



# Migrationsgeleitete Entwicklung von Bahnsystemen

**M. Obrenovic, B. Jäger, K. Lemmer**

**DLR, Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung  
Braunschweig**



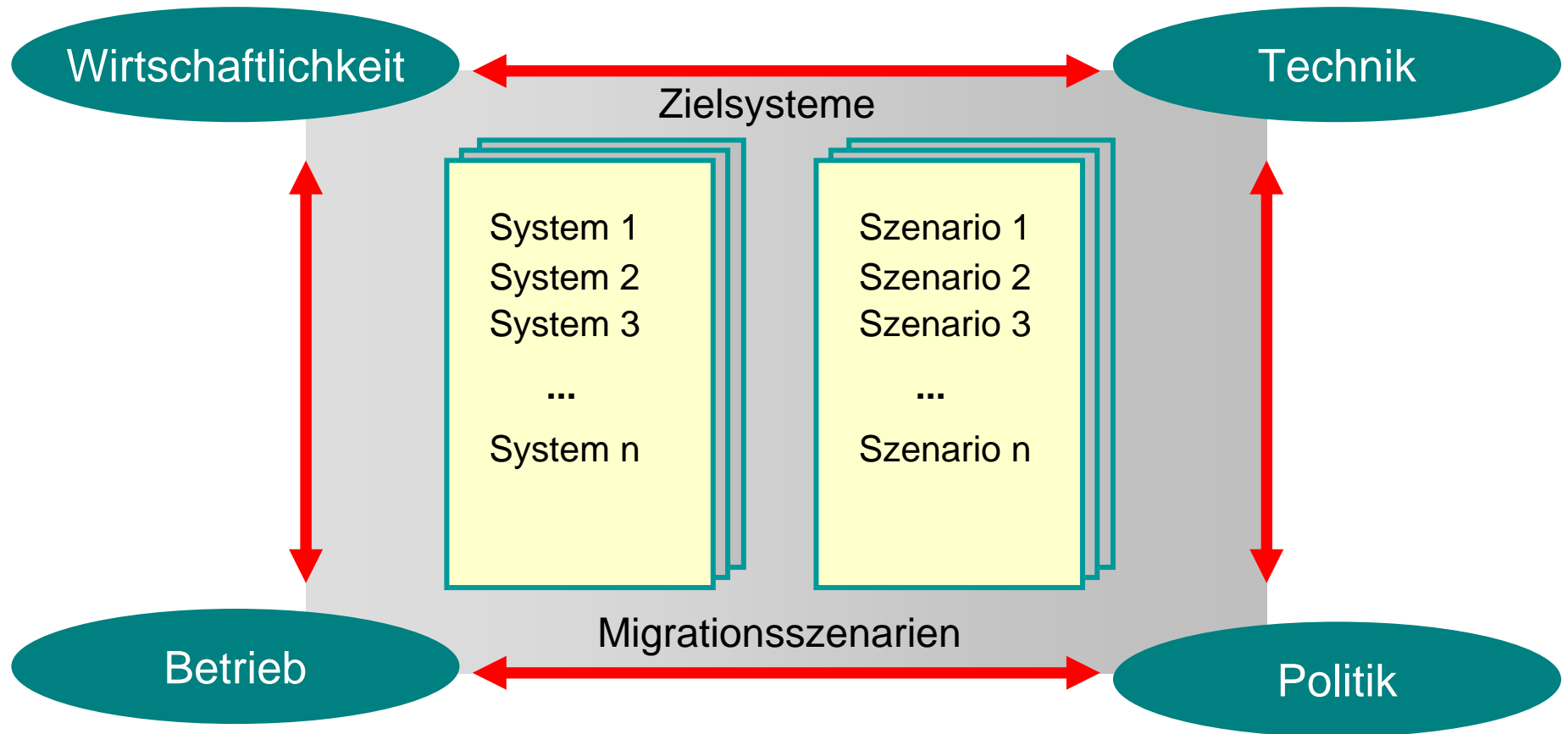
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



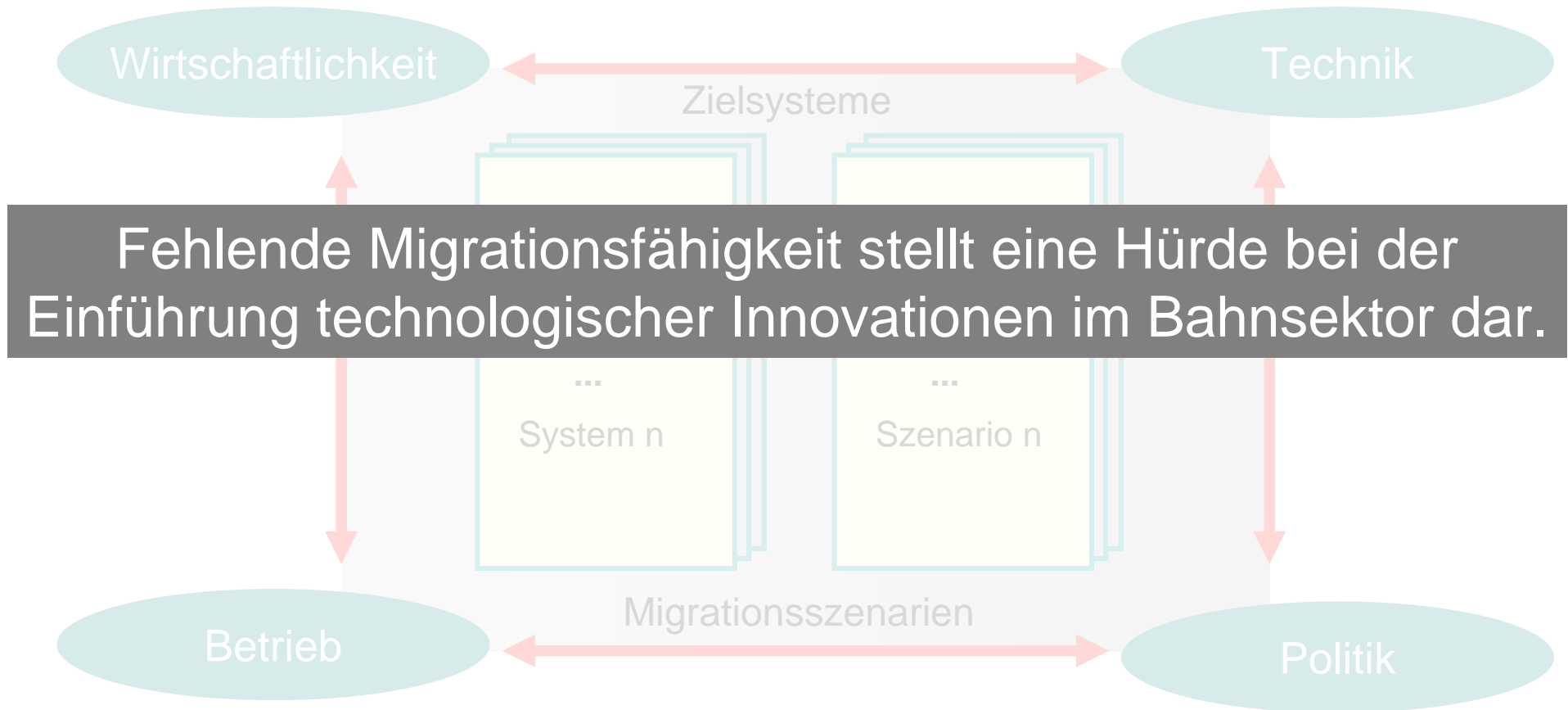
# Gliederung

- Einleitung und Motivation
- Methodische Vorgehensweise
- Phasenmodell
- Lebenszyklusanalyse
- Entwicklungsprozess – Requirements Engineering
- Zusammenfassung

# Randbedingungen und Anforderungen



# Randbedingungen und Anforderungen



# Migration ETCS - Motivation

- EU-Richtlinien 96/48/EG und 2001/16/EG
- Interoperabilität / eisenbahnbetriebliche und volkswirtschaftliche Aspekte
  - Beschaffungs- und Absatzmärkte
  - Diskriminierungsfreier Zugang zur europäischen Eisenbahninfrastruktur
  - Grenzüberschreitender Verkehr
  - Harmonisierung und Standardisierung
- Betriebliche Leistungsfähigkeit des Systems Bahn
- RAMS-Kriterien
- Lebenszykluskosten

RAMS: Reliability, Availability, Maintainability, Safety

# Migration ETCS - Motivation

- EU-Richtlinien 96/48/EG und 2001/16/EG
- Interoperabilität / eisenbahnbetriebliche und volkswirtschaftliche

Senkung der Lebenszykluskosten

vs.

Finanzierung der ETCS-Migration (5 Mrd. € bis 2016)

- Grenzüberschreitender Verkehr
- Harmonisierung und Standardisierung
- Betriebliche Leistungsfähigkeit des Systems Bahn
- RAMS-Kriterien
- Lebenszykluskosten

RAMS: Reliability, Availability, Maintainability, Safety



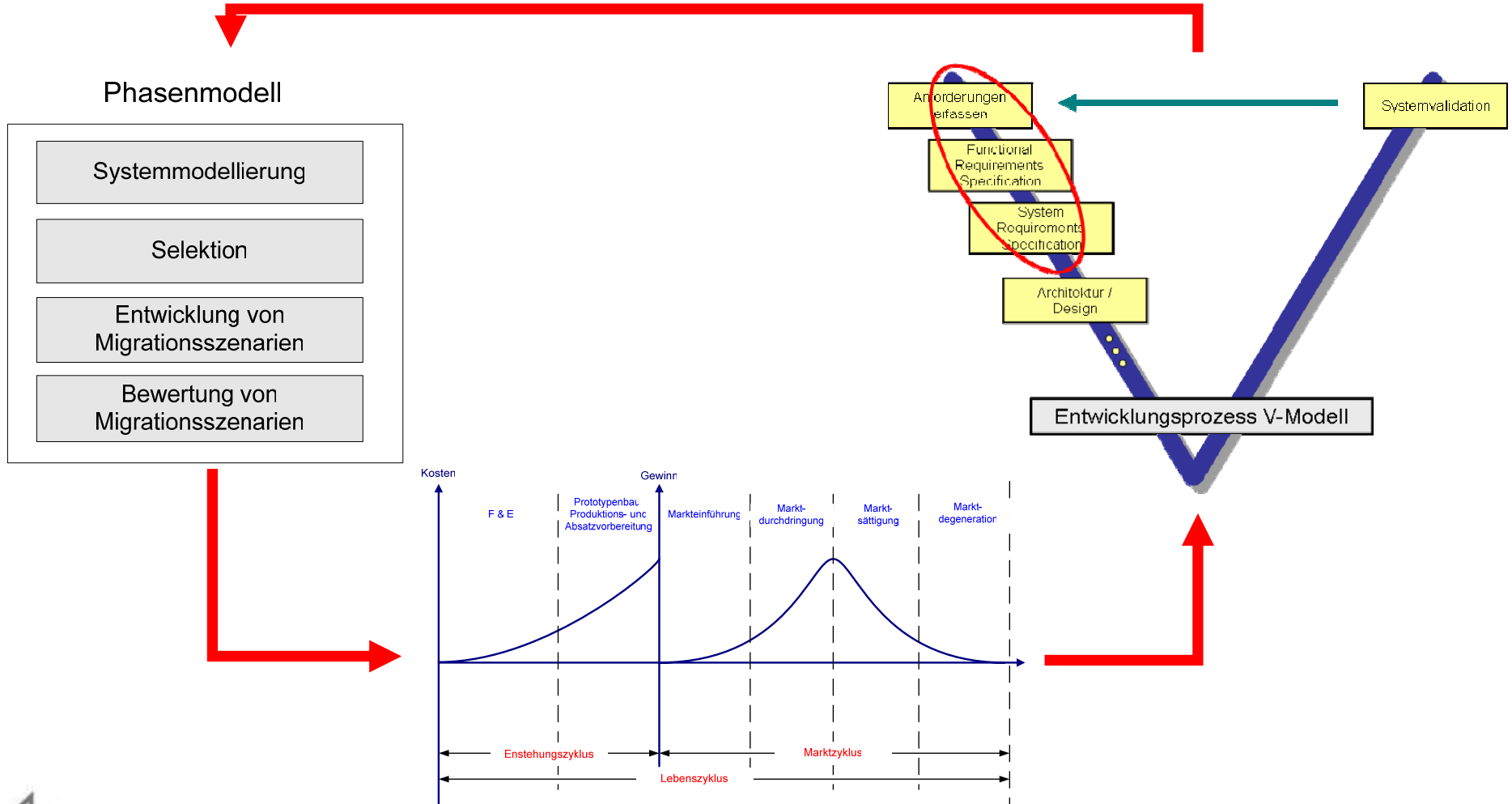


# Heterogene Marktanforderungen an ETCS

Land	Anteil nicht ausgestatteter...		Anteil am internationalen Verkehrsaufkommen...	
	Strecken [%]	Züge [%]	im Güterverkehr [%]	im Personenverkehr [%]
Bulgarien	<b>85</b>	<b>88</b>	<b>7</b>	<b>0,2</b>
Polen	39	34	40	0,1
Frankreich	12	27	27	3
Deutschland	40	5	30	2
Luxemburg	5	12	<b>73</b>	<b>93</b>
Niederlande	4	0	70	4
Schweiz	<b>0</b>	<b>0</b>	28	5

Quelle: UIC – Internationaler Eisenbahnverband (12/2004)

# Methodische Vorgehensweise



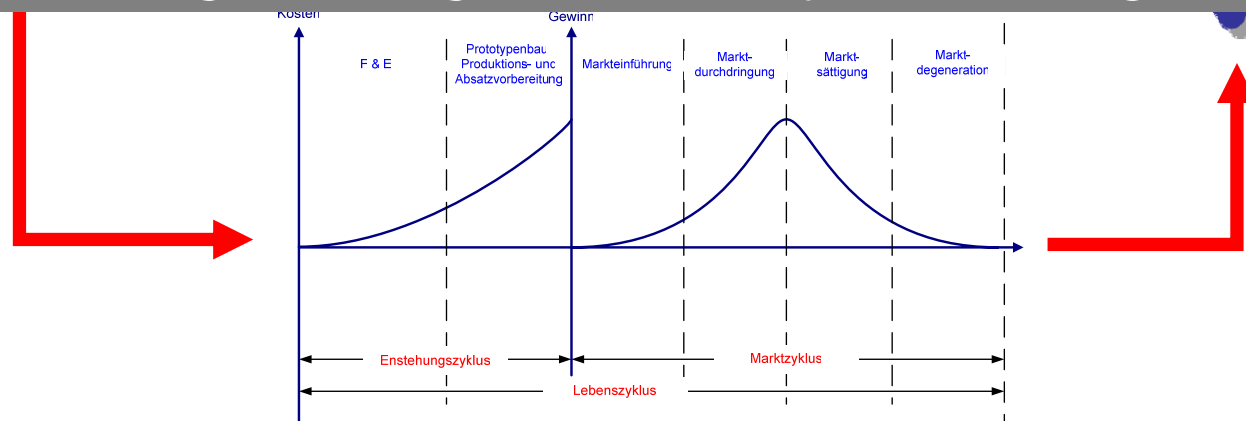


# Methodische Vorgehensweise



das Ziel:

*migrationsgeleitete Systemspezifikation -  
migrationsgeleitetes Systemdesign*



# Phasenmodell - Systemauswahl / Nutzwertanalyse

## Migrationsantrieb

Wirtschaftlichkeit

Technik

Politik

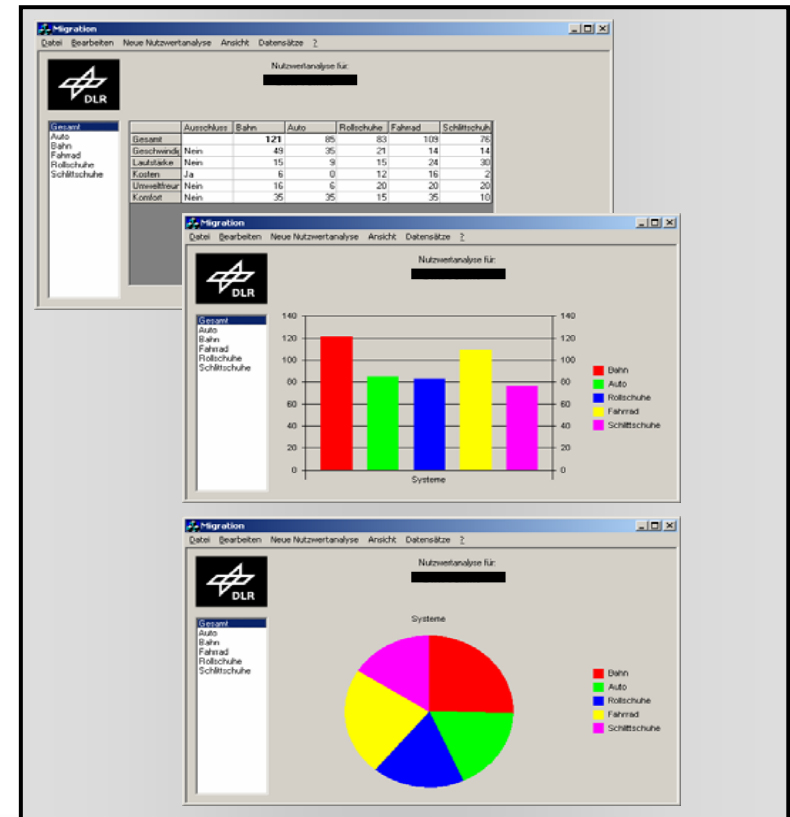
Betrieb

- Kriterienkatalog
- Simulation
- Ermittlung einzelner Nutzwerte

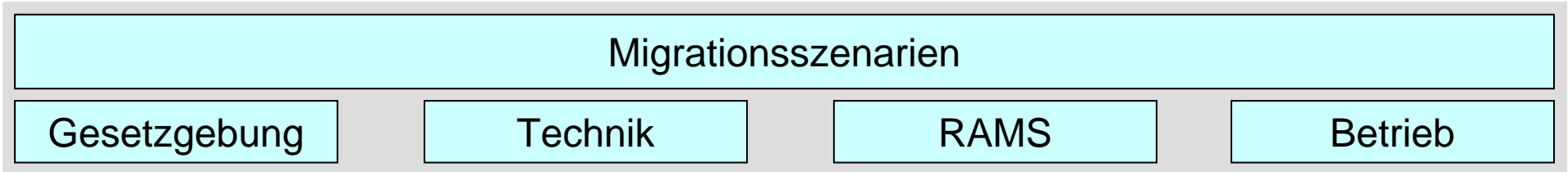


Nutzwertmatrix verschiedener Alternativen

➔ Optimales Zielsystem



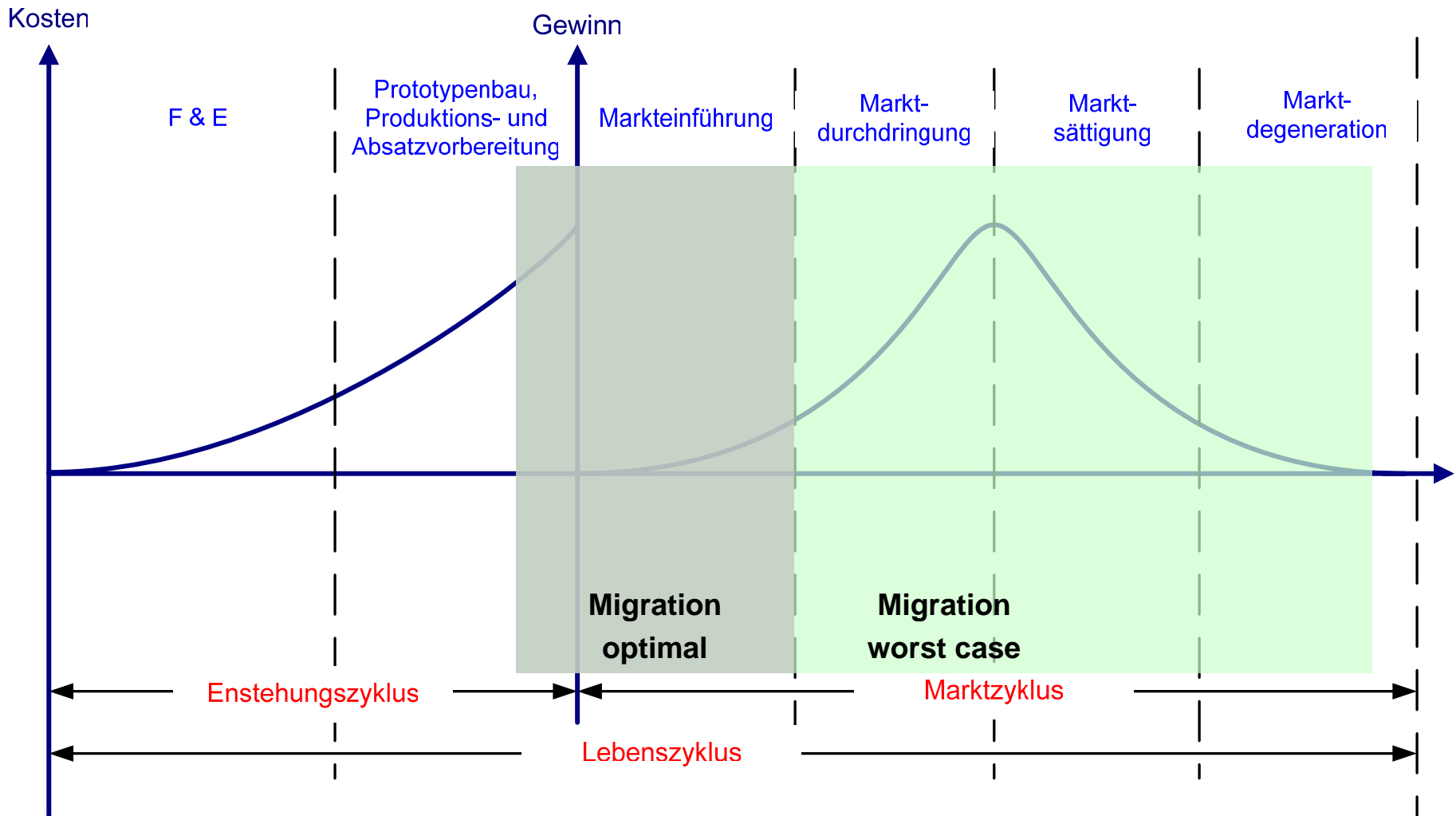
# Phasenmodell - Entwicklung der Migrationsszenarien



		Fahrzeugausrüstung		
		Umrüstung	Doppelausrüstung	
			2 separate On-Board-Geräte	STM
Strecken-ausrüstung	Umrüstung	<i>Nicht intraoperabel</i>	<i>Szenario 1</i>	<i>Szenario 2</i>
	Doppel-ausrüstung	<i>Szenario 3</i>	<i>Szenario 4</i>	<i>Szenario 5</i>

STM: Specific Transmission Module

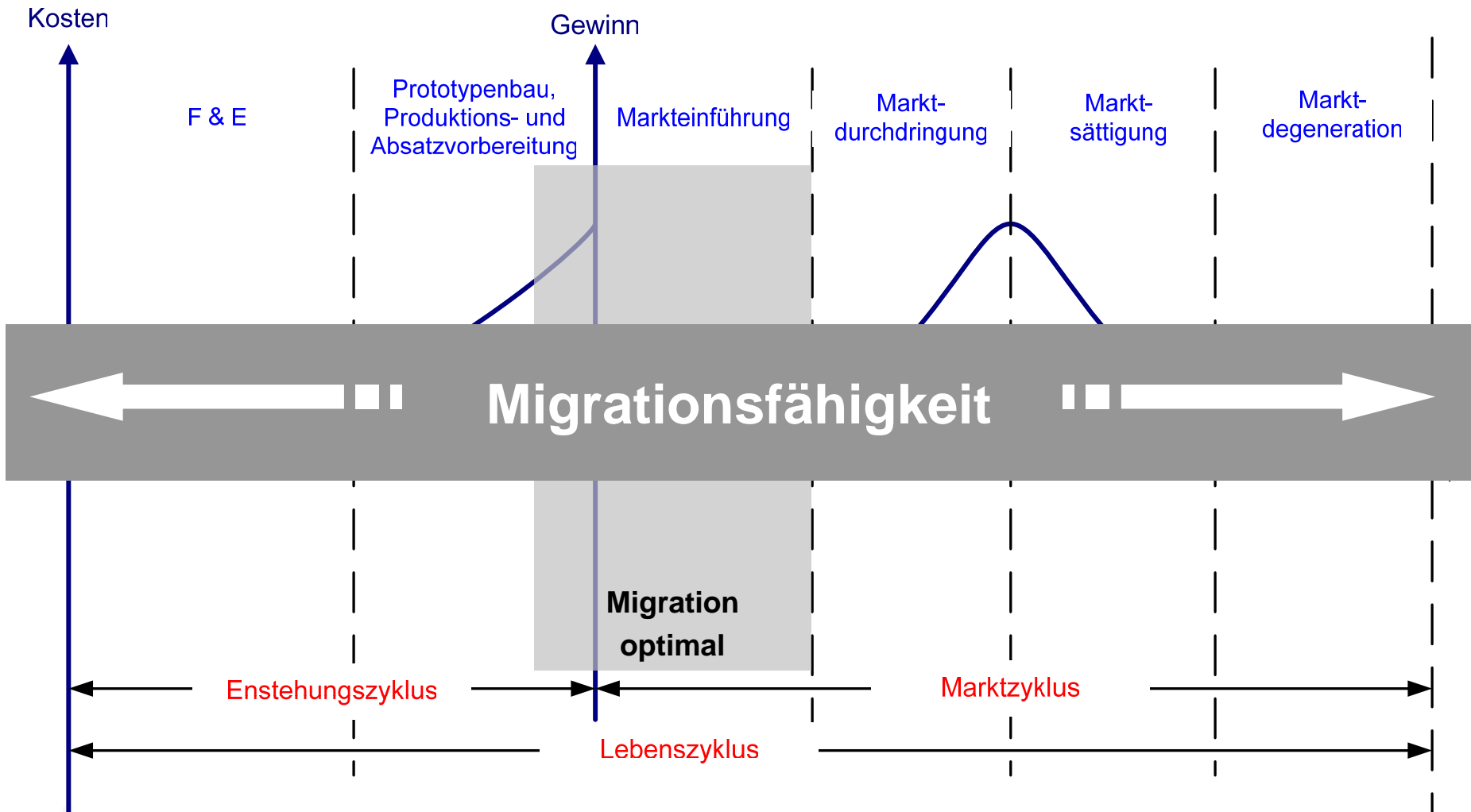
# Produktlebenszyklus mit der Migrationsphase



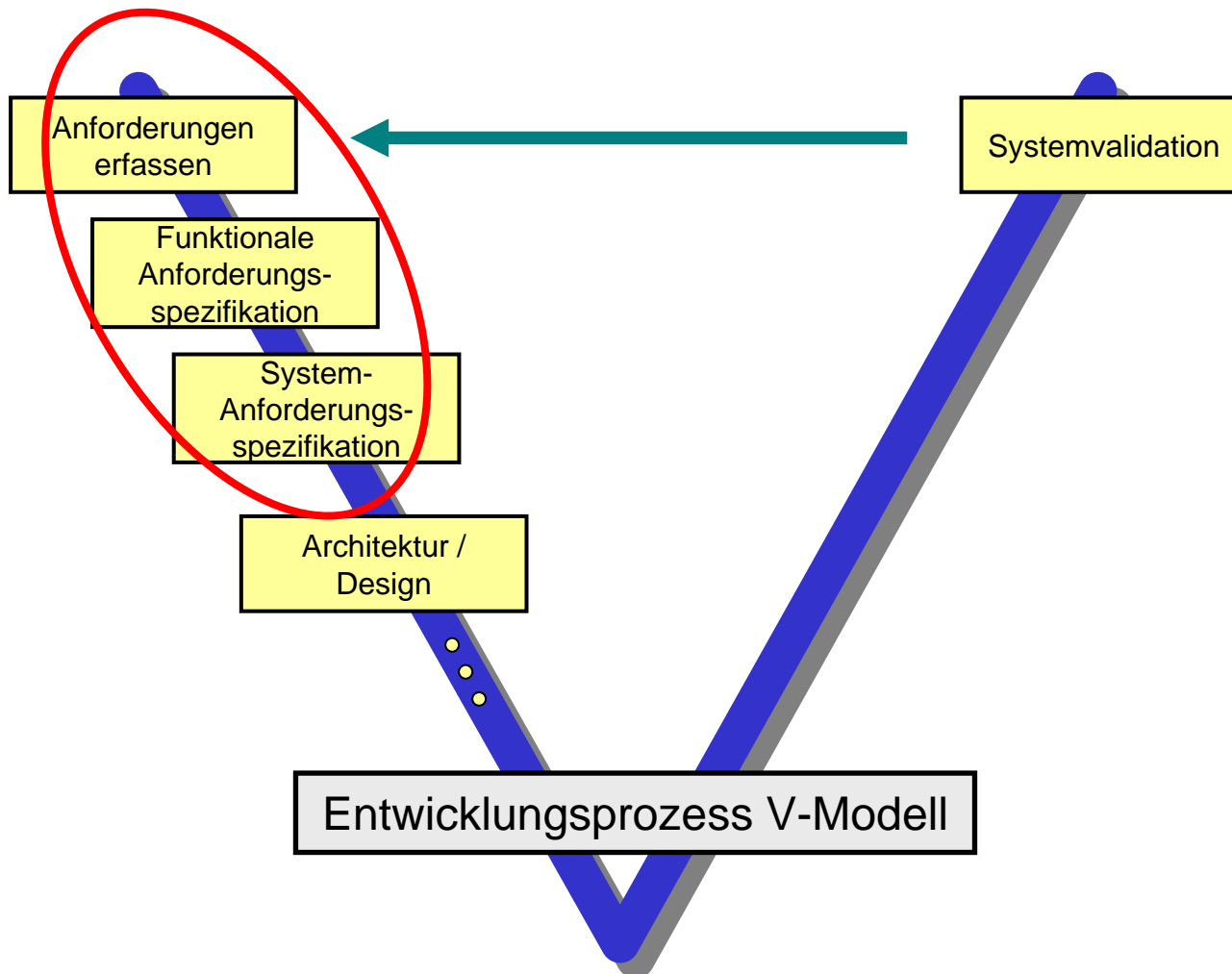
# Kriterien für die Migrationsfähigkeit



# Produktlebenszyklus mit der Migrationsphase



# Vorgehensmodell bei der Systementwicklung





# Requirements Engineering (RE)

„RE ist eine Disziplin zur systematischen Entwicklung einer vollständigen, konsistenten und eindeutigen Systemspezifikation, (...)“<sup>1</sup>

- Prozessoptimierung durch den Einsatz ausführbarer Spezifikationen
- Vorteile hinsichtlich
  - der Validierung der Spezifikationen gegen die Kundenanforderungen
  - der Entwicklung von Testfällen und Testkatalogen
  - der Verifikation der Entwicklungsergebnisse gegen das Modell
  - der modellbasierten Sicherheitsanalyse (CENELEC)

<sup>1</sup>Boehm, K.-H.



# Zusammenfassung

## Problemstellung:

- Fehlende Migrationsfähigkeit als Hürde bei der Einführung technologischer Innovationen im Bahnsektor

## Randbedingung:

- migrationsfähig – das System wird selektiert und kann effizient migriert werden

## Lösung:

- Mehrdimensional optimierte *migrationsgeleitete* Systementwicklung
- Methodik als rekursiver Lernprozess vom Phasenmodell über die Lebenszyklusanalyse bis zum Entwicklungsprozess



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.**  
Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung

[www.dlr.de/fs](http://www.dlr.de/fs)

Miroslav Obrenovic

0531 / 295 – 3424

[miroslav.obrenovic@dlr.de](mailto:miroslav.obrenovic@dlr.de)