



Erhöhung der Gleisvorfeldkapazität durch das dynamische mechanische Abkuppeln während der Fahrt

Dr. Michael Nold
25.09.2025

doi: 10.3929/ethz-c-000784019

Inhalt

- Motivation
- Problembeispiel
- Ansatz
 - Historie - Abkuppeln während der Fahrt
 - Technologie - Kupplungsunterstützungsvorrichtung
 - Kapazität
 - Gleisvorfeldkapazität
- Zusammenfassung

Motivation

Kapazitätssteigerung

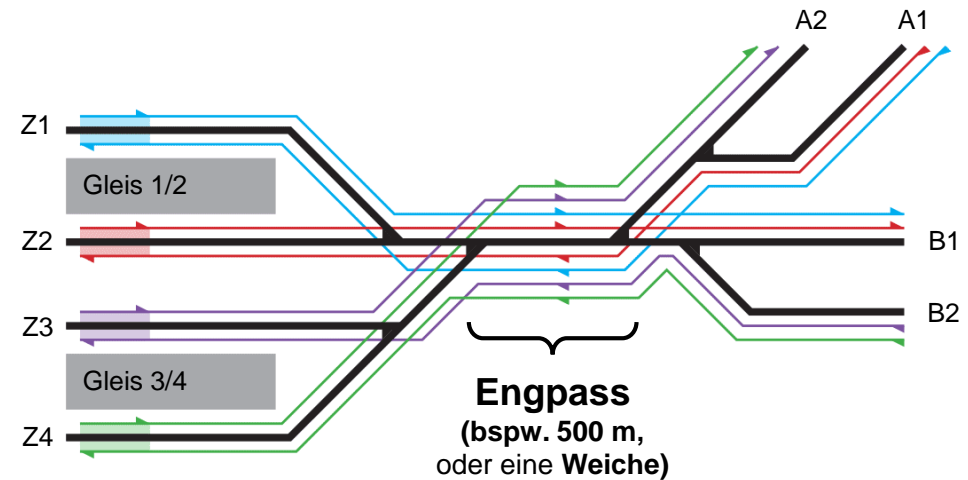
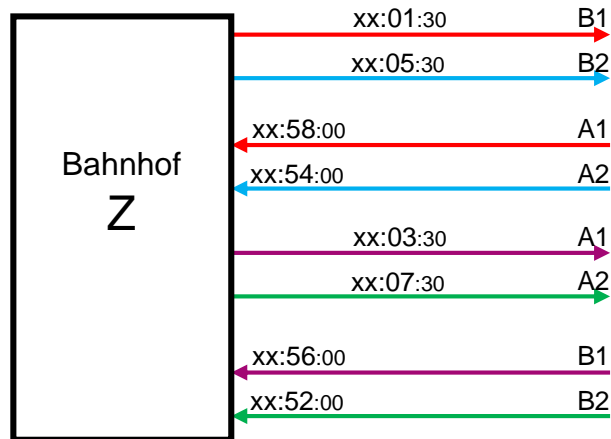
- Bauliche Kapazitätssteigerungen sind **teuer**:
 - Zwei zusätzliche Bahnsteige in Zürich Oerlikon haben 715 Mio. CHF gekostet (Fertigstellung 2016).
 - Eine zusätzliche Trasse auf einer Hauptstrecke kann >100 Mio. CHF kosten.
 - Bauliche Kapazitätssteigerungen **dauern lange**:
 - Teilweise 20 bis im Extremfall auch mal 50 Jahre (bspw. durchgängige 4-Spur-Strecke Rheintal).
 - Bauliche Kapazitätssteigerungen sind nicht unbegrenzt machbar:
 - Situation in der Schweiz: «**Beim Ausbau der Bahn gibt es Finanzierungs- und Umsetzungsprobleme.** ... Es soll untersucht werden, welche Infrastrukturprojekte für die Schweiz Priorität aufweisen und welche allenfalls zu einem späteren Zeitpunkt realisiert werden sollen.» [Quelle: UVEK 2025 - <https://www.news.admin.ch/de/nsb?id=103943>]
- ➔ Dieser Sachverhalt macht die Vielzahl an möglichen technologischen und betrieblichen Ansätzen interessant.
- ➔ Das Ziel dieses Vortrages ist es, die **Forschung zu einem noch ziemlich unbekannten Ansatz zur Steigerung der Knotenkapazität** vorzustellen.

Problembeispiel

Engpass am integralen Taktknoten

Anforderungen Fahrplan

- Nahezu gleichzeitige Gleisvorfeldnutzung durch den integralen Taktfahrplan
- Exakter Takt (zeitlich gleichmässig verteilte Züge bspw. alle genau 30 oder 15 min)
- Hohe Taktdichte – hier 1/4 Stunden Takt



Problematik

- Überlagerung der Gleisbelegung bei dem Ein- und Ausfahren
Mit dieser Topologie:
 - **2 x ca. 9 bis 10 min** Gleisvorfeldbelegung
 - Kein 1/4 Stunden Takt möglich

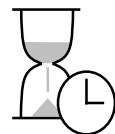
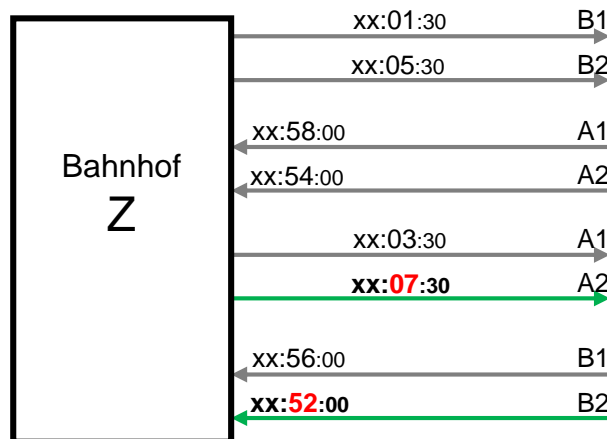
Hinweis:

- Engpässe gibt es bei Kopf- und Durchgangsbahnhöfen

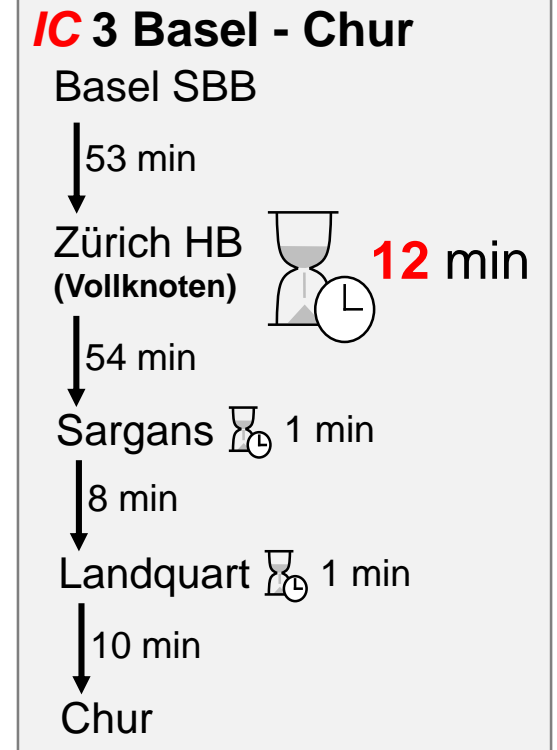
Problembeispiel

Zeitverlust am integralen Taktknoten

- Die Haltezeiten der durchfahrenden Züge verlängert sich durch **den ITF** mit seinen Anschlussbeziehungen und auch **durch die Gleisvorfelder**. Bspw.:
 - IC 3 am Vollknoten Zürich 12 min
 - IC 1 am Vollknoten Bern 6 min
- ➔ Ein integraler Taktfahrplan verlängert die Fahrzeiten und benötigt ggf. mehr Rollmaterial.



Bei dieser Topologie:
15.5 min



Beispiel für eine IC Linie

Problembeispiel

Übersicht **Probleme**

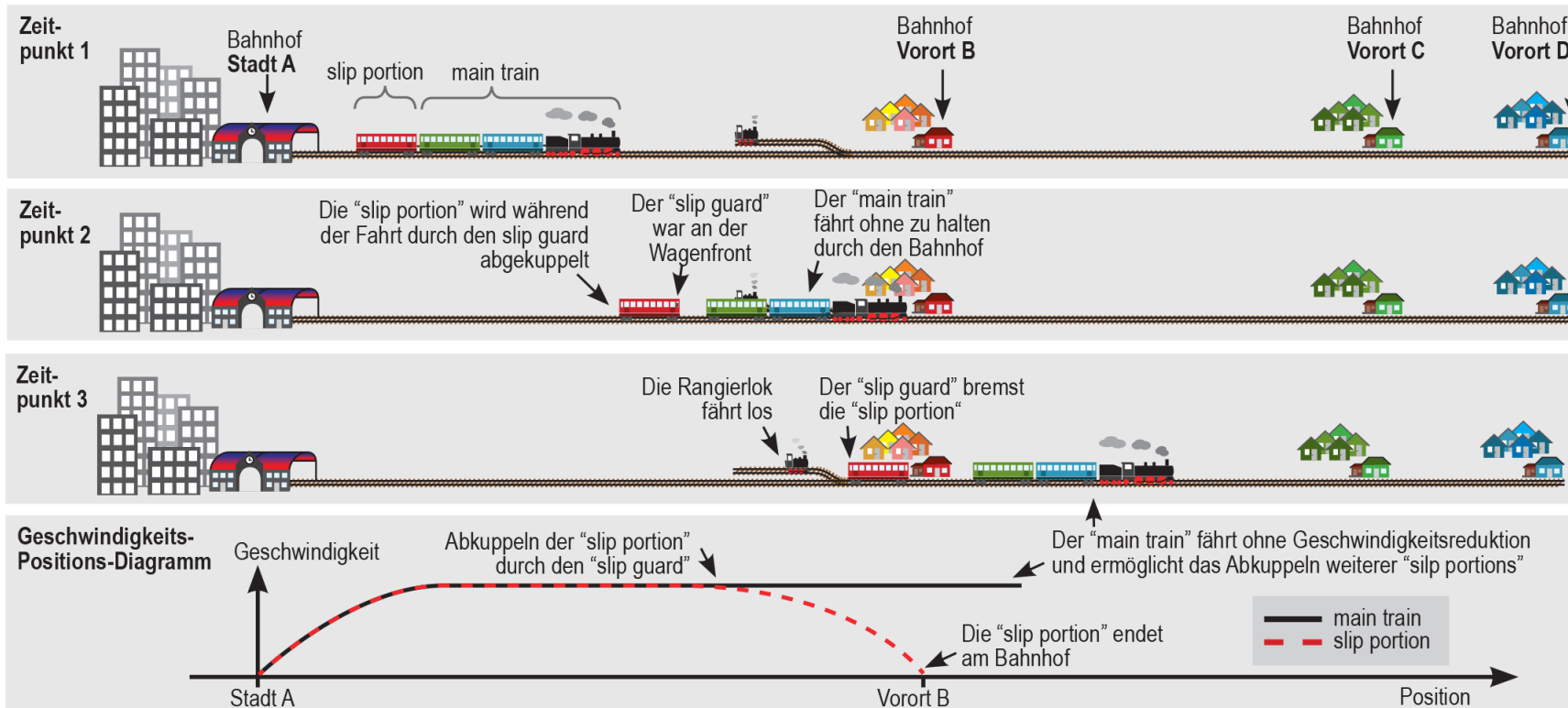
1. Engpässe im Gleisvorfeld, welche die **Anzahl an Züge limitiert**.
2. Engpässe im Gleisvorfeld, welche die **Aufenthaltszeit verlängert**.

Inhalt

- Motivation
- Problembeispiel
- **Ansatz**
 - Historie - Abkuppeln während der Fahrt
 - Technologie - Kupplungsunterstützungsvorrichtung
 - Kapazität
 - Gleisvorfeldkapazität
- Zusammenfassung

Historie - Abkuppeln während der Fahrt

- Der sogenannte Slip-Coach-Betrieb basiert auf einer Zugtrennung während der Fahrt.
- Er wurde über 100 Jahre erfolgreich in UK und anderen Ländern eingesetzt.
- Er ist ähnlich dem Nachschiebebetrieb.



Dynamisches mechanisches Abkuppeln während der Fahrt

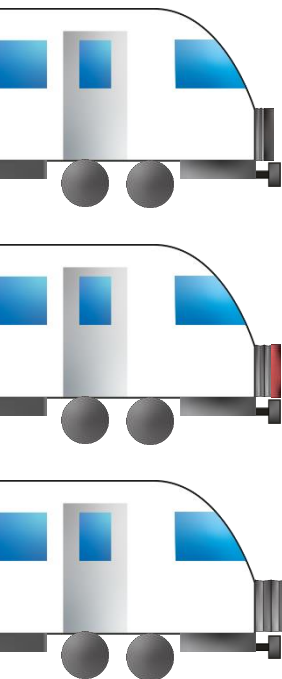
Technologie - Kupplungsunterstützungsvorrichtung (1)

Zugtrennung Früher & z.T. Heute

- Schraubenkupplung und mechanische Hebelsysteme

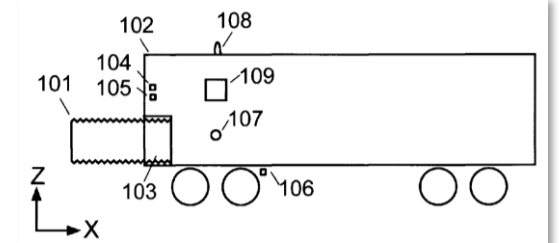
Zugtrennung Zukunft

- Bspw. mit einer sogenannten Kupplungsunterstützungsvorrichtung
 - Ein elektromechanisches Federdämpfersystem, welches im Zusammenwirken mit automatischen Kupplungen einen sicheren An- und Abkuppungsprozess ermöglicht.
 - Abwärtskompatibel -> Interoperabel einsetzbar

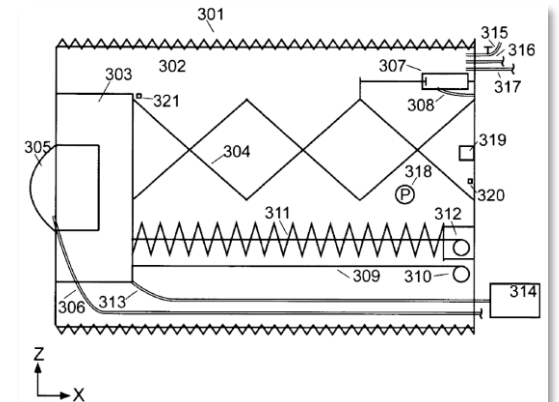


Ausfahrbares Modul

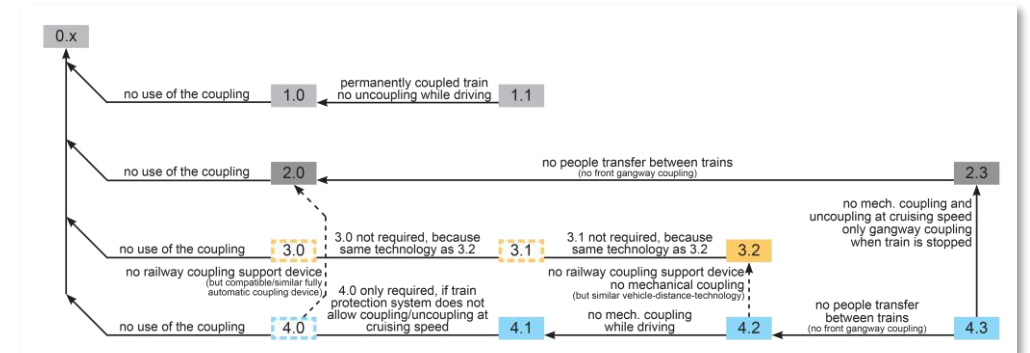
Magnetische Fixierung während des Abkuppelns



Quelle: Nold (2018)



Quelle: Nold (2018)



Quelle: Nold & Corman (2021)

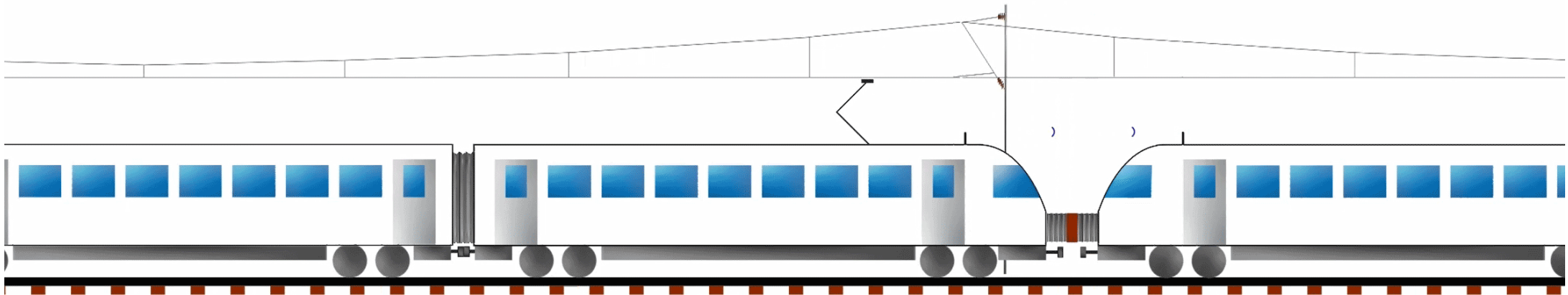
Dynamisches mechanisches Abkuppeln während der Fahrt

Technologie - Kupplungsunterstützungsvorrichtung (2)

ETH zürich

Phasen beim Ankuppeln

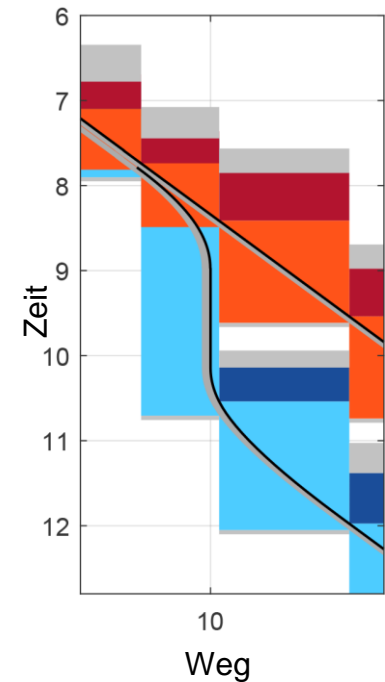
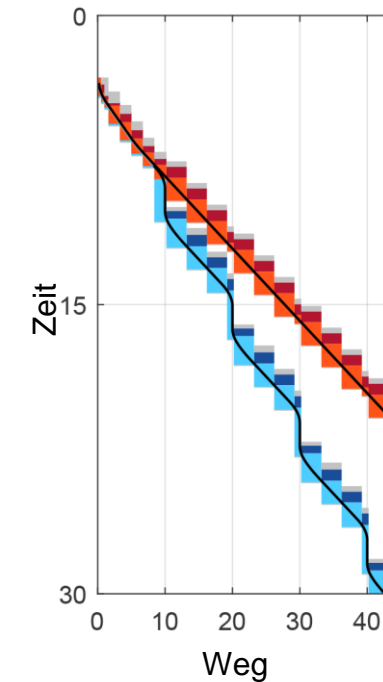
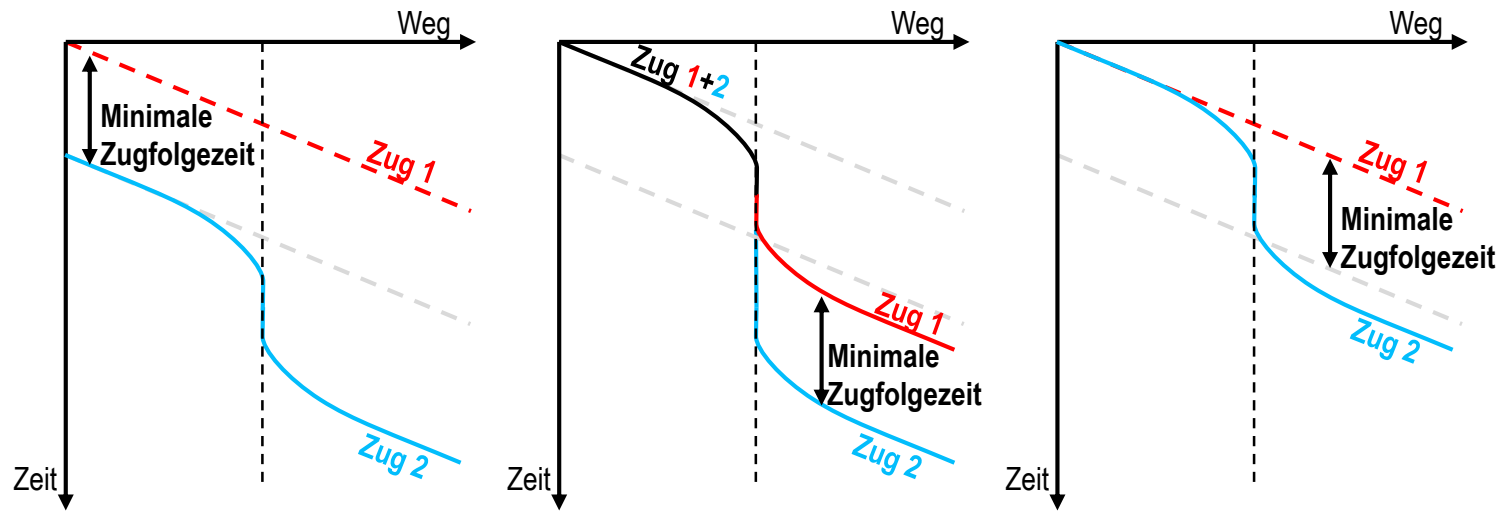
1. Initialisierung
2. Fixierung
3. Abkuppeln



Dynamisches mechanisches Abkuppeln während der Fahrt

Kapazität

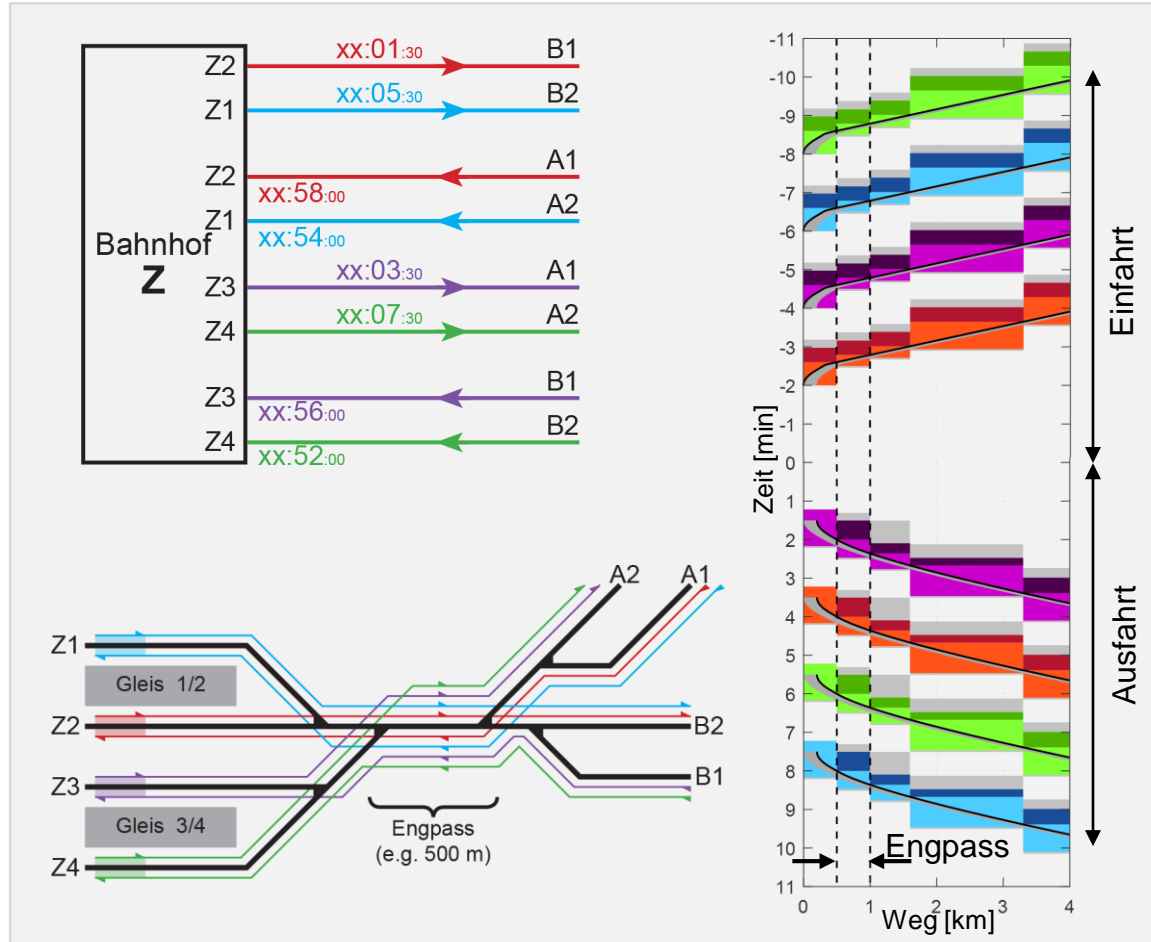
- Zwei Züge benötigen 2 Trassen
- Zwei gekuppelte Züge benötigen nur eine 1 Trasse
- Müssen die beiden Züge zum Abkuppeln anhalten, geht dieser Vorteil verloren.
- Beim Abkuppeln während der Fahrt wird diese Kapazität gespart, wenn der hintere Zug sowieso halten muss.



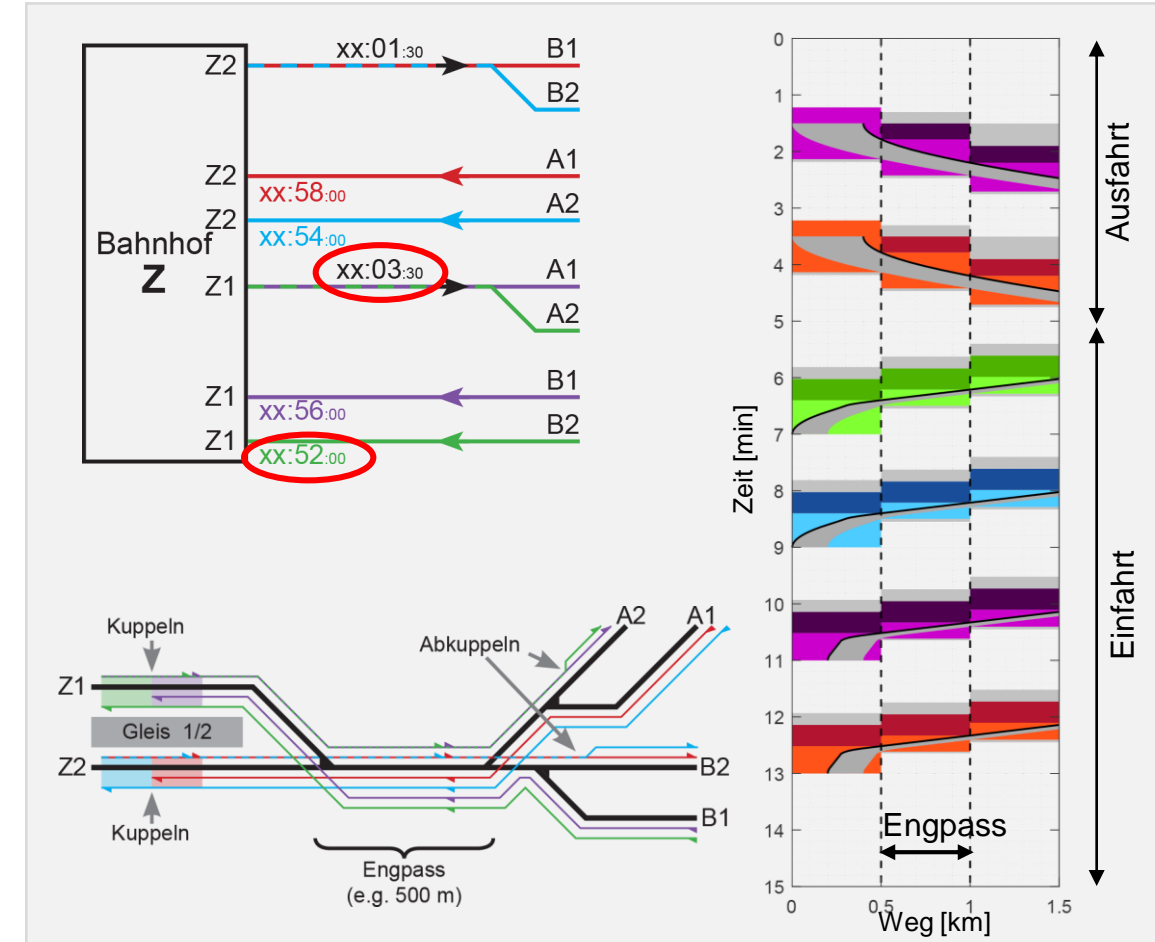
Dynamisches mechanisches Abkuppeln während der Fahrt

Gleisvorfeldkapazität

Normalbetrieb



Dynamisches mechanisches Abkuppeln



→ 6 statt 8 Trassen bei gleicher Topologie 1/4 Stunden Takt

Zusammenfassung

Ergebnisse

- **Knotenkapazität:** Es lassen sich Trassen im Knoten sparen → Hier + 33% mehr Züge bei gleicher Topologie.
- **Aufenthaltszeit:** Die maximale Aufenthaltszeit reduziert sich → Hier um -25% von 15.5 auf 11.5 min.
- **Streckenkapazität:** Bei Anwendungsszenarien auf der Strecke gab es ähnliche Kapazitätssteigerungen (→ je nach Szenario +50% - siehe Nold & Corman (2024))

Limitierungen

- **Forschungsfeld:** Dynamic Coupling, welches auch Virtual Coupling einbezieht, ist ein wachsendes Forschungsfeld, welches noch viele Fragen abklären muss.
 - Es ermöglicht auch Energieeinsparungen, Fahrzeitreduktionen, mehr Direktverbindungen u.v.m..
- **Nicht überall einsetzbar:** Nur ein Teil der Züge lässt sich bündeln.
 - Bspw. hier die Bahnsteiglänge: Die hier beschriebene Doppelbelegung benötigt Bahnsteiglängen, die nicht überall vorhanden sind. → Bei anderen Szenarien kann es aber Bahnsteigverlängerungen vermeiden.
- **Signalwesen:** Es ist eine ganz andere Logik, wenn zwei Züge auf einem Blockabschnitt unterwegs sind.
 - Vergleichbar, wie beim ungekuppelten Nachschiebebetrieb
- **Umsetzungszeit:** Ab Start ist mit 5 bis 15 Jahren bis zur ersten Umsetzung zu rechnen.
 - Der Bau neuer Infrastrukturmaßnahmen benötigt oft 20 bis 50 Jahre.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Weiterführende Literatur:



Nold, M., & Corman, F. (2021)

Dynamic train unit coupling and decoupling at cruising speed: Systematic classification, operational potentials, and research agenda

<https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2021.100241>



Nold, M., & Corman, F. (2024)

Train separation at cruising speed, how it can improve current railway operations

<https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2024.100451>

Quellen

- EBO. (2019). Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) [Verordnung]. Bundesministeriums der Justiz.
- Fryer, C. (1997). A history of slipping and slip carriages. Oakwood Press.
- Haas, A., & Nold, M. (2024). Vision Regionalbahn 2050: Ergebnisse eines branchenweiten Expertenworkshops. Schweizer Eisenbahn-Revue, 2024(2), 94–95. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000656330>
- Kalin, A. (2014). Endspurt in Oerlikon. Neue Zürcher Zeitung. <https://www.nzz.ch/zuerich/endspurt-in-oerlikon-ld.1029050>
- Lüdecke, S. (1991). Die Baureihe 96: Malletriese für den Schiebedienst. EK-Verlag.
- Nold, M. (2019). Kupplungsunterstützungsvorrichtung zum An- und Abkuppeln von Schienenfahrzeugen (Deutsches Patent und Markenamt Patent DE102018009589B3).
- Nold, M., Büchel, B., Leutwiler, F., Lotz, S., Marra, A. D., & Corman, F. (2022). Technologische Weiterentwicklung des Bahnsystems 2050 [Application/pdf]. ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000554905>
- Nold, M., & Corman, F. (2021). Dynamic train unit coupling and decoupling at cruising speed: Systematic classification, operational potentials, and research agenda. Journal of Rail Transport Planning & Management, 18, 100241. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2021.100241>
- Nold, M., & Corman, F. (2023). How Will the Railway Look Like in 2050? A Survey of Experts on Technologies, Challenges and Opportunities for the Railway System. IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems. <https://doi.org/10.1109/OJITS.2023.3346534>
- Nold, M., & Corman, F. (2024). Train separation at cruising speed, how it can improve current railway operations. Journal of Rail Transport Planning & Management. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2024.100451>
- SER. (2020). Vincent Ducrot: Neue Ausrichtung und neue Unternehmenskultur. Schweizer Eisenbahn-Revue, 2020(8–9), 390–393.
- SRF. (2015). Die Durchmesserlinie ist komplett. SRF. <https://www.srf.ch/news/schweiz/die-durchmesserlinie-ist-komplett>
- UVEK Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation <https://www.news.admin.ch/de/nsb?id=103943>
- von Ortloff, H. Eisenbahn-Romantik - Mit Volldampf über die Geislinger Steige Documentary. Eisenbahn-Romantik-Episode 229. Stuttgart: Süddeutscher Rundfunk, 1997.
- Wikipedia Foto Slip Coach <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Railwaysofworld00protrich-Slip-mail-coaches-Bedminister.jpg>

Dr. Michael Nold
Michael.Nold@ivt.baug.ethz.ch

ETH Zürich
IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich, Schweiz

<https://www.ivt.ethz.ch/personen/profil.michael-nold.html>