

Lebenszyklusanalysen – richtig modellieren und kalkulieren

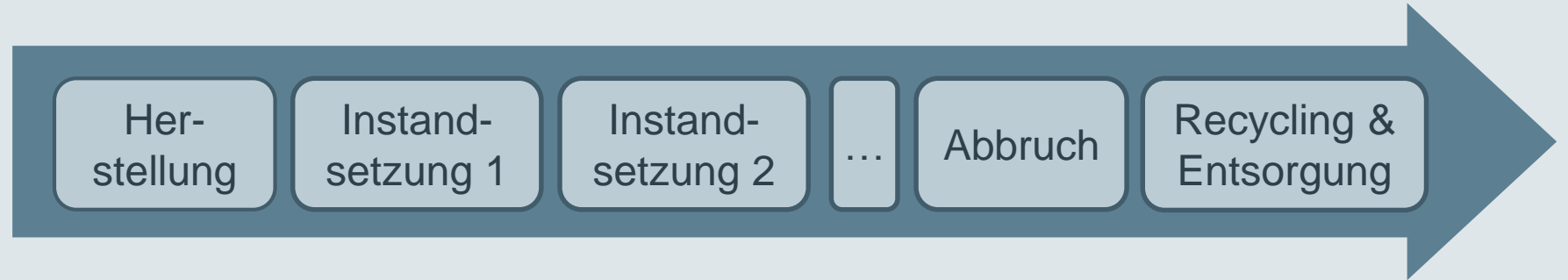
Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tim Zinke
Leitung Arbeitsgruppe Life-Cycle Engineering

16. Fachtag Brückenbau | Bayreuth | 24.09.2019



Inhalt

Modellierung



Fallbeispiele

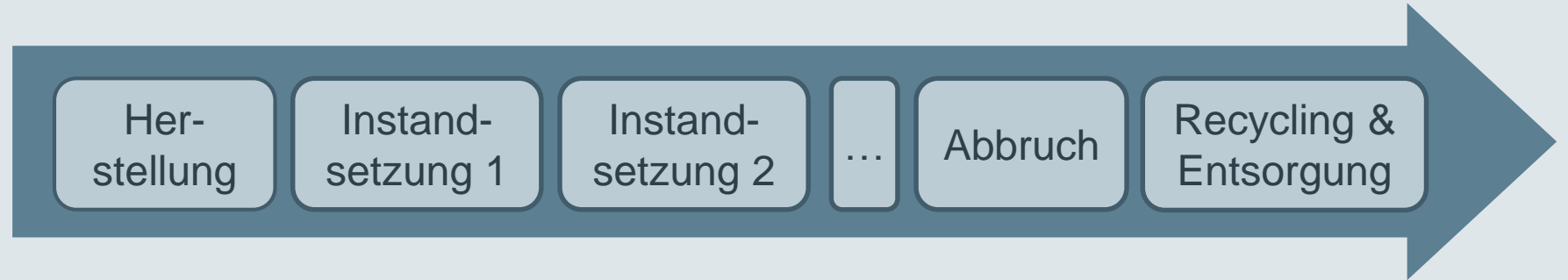


Digitalisierung



Inhalt

Modellierung



Fallbeispiele

Digitalisierung



Berücksichtigte Kostenkomponenten

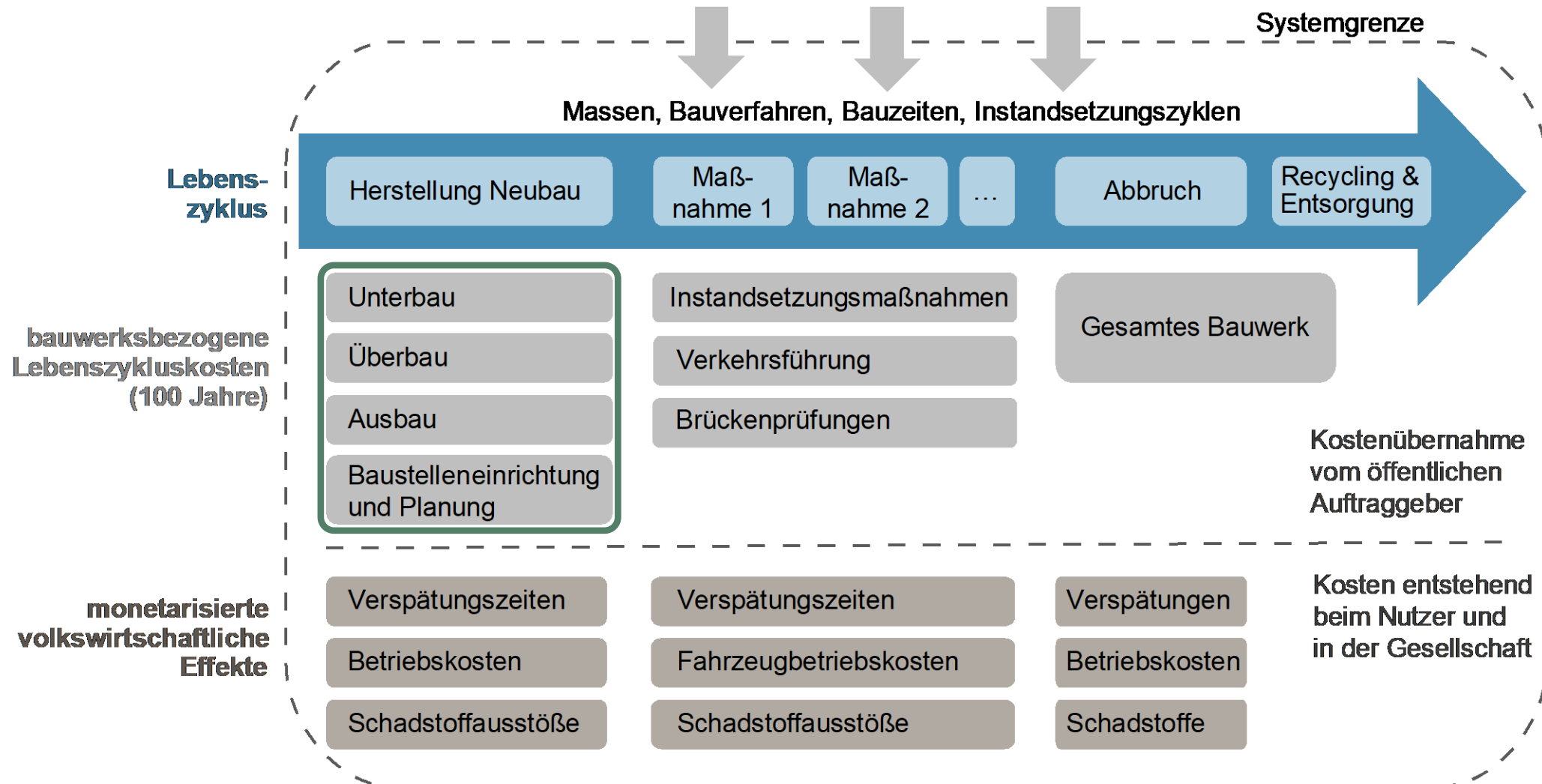


Abbildung des Lebenszyklus

- Festlegen von strategiebezogenen Zielen
- Qualitative Beschreibung der Strategien
- Strategien spannen einen Szenario-trichter auf
- Skala der Zustandsnoten des Brückenbaus

Präventivstrategie	Zustandsbestimmte Strategie	Strategie der gezielten Alterung
<p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vermeiden von Schäden - Gewährleistung einer optimalen Zustandsnote - technische Optimierung (nicht zwangsläufig auch wirtschaftlich) 	<p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maßnahmenplanung aufgrund von Inspektionsergebnissen - Verhinderung von Folgeschäden - Zusammenfassen von Maßnahmen 	<p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ausschließlich Durchführung von absolut notwendigen Maßnahmen - zeitliche Verschiebung von Instandsetzungen
<p>Eigenschaft:</p> <p>Vorausschauendes Durchführen der Instandsetzungsmaßnahmen frühzeitig vor einem berechneten Schadenseintritt.</p>	<p>Eigenschaft:</p> <p>Instandsetzungen basieren auf dem tatsächlichen Bauteilzustand und werden aufeinander abgestimmt (Bündelung).</p>	<p>Eigenschaft:</p> <p>Erhalt der Verkehrsfunktion und Inkaufnahme der Reduzierung der Leistungsfähigkeit (z.B. Geschwindigkeitsreduktionen).</p>

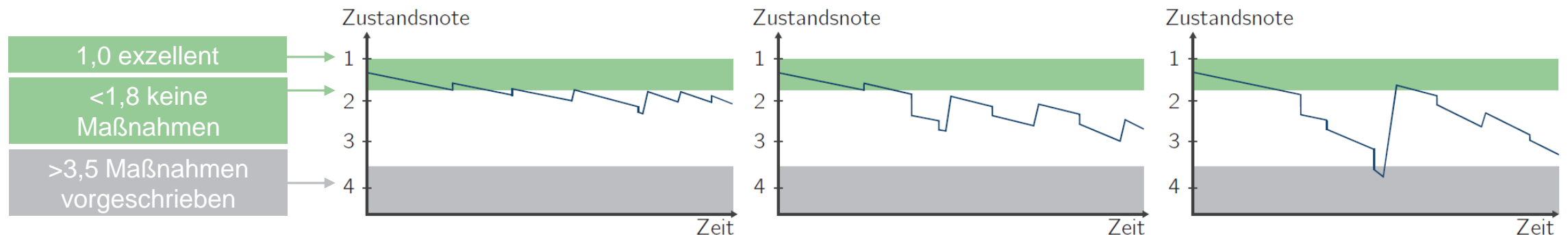


Abbildung des Lebenszyklus

- Definition von festen Erneuerungszyklen für den Brücken-Lebenszyklus von 100 Jahren ohne Berücksichtigung von Unsicherheiten (Auszug)

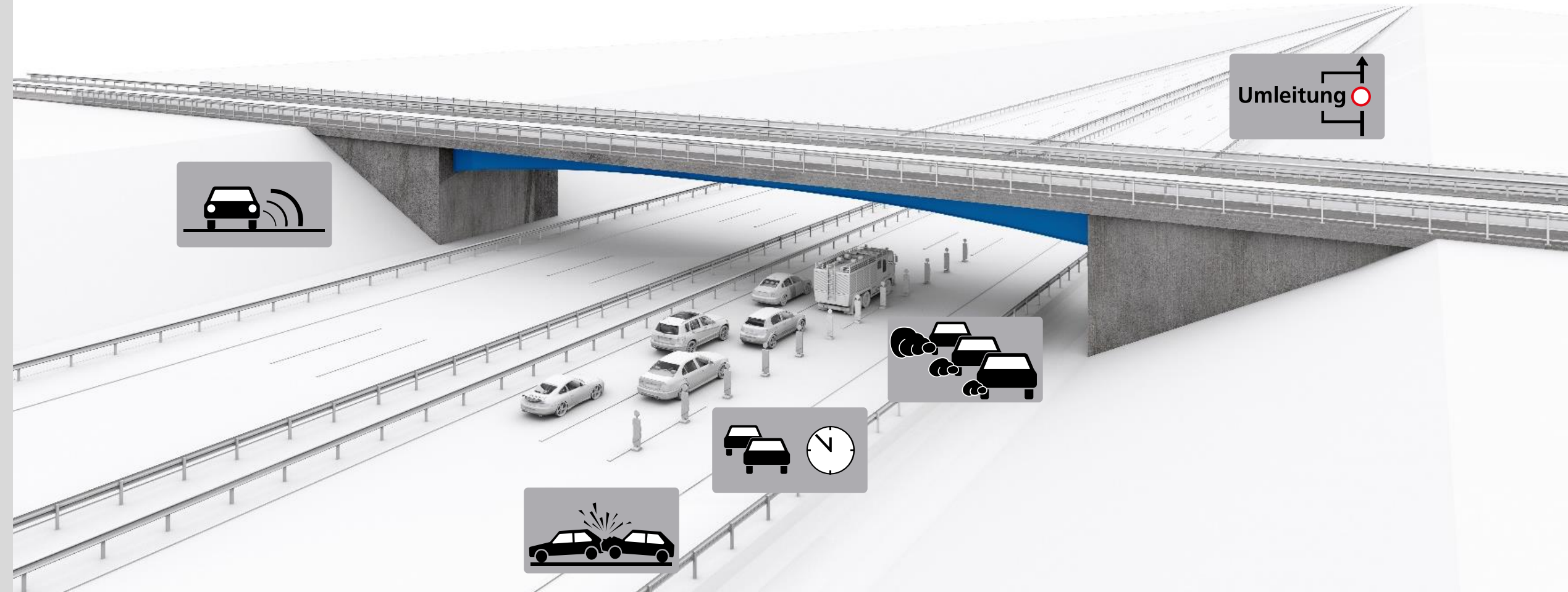
Bauteilgruppe / Maßnahme	Präventivstrategie							Zustandsbestimmte Strategie							Gezielte Alterung						
	1	17	33	50	67	83	100	1	17	33	50	67	83	100	1	17	33	50	67	83	100
Fahrbahnübergänge																					
Dichtprofil Lamellenübergang		■		■		■			■		■		■			■ ³	■ ³		■ ³	■ ³	
Austausch Lamellenübergang ¹			■		■					■		■						■			
Dichtprofil Fingerübergang			■		■					■		■									
Austausch Fingerübergang ^{1,2}																		■			
Lager																					
Erneuerung Elastomerlager			■		■					■		■						■			
Erneuerung Kalottenlager ²																		■			
Kappen																					
Erneuerung Kappen			■		■					■		■						■			

¹ gesamter Fahrbahnübergang inklusive Dichtprofil

² Erneuerungszyklus bei regelmäßiger Instandhaltung: 100 Jahre

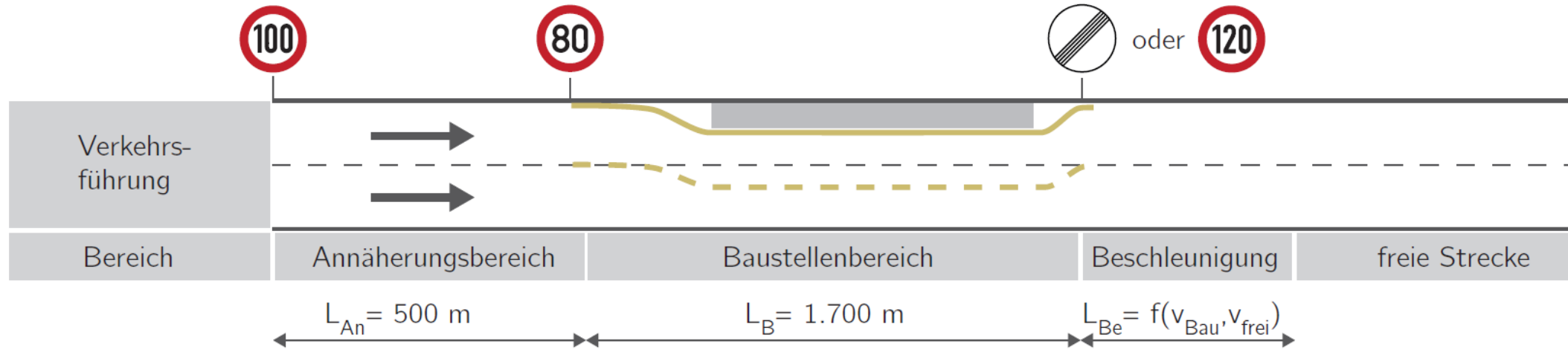
³ nur für mehrlamellige Fahrbahnübergänge

Volkswirtschaftliche Kosten

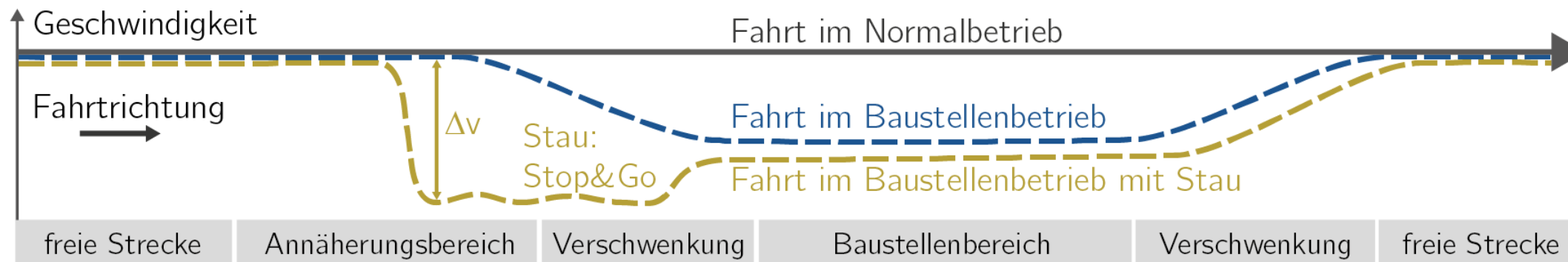


Entstehung volkswirtschaftlicher Kosten

Unterschiedliche Verkehrsführungen im Baustellenbetrieb und Normalbetrieb und Kapazitätsveränderung:

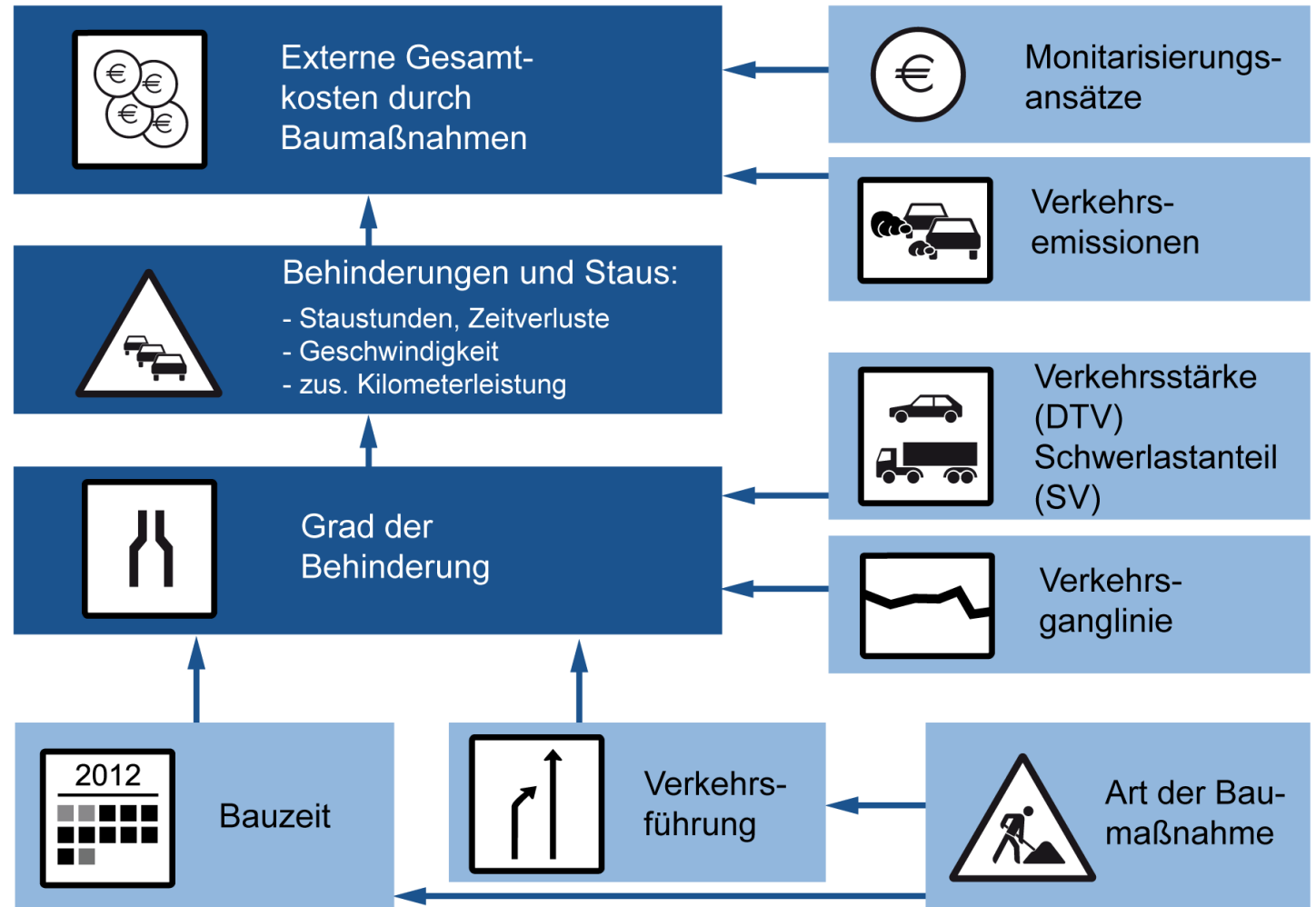


Volkswirtschaftliche Effekte entstehen durch unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten:

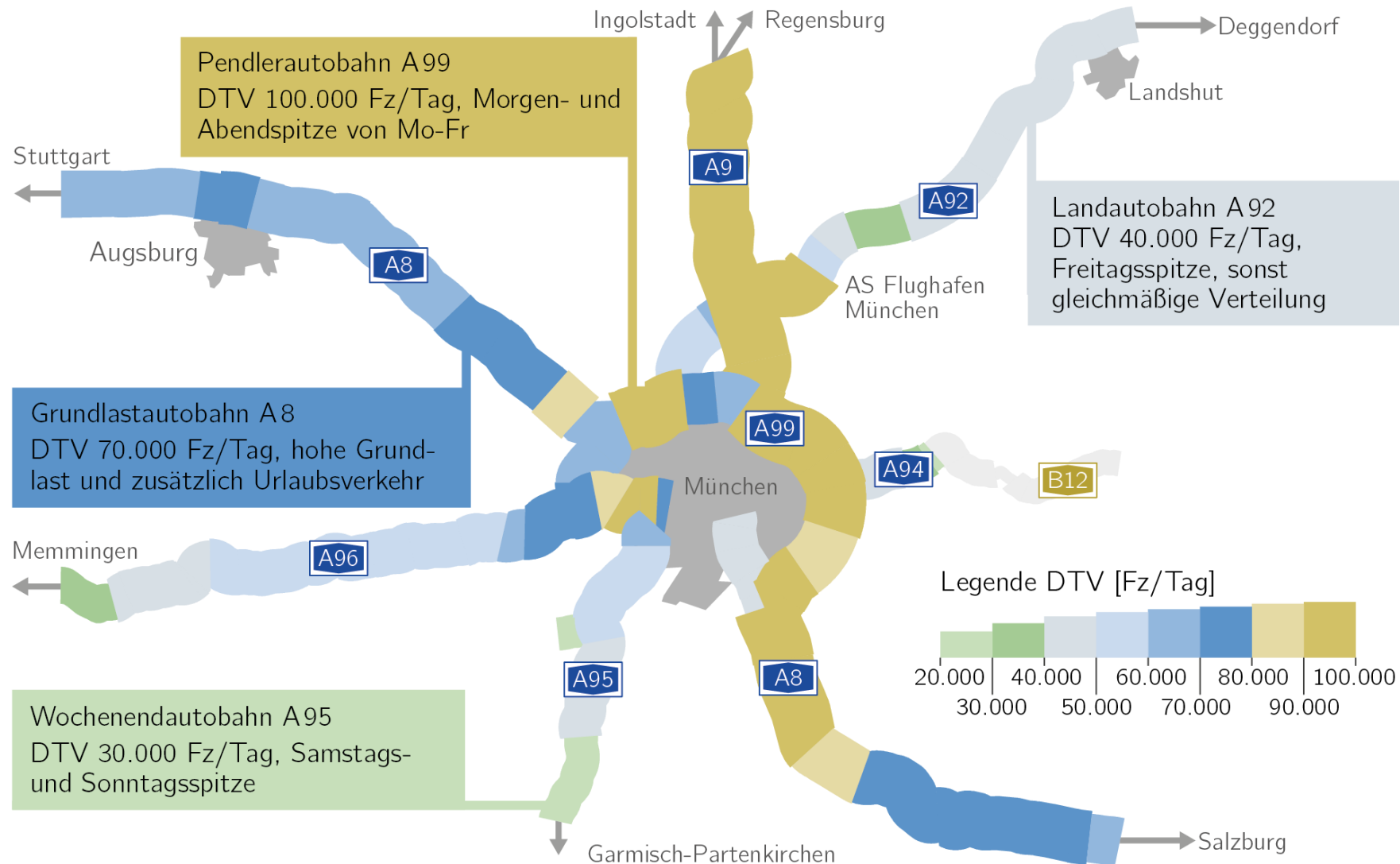


Berechnungsablauf volkswirtschaftliche Kosten

- Verwendung eines deterministischen makroskopischen Berechnungsmodells
 - Gesamter Lebenszyklus wird abgebildet: Herstellung, Nutzung und Rückbau
 - Volkswirtschaftliche Gesamtkosten lassen sich den Bauwerkskosten gegenüberstellen
 - Anpassbar für alle Verkehrsführungen und Verkehrsbelastungen
- ➔ Berechnungsergebnisse sind stark von den lokalen Randbedingungen abhängig



Lageabhängige volkswirtschaftliche Kosten



Untersuchungsansatz

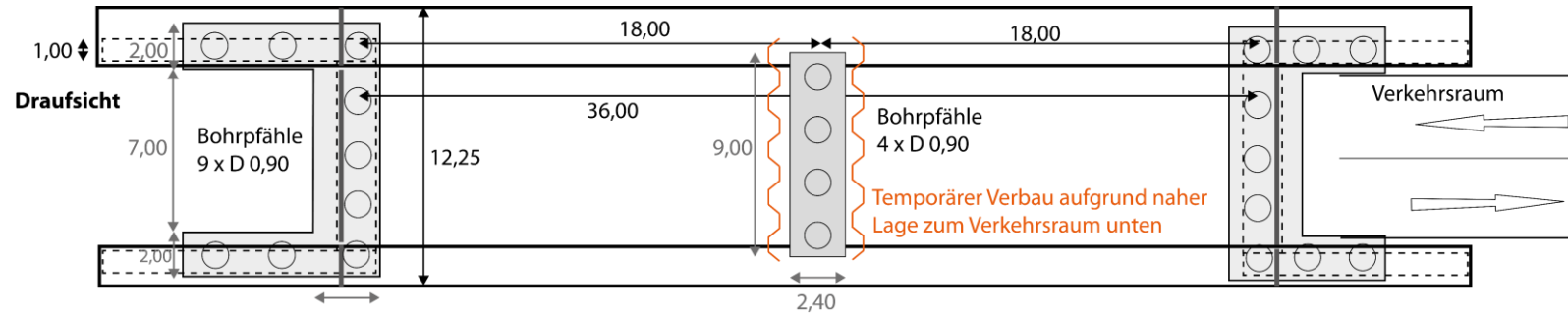
Beispielbauwerk

Aufbauend auf einem Praxisbeispiel zur Gewährleistung der Praxisrelevanz



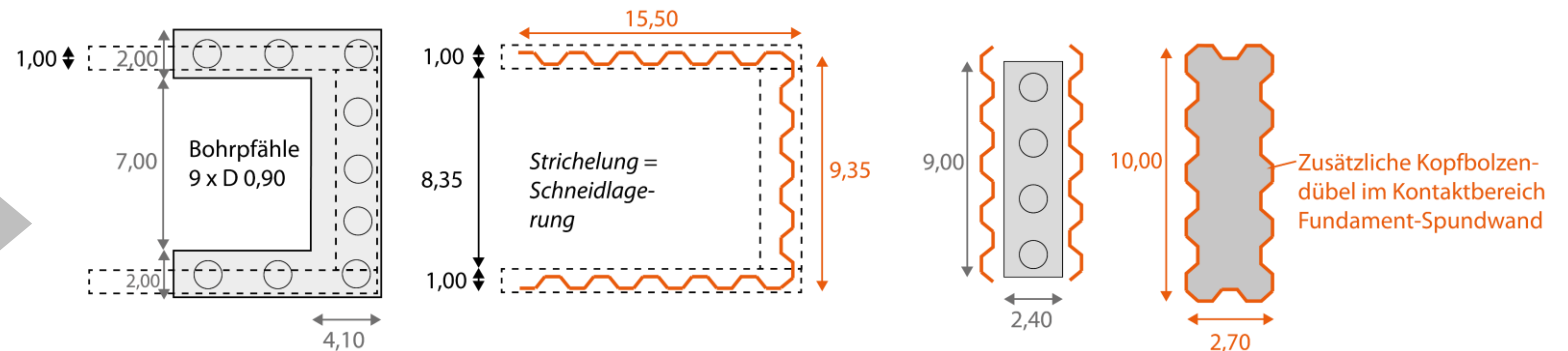
Referenzbauwerk

Verallgemeinerung der Randbedingungen zum Abdecken eines großen Anwendungsbereichs



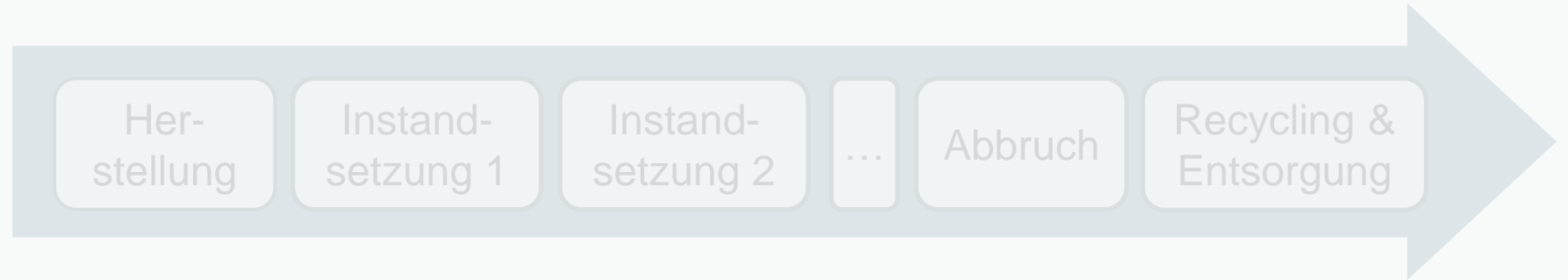
Untersuchungsvarianten

Durchführung von Vergleichen bei Variationen einzelner Parameter und Beibehalten der restlichen



Inhalt

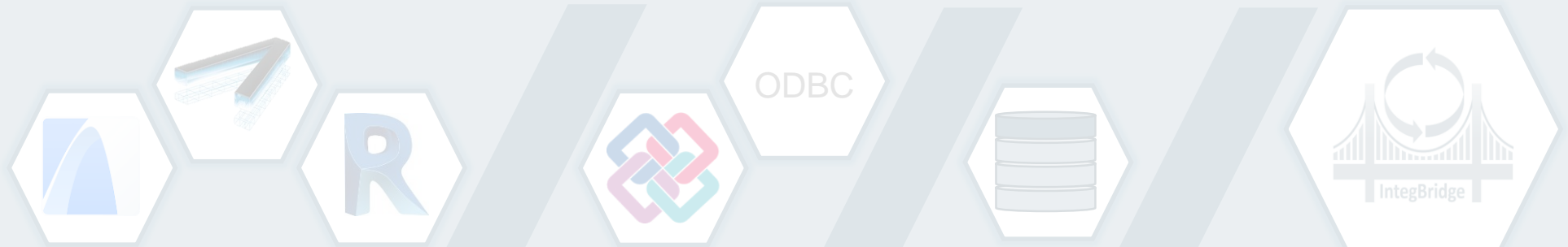
Modellierung



Fallbeispiele



Digitalisierung



Einsatz Spundwände



Einsatz Spundwand(widerlager)



Einsatz Spundwandwiderlager

Ausführung einer Schneidenlagerung zur Lasteinleitung in die Spundwand (schmale Druckfläche):



Nationaler Verwendbarkeitsnachweis:
Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ)
existiert.



Fallbeispiel 1: Vergleich Widerlagergestaltung



Foto: ArcelorMittal

Variante 1:

Spundwand-Widerlager
Spundwandlänge von
21 m (Widerlager) bzw.
14 m (Flügelwände)

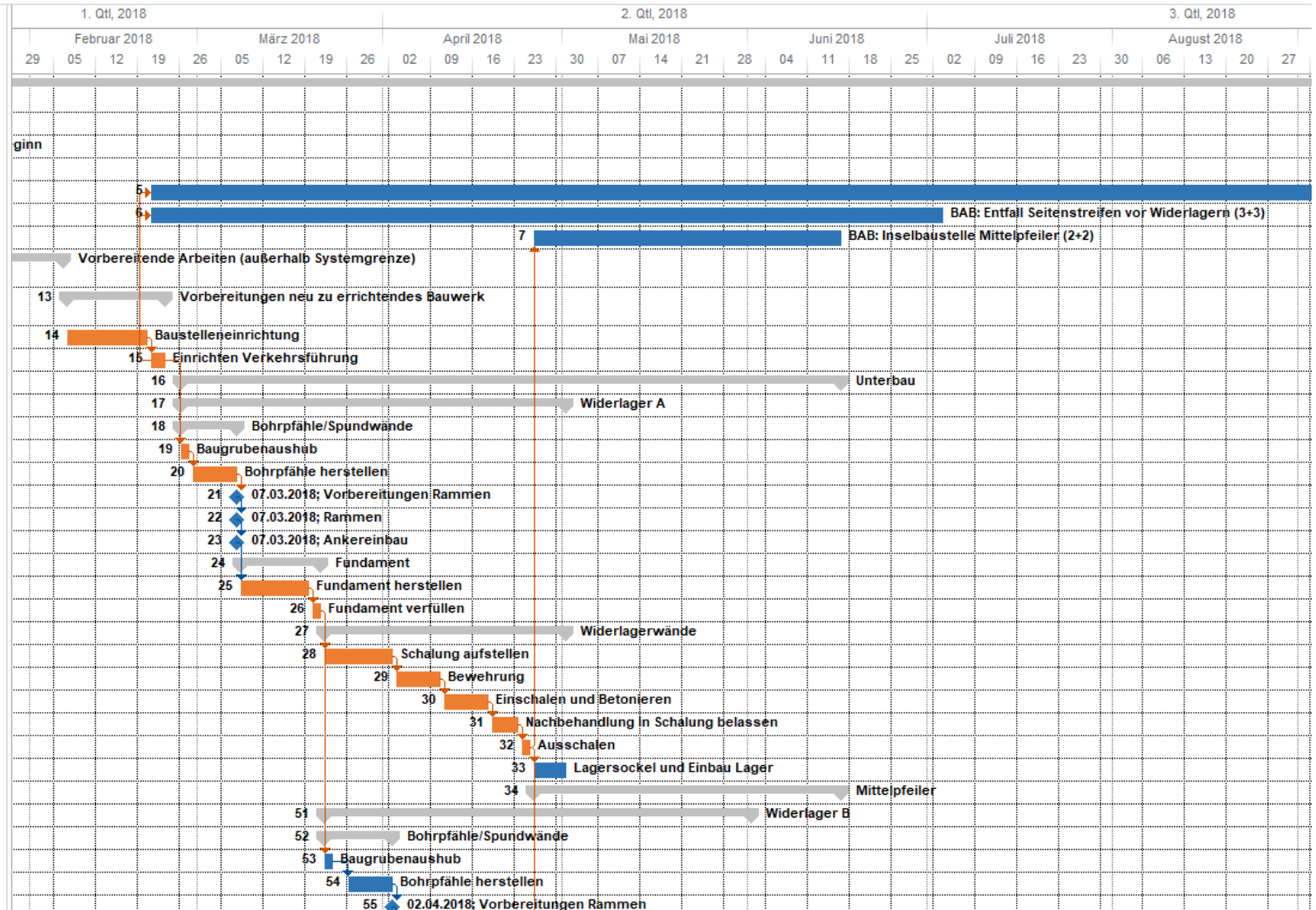
Variante 2:

Stahlbeton-Widerlager
mit Pfahlgründung
Pfähle $\varnothing=0,9\text{m}$ und
 $L=10\text{ m}$
2 Pfähle je Flügelwand
und 5 Pfähle je
Widerlager

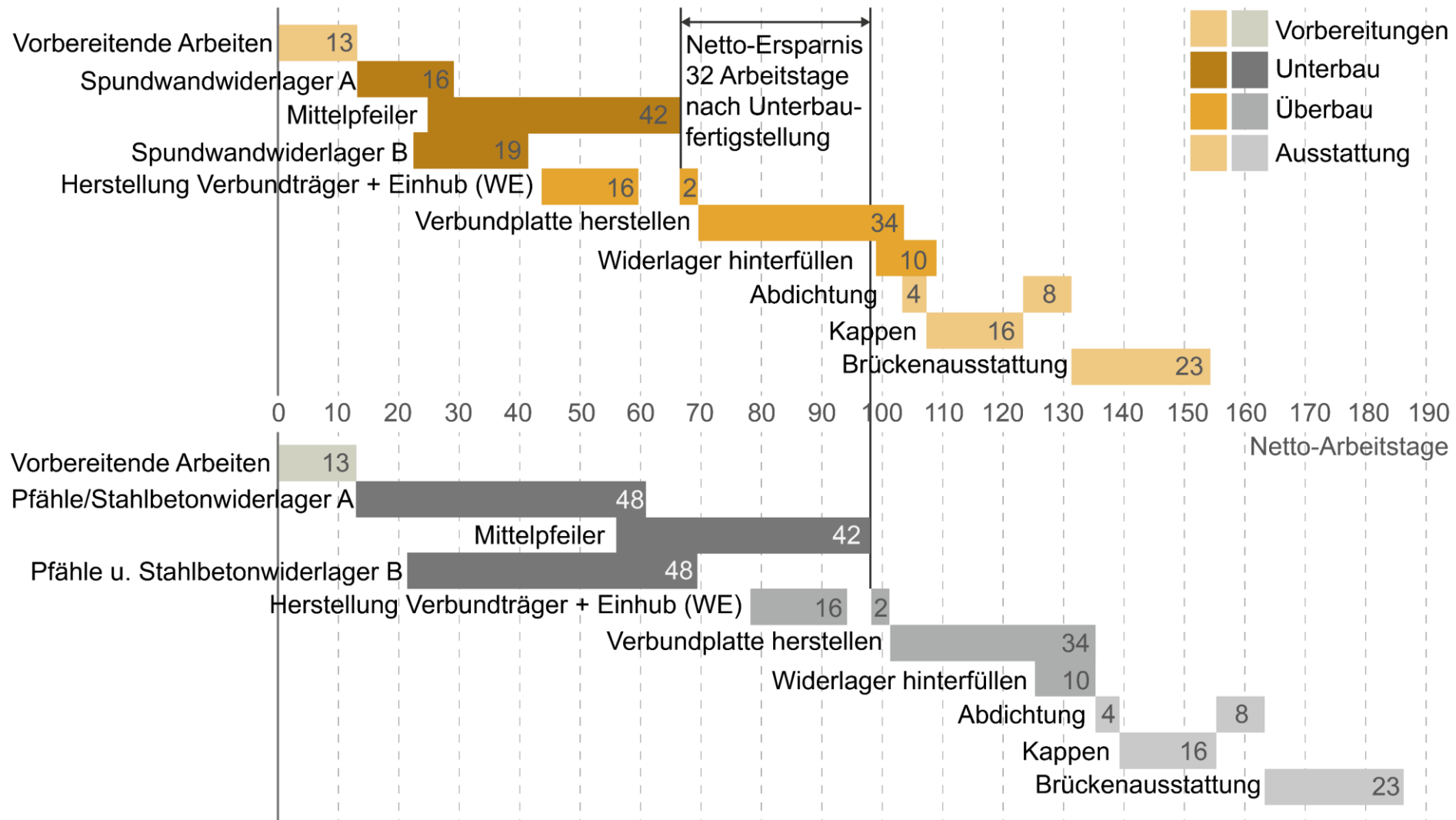


Fallbeispiel 1: Grundlage Bauzeitenmodellierung

Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende	Vorg
1 Ersatzneubau Autobahnüberführung - Stahlverbundbauwerk	208 Tage	Mon 08.01.18	Mit 17.10.18	
2	0 Tage	Mon 08.01.18	Mon 08.01.18	
3 Baubeginn	0 Tage	Mon 08.01.18	Mon 08.01.18	
4 Bauende	1 Tag	Mit 17.10.18	Mit 17.10.18	89
5 Obenliegender Sachverhalt: Sperrung	173 Tage	Mit 21.02.18	Fre 12.10.18	15AA
6 BAB: Entfall Seitenstreifen vor Widerlagern (3+3)	100 Tage	Mit 21.02.18	Die 03.07.18	15AA
7 BAB: Inselbaustelle Mittelpfeiler (2+2)	42 Tage	Don 26.04.18	Sam 16.06.18	32
8 Vorbereitungende Arbeiten (außerhalb Systemgrenze)	22 Tage	Mon 08.01.18	Die 06.02.18	
13 Vorbereitungeneu zu errichtendes Bauwerk	13 Tage	Mit 07.02.18	Fre 23.02.18	12
14 Baustelleneinrichtung	10 Tage	Mit 07.02.18	Die 20.02.18	12
15 Einrichten Verkehrsführung	3 Tage	Mit 21.02.18	Fre 23.02.18	14
16 Unterbau	85 Tage	Mon 26.02.18	Sam 16.06.18	
17 Widerlager A	48 Tage	Mon 26.02.18	Die 01.05.18	
18 Bohrpfähle/Spundwände	8 Tage	Mon 26.02.18	Mit 07.03.18	
19 Baugrubenaushub	2 Tage	Mon 26.02.18	Die 27.02.18	15
20 Bohrpfähle herstellen	6 Tage	Mit 28.02.18	Mit 07.03.18	19
21 Vorbereitungen Rammen	0 Tage	Mit 07.03.18	Mit 07.03.18	20
22 Rammen	0 Tage	Mit 07.03.18	Mit 07.03.18	21
23 Ankereinbau	0 Tage	Mit 07.03.18	Mit 07.03.18	22
24 Fundament	10 Tage	Don 08.03.18	Mit 21.03.18	
25 Fundament herstellen	8 Tage	Don 08.03.18	Mon 19.03.18	23
26 Fundament verfüllen	2 Tage	Die 20.03.18	Mit 21.03.18	25
27 Widerlagerwände	30 Tage	Don 22.03.18	Die 01.05.18	
28 Schalung aufstellen	8 Tage	Don 22.03.18	Mon 02.04.18	26
29 Bewehrung	6 Tage	Die 03.04.18	Die 10.04.18	28
30 Einschalen und Betonieren	6 Tage	Mit 11.04.18	Mit 18.04.18	29
31 Nachbehandlung in Schalung belassen	3 Tage	Don 19.04.18	Mon 23.04.18	30
32 Ausschalen	2 Tage	Die 24.04.18	Mit 25.04.18	31
33 Lagersockel und Einbau Lager	5 Tage	Don 26.04.18	Die 01.05.18	32
34 Mittelpfeiler	42 Tage	Don 26.04.18	Sam 16.06.18	
51 Widerlager B	55 Tage	Don 22.03.18	Fre 01.06.18	
52 Bohrpfähle/Spundwände	8 Tage	Don 22.03.18	Mon 02.04.18	
53 Baugrubenaushub	2 Tage	Don 22.03.18	Fre 23.03.18	26
54 Bohrpfähle herstellen	6 Tage	Mon 26.03.18	Mon 02.04.18	53
55 Vorbereitungen Rammen	0 Tage	Mon 02.04.18	Mon 02.04.18	54



Fallbeispiel 1: Soll-Bauzeitenvergleich



22 Wochen Bauzeit

↑ **Verkehrsführung:**

- 4 Wochen 3+3 unten
- 6 Wochen 2+2 unten
- 21 Wochen Sperrung oben

Δ = Grundlage für externe Kostenberechnung

↓ **Verkehrsführung:**

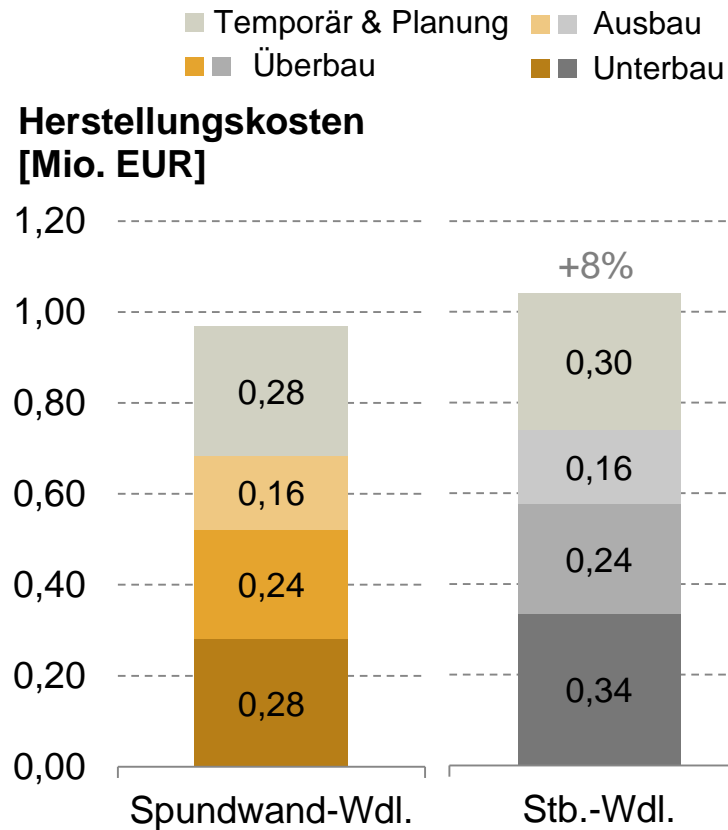
- 9 Wochen 3+3 unten
- 6 Wochen 2+2 unten
- 25 Wochen Sperrung oben

26,5 Wochen Bauzeit



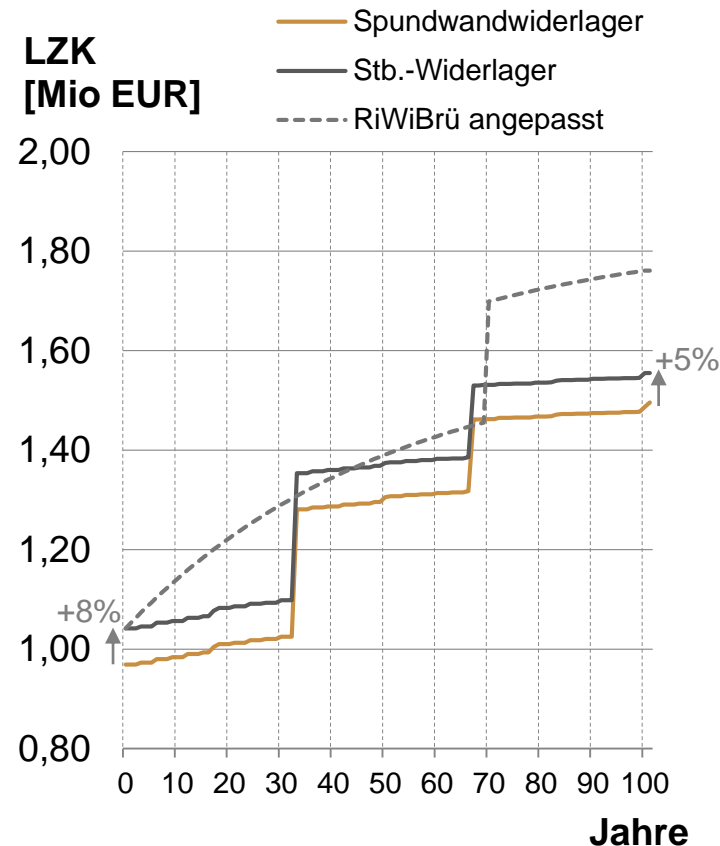
Fallbeispiel 1: Unterschiede Kosten (Stand 2018)

Herstellungskosten



Lebenszykluskosten

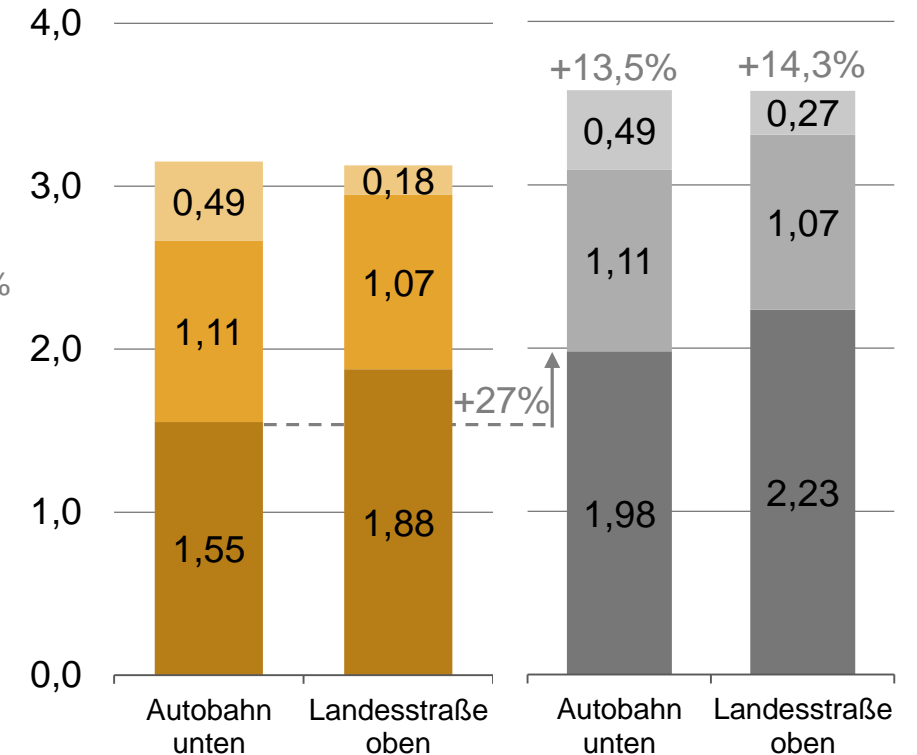
Realer Diskontierungszinssatz 2 %



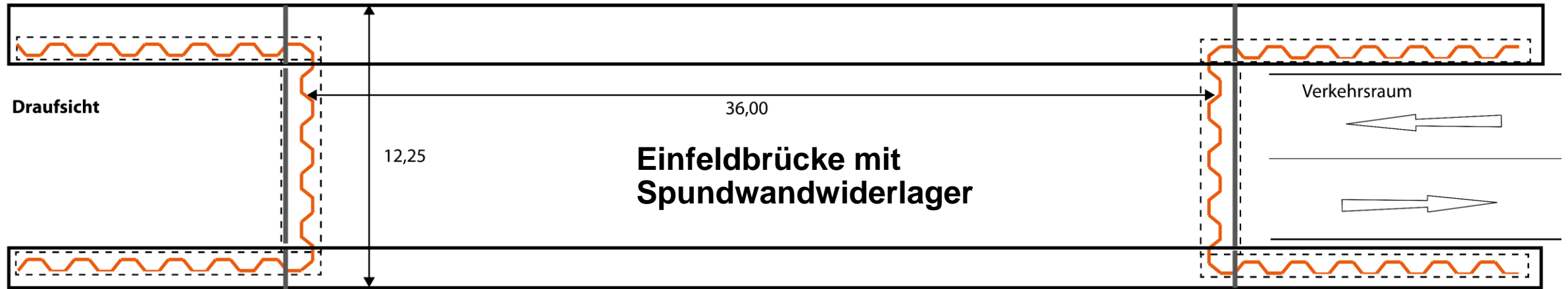
Volkswirtschaftliche Kosten

DTV 70.000 FZ/Tag, 3-spurige Autobahn

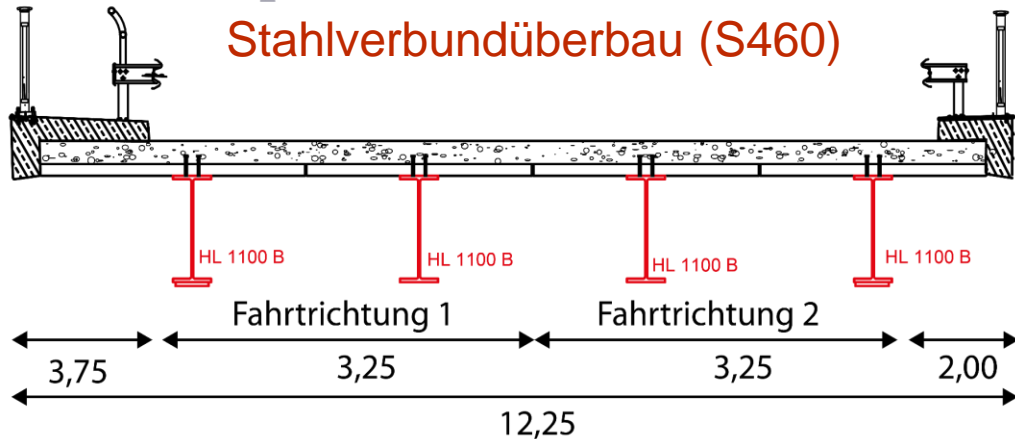
Externe Kosten [Mio. EUR]



Fallbeispiel 2: Vergleich Überbauten

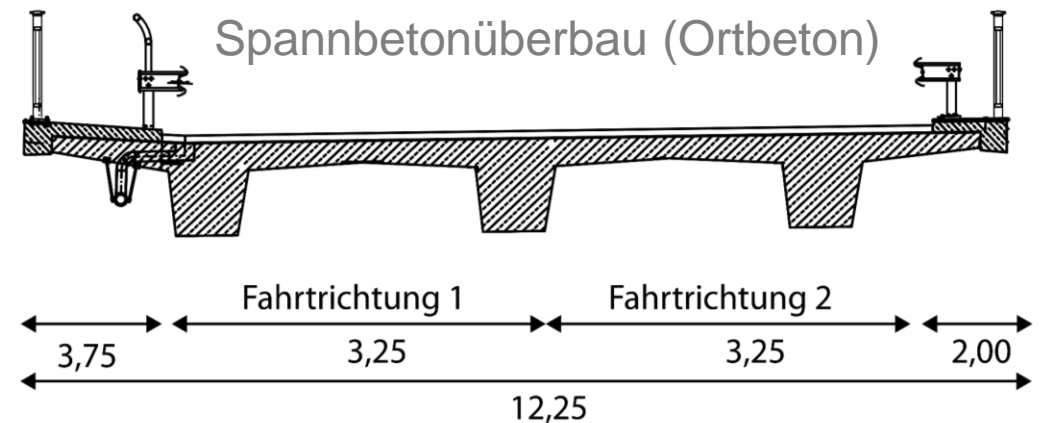


Variante 3:
Stahlverbundüberbau (S460)

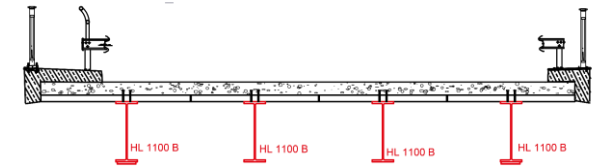
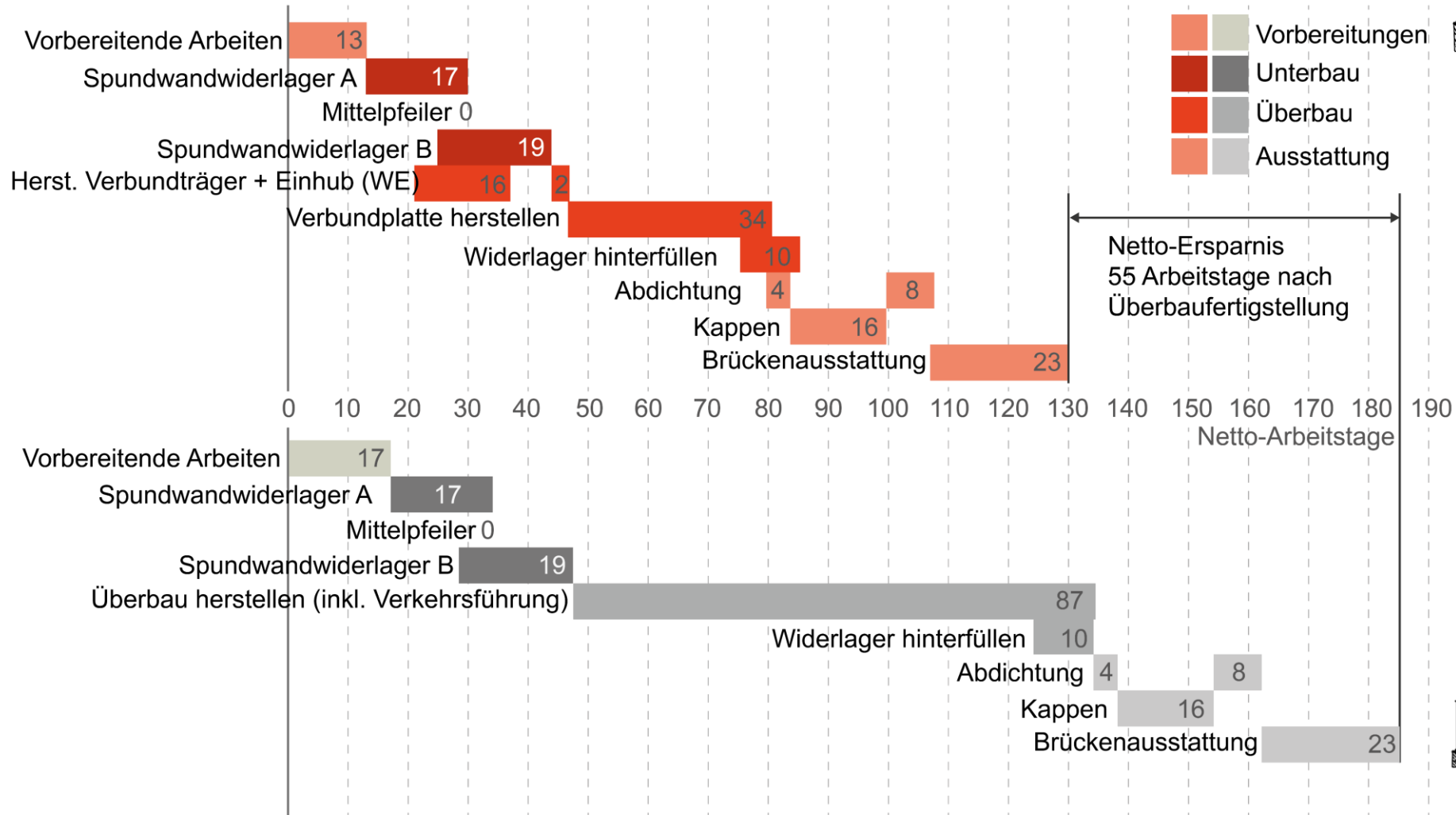


Variante 4:

Spannbetonüberbau (Ortbeton)



Fallbeispiel 2: Soll-Bauzeitenvergleich



18 Wochen Bauzeit
Verkehrsführung:

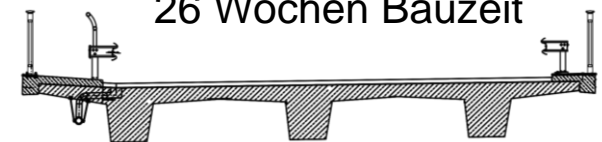
- 6 Wochen 3+3 unten
- 1 WE Einheben Träger
- 16 Wochen Sperrung oben

Δ = Grundlage für externe Kostenberechnung

Verkehrsführung:

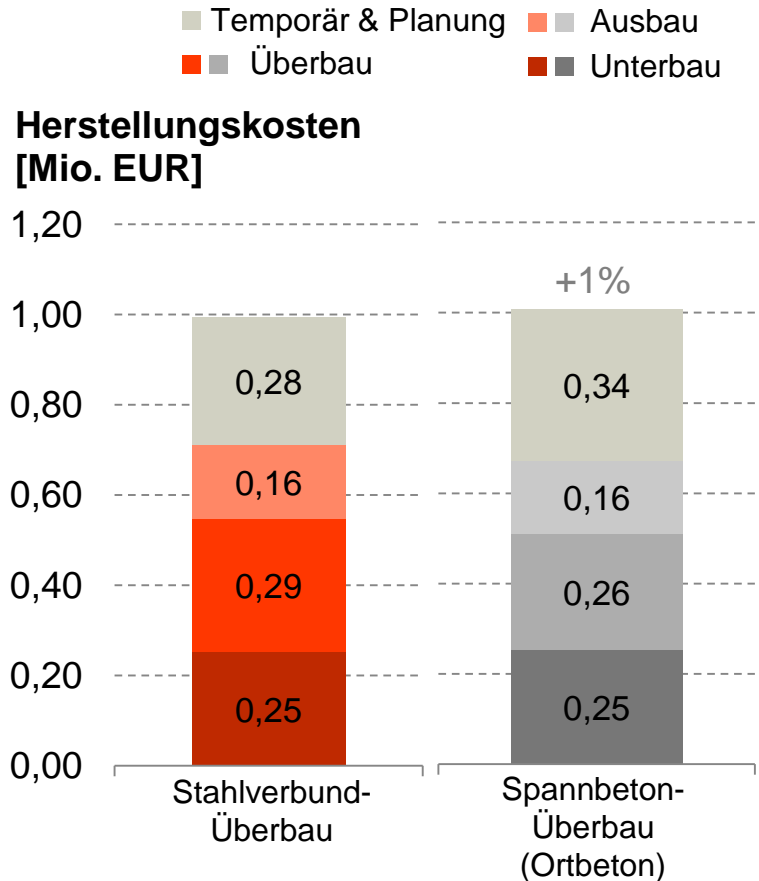
- 4 Wochen 3+3 unten
- 12 Wochen 4+0 unten
- 24 Wochen Sperrung oben

26 Wochen Bauzeit



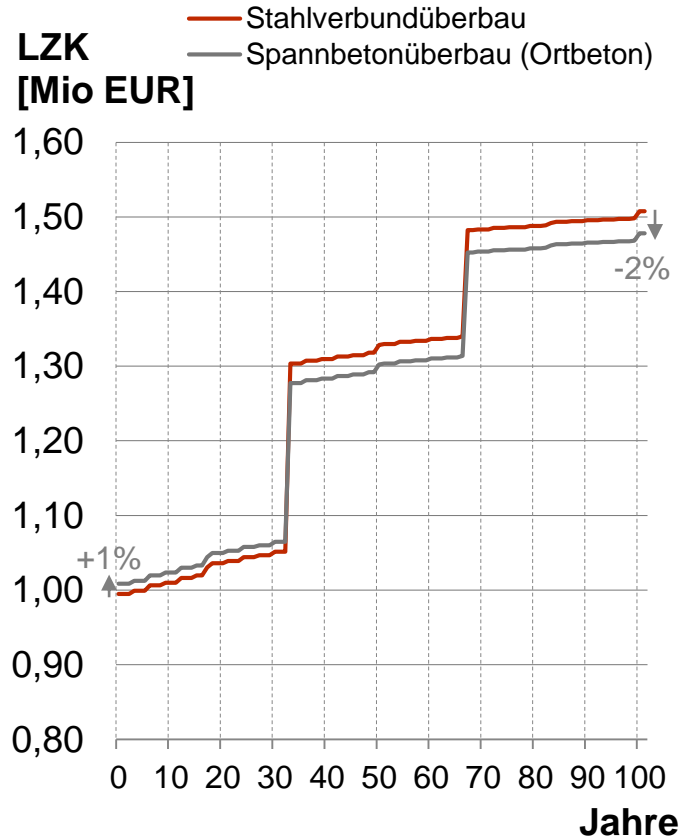
Fallbeispiel 2: Unterschiede Kosten (Stand 2018)

Herstellungskosten



Lebenszykluskosten

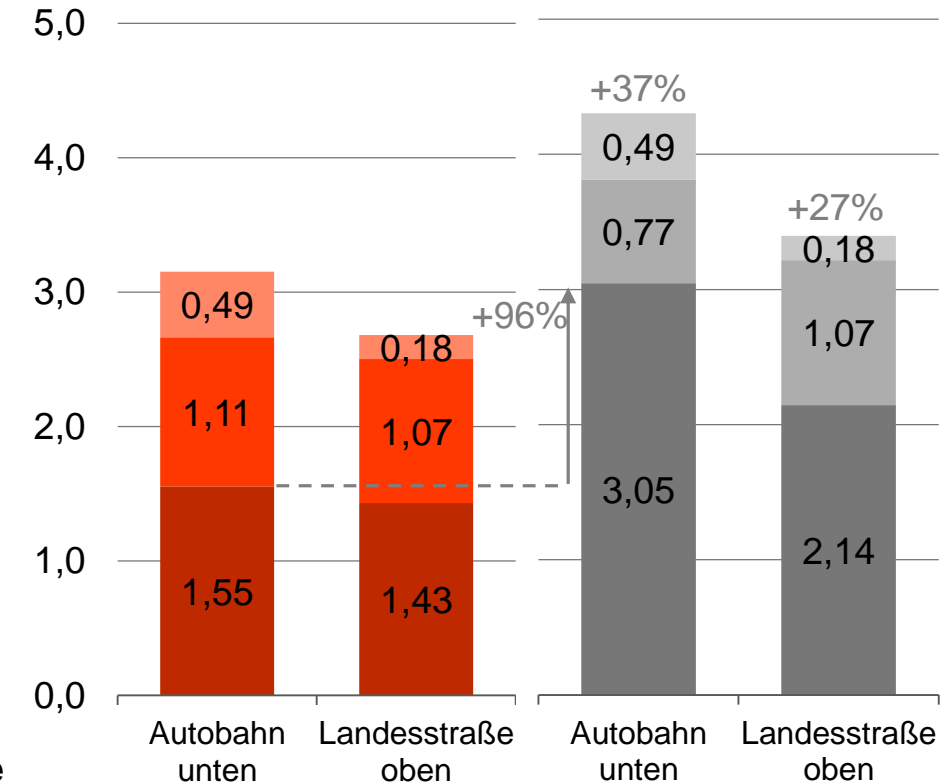
Realer Diskontierungzinssatz 2 %



Volkswirtschaftliche Kosten

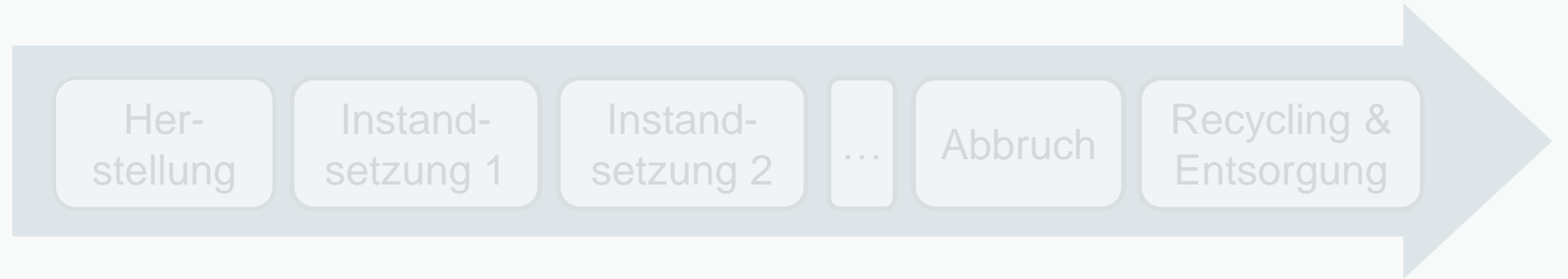
DTV 70.000 FZ/Tag, 3-spurige Autobahn

Externe Kosten [Mio. EUR]



Inhalt

Modellierung



Fallbeispiele

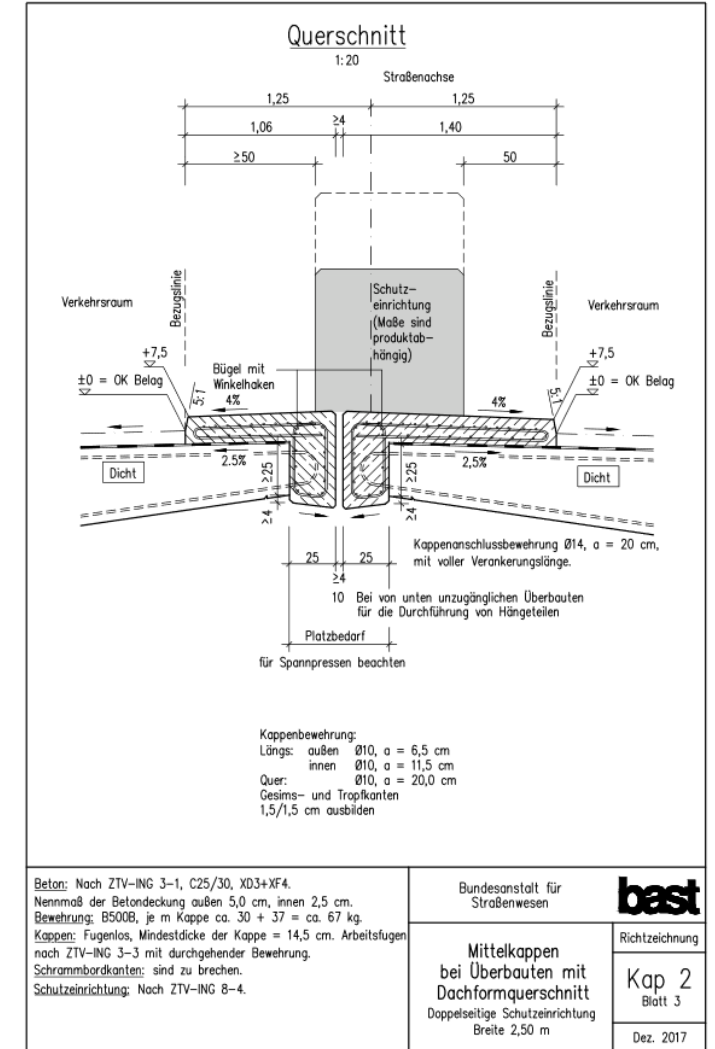
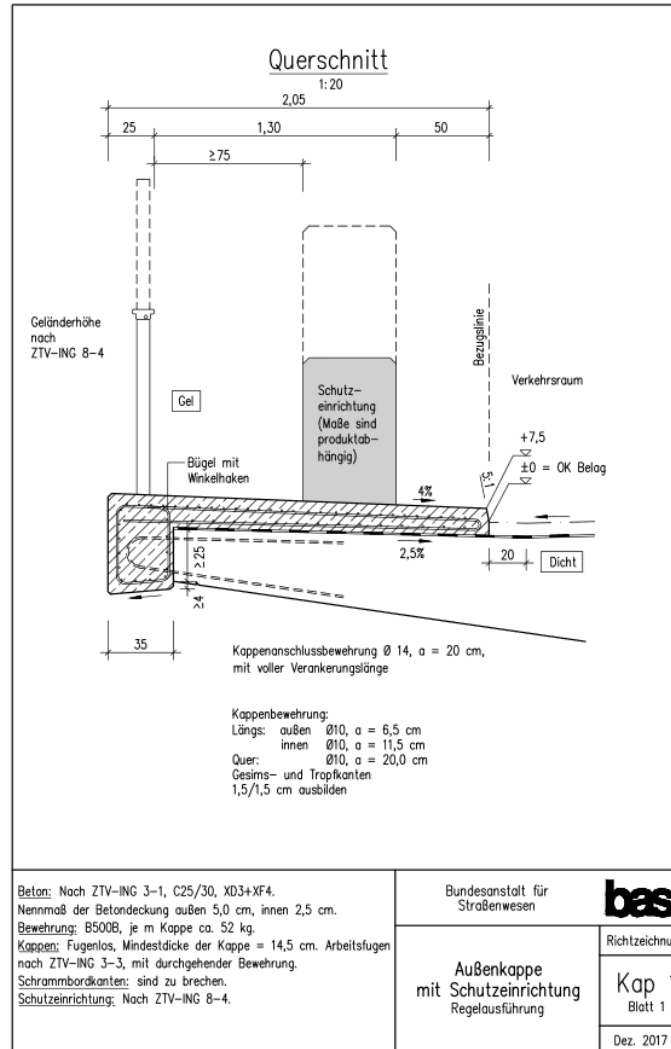


Digitalisierung



Digitale Eingangsdaten

- Richtzeichnungen des Brückenbaus liegen im PDF-Format vor
- 24 Bauteilgruppen werden beschrieben
- Viele Informationen werden als Text beschrieben
- Textliche Verweise auf die ZTV-Ing
- Keine automatisierten Auswertungen möglich

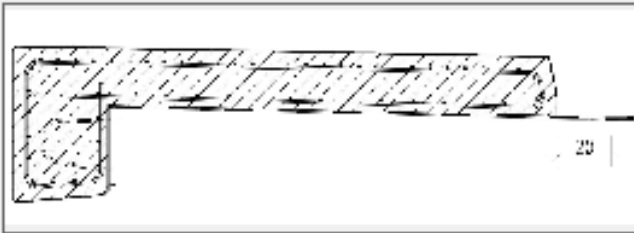


Berechnungsalgorithmus

Überführen der größtenteils eindeutig definierten Geometrien der Ritzzeichnungen in Algorithmen

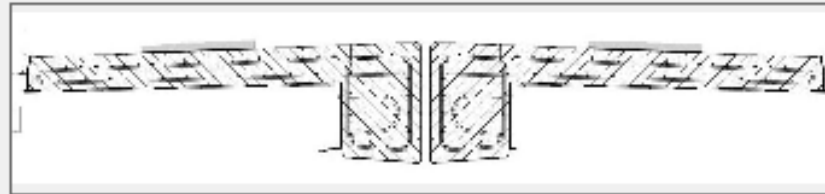
Kappenwahl | Kap 1.1 | Kap 1.3 | Kap 2.1 | Kap 2.3 | Kap 3.1 | Kap 3.3 | Kap 4 | Kap 6 | Kap 7.1 | Kap 7.2 | Kap 8 | Kap 20

Abfrage des Kappentyps



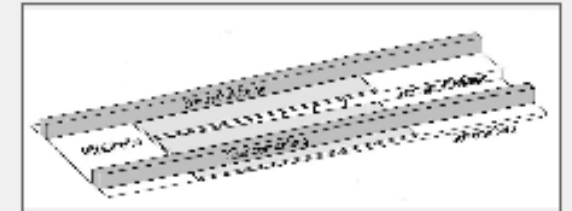
Außenkappe

1. Ist es ein Wirtschaftsweg?
2. Handelt sich es um ein überschüttetes Bauwerk?
3. Wird eine Schutzeinrichtung benötigt?
4. Ist ein Geh- oder Radweg erforderlich?



Mittelkappe

1. Gibt es einen Höhenversatz der größer ist als 20cm?
2. Um welchen Mittelkappenquerschnitt handelt es sich?
3. Gibt es eine einseitige oder eine doppelseitige Schutzeinrichtung?



Mittelstreifenanschluss

Ausgabe des Kappentyp:

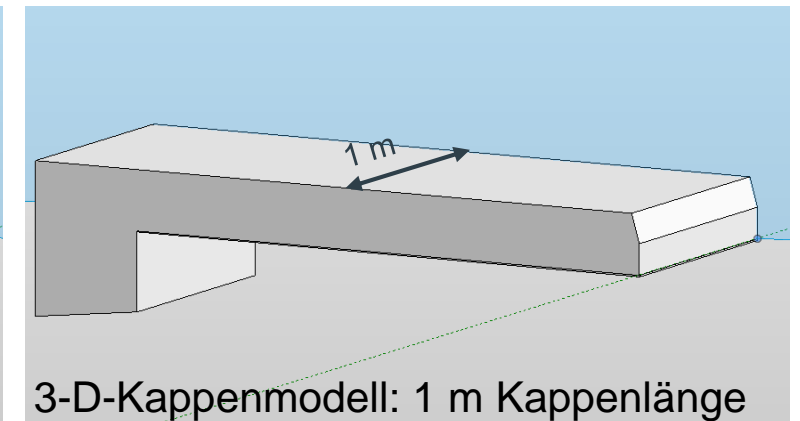
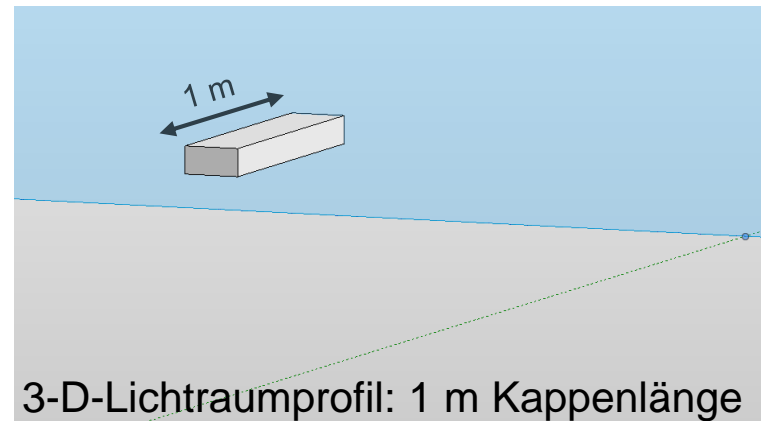
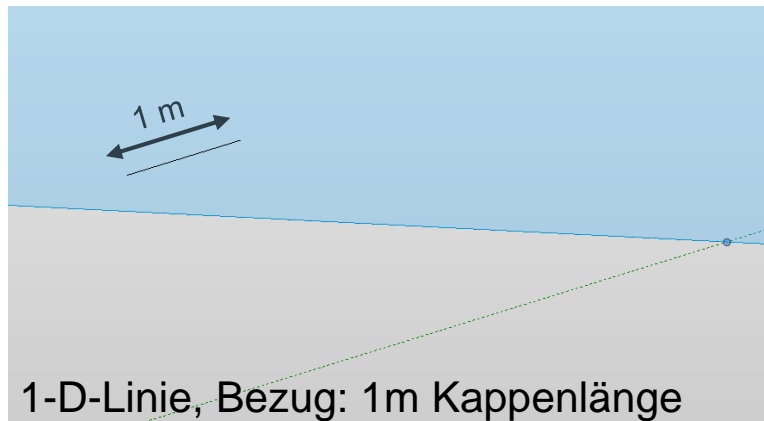
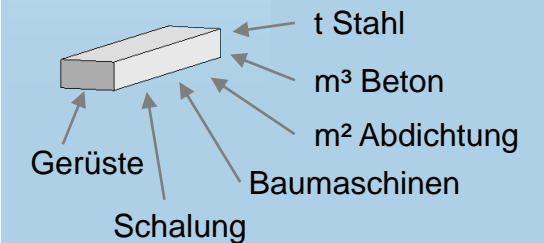
Bereitstellung als Element

- Für die Modellierungssoftware Revit:
 - Vorbilanzierten Richtzeichnungselemente
 - Verwendung als Modellierungselemente
- Für Kappen:
 - Vordefinierte Bezugseinheit erforderlich
 - Massen, Einbauteile, ggf. Abdichtung zum Überbau sind integriert
 - Definierte Bezugseinheit Revitexport

Ziele Forschung:

- Nicht proprietär
- Herstellerneutral
- Ankopplung an bestehende Modellierungswerkzeuge


Stammdateneinhalte



Bereitstellung von Revit-Familien

Aufgabe: Gewährleistung der Datenkonsistenz zwischen Modelldaten und Stammdaten

Eigenschaften



Brueckenkappe
Brueckenkappe nach Richtzeichnung Kap 1
Blatt 1 mit Bitumenschweißbahn

Allgemeines Modell (1) Typ bearbeiten

Abhängigkeiten

Vorgabe-Ansicht	0.0000
-----------------	--------

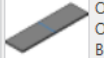
Abmessungen

Kappenbreite	2.0500
Kappenhöhe Straße	0.1500
Kappenneigung Oberseite	4.00°
Tiefe	0.3900

ID-Daten

Abdichtung	Bitumenschweißbahn
Identifikation	1210400
Kappenüberstand	0.3500
Label	3701210401010000
Richtzeichnung	Kap 1 Blatt 1

Eigenschaften



Ortbetonplatte für Verbundträger2.0
Ortbetonplatte 12000 x 250 mm, C35/45,
Bewehrungsgehalt 2%

Skelettbau (Sonstige) (1) Typ bearbeiten

Abhängigkeiten

Referenzebene	Ebene -1
ArbeitsEbene	Ebene : Ebene -1
Startebenenversatz	0.0000
Endebenenversatz	0.0000
Ausrichtung	Normal
Querschnittdrehung	0.00°


Geometrische Position

Startverlängerung	0.0000
Endverlängerung	0.0000
yz-Ausrichtung	Einheitlich
y-Ausrichtung	Ursprung
y-Versatzwert	0.0000
z-Ausrichtung	Oben
z-Versatzwert	0.0000

Materialien und Oberflächen

Tragendes Material

Eigenschaften



Fertigteileplatte für Verbundträger2.0
Fertigteileplatte 130 x 3000 mm, C40/50,
Bewehrungsgehalt 2%

Skelettbau (Sonstige) (1) Typ bearbeiten

Abhängigkeiten

Referenzebene	Ebene 0
ArbeitsEbene	<nicht verknüpft>
Startebenenversatz	-3.2500
Endebenenversatz	-3.2500
Ausrichtung	Normal
Querschnittdrehung	0.00°

Geometrische Position

Startverlängerung	0.0000
Endverlängerung	0.0000
yz-Ausrichtung	Einheitlich
y-Ausrichtung	Ursprung
y-Versatzwert	0.0000
z-Ausrichtung	Oben
z-Versatzwert	0.0000

Materialien und Oberflächen

Tragendes Material

Tragwerk

Schnittlänge	49.0000
Tragwerksverwendung	Sonstige


Berechnungsmodell akt...

Bewehrungsüberdeckun...	Bewehrungsüberdeckung ...
Bewehrungsüberdeckun...	Bewehrungsüberdeckung ...
Bewehrungsüberdeckun...	Bewehrungsüberdeckung ...

Abmessungen

Länge	49.0000
Volumen	19.110 m ³
Höhe oben	-3.2500
Höhe unten	-3.3800

Eigenschaften



Stahlträger für Verbundträger2.0
HL 1000A, S460, organischer Korrosionsschutz
C3, 6 Kopfbolzendübel pro Meter

Skelettbau (Sonstige) (1) Typ bearbeiten

Abhängigkeiten

Referenzebene	Ebene 0
ArbeitsEbene	<nicht verknüpft>
Startebenenversatz	-3.3800
Endebenenversatz	-3.3800
Ausrichtung	Normal
Querschnittdrehung	0.00°

Geometrische Position

Startverlängerung	0.0000
Endverlängerung	0.0000
yz-Ausrichtung	Einheitlich
y-Ausrichtung	Ursprung
y-Versatzwert	0.0000
z-Ausrichtung	Oben
z-Versatzwert	0.0000

Materialien und Oberflächen

Tragendes Material

Tragwerk

Schnittlänge	49.0000
Tragwerksverwendung	Sonstige

Berechnungsmodell akt...

Bewehrungsüberdeckun...	Bewehrungsüberdeckung ...
Bewehrungsüberdeckun...	Bewehrungsüberdeckung ...
Bewehrungsüberdeckun...	Bewehrungsüberdeckung ...

Abmessungen

Länge	49.0000
Volumen	1.970 m ³
Höhe oben	-3.3800
Höhe unten	-4.3700

Modellerstellung aus Revit-Familien

The image shows the Autodesk Revit software interface. The top ribbon includes tabs for 'Datei', 'Architektur', 'Ingenieurbau', 'Stahlbau', 'Gebäudetechnik', 'Einfügen', 'Beschriften', 'Berechnung', 'Körpermodell & Grundstück', 'Zusammenarbeit', 'Ansicht', 'Verwalten', 'Zusatzmodule', and 'Ändern'. The 'Ingenieurbau' tab is active, showing tools for 'Auswählen', 'Träger', 'Wand', 'Stütze', 'Geschossdecke', 'Fachwerkbinder', 'Strebe', 'Trägersystem', 'Verbindung', 'Einzel Wand', 'Platte', 'Bewehrung', 'Fläche Linear', 'Matte über Fläche', 'Einzelmatte', 'Überdeckung', 'Verbindungs-Mittel', and 'Bauteil'. The '3D-Ansicht' (3D View) is selected in the 'Ansicht' tab.

The 'Eigenschaften' (Properties) panel on the left shows the '3D-Ansicht: (3D)' view. The 'Grafiken' (Graphics) section includes: 'Ansichtsmaßstab' (1:100), 'Maßstabswert 1' (100), 'Detaillierungsgrad' (Fein), 'Sichtbarkeit der Teilelemente' (Original anzeigen), 'Überschreibungen Sichtb...' (Bearbeiten...), 'Grafikdarstellungsoptionen' (Bearbeiten...), 'Disziplin' (Architektonisch), 'Verdeckte Linien anzeigen' (Nach Disziplin), 'Standardanzeigestil für A...' (Keine), 'Arbeitsphase', 'Sonnenbahn' (unchecked), 'Grenzen' (Zuschneidebereich, Zuschneidebereich sicht..., Beschriftung zuschneiden, Hinterer Schnitt aktiv, Versatz der hinteren Grenze: 304.8000, Bildausschnitt: Keine, 3D-Schnittbereich: unchecked), 'Kamera' (Rendering-Einstellungen: Bearbeiten..., Gesperrte Ausrichtung: unchecked, Projektionsmodus: Orthogonal, Augenposition: 6.6956, Zielsicht: -3.8521, Kameraposition: Anpassen), and 'Hilfe zu Eigenschaften' (Anwenden).

The 'Projektbrowser' (Project Browser) on the bottom left shows a tree view: 'Ansichten (nach Namen)', 'Legenden', 'Bauteillisten/Mengen (alle)', 'Pläne (alle)', 'Familien', 'Gruppen', and 'Revit-Verknüpfungen'.

The main 3D view shows a perspective view of a roof structure. A central white circle is connected by lines to several blue circular icons: a Euro symbol (€), a grid of rectangles, an upward-pointing arrow, a crane, and a calendar icon with the year '2019'. A small 'VORNE' (Front) view indicator is visible in the top right corner of the 3D view.

Lebenszyklusanalysen – richtig modellieren und kalkulieren

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tim Zinke
Leitung Arbeitsgruppe Life-Cycle Engineering

16. Fachtag Brückenbau | Bayreuth | 24.09.2019

