illés 2007 et al.] Illés, B.; Glistau, E.; Coello Machando, N.: Logistik und Qualitätsmanagement. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Logistik und Materialflusstechnik. 1. Auflage, Miskolc, 2007, S. 3, 9, 135–137, 180.
- [Kooths 2014] Kooths, S.: Logistik-Indikator – Ergebnisse 2006–Q4 bis 2014–Q2. Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, Kiel, 2014, S. 11.
- [Mecharis et. al. 2015] Macharis, C.; Bernaddei, A.: Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. In: Elsevier, Transport Policy 37, Brüssel, 2015, S. 177–188.
- [Ojala 2013] Ojala, L.: The World Bank’s Logistics Performance Index in a Trade and Transport Facilitation Context. In: 16. Gastvortragsreihe Logistik 2013, Schenk, M. (Hrsg.), Magdeburg, S. 93.

Literaturverweise

- [Schenk u. Glistau 2013] Schenk, M; Glistau, E.: Logistiksystemplanung. Vorlesungsmanuskript. Otto-von- Guericke- Universität Magdeburg, Institut für Logistik und Materialflusstechnik, Magdeburg, 2013, S.10.
- [Schürmann et. al 2011] Schürmann, C.; Spiekermann, K.: Räumliche Wirkungen von Verkehrsprojekten. Ex post Analysen im stadtreionalen Kontext. In: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) BBSR-Online-Publikation 02/2011, Bonn, 2011. S. 48ff.
- [TransCare 2006] TransCare AG: Einfluss der Lkw-Maut auf den Modal Split im Güterverkehr, Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. BGL (Hrsg.), Wiesbaden, 2006, S. 21ff.
- [VDA 2006] SVerband der Automobilindustrie VDA: Mehr Güter- Weniger Verkehr, 2006, S. 10.
- [Ziems 2012] Planung logistischer Systeme. In: Krampe, H.; Lucke, H.-J.; Schenk, M. (Hrsg.): Grundlagen der Logistik: Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme. 4. Aufl., Huss-Verlag, München: 2012, S. S. 62.

Bilder und Piktogramme (Zugriff: 30. März 2016):

- [BMVI 2016] <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LA/lang-lkw-feldversuch.html>
- [dpa 2014] http://www.t-online.de/nachrichten/panorama/id_70341800/stau-wie-deutschland-den-verkehrskollaps-noch-vermeiden-kann.html
- [dpa 2015a] http://bilder.t-online.de/b/73/25/15/16/id_73251516/610/tid_da/gesperre-schiersteiner-bruecke.jpg
- [dpa 2015b] http://img.shz.de/img/incoming/crop6575596/7766392865-cv16_9-w596/A7-Ausbau-Stau-dpa-148962008f5686bc.jpg
- [FAZ 2016] http://media0.faz.net/ppmedia/aktuell/technik-motor/93930829/1.2173010/article_multimedia_overview/der-zustand-vieler-strassen.jpg
- [Iconfinder] <https://www.iconfinder.com/>
- [Lkw 2015] https://de.wikipedia.org/wiki/LKW-Maut_in_Deutschland

Defizitanalyse – Kommission VISF

Tabelle 6: Ersatz- und Nachholbedarf für alle Baulastträger (in Mrd. € p.a., Stand 2012)

Bereich	Erhaltung	Nachholbedarf	Summe
Straße, davon:	1,55	1,0	2,55
– Bund	0,8	0,5	1,3
– Land	0,45	0,3	0,75
– Kreis	0,3	0,2	0,5
Schiene, davon:	1,2	0,2	1,4
– Bund incl. SPNV	1,0	0,2	1,2
– NE-Bahnen	0,2	k.A.	0,2
Wasser*	0,5		0,5
– Bundeswasserstraßen	0,5	k.A.	0,5
– Landeswasserstraßen	k.A.	k.A.	
Gem.str./ÖSPV, davon:	1,3	1,45	2,75
– Gemeindestraßen	0,95	1,2	2,15
– ÖSPV	0,35	0,25	0,6
	4,55	2,65	7,20

(i) Kennzahlenordnungssystem

Tab. 7: Exemplarisches Kennzahlenordnungssystem (Auszug)

Zuordnung	Kennzahl (K)		Einheit
(a) System	K _{a1}	Brutto-Anlagevermögen	[Mio. €]
	K _{a2}	Netto-Anlagevermögen	[Mio. €]
	K _{a3}	Modernitätsgrad	[%]
	K _{a4}	Netzlänge	[Tsd. km]
	K _{a5}	Netzdichte	[km/km ²]
	K _{a6}	Netzumwegfaktor	-
	K _{a7}	Verkehrselastizität	-
	K _{a...}	...	
(b) Prozess	K _{b1}	Verkehrsleistung	[Mrd. tkm]
	K _{b2}	Modal Split	[%]
	K _{b3}	Mittlere Transportweite	[km]
	K _{b4}	Verkehrsintensität	-
	K _{b5}	Mittlerer Transportkostensatz	[€/tkm]
	K _{b...}	
(c) Produkt	K _{c1}	Verkehrsaufkommen	[Mio. t]
	K _{c2*}	Mittleres maximales Ladevermögen	[t]

Verkehrsträger-
übergreifende
Kennzahlen
(Straße, Schiene,
Wasserstraße)

Spezifische
Kennzahlen
(Bsp. Wasserstraße*)

Zuordnung nach [Schenk 2010], [Illés 2007], [Ziems 2007]

(iv) Einflussanalyse: Kennzahlenwirkungsdiagramm

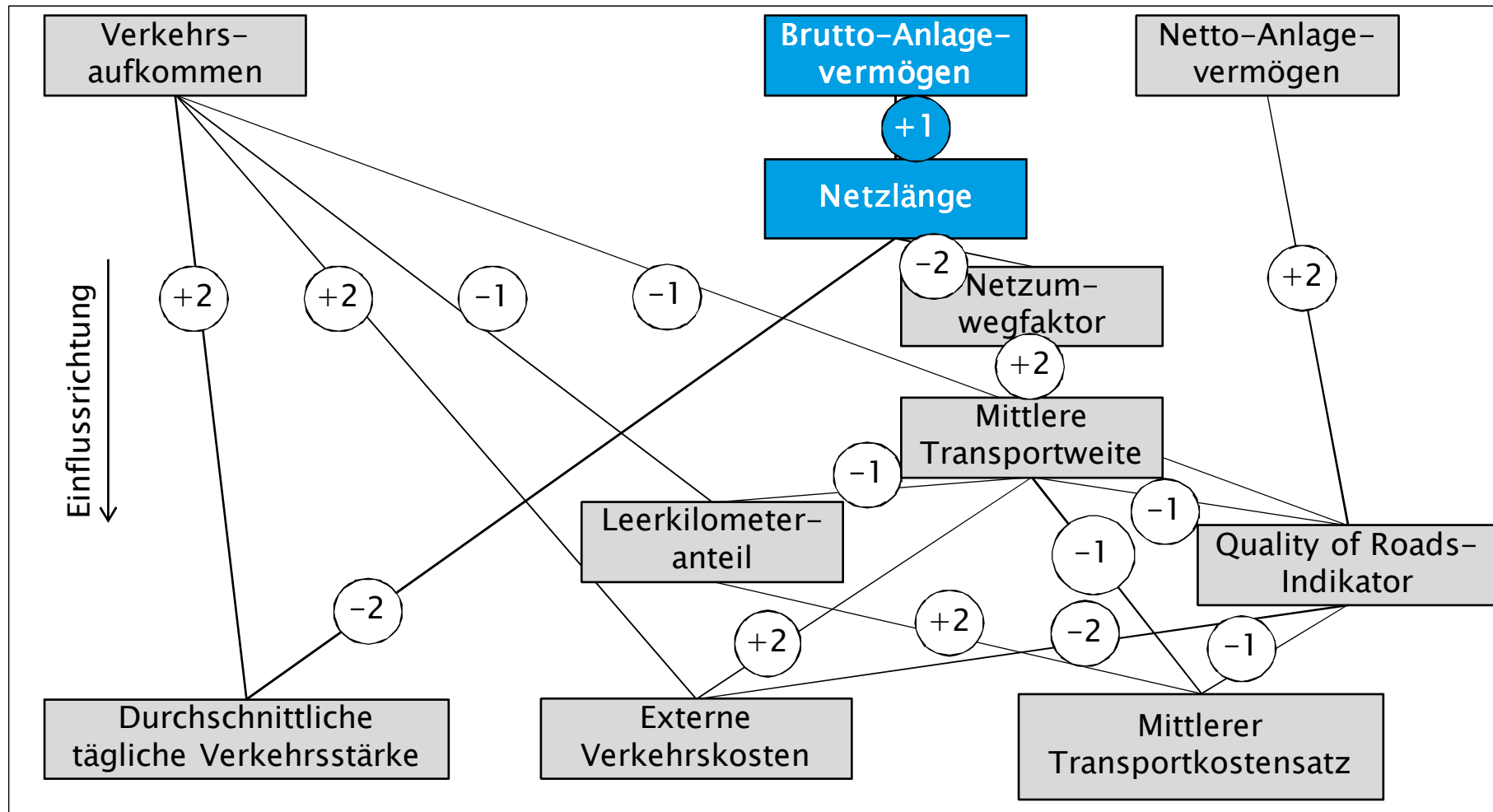
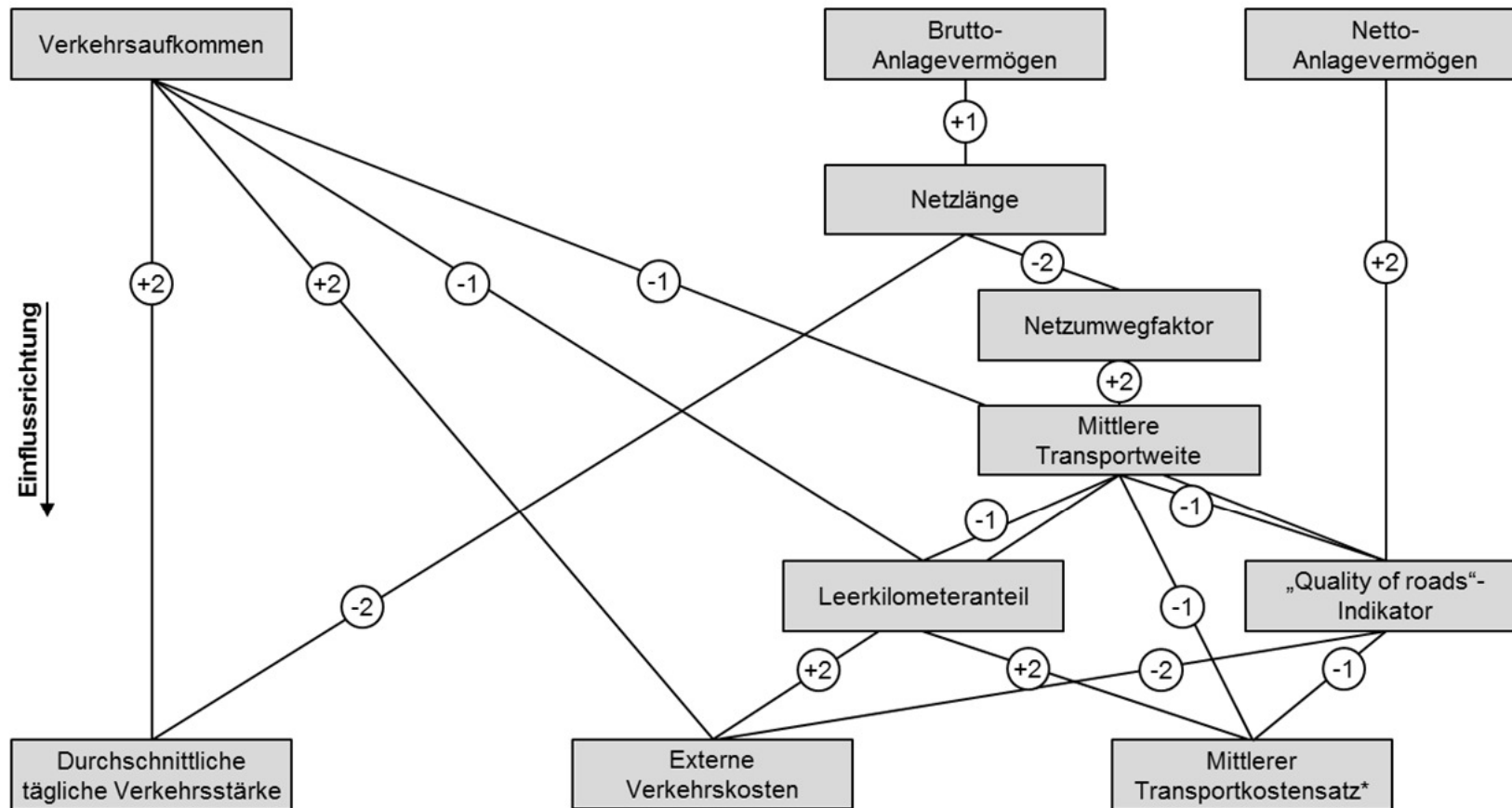


Abb. 27: Kennzahlenwirkungsdiagramm am Beispiels des Verkehrsträgers Straße

Wirkungsgefüge Kennzahlensystem Straße

Qualitative Kennzahlen



Indikatorkennzahlen



* Kennzahlen, die sich auf Basis mathematischer Formeln aus den qualitativ verbundenen Kennzahlen ergeben

** Kennzahl, die ebenfalls zu den Indikatorkennzahlen zählt, da Externalitäten keine Berücksichtigung in den übrigen Indikatorkennzahlen finden

*** Kennzahl, die sich auf Basis der Verkehrsleistung aller Verkehrsträger ergibt und ein Vergleichsinstrument der Teilindikatoren darstellt