

Fakultät für Verkehrswissenschaften „Friedrich List“
Professur für Elektrische Bahnen

Lebenszykluskosten von Oberleitungsanlagen

ÖVG-Kongress Fahrstromanlagen // Technisches Museum Wien, 09. November 2018

Dipl.-Ing. Fritjof Aufschläger
Prof. Dr.-Ing. Arnd Stephan



National Audit Office

The three lines with cancelled electrification projects

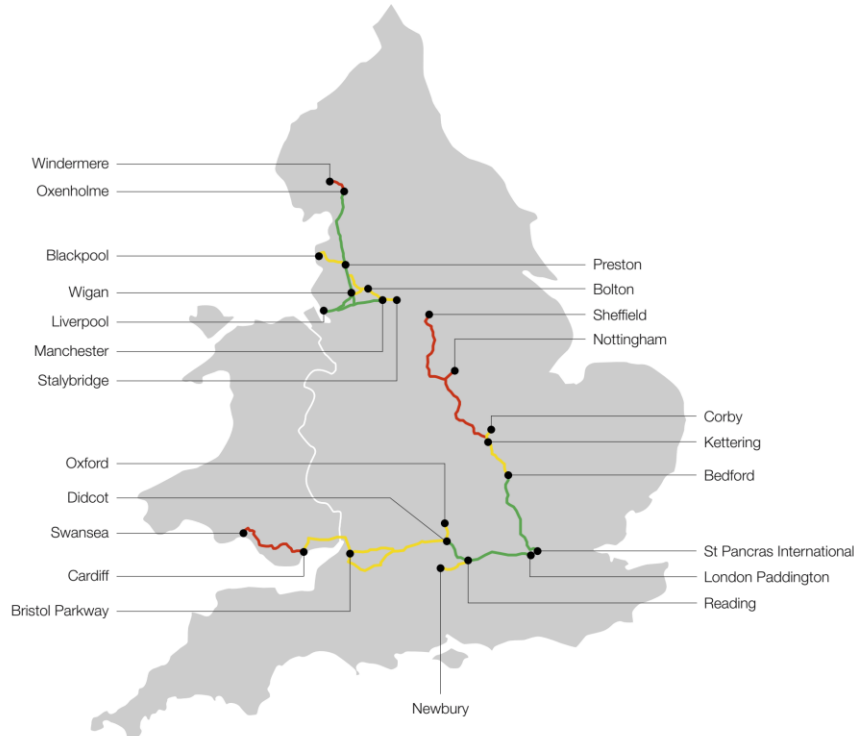
Report

by the Comptroller and Auditor General

Department for Transport

Investigation into the Department for Transport's decision to cancel three rail electrification projects

HC 835 SESSION 2017-2019 29 MARCH 2018



- Key stations
- Electrification complete
- Electrification pending
- Electrification cancelled

Note

1 This map shows the electrification schemes planned as part of the Midland Main Line, Great Western Main Line and the North of England programmes. This map does not show the full extent of the Department's electrification plans.

Source: National Audit Office analysis

Problem #1: Elektrifizierungen sind sind kostspielige Investitionen, deren finanzielle Vorteile sich selten in betriebswirtschaftliche Dimensionen zwingen lassen!

Problem #2: Vermeintlich simple Alternativen lassen eine nüchterne Gesamtbetrachtung häufig missen, die mangels der dazu benötigten Erkenntnisse aber momentan ohnehin nicht zu bewerkstelligen ist!

Mit der Betrachtung der Lebenszykluskosten können wir die lange Lebensdauer und die hohe Verfügbarkeit der klassischen elektrischen Eisenbahn angemessen abbilden!

Nur so wird man der volkswirtschaftlichen Relevanz der Eisenbahninfrastruktur und den sinnvollen Nischenanwendungen alternativer Antriebe gerecht.



Foto: Matti Blume CC BY-SA 4.0

Lehre und Forschung an der Professur für Elektrische Bahnen



*Bahnenergieversorgung und
-zuführung*



Elektrische Fahrzeuge

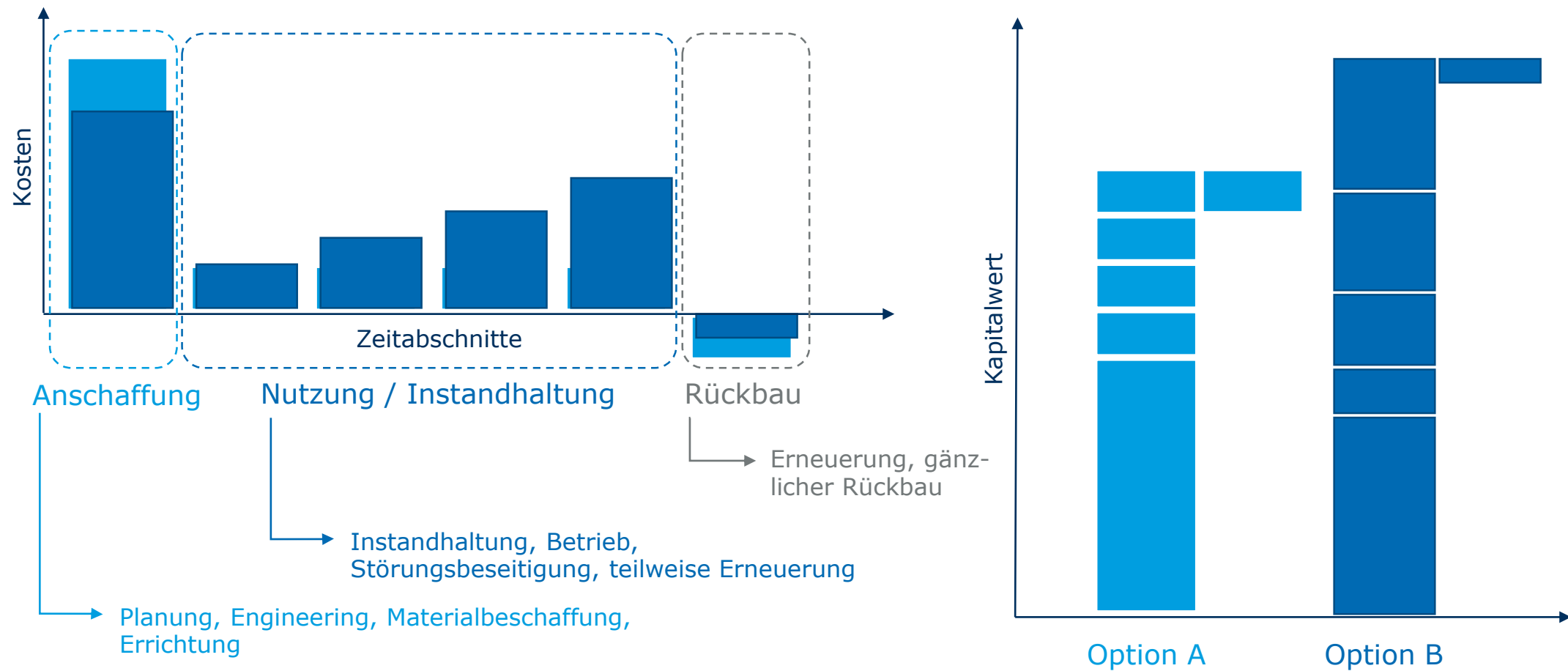


Eisenbahnbetrieb

Teil I

Lebenszyklusbetrachtungen an der Professur für Elektrische Bahnen

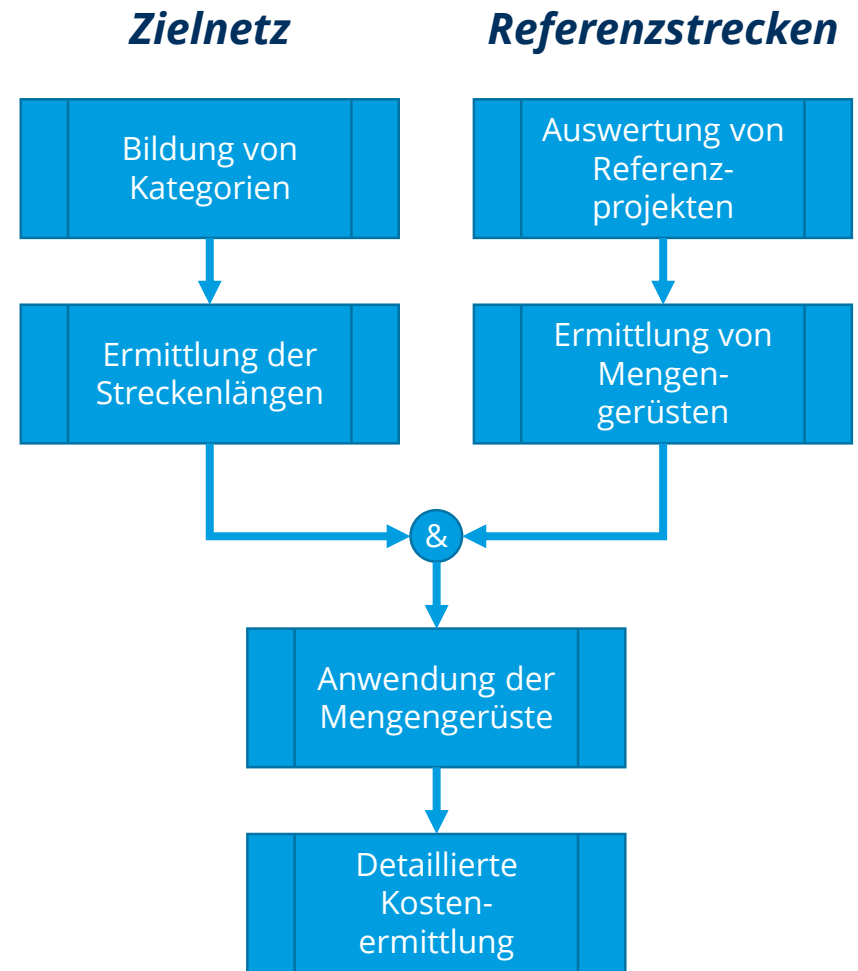
Exkurs: Überblick Lebenszykluskosten



Besonderheiten bei der Bahn: Lange Lebenszeiten und hoher volkswirtschaftlicher Nutzen

Rückblick I: „Vollelektrifizierung Deutschland“

- **Fragestellung:** „Wie viel kostet die Elektrifizierung des gesamten Netzes in Deutschland?“
- **Unsere Lösung:** Bildung von komponentengenauen Kostenkennwerten anhand Referenzstrecken und Anwendung auf das Zielnetz
- **Erkenntnis #1:** Bei einem Elektrifizierungsanteil von 59% werden bereits heute ~90% der Transportleistung elektrisch erbracht!
- **Erkenntnis #2:** Je zweigleisigem Streckenkilometer ergibt sich eine Bandbreite zwischen 1 und 2 Mio. EUR!
- **Erkenntnis #3:** Die Kosten für die Elektrifizierung der verbleibenden ~18 500 km in Deutschland liegen zwischen 6,9 und 22,4 Mrd. EUR!
- **Makroskopische Erkenntnisse zu den Errichtungskosten von Oberleitungsanlagen!**

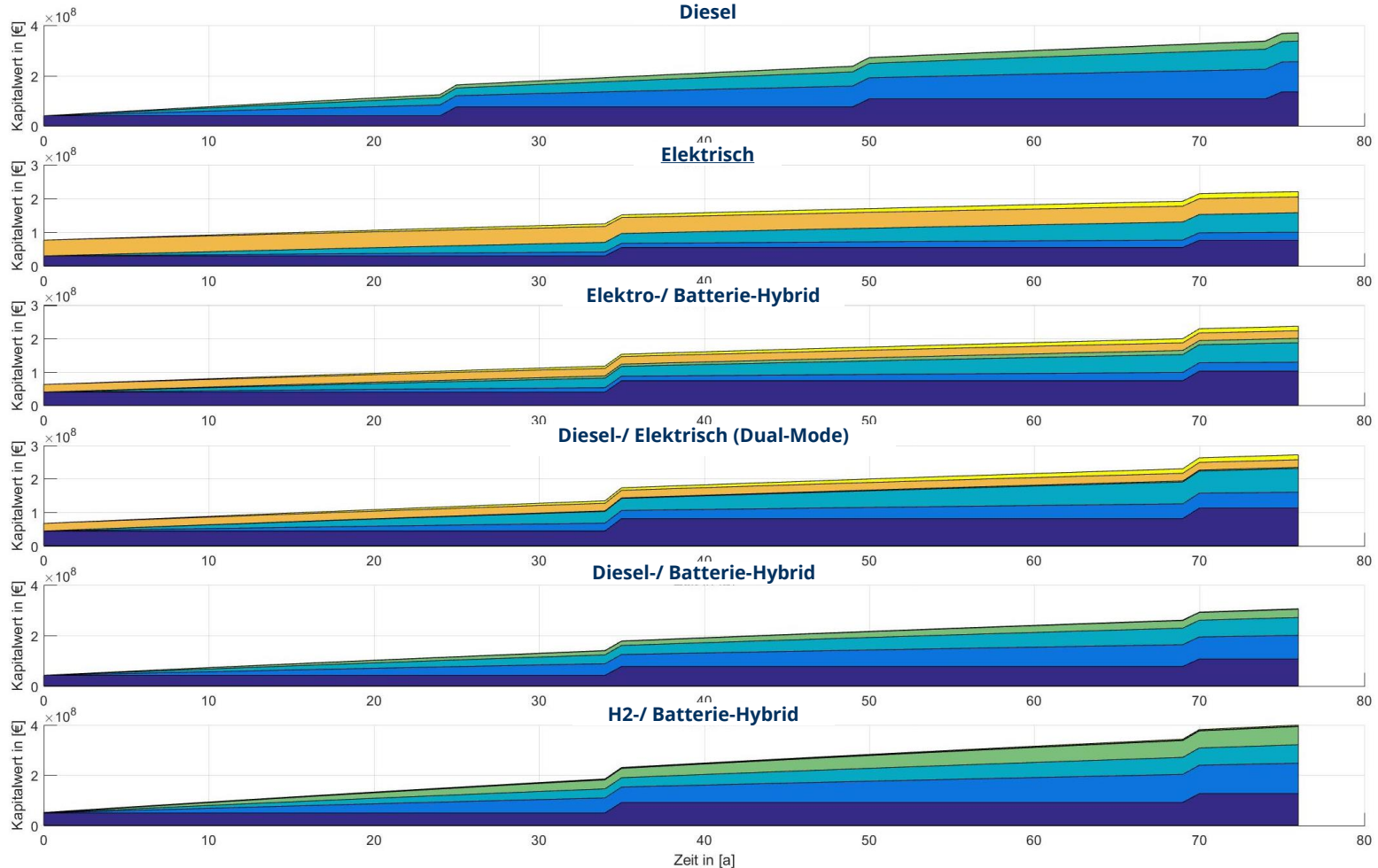
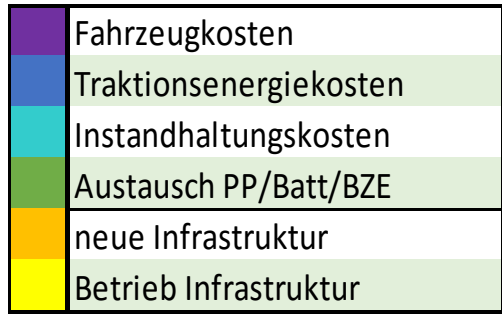


Rückblick II: „Welcher Hybrid für welche Strecke?“

- **Fragestellung:** Welches Antriebskonzept eignet sich zur Reduzierung von Dieselbetrieb im Nahverkehr?
- **Unsere Lösung:** Studien zum streckenspezifischen wirtschaftlich-technischen Vergleich von alternativen und konventionellen Lösungen
- **Erkenntnis #1:** Alternative Antriebe können heute schon wirtschaftlich sein, aber überall dort, wo viel gefahren wird, ist der Verkehr bereits elektrisch!
- **Erkenntnis #2:** Der Systemscheid ist immer streckenspezifisch anhand betrieblich-wirtschaftlicher Kriterien zu treffen!
- **Erkenntnis #3:** Elektrischer Verkehr ist immer ein Infrastruktur-Thema. *(Es liegt an den Betreibern und Bestellern, die Bildung vieler inkompatibler, proprietärer Schnittstellen einzuschränken!)*
- **Publikationen:**
 - › BEG-Studie „Alternative Antriebe im Bahnland Bayern“
 - › EI 09/2018 „Alternative Antriebskonzepte: Welcher Hybrid für welche Strecke?“
- **Praxisnahe Erweiterung des makroskopischen Ansatzes für die Betriebsphase!**



Fallbeispiel 1: Kapitalwertverläufe für eine stark befahrene Strecke

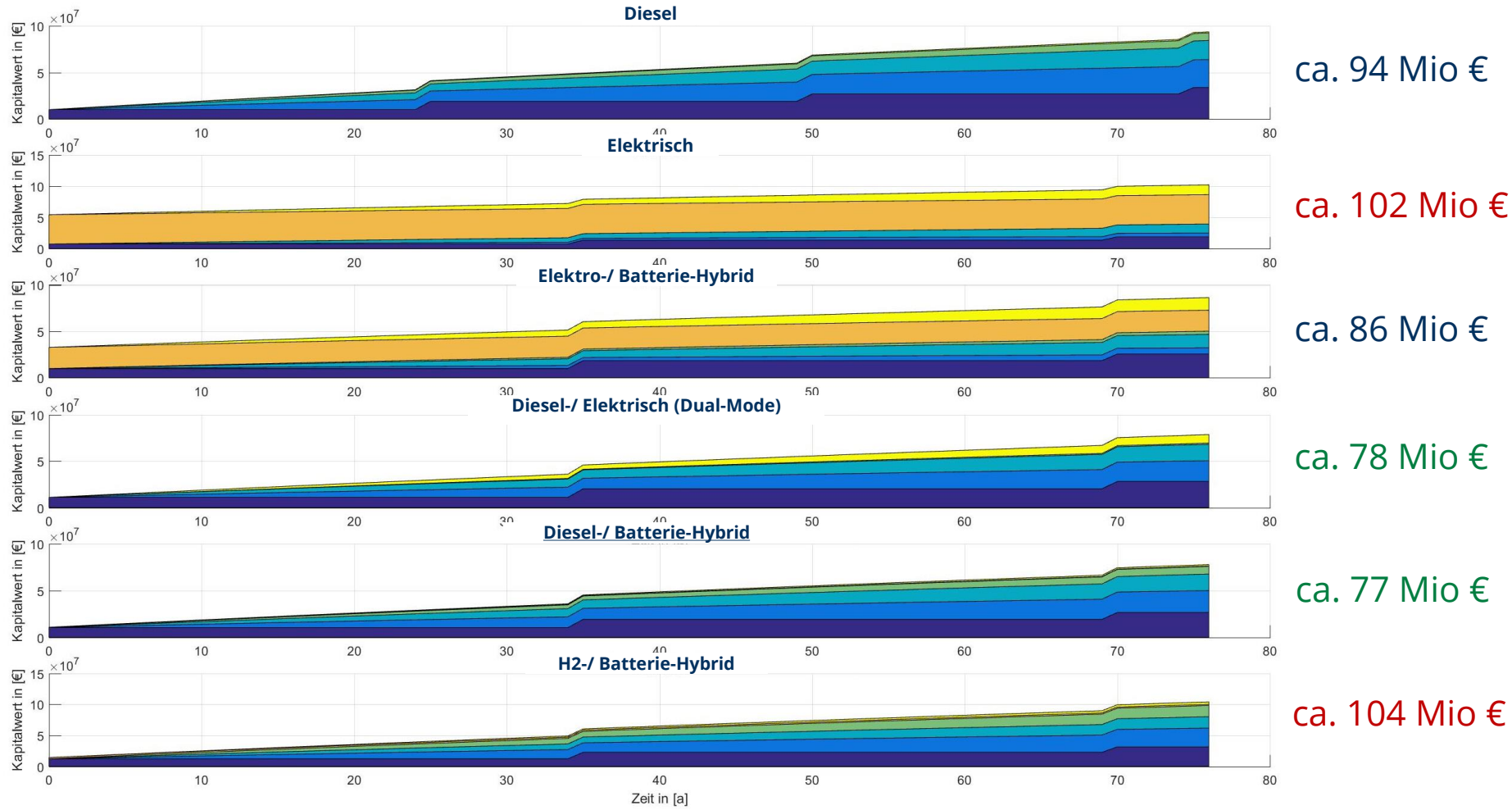


Randbedingungen:
RE-Verkehr,
30-min-Takt,
50 % elektrifiziert

Quelle: WITTEMANN, N.T.: *Welcher Hybrid für welche Strecke? – Einsatzfelder für alternative Antriebe im Bahnverkehr*. VWT 2018, TU Dresden.

Fallbeispiel 2: Kapitalwertverläufe für eine wenig befahrene Strecke

■	Fahrzeugkosten
■	Traktionsenergiekosten
■	Instandhaltungskosten
■	Austausch PP/Batt/BZE
■	neue Infrastruktur
■	Betrieb Infrastruktur



Randbedingungen:
RE-Verkehr,
2-h-Takt,
50 % elektrifiziert

Quelle: WITTEMANN, N.T.: *Welcher Hybrid für welche Strecke? – Einsatzfelder für alternative Antriebe im Bahnverkehr.* VWT 2018, TU Dresden.



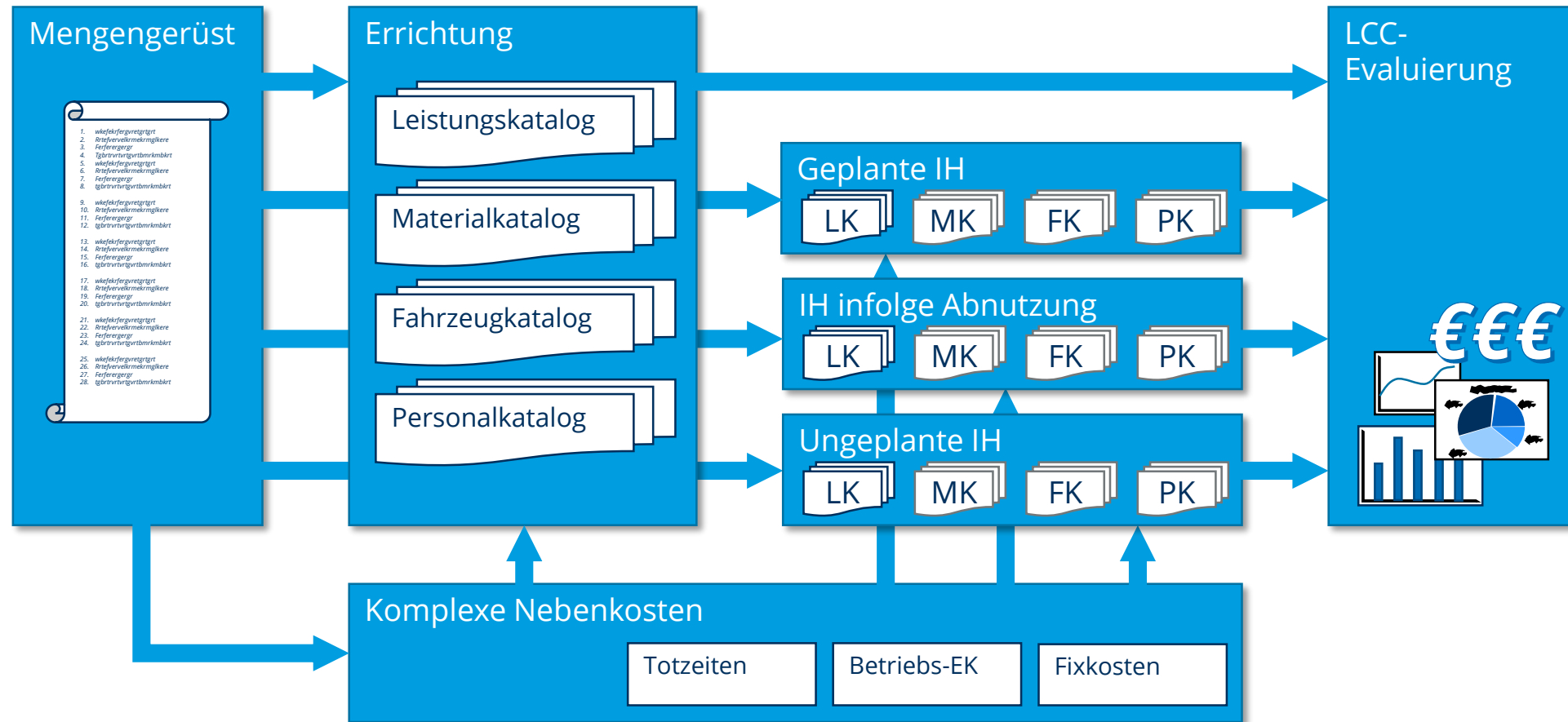
Teil II
LCC-Evaluation als dynamisches Softwaretool – Konzept und Datenlage

Themenkomplex „LCC von Oberleitungen“



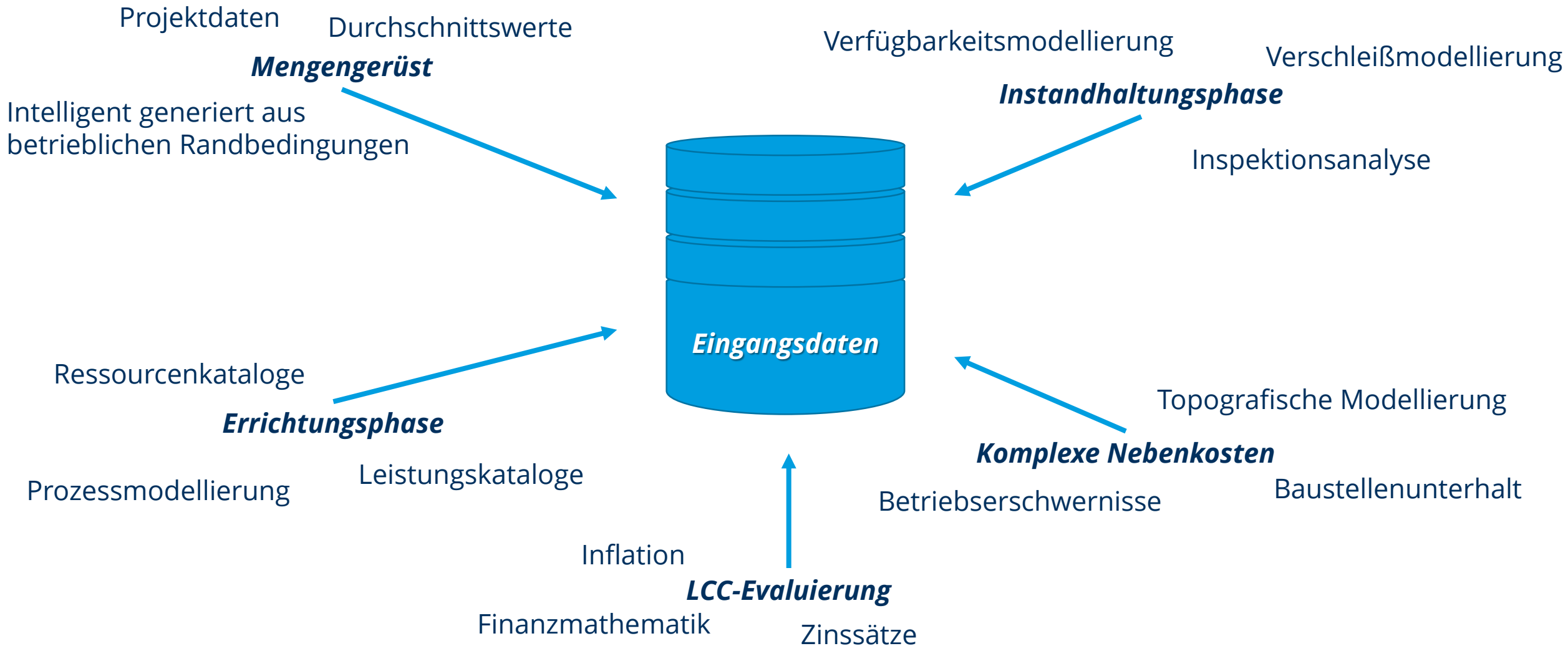
→ **Wichtigstes Forschungsziel ist die Entwicklung eines Werkzeugs zur Bewertung von Elektrifizierungsoptionen!**

Konzept zur toolgestützten Berechnung der LCC



→ **Die Aufgabe der Modellierung ist mit dem vorhandenen Erfahrungsschatz lösbar; die Herausforderung besteht in der Nutzarmachung der Eingangsdaten!**

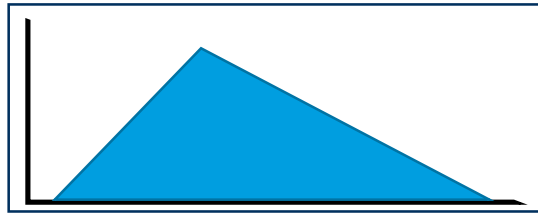
Eingangsdaten – der Schlüssel zum Erfolg



Datengewinnung durch Schätzen und Messen

Katalogerstellung durch Expertenschätzung

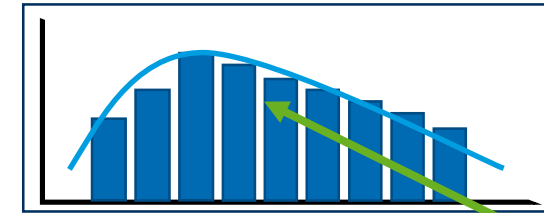
- **Projektwissen** zur Leistungserbringung ist heute vor allem in den Köpfen erfahrener Monteure und Bauleiter vorhanden
- Bewertung von Zeiten und Bedarfen



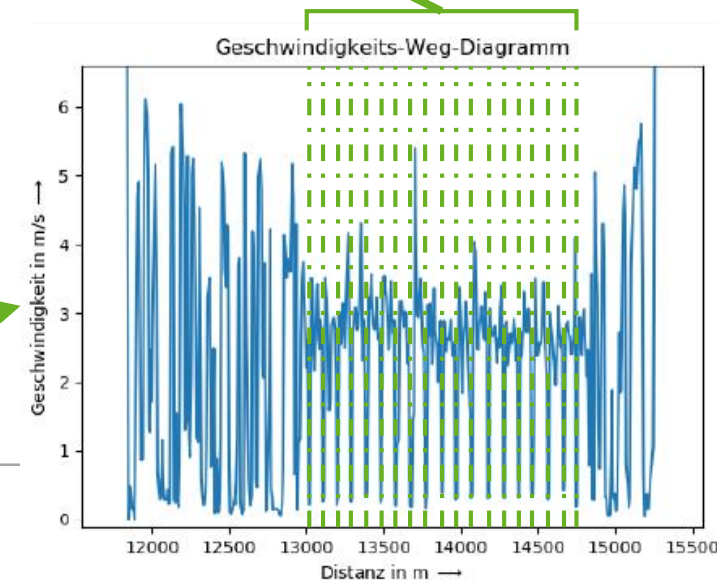
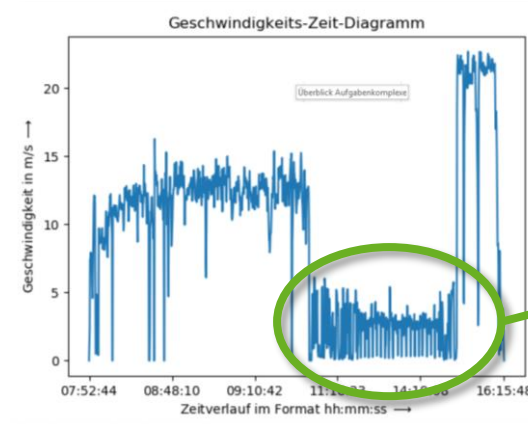
Wunsch: Objektive Messdaten neben „gefühltem“ Erfahrungswissen!

Katalogergänzung durch Messdatenauswertung

- Langfristig: möglichst objektive, **statistisch belegbare** Zeitenkataloge
- z.B.: Experimente mit **GPS-Tracking** von Bauleistungen und Mustererkennung



- **Ziel:** Abbildung von statistischen Bandbreiten durch Modellierung als geeignete Verteilung
- **Herausforderung:** Befragung mehrerer Experten zur Erhöhung des Vertrauens in die Daten → Genaue Definition der zu bewertenden Leistungen
- Standardisierte Methode zur Erstellung von **Leistungskatalogen** ist in Entwicklung



Teil III

Prinzip der Prozessmodellierung an Beispielen aus der Errichtungsphase

Exkurs: Ablauf der Errichtung von Oberleitungen¹



Masten



BEL-Seile



Ausleger



Kettenwerk



Regulierung

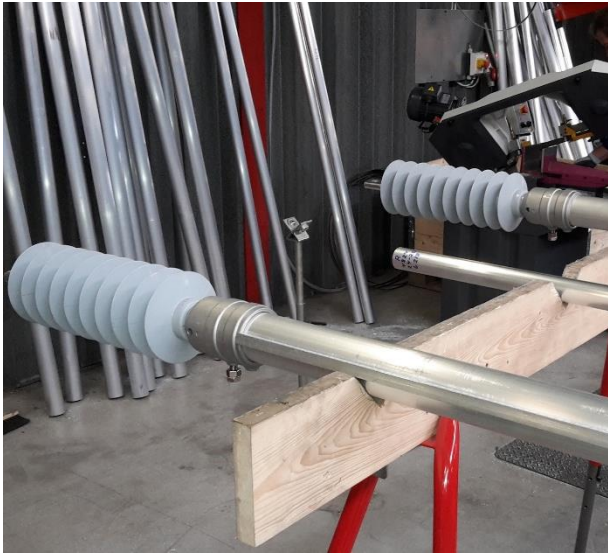


¹ Änderungen vorbehalten

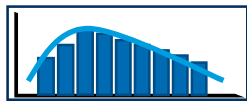
- Die Errichtung von Oberleitungen
- ist ein komplexes **Projektgeschäft**, das vielen Sachzwängen unterliegt;
 - wird **empirisch** geplant und durchgeführt;
 - benötigt **erfahrenes Personal** und **eingespielte Teams**; und
 - ist stark abhängig von den **vorliegenden Randbedingungen** sowie den **Möglichkeiten der Errichter**.

→ *Eine Betrachtung ist daher niemals allgemeingültig und muss für jedes Projekt und jeden Teilprozess gesondert durchgeführt werden!*

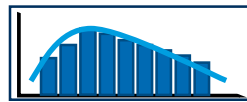
Modellierungsbeispiel 1: Auslegermontage



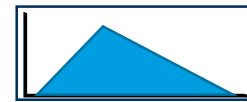
Herstellung



Logistik



Montage



- Modellierung als **sequentielle Abfolge** sinnvoll!
- Arbeitszeitansatz für vorliegenden Einzelfall aus **Expertenschätzung** bekannt
- Prozess muss um „Totzeiten“ wie **Anfahrt**, **Arbeitswege** oder Pausen ergänzt werden

...



Mast 1

Mast i

Mast n

...

Modellierungsbeispiel 2: Kettenwerkszug

Radspanner 1 einrichten



Fahrdraht und Tragseil simultan verlegen



Radspanner 2 einrichten



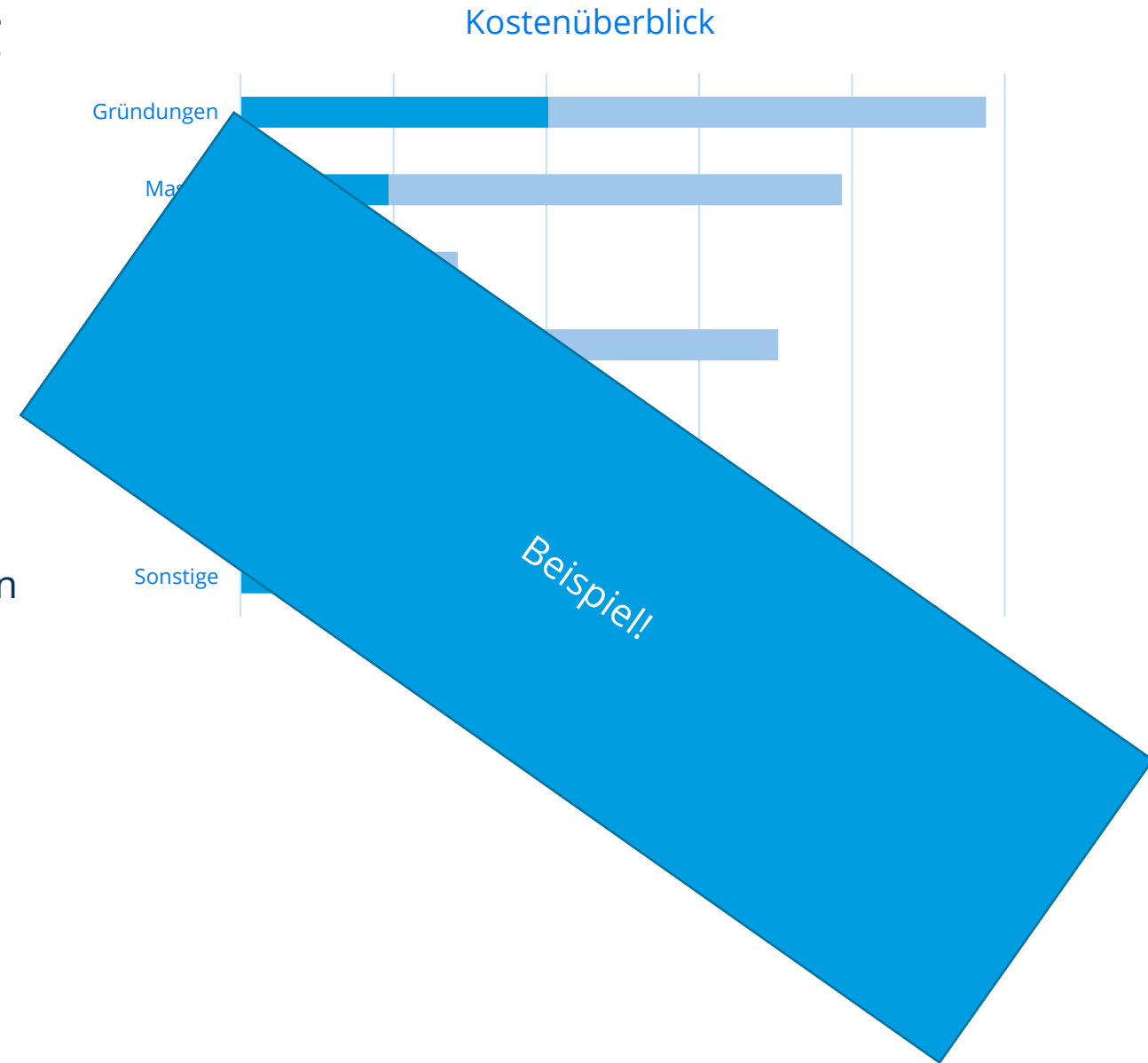
- **Maschinen:** 1 KWZE, 2 Arbeitsbühnen
- **Personal:** 3 Bediener, 1...2 Monteure

- **Arbeitsort** 20 km vom Bauhof entfernt
- Baugleisgeschwindigkeit 10 km/h

- Schichtlänge 8...10 h; nur 4 h produktiv
- **Randbedingungen und Einzelfälle sind zu beachten!**

Aktueller Stand der Modellierung

- **Fiktive Hauptstrecke** in Mitteleuropa
- Ohne Materialkostenschätzung, Baustellenunterhalt, Sonderzahlung, etc.
- **Kostenmodellierung**, aufgeteilt nach
 - › Kostenart: Material, Personal, Maschinen
 - › Arbeitsprozess: Gründung, Kettenwerk, etc.
- **Zeitenmodellierung**, hinterlegt sind
 - › Nettoarbeitsstunden // „Dauer“
 - › Mannstunden nach Personalkategorie
 - › Geschätzte Anzahl der benötigten Arbeitsschichten durch Bestimmung der „Totzeiten“
 - › Aber: Keine Indikation der Parallelisierung von Arbeitsschritten!
- Vorerst nur **Errichtungsphase**
 - *Erweiterung auf vollen Lebenszyklus ist in Entwicklung*
- Berechnung aktuell noch mit **festen Werten**
 - *Implementierung der statistischen Ansätze steht noch aus*





Fazit Vision 2021

Wohin geht die Reise?

Am Ende wollen wir ein **Tool**, das

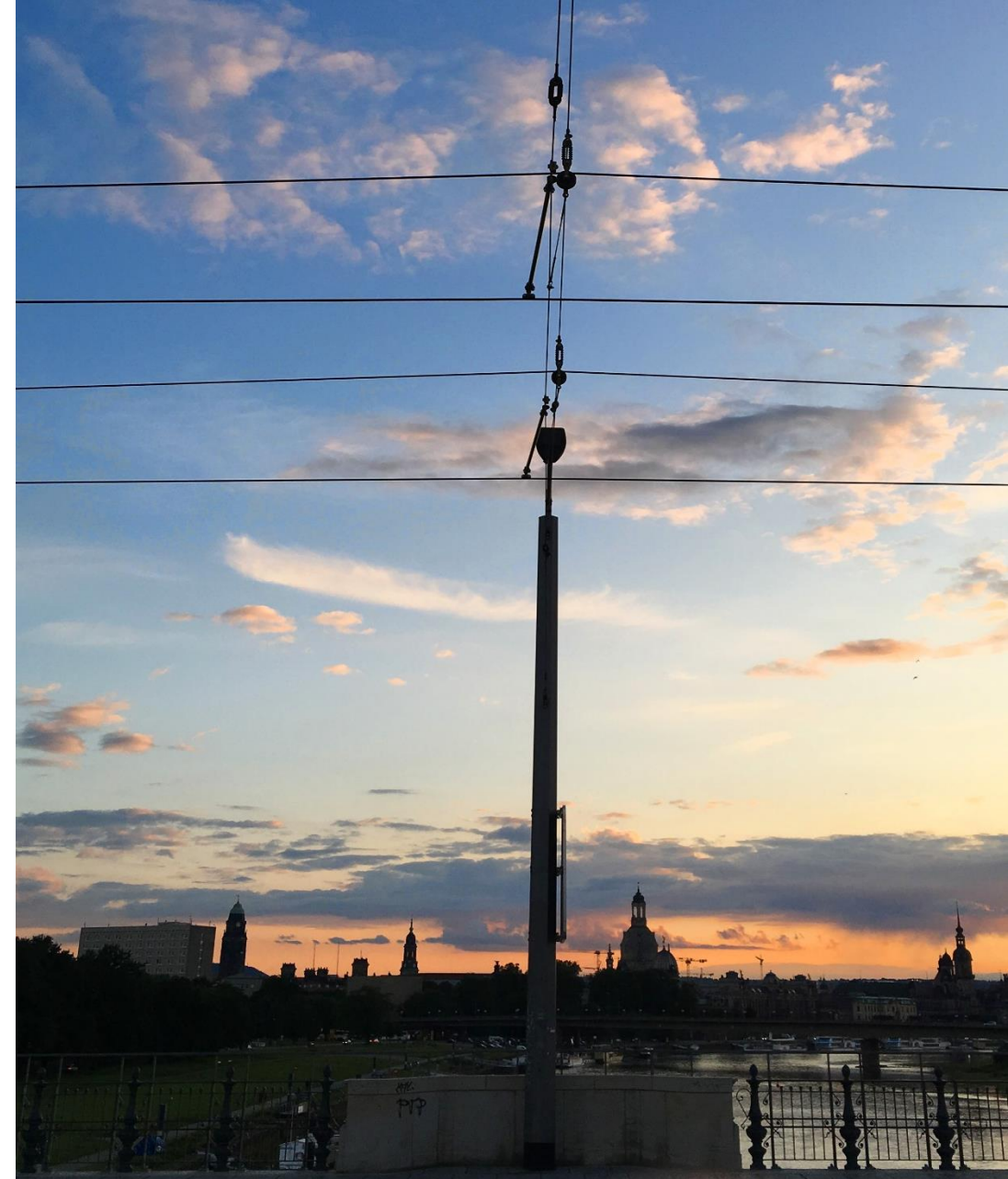
- Mit möglichst **wenigen Eingangsparametern**
- Für **Fern- und Nahverkehr**
- **Alle Lebenszyklusphasen**

von elektrischen Oberleitungen detailgetreu **abbilden und analysieren** kann, so dass

- ein **Variantenvergleich** und
- eine **holistische Prozess- und Kostenoptimierung**

möglich werden. Dies gelingt uns an der **Professur für elektrische Bahnen**, da wir die über

- die richtigen **Werkzeuge zur Berechnung** und
- den nötigen **Sachverstand zur Datenerhebung** verfügen.



Kontakt



Dipl.-Ing. Fritjof Aufschläger

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Technische Universität Dresden
Fakultät für Verkehrswissenschaften „Friedrich List“
Professur für Elektrische Bahnen

fritjof.aufschlaeger@tu-dresden.de

+49 351 463-36872

<http://www.e-bahnen.de>

Abbildungen ohne gesonderte Kennzeichnung wurden selbst angefertigt oder entstammen den Archiven der Professur für elektrische Bahnen