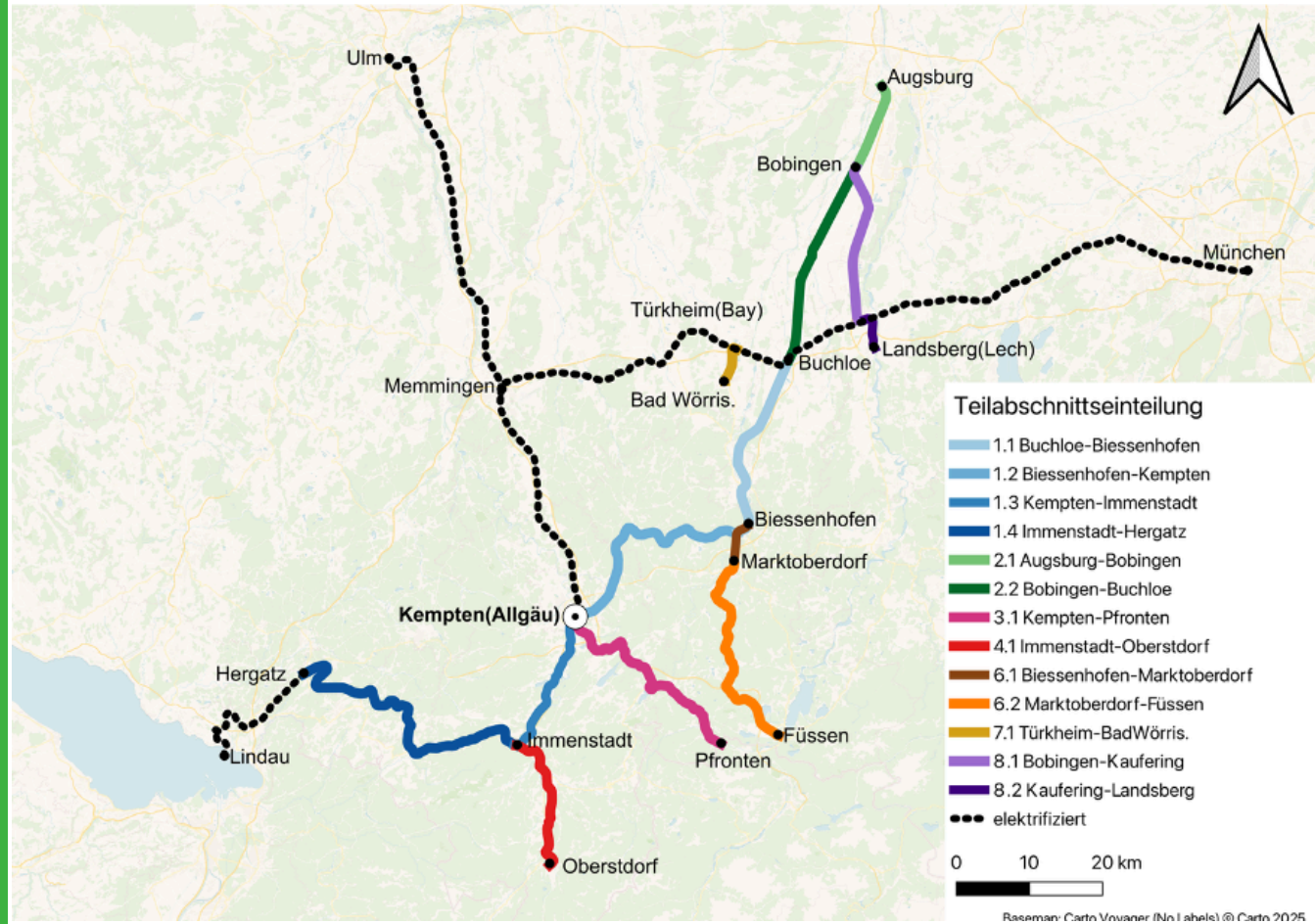


# Bachelorarbeit

## Entwicklung einer Methodik zur Netzgestaltung bei der Umstellung von Dieselnetzen auf den elektrischen Eisenbahnbetrieb am Beispiel des Knotens Kempten

### 1. Motivation

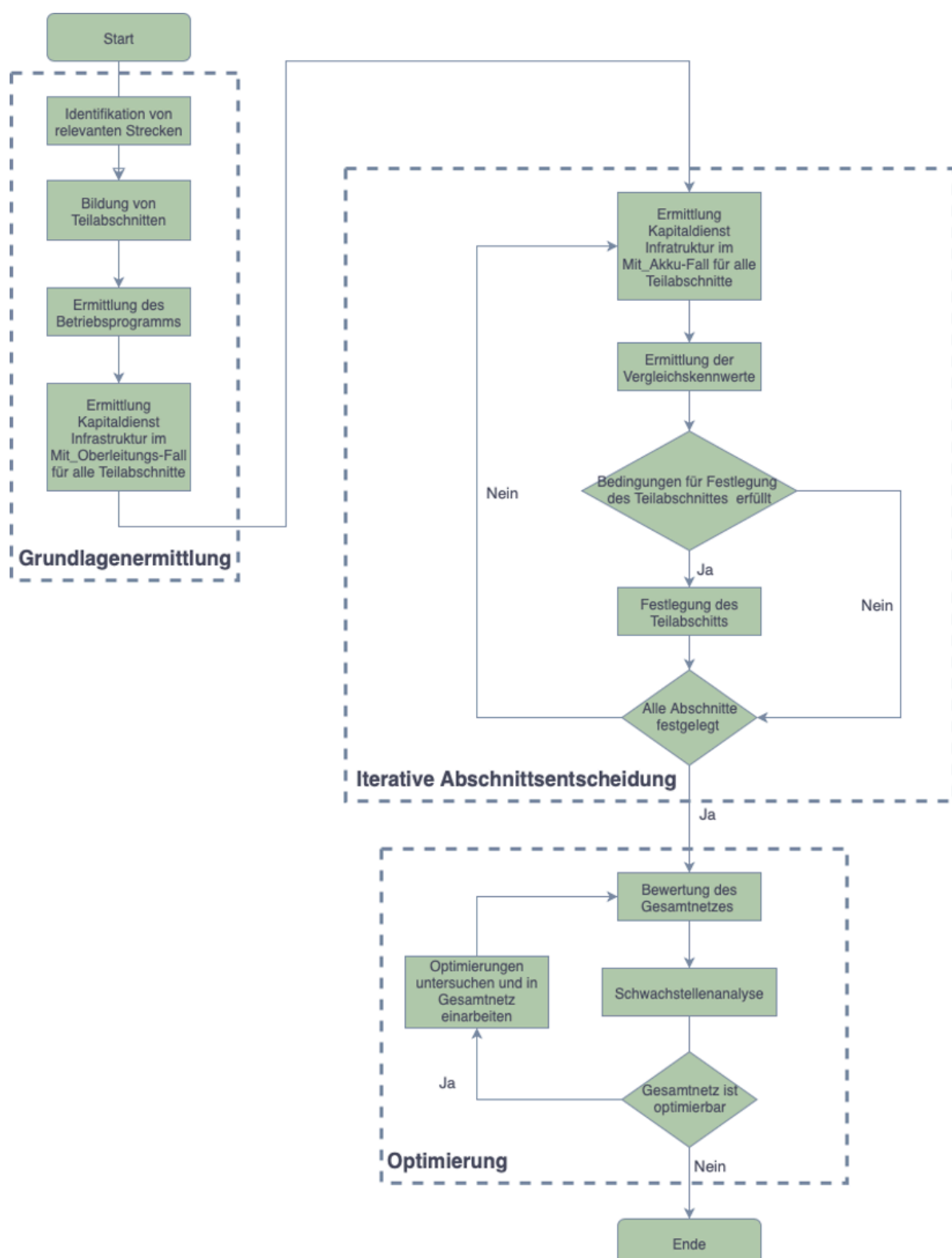
In Deutschland sind rund 62 % des Eisenbahnnetzes elektrifiziert, doch vor allem im Allgäu mit dem Bahnknoten Kempten besteht eines der größten Dieselnetze des Landes. Für die Dekarbonisierung des Schienenverkehrs müssen diese Strecken wirtschaftlich tragfähig auf elektrische Traktionsarten umgestellt werden. Neben der klassischen Oberleitung kommen zunehmend batterieelektrische Triebzüge in Betracht. Die Arbeit untersucht am Beispiel des Bahnknotens Kempten, welche Elektrifizierungsoption ökologisch, wirtschaftlich und betrieblich optimal ist, und teilt das Netz dazu in Teilabschnitte, um die Analyse systematisch durchzuführen.



### 2. Zielstellungen

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik zur Umstellung von Diesel- auf elektrischen Bahnbetrieb, die für jeden Streckenabschnitt die technisch und volkswirtschaftlich optimale Lösung bestimmt. Dabei werden ökologische, ökonomische und betriebliche Aspekte gleichwertig berücksichtigt: die Reduktion von Emissionen und Energieverbrauch, ein ausgewogenes Verhältnis von Investitions- und Betriebskosten sowie eine hohe betriebliche Flexibilität.

### 3. Methodik



Die Bewertung erfolgt mit dem Vereinfachten Verfahren der Standardisierten Bewertung, um je Teilabschnitt die volkswirtschaftlich günstigere Elektrifizierungsoption zu bestimmen. Für jeden Abschnitt werden Ohnefall mit Dieselbetrieb und Mitfälle mit Oberleitung oder Batterie definiert. Entscheidungsgröße ist die Mitfall Ohnefall Differenz, angegeben in Tsd. Euro je Jahr.

Die Festlegung erfolgt iterativ. Nach einer Ausgangsbewertung werden Abschnitte mit eindeutigem Vorteil fixiert. Dadurch ändern sich Lade- und Infrastrukturbedarfe im Batteriefall, weshalb die Mit Akku Fälle in jedem Iterationschritt aktualisiert und erneut bewertet werden. Die Oberleitungsfälle bleiben dabei konstant.

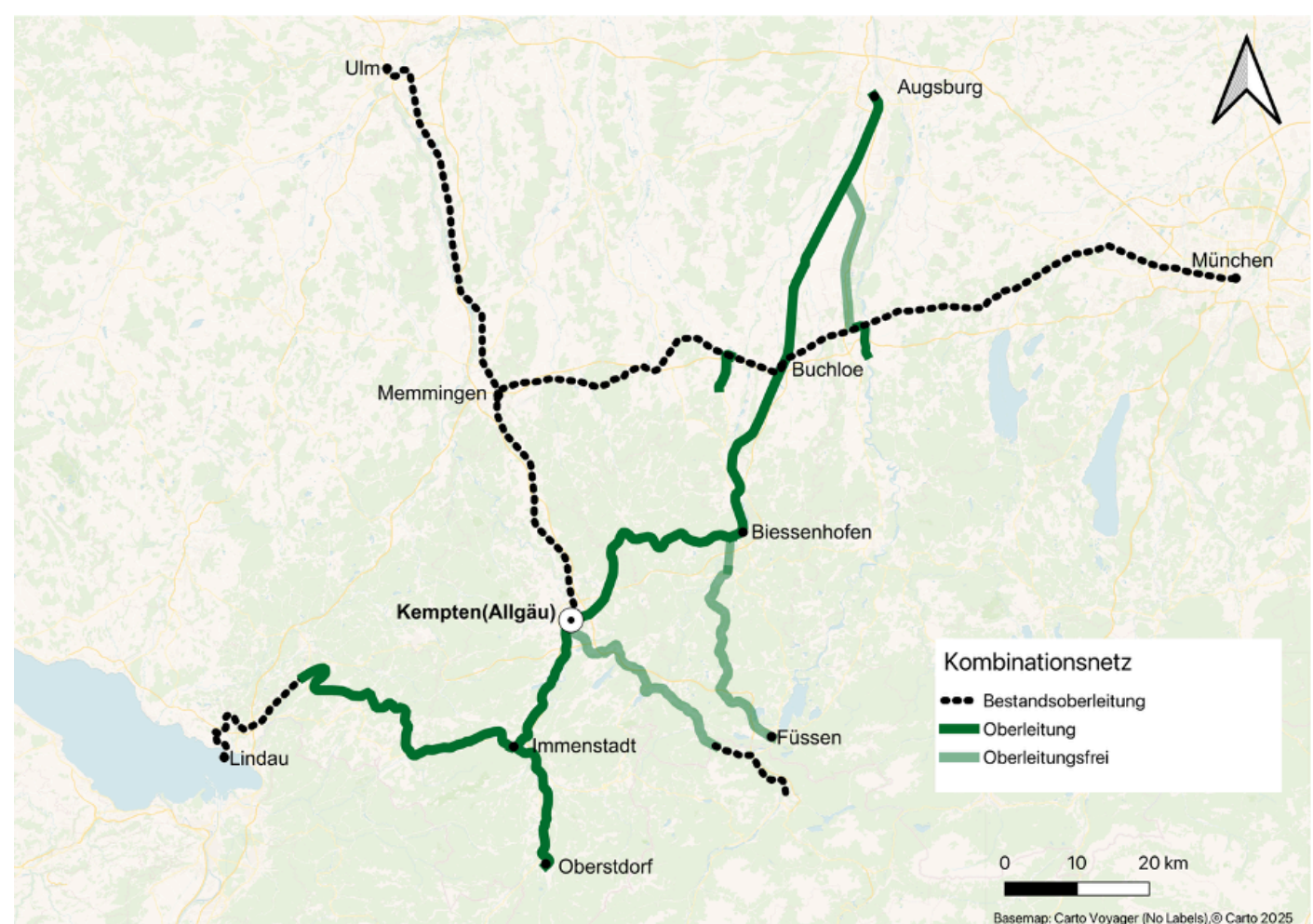
Nach mehreren Iterationen entsteht ein konsistentes Gesamtnetz, in dem EMUs auf vollständig elektrifizierten Linien und BEMUs auf den verbleibenden Linien eingesetzt werden.

Das resultierende Gesamtnetz wird anschließend als Ganzes mit bewertet, um die Tragfähigkeit des Zusammenspiels der Teilabschnitte zu prüfen. Ergänzend erfolgt eine Optimierung über Sensitivitätsbetrachtungen. Hier werden Zielgrößen betrachtet, die das Verfahren nicht vollständig abbildet, wie zB. betriebliche Zwangspunkte. Für erkannte Schwachstellen können Optimierungsvarianten gebildet werden und erneut nach dem Vereinfachten Verfahren bewertet werden, um das ermittelte Gesamtnetz zu optimieren.

### 4. Ergebnis

Die Untersuchung zeigt, dass das entwickelte Empfehlungsnetz eine deutliche Verbesserung der volkswirtschaftlichen Bilanz gegenüber dem Ausgangszustand erreicht. Die jährliche Mitfall-Ohnefall-Differenz beträgt rund 28.550 T€/Jahr und weist damit eine positive Wirtschaftlichkeit sowie Förderfähigkeit nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz auf. Besonders deutlich fällt die Reduktion der Energie- und Emissionskosten aus.

Im Rahmen der Optimierung wurden aus der Schwachstellenanalyse abgeleitete Anpassungen berücksichtigt. Dazu zählen die Reduktion betrieblicher Zwangspunkte durch den Verzicht auf multikuppelbare Fahrzeuge und die Anpassung der Ladeinfrastruktur batterieelektrischer Fahrzeuge. Diese Ergänzungen optimiert das ermittelte Netz, so dass die Umsetzung des Kombinationsnetz empfohlen werden kann. Das Kombinationsnetz umfasst eine Elektrifizierung von 202 Streckenkilometern.



**Bachelorarbeit von Julius Bernhardt**  
**Betreut von Patrick Wernhardt, M. Sc.**  
**und Dipl.-Vw. techn. Carlo von Molo**  
**Bearbeitungszeitraum 03/2025 - 09/2025**

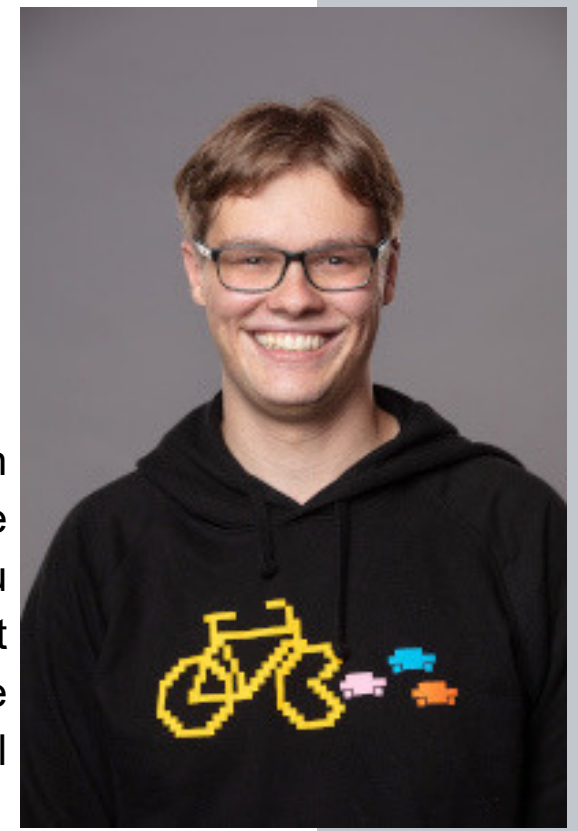


Foto: Stadt Kempten