



# Szenarien für Entwicklung, Absicherung und Test von automatisierten Fahrzeugen

Gerrit Bagschik, Till Menzel, Andreas Reschka und Markus Maurer

Institut für Regelungstechnik



Till Menzel | 19.05.2017

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Motivation

- Für Einsatz automatisierter Fahrfunktionen muss Reifegrad sichergestellt werden
- Nachweis bei Fahrerassistenzsystemen über Testkilometer auf Testgelände oder im öffentlichen Straßenverkehr

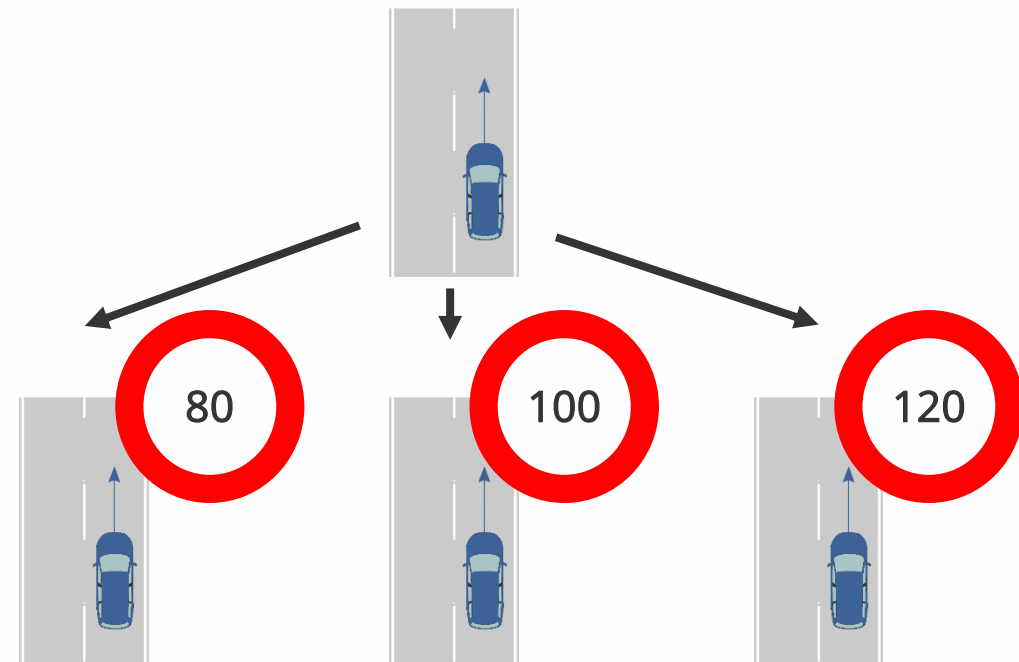


[Schuldt 2017]

- Schuldt (2017):  
„Ein streckenbasierter Freigabeprozess führt zu keiner ökonomisch vertretbaren Lösung“

- Mögliche Alternative:  
Gezielte Variation und Test der Anwendungsszenarien

→ Dies erfordert eine systematische Ableitung von Szenarien entlang des Entwicklungsprozesses

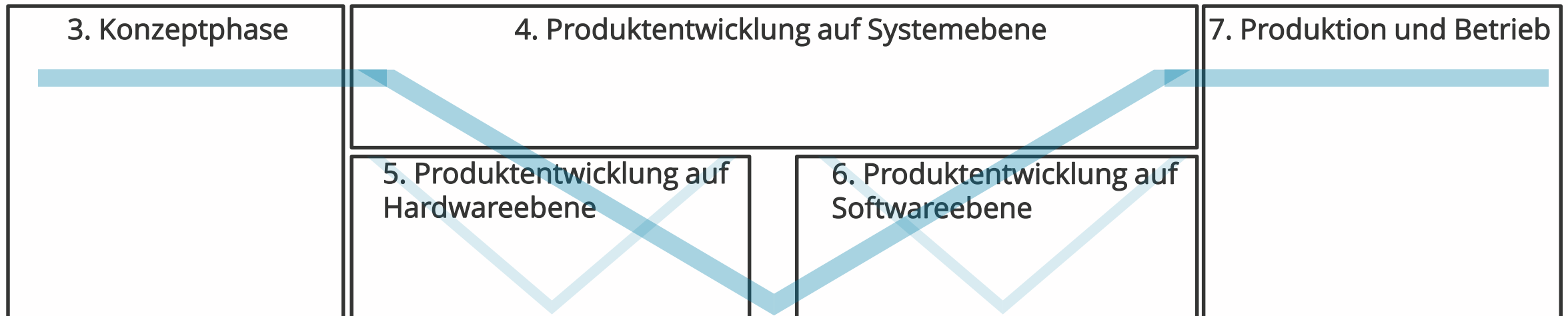


# Agenda

- Motivation
- Anforderungen an die Darstellung von Szenarien am Beispiel der ISO 26262
- Definitionen von Abstraktionsebenen
- Einordnung in den Entwicklungsprozess

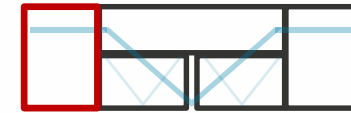
# Szenarien im Entwicklungsprozess nach ISO 26262

- Norm ISO 26262 stellt Stand der Technik für funktional sichere Entwicklung dar
- Szenarien können in unterschiedlichen Phasen/Schritten im Prozess eingesetzt werden



nach [ISO 26262]

# Szenarien in der Konzeptphase

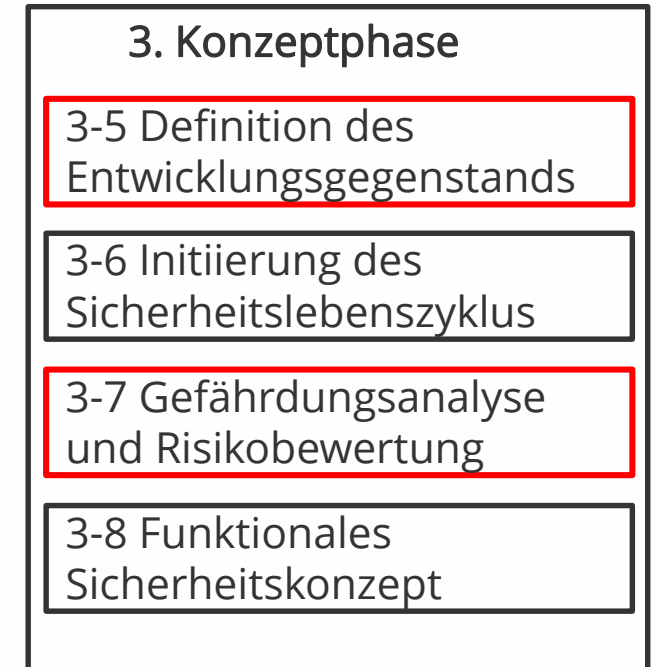


Definition des Entwicklungsgegenstands:

- Beschreibung der funktionalen Konzepte und Systemgrenzen, Einsatzumgebungen, rechtlichen Rahmenbedingungen und Abhängigkeiten zu anderen Entwicklungsgegenständen
- Vorschlag Reschka (2017):
  - Ableiten von Betriebsszenarien, Festlegen sicherer Fahrzustände und Beschreibung des Sollverhaltens des Systems

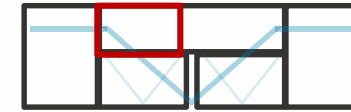
Gefährdungsanalyse und Risikobewertung:

- Identifikation **aller** Betriebsszenarien, in denen ein funktionales Fehlverhalten Schaden verursachen kann
- Analysen werden von Expertenrunden durchgeführt
  - Sprachliche Beschreibung der Szenarien
  - Einheitliche Definition des Vokabulars sowie Aufbau der Szenarien notwendig



nach [ISO 26262]

# Szenarien in der Systementwicklung



Spezifikation von technischen Sicherheitsanforderungen:

- Beschreibung, wie der Entwicklungsgegenstand auf äußere Einflüsse, die die Einhaltung der Sicherheitsziele beeinflussen können, reagieren soll
- Überführung von sprachlichen Anforderungen zu physikalischen Zustandsgrößen
- Angabe von gültigen/ungültigen Wertebereichen
- Formale Darstellung benötigt

## 4. Produktentwicklung auf Systemebene

4-5 Initiierung der Produktentwicklung

4-6 Spezifikation von technischen Sicherheitsanforderungen

4-7 Systemdesign

...

nach [ISO 26262]

# Szenarien im Testprozess



- Jede Testfallspezifikation besteht aus:
  - Eindeutige Kennung, Referenz auf das Testobjekt, Vorbedingungen und Konfiguration, Umgebungsbedingungen, **Eingangsdaten**, erwartetes Verhalten
  
- Eindeutige Diskretisierungsstufe für jeden Parameter, um Grundlage für reproduzierbare Testdurchführung zu legen
  
- Formale Darstellung benötigt

## 4. Produktentwicklung auf Systemebene

4-11 Freigabe Produktion

4-10 Funktionale Sicherheitsbewertung

4-9 Sicherheitsvalidierung

4-8 Integration und Test

...

## 6. Produktentwicklung auf Softwareebene

6-5 Initiierung Produktentwicklung auf Softwareebene

6-7 Softwarearchitektur

6-8 Software-Modulplanung und Implementierung

6-9 Software Modultests

6-10 Software-Integration und Test

6-11 Verifikation von Software-Sicherheitsanforderungen

nach [ISO 26262]

# Widersprüchliche Anforderungen an die Darstellung von Szenarien

## Konzeptphase:

- Darstellung in einheitlicher Fachsprache

## Systementwicklung:

- Darstellung mit Parameterbereichen von Zustandsgrößen

## Testprozess:

- Eindeutige Definition ohne Interpretationsspielraum



# Abstraktionsebenen von Szenarien

<u>Funktionale Szenarien</u>
<u>Basisstrecke:</u> 3-streifige Autobahn in Kurve; Geschwindigkeitsbegrenzung durch statisches Verkehrszeichen
<u>Stationäre Objekte:</u> -
<u>Bewegliche Objekte:</u> Ego, Stau; Interaktion: Ego in Manöver „Annähern“ auf mittleren Fahrstreifen, Stau zähfließend
<u>Umwelt:</u> Sommer, Regen

<u>Logische Szenarien</u>
<u>Basisstrecke:</u> Breite Fahrstreifen [2,3..3,5] m Kurvenradius [0,6..0,9] km Pos_Verkehrszeichen [0..200] m
<u>Stationäre Objekte:</u> -
<u>Bewegliche Objekte:</u> Stauende_Pos [10..200] m Stau_Geschw. [0..30] km/h Ego_Abstand [50..300] m Ego_Geschw. [80..130] km/h
<u>Umwelt:</u> Temperatur [10..40] °C Tröpfchengröße [20..100] µm

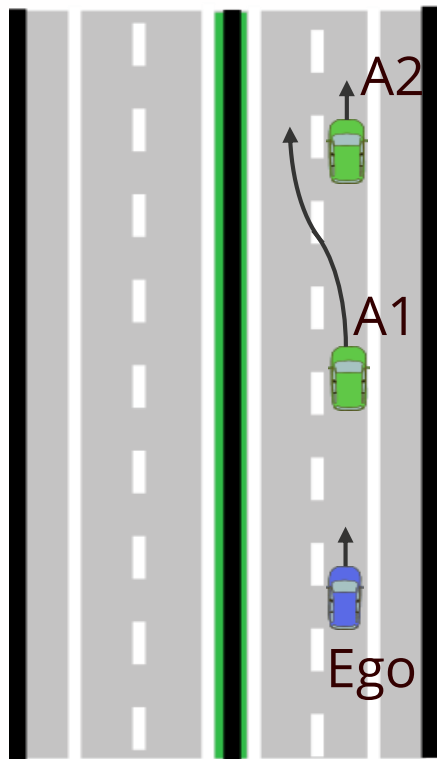
<u>Konkrete Szenarien</u>
<u>Basisstrecke:</u> Breite Fahrstreifen [3,2] m Kurvenradius [0,7] km Pos_Verkehrszeichen [150] m
<u>Stationäre Objekte:</u> -
<u>Bewegliche Objekte:</u> Stauende_Pos 40 m Stau_Geschw. 30 km/h Ego_Abstand 200 m Ego_Geschw. 100 km/h
<u>Umwelt:</u> Temperatur 20 °C Tröpfchengröße 30 µm

Abstraktionslevel

Szenarienzahl

# Funktionale Szenarien

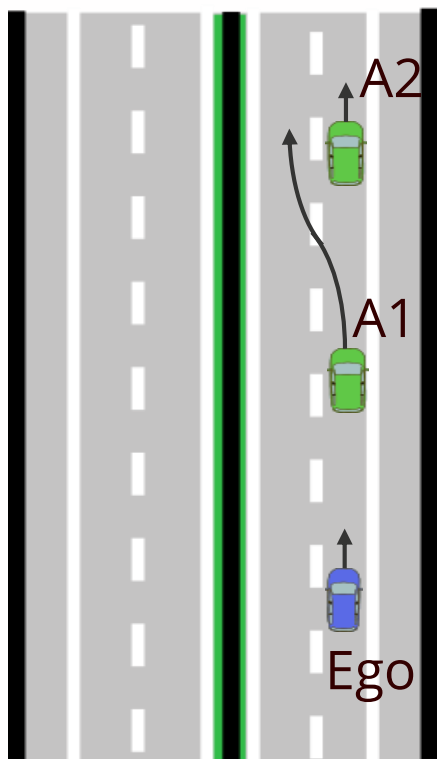
- Funktionale Szenarien stellen **Betriebszenarien** des Entwicklungsgegenstands auf **semantischer Ebene** dar. Die Entitäten und Beziehungen zwischen den Entitäten der Anwendungsdomäne werden in **sprachlich gefassten** Szenarien ausgedrückt. Die Szenarien sind **widerspruchsfrei**. Das Vokabular der funktionalen Szenarien ist spezifisch für den Anwendungsfall und die -domäne und kann unterschiedliche Detailgrade aufweisen.



- Basisstrecke:
  - Zweistreifige Autobahn, Kurve, baulich getrennt, Schutzplanke
  - Geschwindigkeitsbegrenzung durch Beschilderung auf Mittelstreifen und Bankette
- Bewegliche Objekte:
  - A2: Manöver „Folgen“ (rechter Fahrstreifen)
  - A1: Manöver „Annähern“ (A2), Manöver „Fahrstreifenwechsel“ (links)
  - Ego: Manöver „Folgen“ (longitudinal: A1, lateral: rechter Fahrstreifen)
- Umwelt:
  - Sommer, Sonne, Mittag

# Logische Szenarien

- Logische Szenarien stellen **Betriebsszenarien** durch Entitäten und Beziehungen dieser Entitäten mithilfe von **Parameterbereichen im Zustandsraum** dar. Für die einzelnen Parameterbereiche können **optional statistische Verteilungen** angegeben werden. Zusätzlich können **optional die Beziehungen der Parameterbereiche** zueinander mithilfe von Korrelationen oder numerischen Bedingungen modelliert werden. Logische Szenarien enthalten eine **formale Beschreibung** von Szenarien.



Fahrstreifenbreite

Kurvenradius

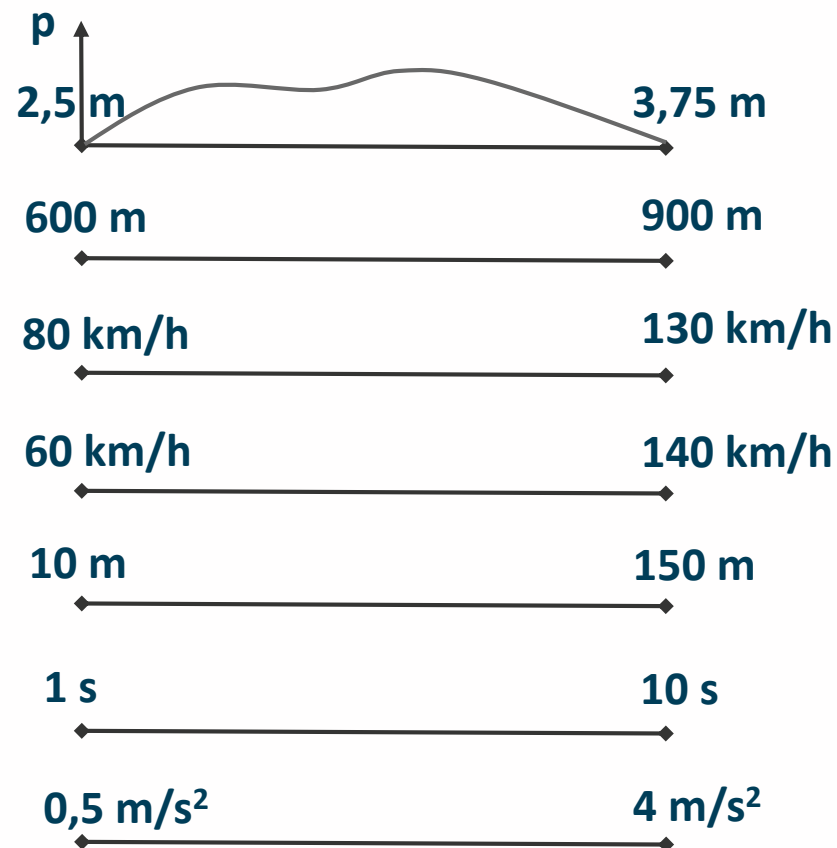
Geschwindigkeitsbegrenzung

Geschwindigkeit\_Akteur1

Distanz\_Ego\_Akteur1

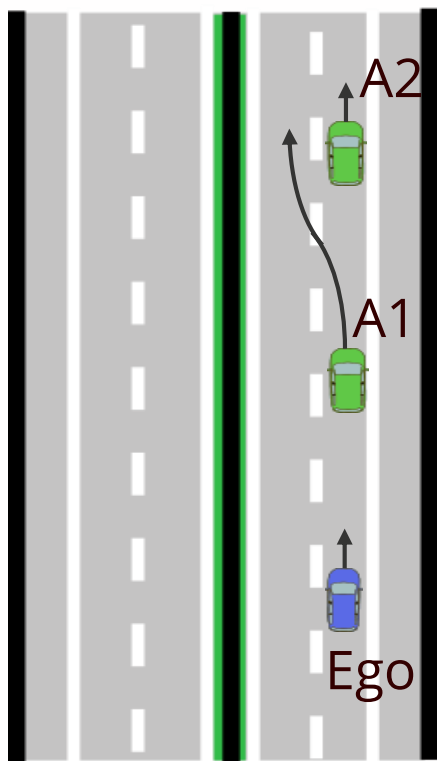
Ausscherzeitpunkt

Ausscherquerbeschleunigung

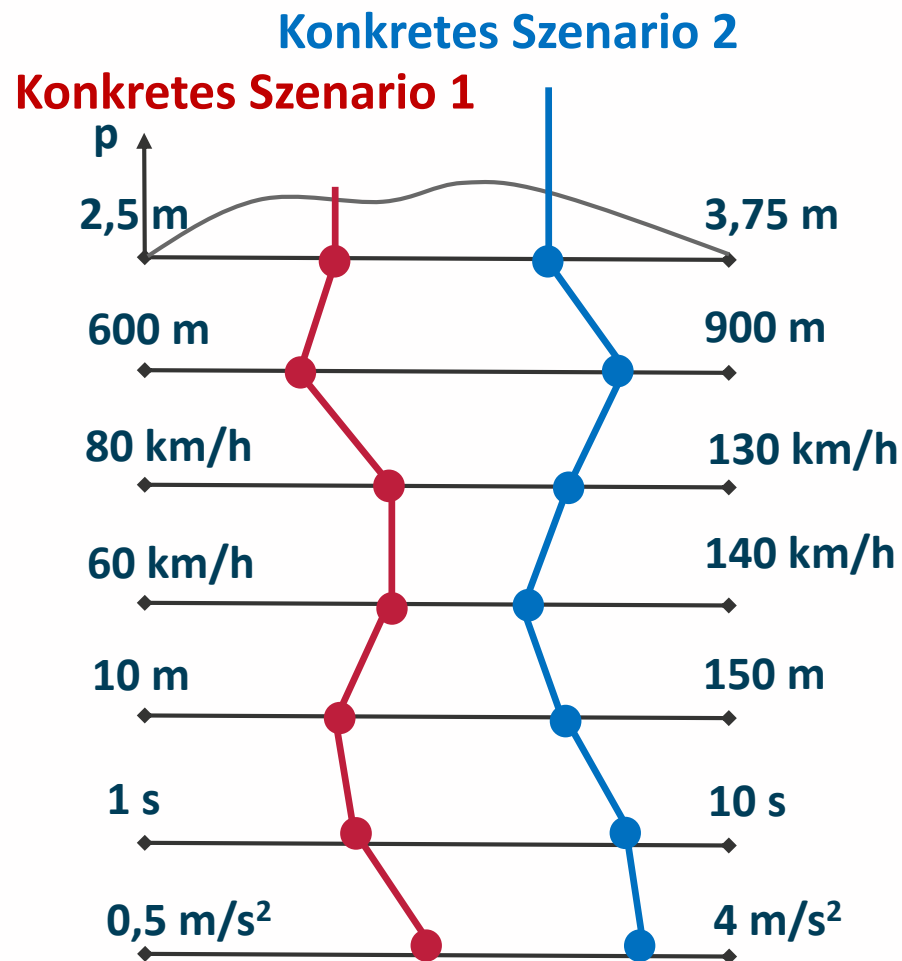


# Konkrete Szenarien

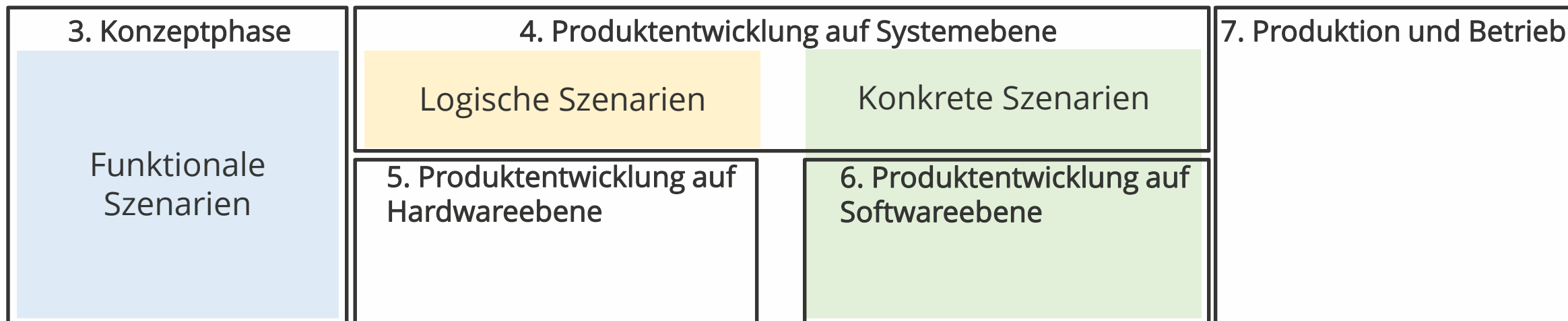
- Konkrete Szenarien stellen Betriebsszenarien **eindeutig** durch Entitäten und Beziehungen dieser Entitäten mithilfe von **festen Werten im Zustandsraum** dar.



Fahrstreifenbreite
Kurvenradius
Geschwindigkeitsbegrenzung
Geschwindigkeit_Akteur1
Distanz_Ego_Akteur1
Ausscherzeitpunkt
Ausscherquerbeschleunigung



# Einordnung in den Entwicklungsprozess



nach [ISO 26262]

A series of white diagonal lines on a dark teal background, located in the top-left corner of the text area.

Kontakt:

Till Menzel

TU Braunschweig, Institut für Regelungstechnik

[menzel@ifr.ing.tu-bs.de](mailto:menzel@ifr.ing.tu-bs.de)

[www.pegasusprojekt.de](http://www.pegasusprojekt.de)

A series of white diagonal lines on a dark teal background, located at the bottom-right of the text area.