

Fahrgastraumbeleuchtung in Schienenfahrzeugen

Berlin 06.07.2016



Wissen für Morgen



Inhalt:

- Einleitung
- Stand der Technik in der Fahrgastraumbeleuchtung
- Aktuelle und zukünftige Herausforderungen
- Themabezogene Forschungsarbeiten im DLR-FK
- Zusammenfassung

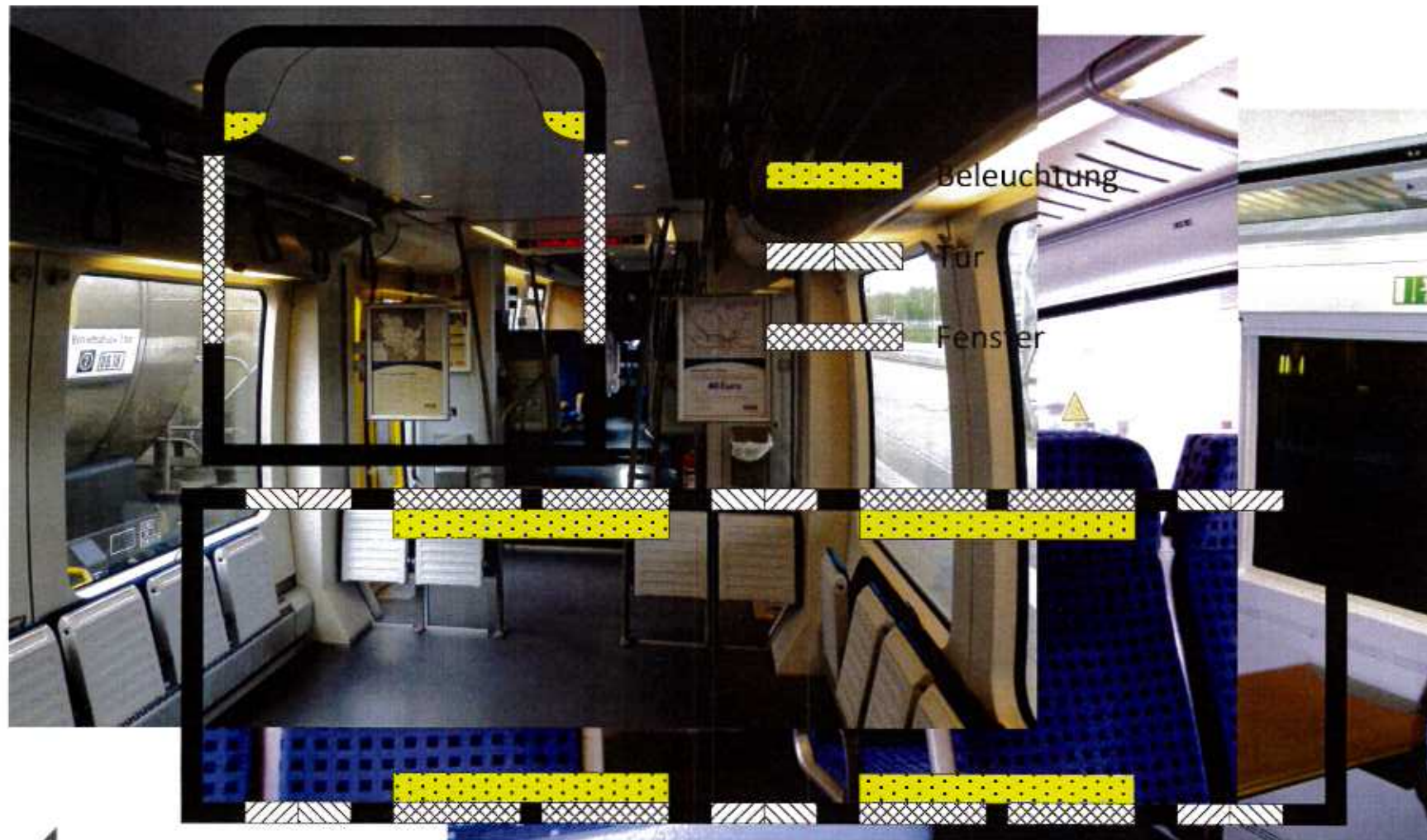


„Bahn“ in der Presse

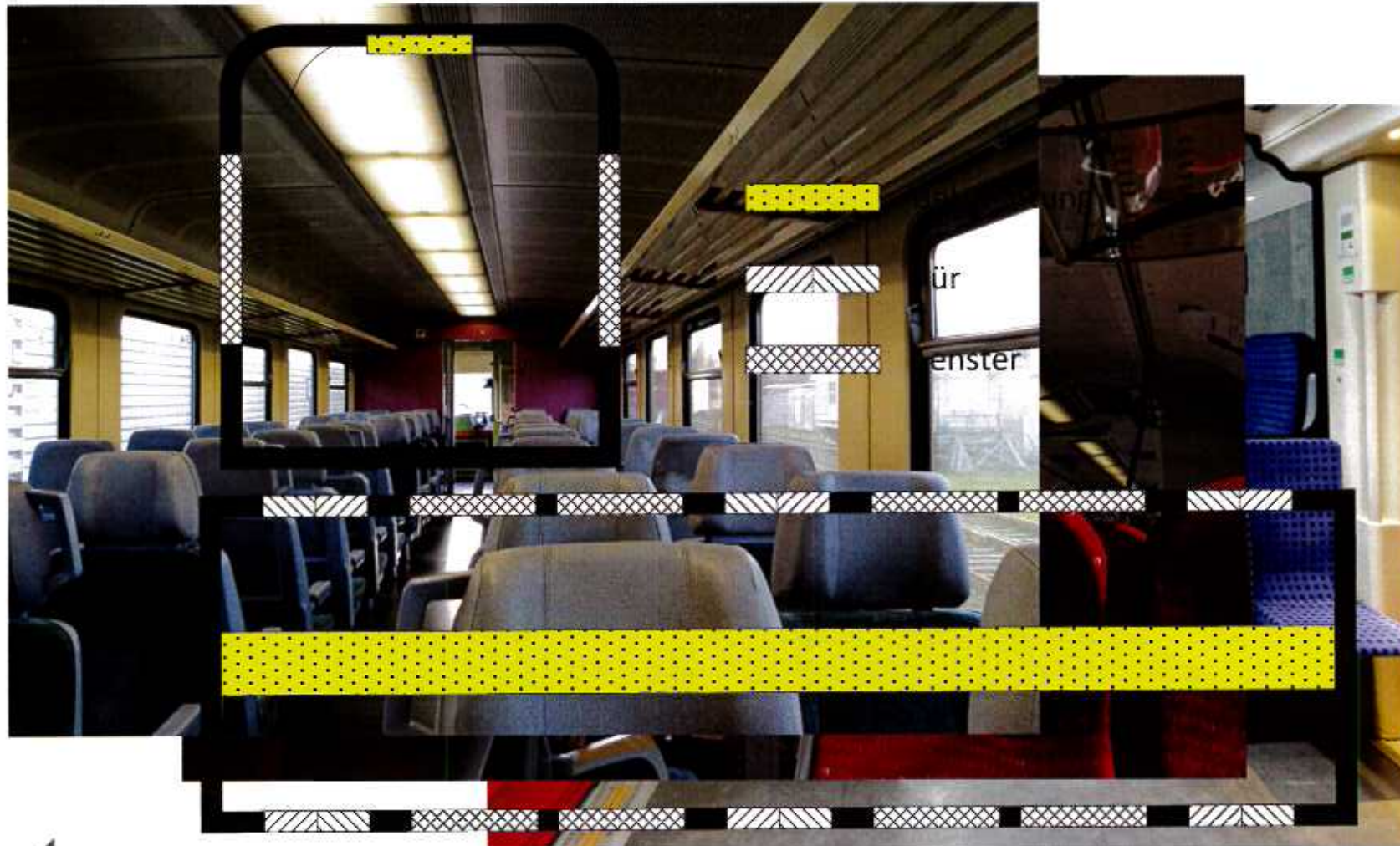
- Verspätung
- Lärm
- Debatte um neue Strecken/Bahnhöfe
- Signalstörung
- Ausfall
- Modernisierung
- Bauarbeiten
- Streik
- Streckensperrung
- Erhöhung der Fahrkartenpreise



Fahrgastraumbeleuchtung: Layout 1



Fahrgastraumbeleuchtung: Layout 2



Fahrgastraumbeleuchtung: Layout 3



Fahrgastraumbeleuchtung: exotische Layouts



Fahrgastraumbeleuchtung: Leuchtmittel

Leuchtstoffröhren

- Lichtausbeute: 90 lm/W
- Lebensdauer: 20.000 h
- Preis: 3 €/klm
- Dimmbar: im Sfz nein
- Reflektor/Streuscheibe: ja
- Vorschaltgerät: ja
- Lichtquellenart: Linie
- Einbauflexibilität: gering

LEDs

- Lichtausbeute: 120 lm/W
- Lebensdauer: 80.000 h
- Preis: 15 €/klm
- Dimmbar: ja
- Reflektor/Streuscheibe: ja
- Vorschaltgerät: ja
- Lichtquellenart: Punkt
- Einbauflexibilität: mittel



Aktuelle Anforderungen

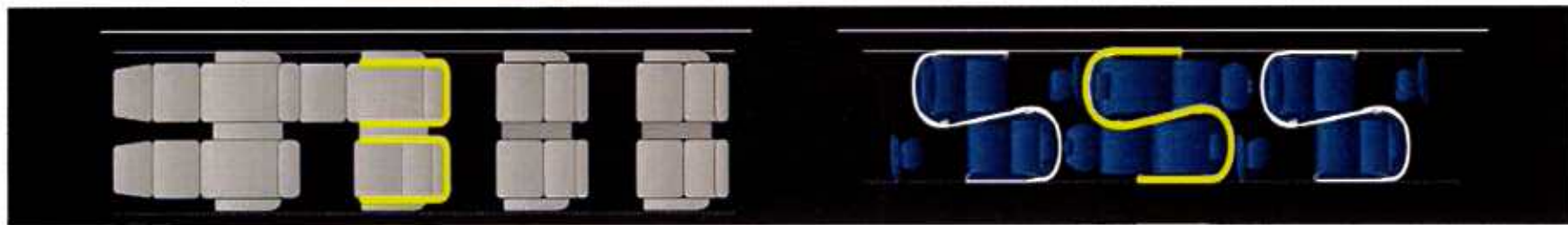
- Energie sparen
- Kosten sparen
 - kostenneutraler Ersatz von Leuchtmitteln und Vorschaltgeräten im Rahmen von Wartungszyklen
 - Implementierung von intelligenten Steuerkonzepten
- Fahrgastkomfort erhöhen
- Attraktivität des Bahnfahrens steigern
 - Verbesserung der Beleuchtungskonzepte beim Redesign von Zügen
- Individualisierung
 - Einbau von intelligenter und flexibler Lesebeleuchtung



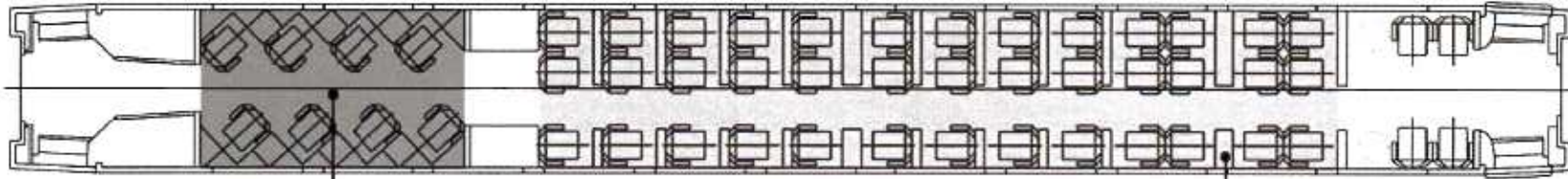
Zukünftige Fahrgastraumkonzepte



Zukünftige Fahrgastraumkonzepte

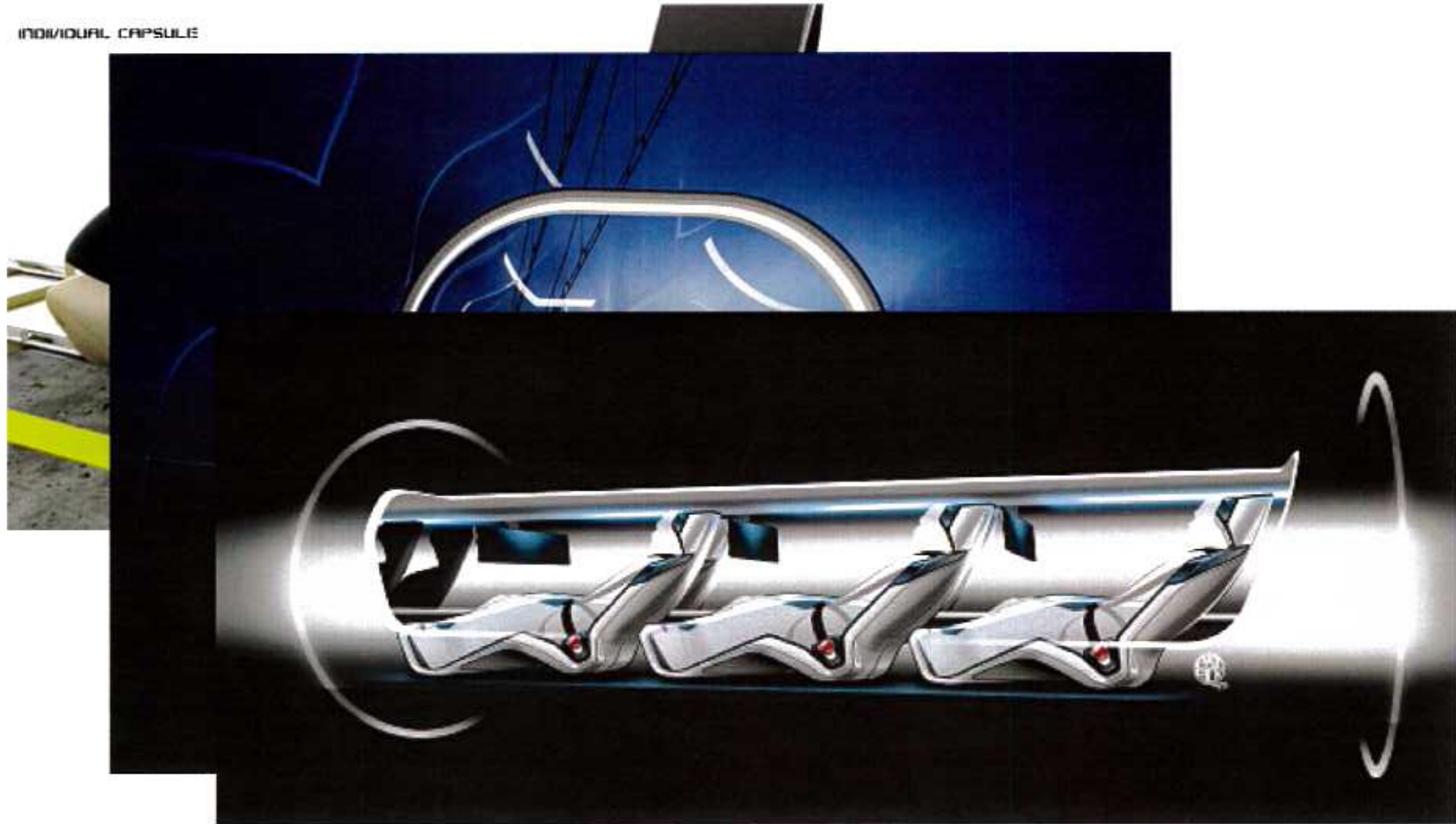


Zukünftige Fahrgastraumkonzepte



Zukünftige Fahrgastraumkonzepte

INDIVIDUAL CAPSULE



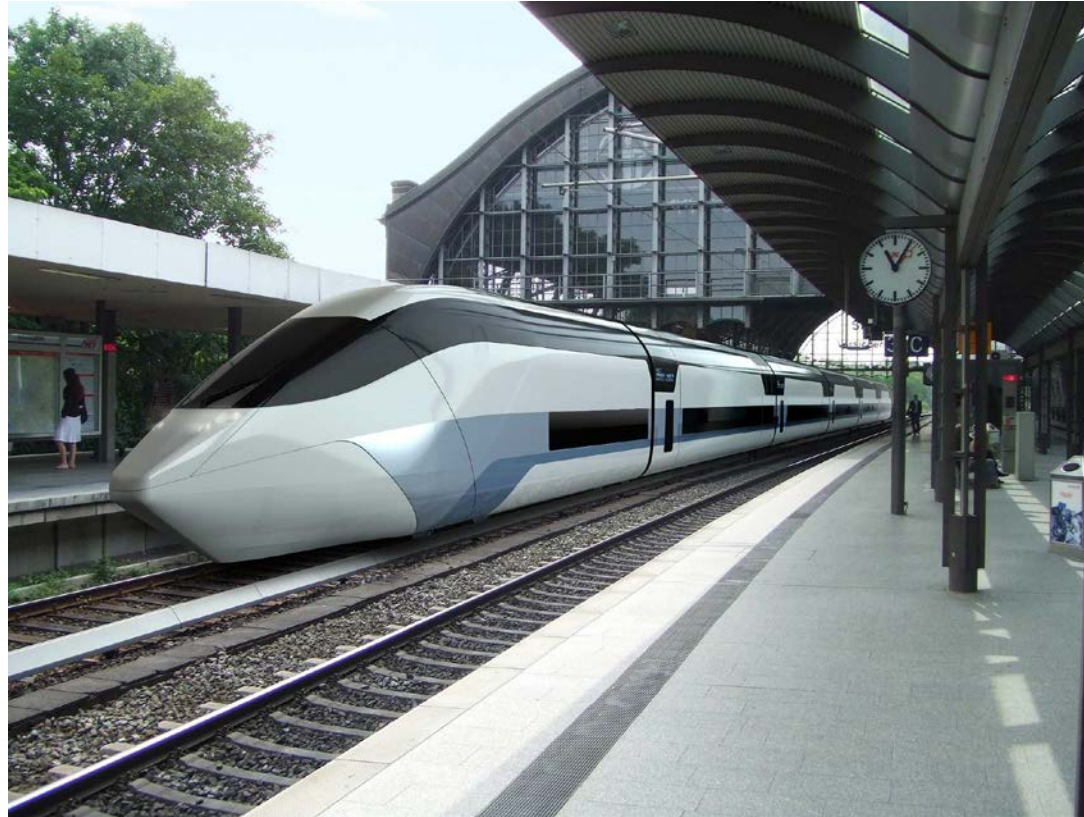
Zukünftige Herausforderungen

- Steigender Mobilitätsbedarf der Bevölkerung
 - Individualisierungsbedarf (mobiler Arbeitsplatz / Familienabteil)
 - Integrierte Komfortfunktionen
 - Steigende Erwartungen aufgrund von zunehmender Digitalisierung
 - Höhere Bauraumeffizienz
 - Höhere Materialeffizienz (Recycling oder lebenslange Garantie)
- langlebige, kostengünstige, hochintegrierte Leuchtmittel
- intelligente Steuerelektronik / Sensorik
- ganzheitliche Betrachtung von Beleuchtungskonzepten

Hohe Zuverlässigkeit



Zug der Zukunft 2035 Hamburg Dammtor

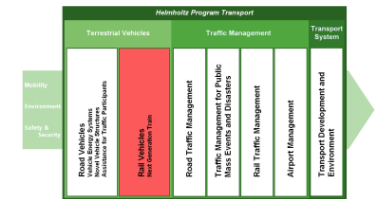


Stromlinienförmiger Doppelstock-Triebwagenzug; Einzelräder; elektrischer Antrieb 18 MW
400 km/h; aerodyn. + Generatorbremsen Bremsweg 8 km; Laufleistung 83.000 km/Monat



Themen und Ziele

1. **Erhöhung der zugelassenen Geschwindigkeit**
auf 400 km/h (wiss. Untersuchungen zu 600 km/h)
2. **Halbierung des spezifischen Energiebedarfs**
gegenüber dem ICE 3 bei 300 km/h
3. **Lärmreduktion**
4. **Komfortsteigerung**
5. **Verbesserung der Fahrsicherheit**
6. **Verringerung des Verschleißes und der Lebenszykluskosten**
7. **Kosteneffiziente Bauweisen**
durch Modularisierung und Systemintegration
8. **Effizienzsteigerung**
von Entwicklungs- und Zulassungsprozessen



Beleuchtungskonzept: Zielsetzung

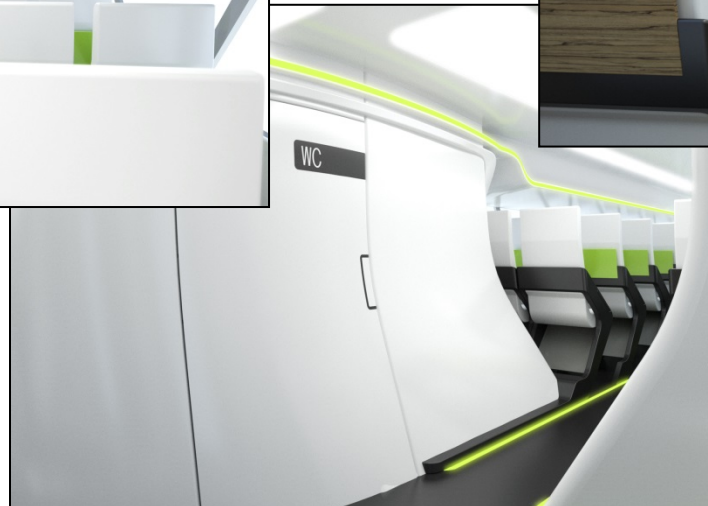
- Das Ziel ist ein innovatives Konzept der komfortablen, energieeffizienten und wartungsarmen (-freien) Beleuchtung für Reisezugwagen, welches wirtschaftlich umsetzbar ist.



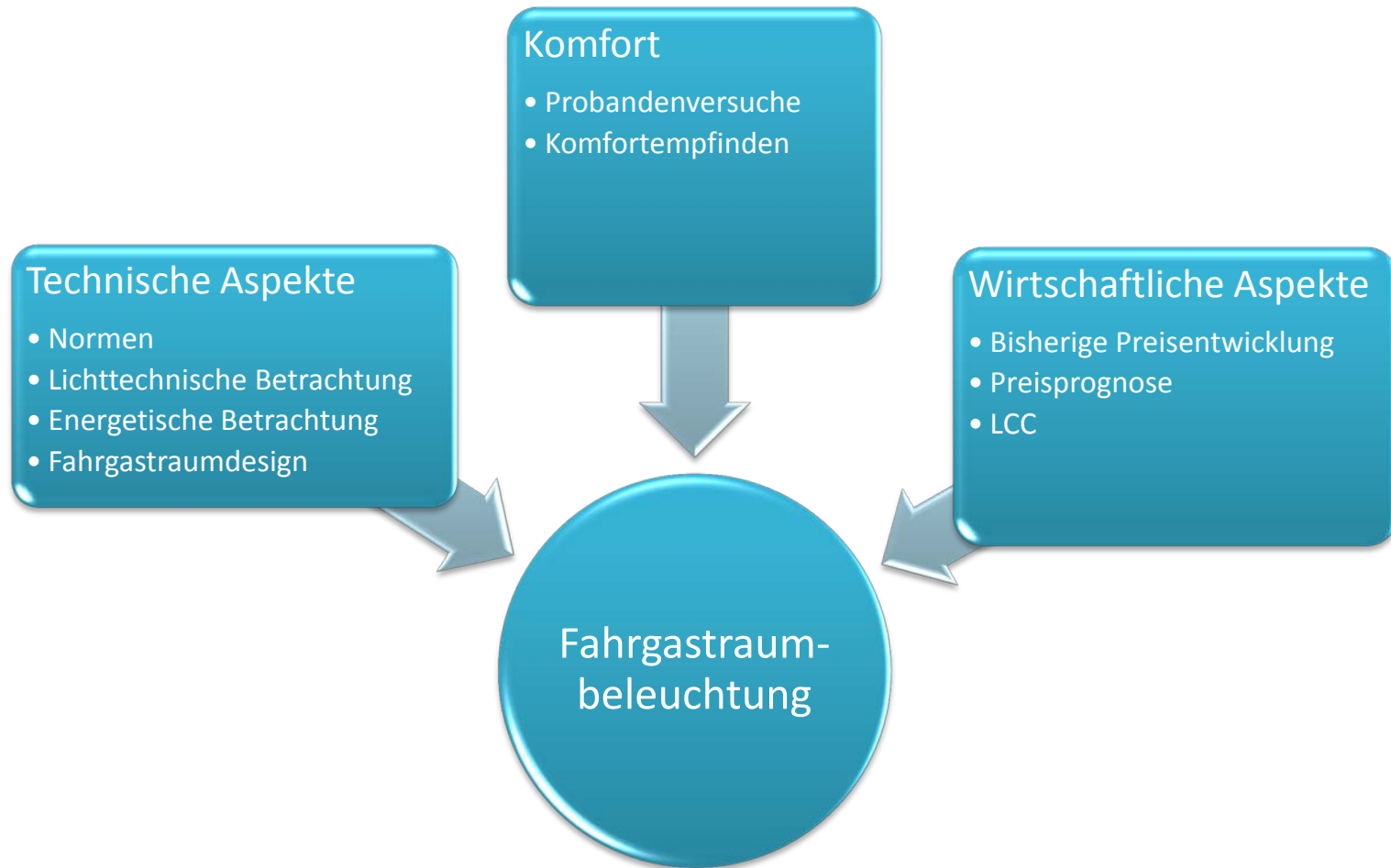
Untere Ebene



Obere Ebene



Beleuchtungskonzept: Systematische Betrachtung

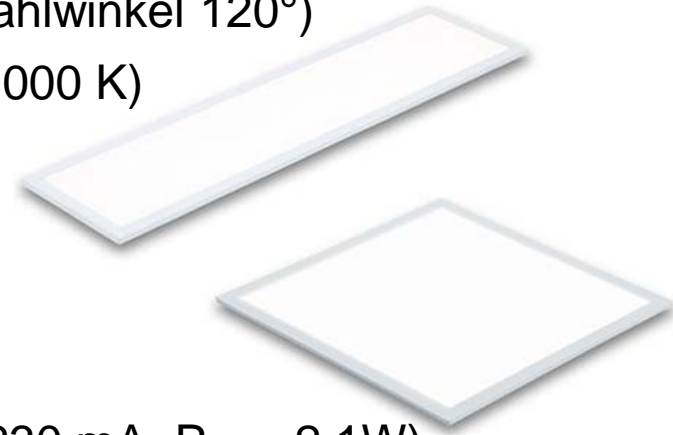


Beleuchtungskonzept: verwendete Leuchtmittel

OLEDs

Vorteile:

- Homogenes, blendfreies und flächiges Licht (Abstrahlwinkel 120°)
- Dimmbares neutralweißes Licht (Farbtemperatur 4.000 K)
- Hohe Farbwiedergabe $R_a > 90$
- Hocheffizient (derzeit 50 lm/W)
- Extrem flache Bauform (< 2,5 mm)
- Praktisch keine Wärmeentwicklung (typ. $T=40^{\circ}\text{C}$)
- Niedrigspannung/-Niedrigstromversorgung (typ. $I=230\text{ mA}$, $P_{\text{max}}=2,1\text{W}$)





Quelle: Tridonic

Nachteile:

- Rand von 5 mm
- Begrenzte Elementgröße (heute max. 320x320 mm)
- Noch relativ hoher Preis (derzeit ca. 600 €/klm)



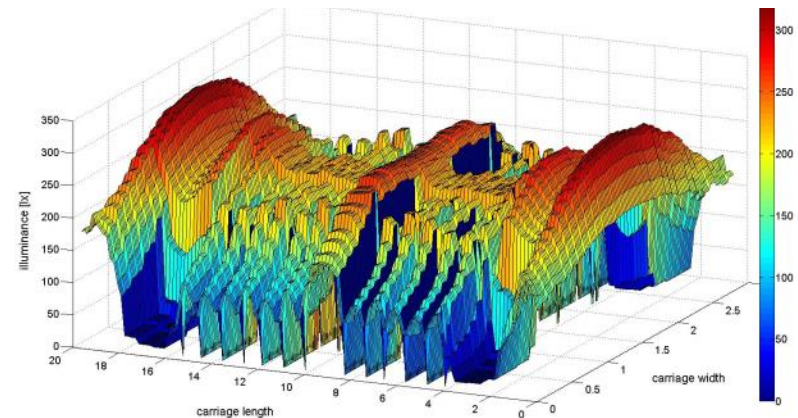
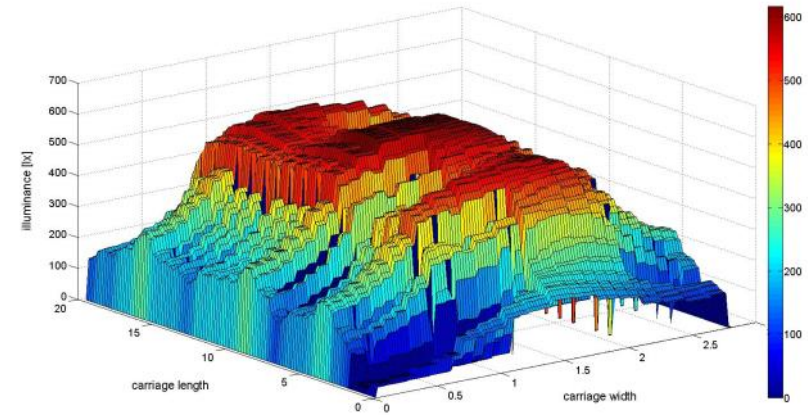
NGT-Beleuchtungskonzept

	NGT HST	NGT LINK
		
Anzahl der Leuchtmittel im Zug:	5208	3027
Elektrische Gesamtleistung pro Zug:	11 kW	6,4 kW
Elektrische Leistung pro Sitzplatz:	13,8 W	14,1 W
Leistungseinsparung pro Sitzplatz ggü. ICE 3:	51%	50%
Besonderheiten:	<p>OLED als Leuchtmittel, integrierte Lesebeleuchtung (HST), dynamischer Ausgleich äußerer Lichteinflüsse, extrem platzsparend</p>	



NGT-Beleuchtungskonzept: HST

- Konzept erfüllt alle Vorgaben aus DIN EN 13272
- Leuchtenlayout entspricht der Designstudie



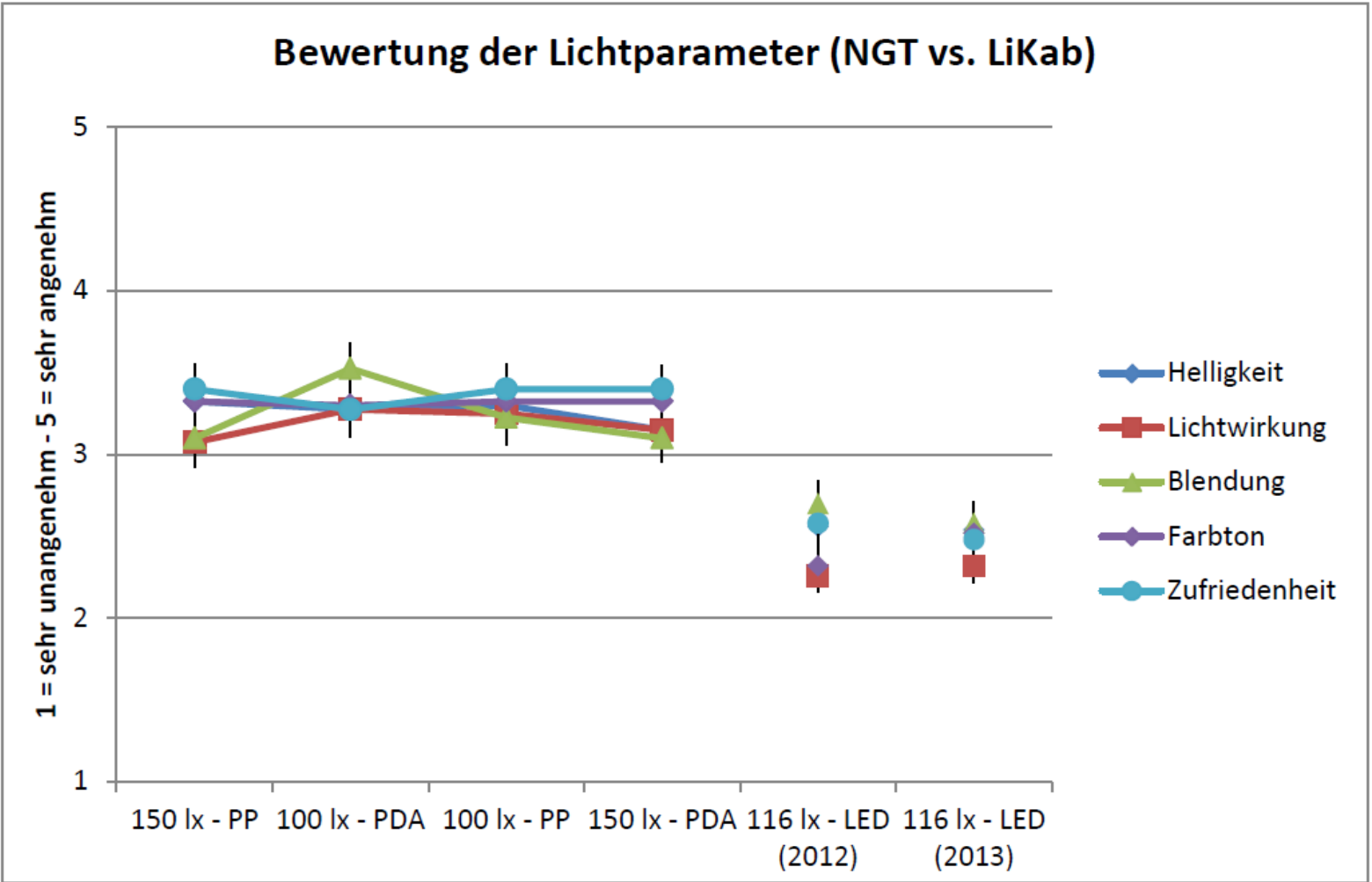
Probandenversuche im NGT-Mockup

- Zwei Versuche je 20 Probanden (10 männlich und 10 weiblich)
- Zwei Beschäftigungsszenarien: Kreuzworträtsel = Paper-Pencil und Computerspiel auf dem PDA
- Zwei Beleuchtungsszenarien: mind. 100 lx (\emptyset 133 lx) und mind.150 lx (\emptyset 201 lx)
- Konstantes Klima und konstanter Geräuschpegel



Probandenversuche im NGT-Mockup: Ergebnisse

- F
- L
- E
- F
- S
- Z
- S



Wirtschaftliche Bewertung

Ziel:

- Ermittlung der mit dem Beleuchtungskonzept verbundenen Lebenszykluskosten
- Prognose zur Kostenentwicklung

Betrachtungsgegenstand:

- Beleuchtung des NGT HST und NGT LINK im Vgl. ICE 3 (BR 407 – Velaro D)
- Fokus auf Beleuchtungssystem in den Fahrgasträumen und Wagenübergängen

Leuchtmittelanzahl:



- 348 Leuchtstoffröhren
- 111 LED-leselampen
- 29 LED-Spots



- 5.208 OLED-Module

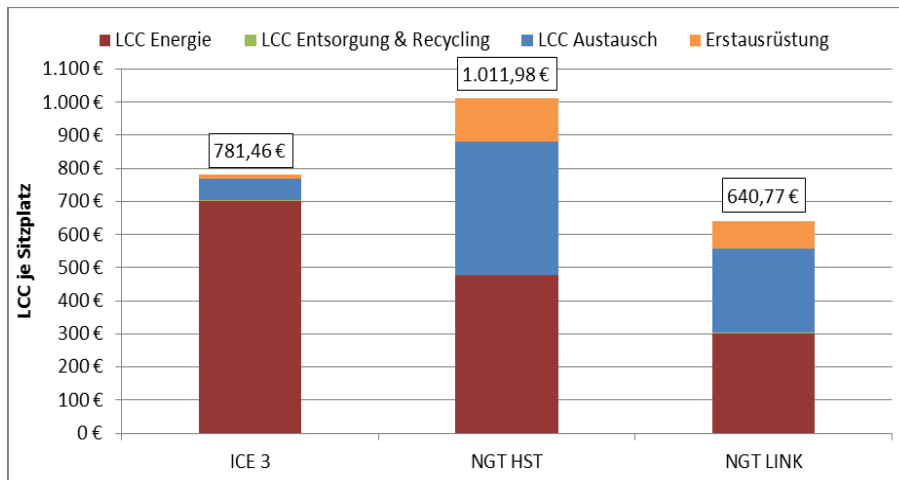


- 3.027 OLED-Module

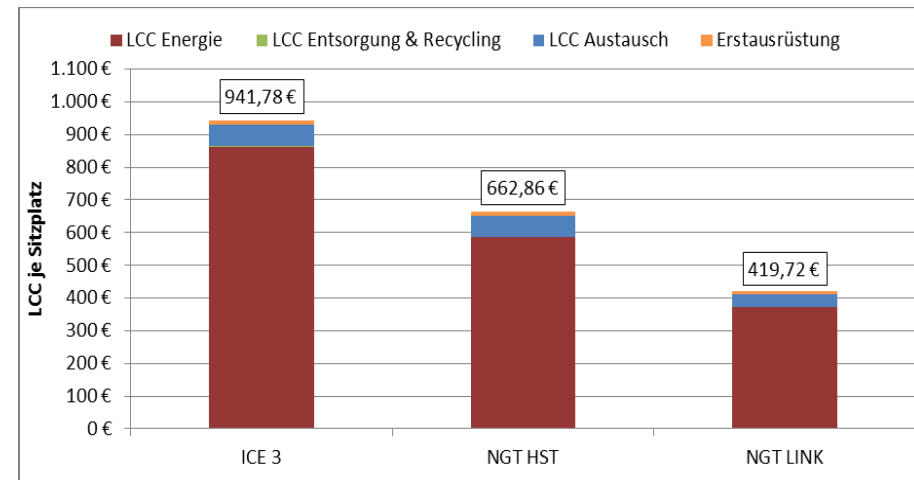


Wirtschaftliche Bewertung: Ergebnisse

- Hohe Leuchtmittelanzahl, geringe Lebensdauer und hohe Kosten der OLED führen zu insgesamt höheren LCC-Kosten
- Hoher Anteil an Erstausrüstungs- und Austauschkosten
- LCC-Kosten bei der Ausrüstung der Fahrzeuge im Jahr 2025 trotz der höheren Leuchtmittelanzahl deutlich geringer
- Energiekosten sind wesentlicher Kostentreiber



Betrachtungszeitraum 2015-2045
Lebensdauer OLED 15.000 h, 20 €/Modul



Betrachtungszeitraum 2025-2055
Lebensdauer OLED 50.000 h, 2 €/Modul



Wirtschaftliche Bewertung: Sensitivitätsanalyse

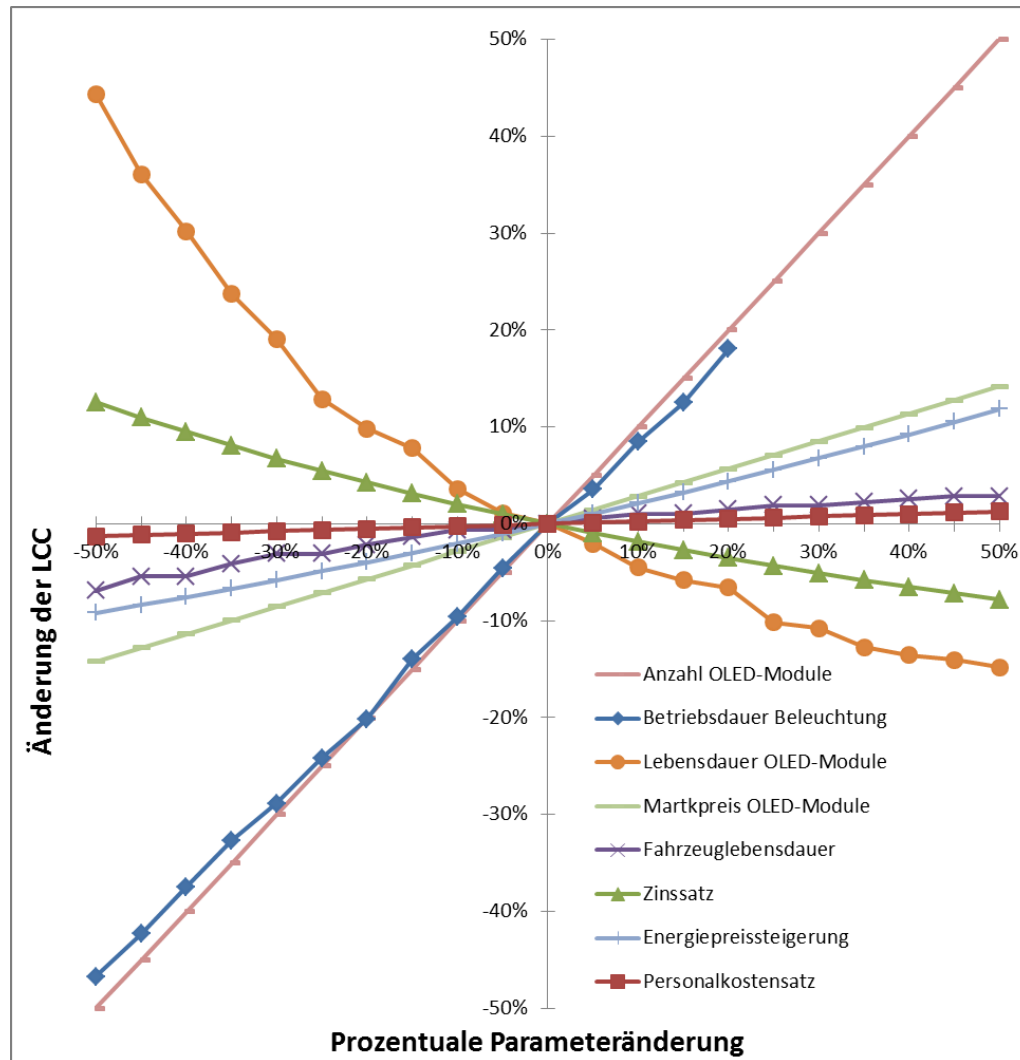
Ziel

- Ermittlung der individuellen Einflusshöhe der Eingangsparameter auf die Lebenszykluskosten
- Identifikation der Parameter, die ein hohes Kostenreduzierungspotenzial aufweisen
- Variation folgender Parameter:
 - Betriebsdauer der Beleuchtung [h/a]
 - Lebensdauer der OLED-Module [h]
 - Fahrzeuglebensdauer [a]
 - Anzahl der OLED-Module [Stk.]
 - Marktpreis der OLED-Module [€/Stk.]
 - Energiepreissteigerung [%]
 - Personalkostensatz [€/Std.]
 - Zinssatz [%]



Wirtschaftliche Bewertung: Sensitivitätsanalyse

Ergebnis



Zusammenfassung

- Für effiziente Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen der Bevölkerung ist Bahnverkehr von enormer Bedeutung
- Für Komfortempfinden der Fahrgäste spielt die Beleuchtung eine zentrale Rolle
- Attraktivität des Bahnfahrens kann durch innovative, intelligente, effiziente und kostengünstige Beleuchtungskonzepte gesteigert werden

→ Bahnindustrie muss die zukünftigen Trends bereits heute erkennen, dann sind die Herausforderungen gemeinsam mit Forschern und Fahrzeugbetreibern auch zu bewältigen!



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Wissen für Morgen



Kontakt Daten

Ivan WINDEMUT
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Fahrzeugkonzepte
Rutherfordstrasse 2
12489 Berlin**

**Telefon: +4930 67055 624
ivan.windemut@dlr.de
www.dlr.de/fk**

