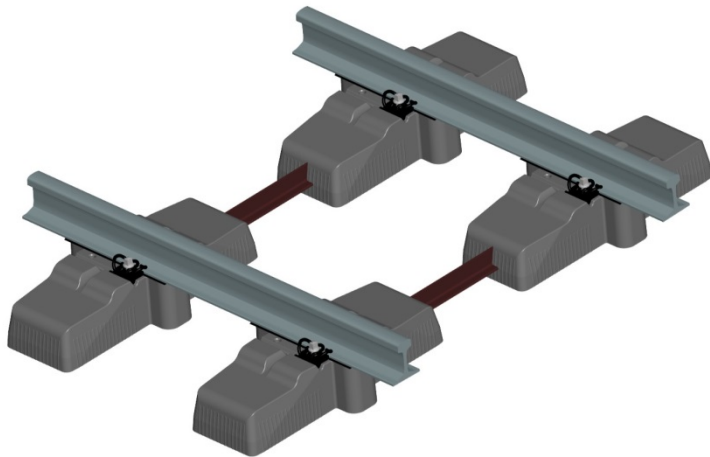

Biblock-Bahnschwellen aus Kunststoff-Rezyklaten

Gudrun Gräbe, Michael Dieterle, Andreas Stolzenberg, Gerhard Linde, Dieter Kästingschäfer, Reinhard Lorenz, Jörg Frenzel



Quelle: Georg Utz GmbH

HighTechMatBau Konferenz

Berlin, 31.01.2018

Inhalt

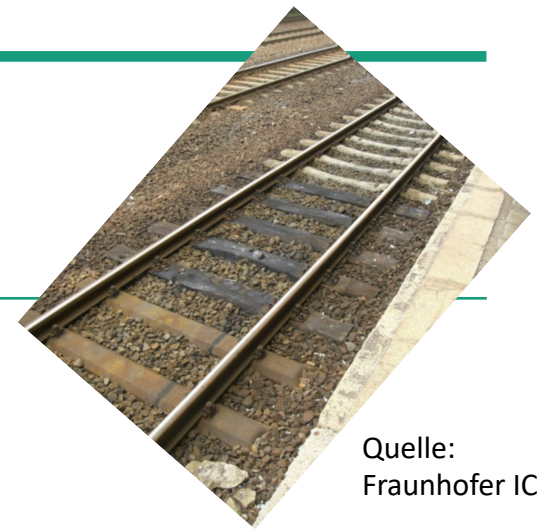
- Einleitung
 - Stand der Technik
 - Zielsetzung
- Projektarbeiten:
 - Materialmischung und Schwellendesign,
 - Spritzgusswerkzeug und Herstellung
 - Prüfung
 - Lebenszykluskostenanalyse LCC
- Zusammenfassung und Ausblick



Quelle: Fraunhofer ICT

Einleitung

Situation in Deutschland



Quelle:
Fraunhofer ICT

- Streckennetz 60.000 km,
davon 2.000 km Hochgeschwindigkeitsstrecken > 160km/h
- Schwellen im Bestand:
Material: Beton (70%), Stahl (15%) , Holz (15%)
Form: Monoblock (Varianten) oder Y-Form
- Holzschwellen dürfen nicht mehr mit Teeröl behandelt werden
- Auswechselbedarf Holzschwellen: 40.000/Jahr
- Ersatzbedarf Schwellen gesamt in Deutschland: 2 Mio Schwellen/Jahr
- bisher 5.000 Kunststoffschwellen im Netz der DB
- Biblockschwellen bisher nicht in D, traditionell aber in Frankreich

Einleitung

Motivation

Vorteile des Materials Kunststoff

- Lange Lebensdauer
- Beständigkeit gegen Frost und Betriebsflüssigkeiten
- Verwendung von Rezyklaten erhöht die Ressourceneffizienz
- Kein „Betonkrebs“
- Durch geringeres Gewicht bei tragarmen Böden geeignet

Vorteile der zweigeteilten Bauform

- Erhöhter Querverschiebe- und Schienendurchschubwiderstand, d.h. verbesserte Lagestabilität im Gleis
→ als Ersatz für alle gängigen Schwellentypen geeignet
- Vergrößerung des Verlegeabstands durch Verbreiterung der Auflagefläche möglich
- Material und Bauform bewirken eine verringerte Schallabstrahlung und geringeres Gewicht

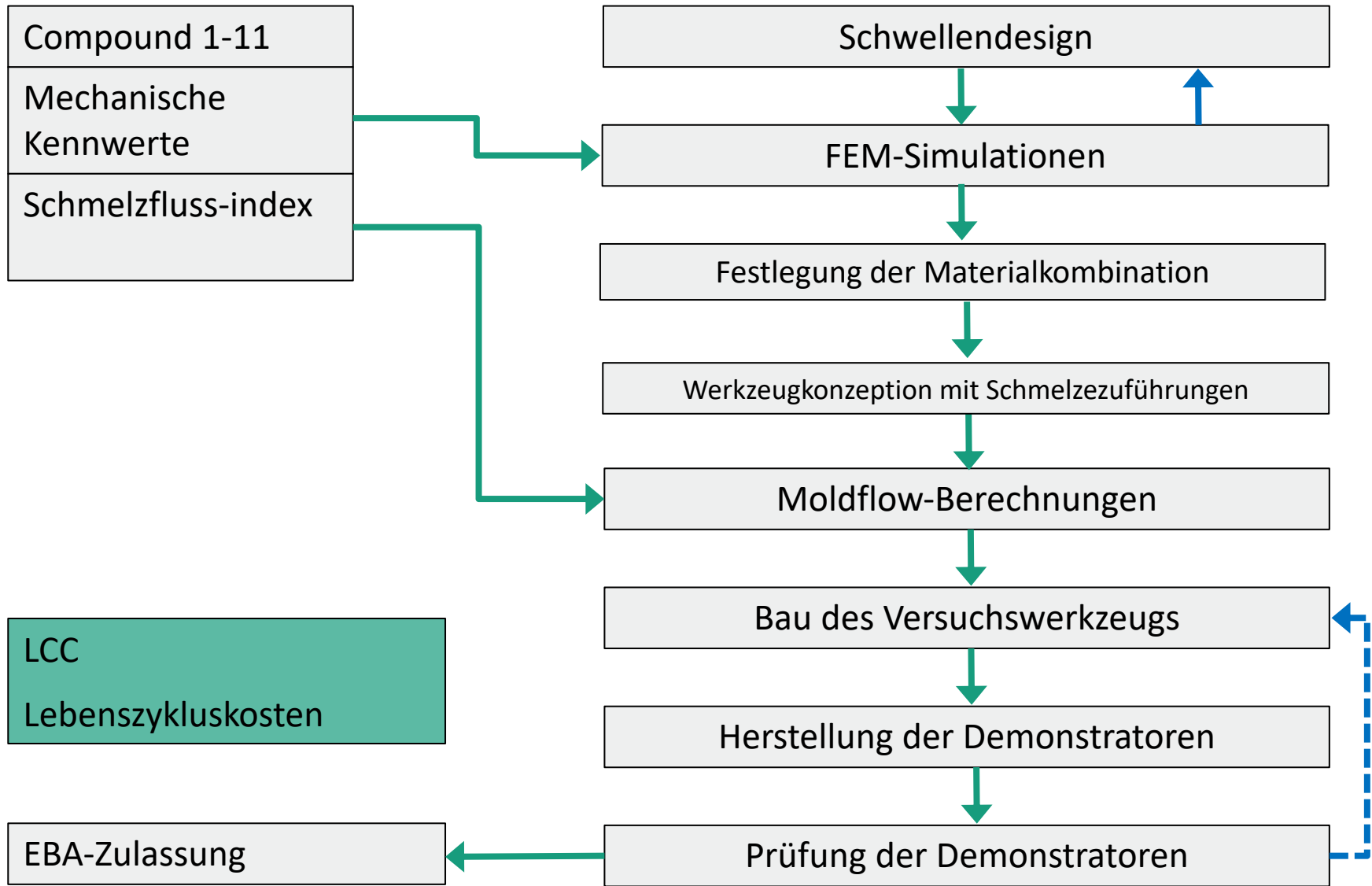
Einleitung

Motivation

Vorteile einer durch Spritzguss hergestellten Kunststoffschwelle

- Lässt Hohlräume zu, in die ggf. Sensoren zur Gewichtsmessung und Streckenüberwachung eingebaut werden können

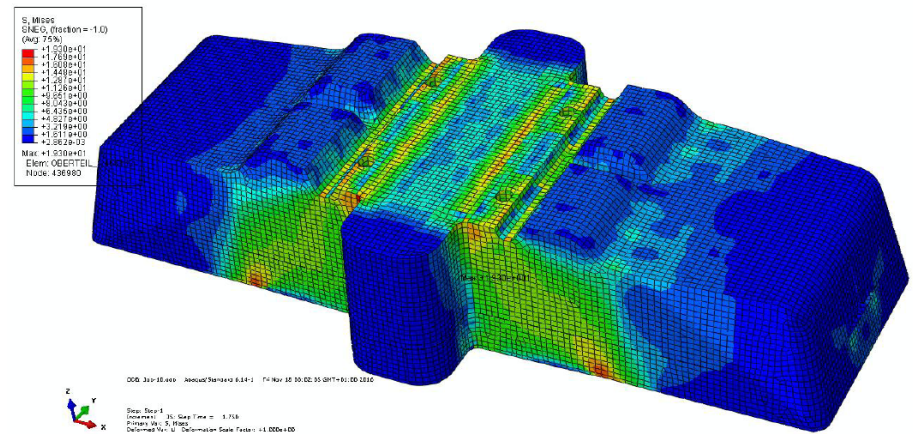
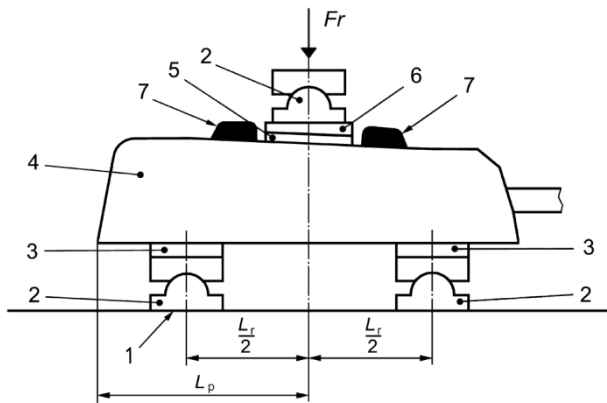
Projektarbeiten - Vorgehensweise



Materialkennwerte - Auswahl

Probenname	Zugmodul	Zugfestigkeit	Wärmeform- beständigkeit	Charpy Kerbschlag- zähigkeit	Melt Flow Index (230°C; 2,16 kg)	Dichte
	E in MPa	σ_M in MPa	HDT-A in °C	KJ/m ²	MFR in g/10 min	g/cm ³
Compound 3	2825	26,08	58,6	4,9	0,422	1,46
Compound 9	1231	19,37	50,1	4,4	8,48	1,20
Compound 12	2852	21,6		3,2	8,8	1,29

Simulative Untersuchung der 3-Punkt-Biegebelastung gemäß DIN EN 13230-3



Quelle: KIT-FAST

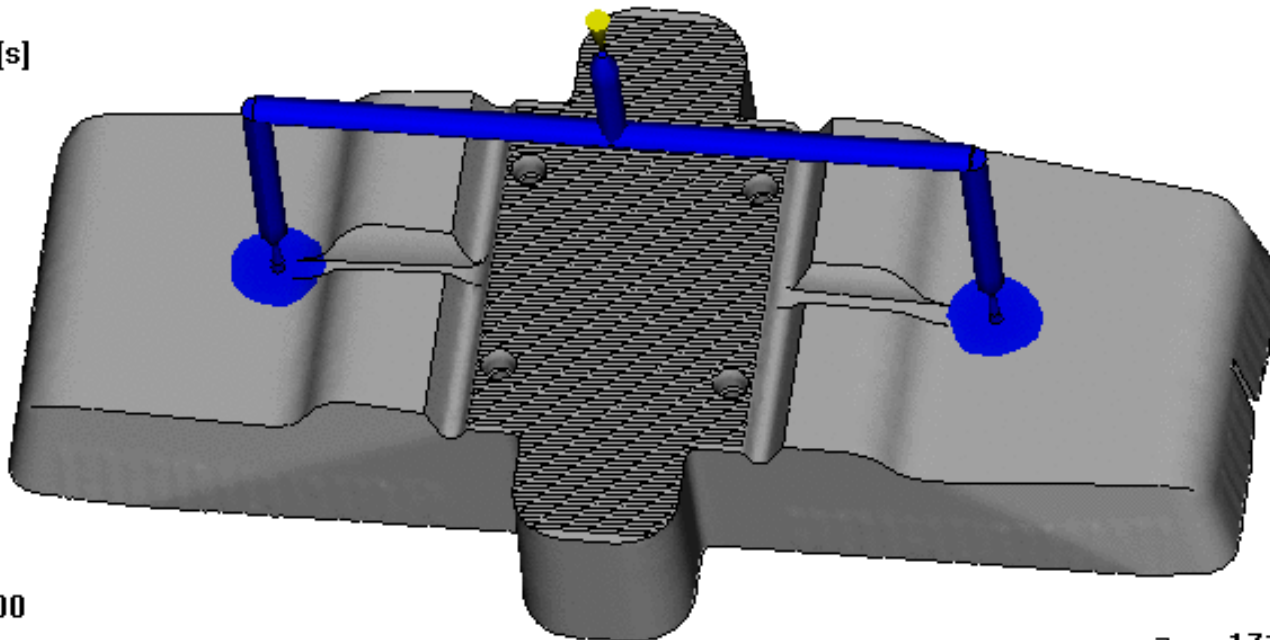
DIN EN 13230-3:
Bahnanwendungen – Oberbau – Gleis- und
Weichenschwellen aus Beton –
Teil 3: Bewehrte Zweiblockschwellen; Deutsche
Fassung prEN 13230-3:2014

Rot: stark belastete Bereiche

Simulation des Formfüllverhaltens - Moldflow

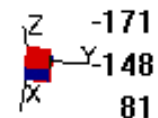
Fill time
= 0.2176[s]

[s]



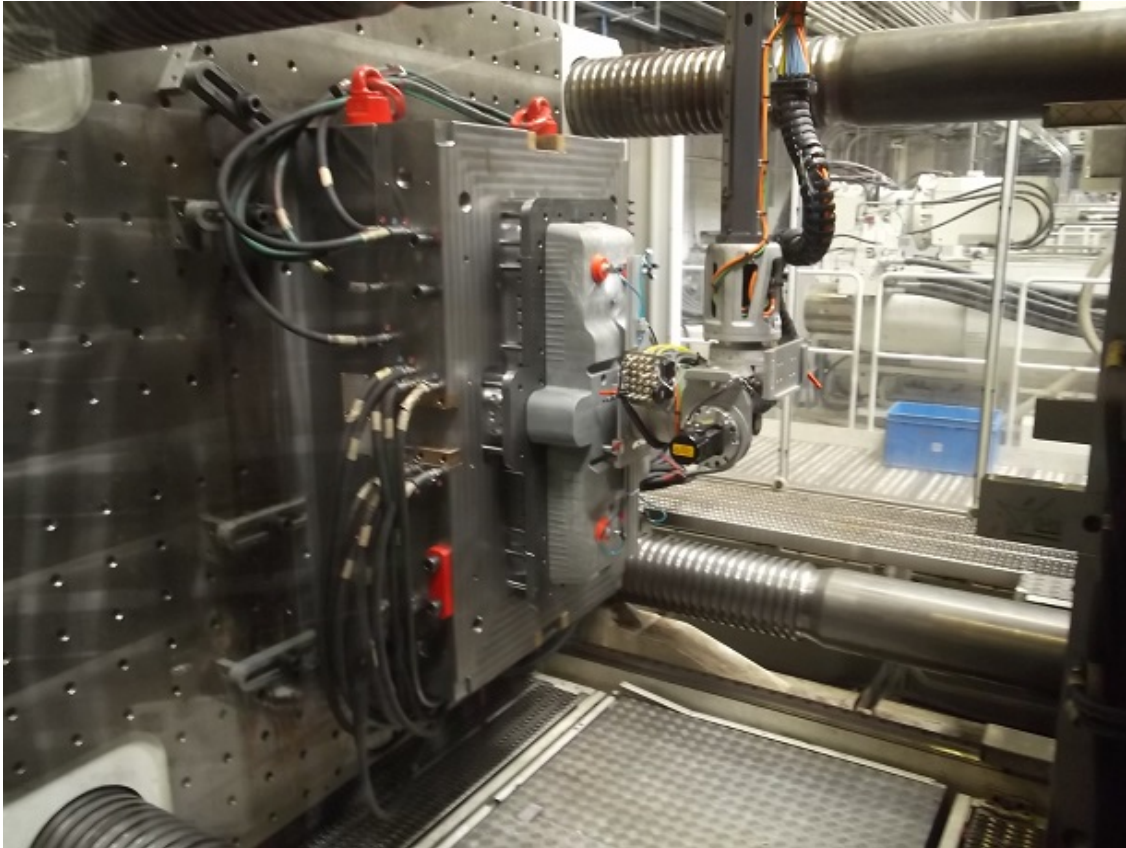
AUTODESK®
SIMULATION MOLDFLOW®
INSIGHT

Scale (600 mm)



Quelle: Georg Utz GmbH

Herstellungsversuche



Blick in die Spritzgussanlage
während des Auswurfs eines
Oberteils

Quelle: Georg Utz GmbH

Herstellungsversuche



Quelle: Fraunhofer ICT

- Optimierung von:
Werkzeugtemperatur, Nachdruck, Zykluszeit, Trocknung des Compounds

Schwellenprüfungen: Schraubenauszugstests



Quelle: TU München

Anforderung: Zugkraft > 30 kN

Schwellenprüfungen:

3-Punkt-Biegeversuch am Schienenaufleger



Anforderung an B70
Betonschwelle:
176 kN bis zur Rissbildung

Quelle: TU München

Simulation von Umwelteinflüssen: UV-Bestrahlungstest

240 Stunden, Outdoor-Strahlungsverhältnisse



Quelle:
Fraunhofer ICT

Shore-D-Härte:

Vergleichsprüfkörper ohne Besonnung (20 Messpunkte): $57,3 \pm 4,0$

Besonnte Prüfkörper (46 Messpunkte): $57,2 \pm 4,1$

Lebenszykluskostenanalyse LCC

1 Ziel- und Untersuchungsrahmen

2 Datenerfassung

3 Berechnung

4 Auswertung

Ziel und Untersuchungsrahmen

1

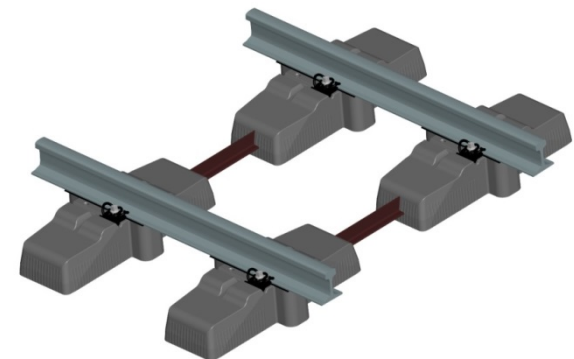
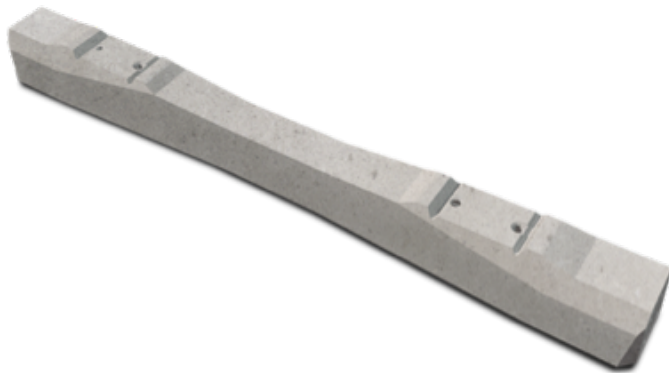
2

3

4

Ziel der Studie

- Vergleich der Lebenszykluskosten (Life Cycle Costs - LCC) der Schwelle 2020 mit einem Betonmonoblock-Bahnschwellensystem über **1km** Streckennetz
- Über die reinen Anschaffungs- und Herstellungskosten hinaus sind hierzu die Kosten der Nutzungs- und Entsorgungsphase miteinzubeziehen



Quelle: www.railone.de

Ziel und Untersuchungsrahmen

1

2

3

4

Definition Funktionelle Einheit (fE)

- What does it do?
Biblock-Bahnschwellen aus Kunststoff-Rezyklaten
(Streckenschwellen – nicht: feste Fahrbahn)
- How much?
1km Streckennetz (1250 Stk. Schwellen/km nach [Frenzel et al. 2010])
- How well?
mit Prüfungszulassung durch das Eisenbahnbundesamt
- How long?
über eine Lebensdauer von **50 Jahren** [Sievers et al. 2011]

Frenzel, J., Mayerhöfer, J., Frenzel, J.: Neuartige Flügelschwelle in Bi-Block-Ausführung (2010); EI-Eisenbahningenieur.

Sievers, H., Siefer, T., Pachel, J.: Life Cycle Cost am Beispiel von frei bewitterten und im Tunnel verlegten Holzschwellen im Einsatz der Hamburger HOCHBAHN (2011); TU Braunschweig, Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und –betrieb.

Ziel und Untersuchungsrahmen

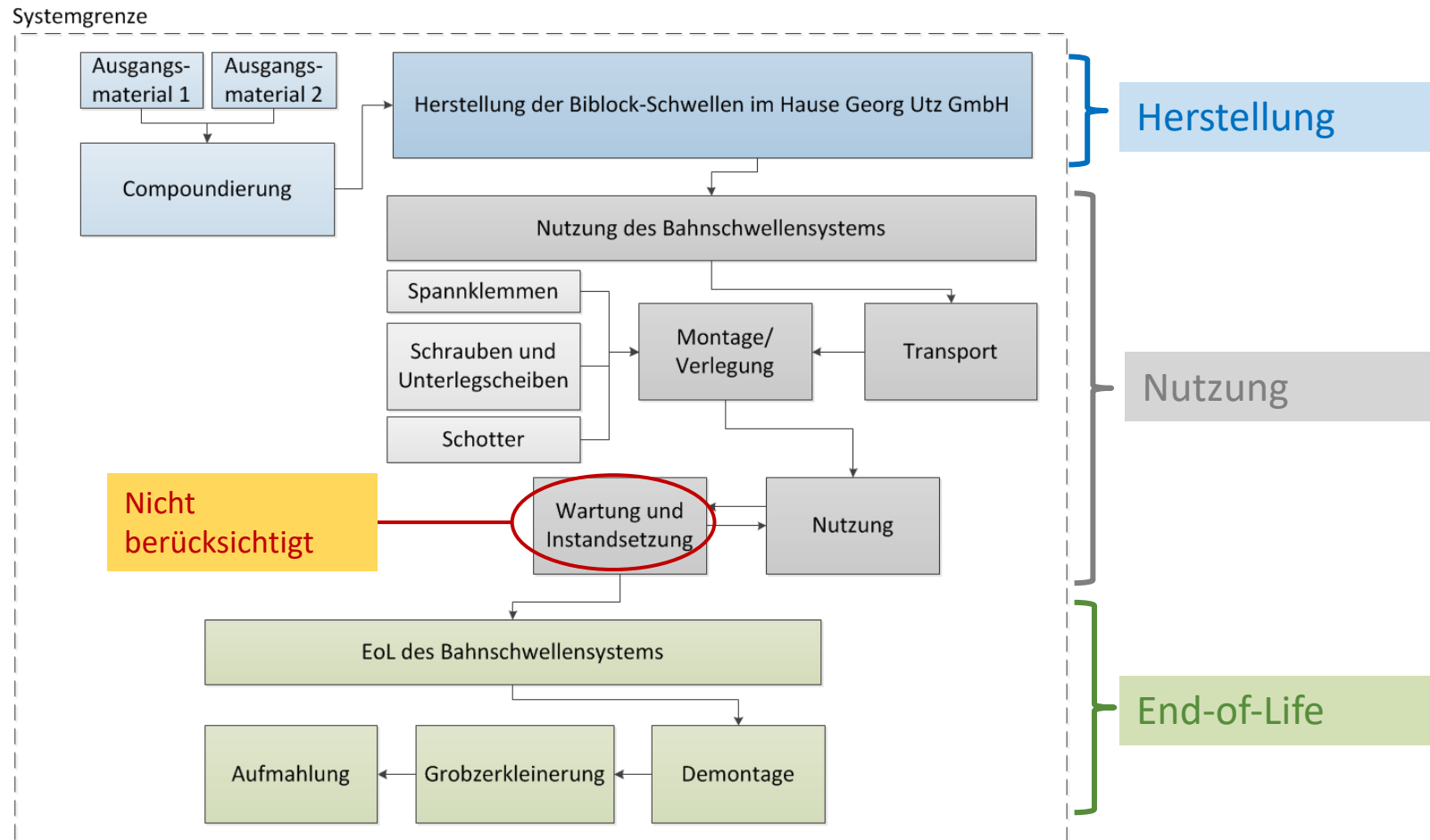
1

2

3

4

Definition Produktsystem



Szenario Schallreduzierung

- Vorteil Holz gegenüber Beton ca. 3 dB
Es wird davon ausgegangen, dass das Material Kunststoff eine ebenso hohe Schallreduktion bringt
(zusätzlicher Vorteil durch Entfall des abstrahlenden „Mittelteils“
[Hecht 2014], wird bei Berechnung nicht berücksichtigt)
- Verwendung von Schienenstegdämpfern (SSD) oder Schienenstegabschirmungen (SSA) reduziert Schallemission um 2-3 dB, bewirkt aber erhebliche Mehrkosten
- Szenario:
Betonschwelle ohne und mit SSD/SSA
Schwelle2020 ohne und mit SSD/SSA

Hecht, M.: Entstehung und Zusammensetzung des Lärm beim Schienenverkehr; Lärmreduzierungsmöglichkeiten. Vortrag, 4. VPI-Symposium Hamburg, 2014

Datenerfassung und Berechnung

1

2

3

4

Herstellung, Nutzung und End-of-Life

■ Herstellung

- Anlageninvestitionskosten und weitere Fixkosten
- Material- und Energieeinsatz
- Personaleinsatz

Σ Kosten Herstellung
(inkl. Befestigungs-material)
(€/fE)

+

■ Nutzung

- Kostenabschätzung für Einbau, Nutzung, Wartung inkl. Personal, Gerät & Material in Anlehnung an [Sievers, et al. 2011]
- Szenario Schallreduzierung

Σ Kosten Nutzung (€/fE)

+/-

■ End-of-Life

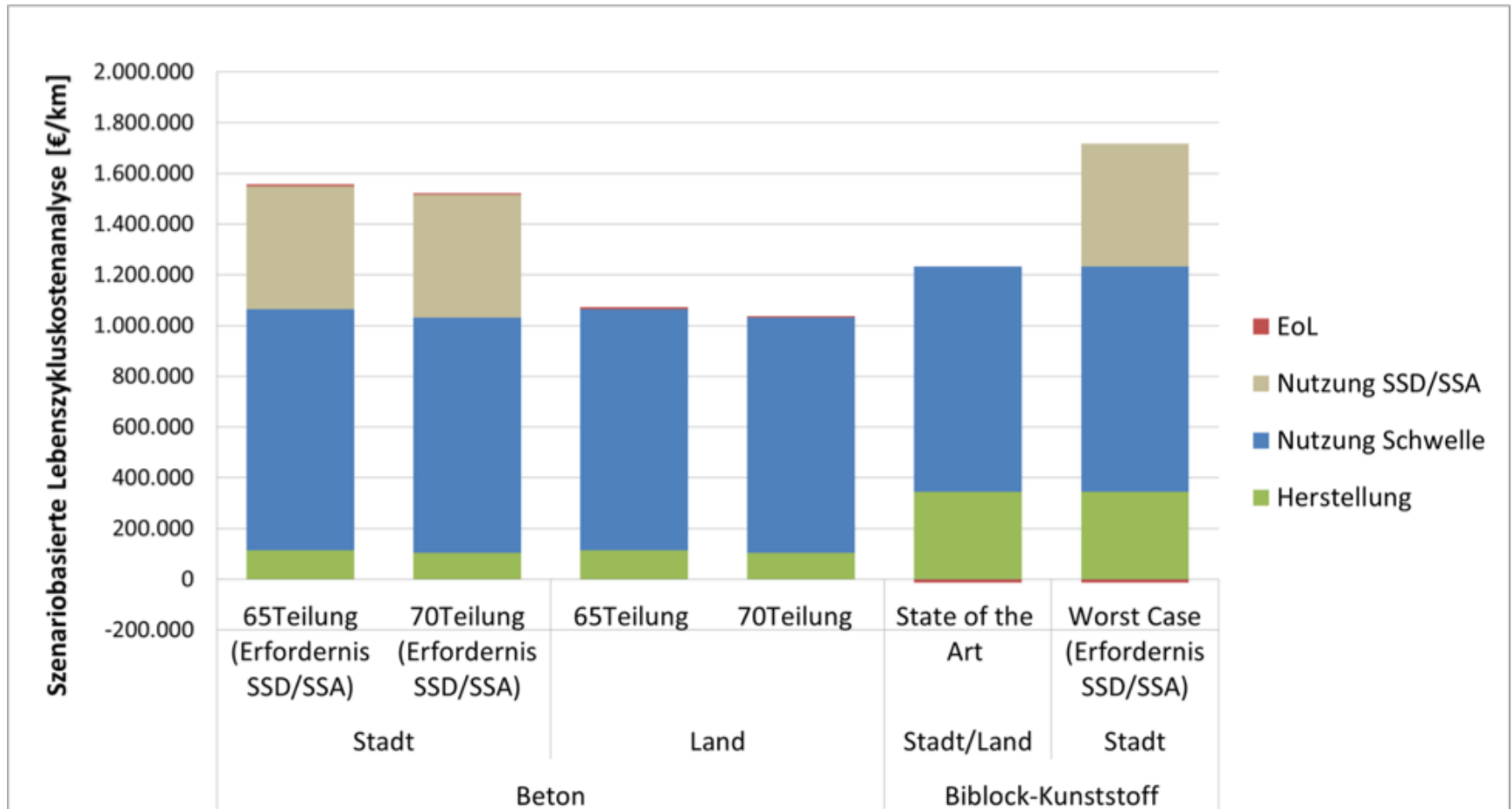
- Anlageninvestitionskosten und weitere Fixkosten
- Material- und Energieeinsatz
- Personaleinsatz
- Erlöse für Recyclingmaterial

Σ Kosten/Ertrag EoL (€/fE)

=

Life Cycle Costs (LCC) (€/fE)

Szenarioanalyse der Lebenszykluskosten



Fazit

LCC:

- Die Schwelle2020 eignet sich in besonderem Maße für die Installation in Fahrbahnsystemen, in denen für die Betonmonoblockschwellen lärmreduzierende Systeme zu installieren sind
- Entscheidender Kostenfaktor ist die Lebensdauer/Liegedauer der Alternativsysteme. Bei Kunststoff gehen wir von 50 Jahren aus

Außerdem Vorteile

- bei tragarmen Böden
- in Bereichen, in denen eine verbesserte Lagestabilität im Gleis erforderlich ist

Zusammenfassung

- Materialauswahl ✓
- Festigkeitsberechnungen ✓
- Moldflow-Simulation ✓
- Bau des Werkzeugs ✓
- Herstellung Demonstratoren ✓
- Erste Tests am Schwellenkörper ✓
- LCC ✓

Ausblick

- Ausstehende orientierende Tests und Lebensdauerprüfungen
- Weitere Werkzeugmodifikation (Schraubenlöcher)
- Vollständige Prüfungen nach Erfordernissen EBA und DB Netze
- Teststrecke



Dank

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

VDI

Technologiezentrum

FKZ: 13XP5013A -13XP5013C