



Optimale VzG-Auslegung auf der Lokalbahn Retz-Drosendorf

Im Hinblick auf Kantenfahrzeit,
Fahrzeugenergieverbrauch und dem Schwerpunkt
Infrastrukturinvestitionskosten in die technische
Eisenbahnkreuzungssicherung

Bachelorarbeit
Sommersemester 2022

Ferdinand PROIDL

1910586313

Betreuung: Dipl.-Ing. Thomas PRESLMAYR

St. Pölten University of Applied Sciences

/bahntechnologie
& mobilität



Vorwort

Das Bewusstsein der Bedeutung der Nebenbahnen für die regionale Entwicklung und die Dekarbonisierung des Verkehrssektors ist in Österreich über die letzten Jahre gestiegen. Ebenfalls ist ein solcher Anstieg im Bezug auf die Sicherheit im Bereich von Eisenbahnkreuzungen zu verzeichnen, welcher sich in der Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012 widerspiegelt. Durch dessen Implementierung wurden die Parameter zur Definition der Eisenbahnkreuzungssicherheit im Sinne dieser verschärft. Dies steht jedoch teilweise im Widerspruch zu einem wirtschaftlichen Betrieb der Nebenbahnen, vor allem jener, mit einem rein touristischen Verkehrsangebot. Allein die Erarbeitung einer wirtschaftlichen Umsetzung der EiskrV 2012 auf ca. 40km Streckenlänge genügt zur vollumfänglichen Auslastung einer Bachelorarbeit. Dabei stellt sich bei der Betrachtung der neuen Sicherheitsparameter die Frage, ob tatsächlich die alten Parameter der Eisenbahn-Kreuzungsverordnung 1961 ein Sicherheitsrisiko darstellen, oder ob doch eher das nichtordnungsgemäße Verhalten mancher Straßenverkehrsteilnehmer die eigentliche Ursache für jenes Sicherheitsrisiko ist.

Erklärung zur Veröffentlichung

Der Autor erklärt sich damit einverstanden, dass die FH St. Pölten die vorliegende Arbeit in geeigneter Weise unter Nennung des Autors bzw. in der vorliegenden Originalform als .pdf-Datei oder in gedruckter Form veröffentlichen darf.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Zusammenfassung

Die Verschärfung der Parameter zur Definition der Eisenbahnkreuzungssicherheit von nichttechnisch gesicherten EKs, welche meist auf Nebenbahnen mehrheitlich vorhanden sind, würde im Bestandszustand der EKs zu einer kritischen Fahrzeitverlängerung in Bezug auf die Einhaltung des Bestandsfahrplans führen. Um das zu unterbinden, wird im Rahmen dieser Arbeit eine gesamtwirtschaftliche Auslegung der an den EKs zu tätigen Maßnahmen im Einklang mit der EiskrV 2012 erstellt. Dazu werden im ersten Schritt die maximale Kantenfahrzeit sowie die Auflagen der EiskrV 2012 in Bezug auf die maximal zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten analysiert. Zur fahrdynamischen Analyse wird das Betriebssimulationsprogramm Open Track herangezogen, mit welchem die Bestandsinfrastruktur und das Betriebsprogramm abgebildet und kalibriert wird. Als Referenz wird anschließend die technische Sicherung aller EKs dargestellt. Dem folgt die Bestimmung der aufzulassenden EKs sowie jener, welche im Bestandszustand ohne technische Sicherung verbleiben können. Durch die Mitberücksichtigung politischer Einflussfaktoren wird diese Einteilung abschließend noch nachjustiert. Das daraus resultierende Ergebnis ist ein EK-Maßnahmenkatalog, das neue VzG samt Fahrplanentwurf, der Energieverbrauch und die Beschreibung der aufzulassenden EKs.

Abstract

The tightening of the parameters for the definition of railway crossing safety of non-technically secured level crossings, which are mostly present on branch lines, would lead to a critical increase in round-trip time in the stock condition of the level crossings. The compliance with the existing timetable would get lost. To prevent this, an overall economic design of the measures to be taken on the level crossings in accordance with the EiskrV 2012 regulation is prepared within the scope of this work. In the first step, the maximum round-trip time and the requirements of the EiskrV 2012 with regard to the maximum permitted speeds are analysed. For the rolling stock dynamics and timetable analysis, the operating simulation programme Open Track is used to map and calibrate the existing infrastructure and operational programme. The installation of technical protection measurements on all level crossings is then presented as a reference. This is followed by the determination of the level crossings to be abandoned and those that may remain unchanged, without technical protection. Finally, this classification is readjusted according to expected political interference. The result is a catalogue of level crossing measures, the new VzG including a draft timetable, the energy consumption, and the description of the level crossings to be abandoned.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Problemstellung	7
1.2	Ziel der Arbeit / Forschungsfrage	8
1.3	Methoden.....	8
1.4	Abgrenzung des Untersuchungsraums	9
2	Ausgangslage.....	10
2.1	Strecken- und Betriebsbeschreibung	10
2.2	Notwendige Kantenfahrzeit Retz – Drosendorf.....	12
2.3	Auflagen durch die Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012	13
2.4	Auswirkungen auf den Betrieb.....	15
3	Analyse des Bestandes.....	15
3.1	Datengrundlagen	15
3.2	Aufbau der Infrastruktur in OpenTrack	17
3.3	Simulation des Bestandfahrplans	21
3.3.1	Definition der Schienenfahrzeuge	21
3.3.2	Umsetzung.....	23
3.3.3	Energiebedarf	25
4	Referenz Szenario technische Sicherung aller öffentlichen EKs (Variante 0)....	27
4.1	Definition	27
4.2	Ergebnisse.....	27
4.2.1	Kantenfahrzeit.....	27
4.2.2	Investitionskosten	29
4.2.3	Energiebedarf	29
5	Szenario Sicherung/Auflassung ausgewählte EKs (Variante 1).....	29
5.1	Kriterien zur Auswahl von EKs zur Sicherung / Auflassung	29
5.2	Analyse der Eisenbahnkreuzungen.....	30
5.2.1	EK Auflassungen	30
5.2.2	EK Sicherungen.....	30
5.3	Ergebnisse.....	32
5.3.1	Kantenfahrzeit.....	32
5.3.2	Investitionskosten	32
5.3.3	Energiebedarf	32
6	Iteration zur Ermittlung des optimierten Szenarios (Variante 2)	33
6.1	Ausgangslage nach Durchführung ausgewählter Maßnahmen	33
6.2	Variante 2.1	33

6.2.1	Analyse der Eisenbahnkreuzungen.....	33
6.2.2	Ergebnisse.....	34
6.3	Variante 2.2	36
6.3.1	Analyse der Eisenbahnkreuzungen.....	36
6.3.2	Ergebnisse.....	40
7	Empfohlene Variante.....	43
7.1	VzG.....	43
7.2	Fahrplanentwurf.....	44
7.3	EK Maßnahmenkatalog	46
7.4	Energiebedarf	48
8	Conclusio.....	49
9	Anhang.....	50
	Literatur	64

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Aufgrund der Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012 ergibt sich die Notwendigkeit, die Eisenbahnkreuzungssicherheit an allen Eisenbahnkreuzungen neu zu evaluieren. Denn bei der Erstellung dieser Verordnung wurden, im Vergleich zur Vorgängerversion (Eisenbahnkreuzungsverordnung 1961), die Parameter zur Definition der Eisenbahnkreuzungssicherheit im Sinne dieser verschärft. Dies betrifft vor allem die nicht technisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen, welche den mit Abstand größten Anteil an Eisenbahnkreuzungen auf der zu untersuchenden Strecke bilden. Es ist davon auszugehen, dass eine Neuevaluierung dieser eine maximale Annäherungsgeschwindigkeit von 25km/h seitens der Schienenfahrzeuge zur Folge hätte. Dieser Umstand wiederum würde zu einer maßgeblichen Änderung des VzG führen, welches in weiterer Folge die Fahrzeiten und das Fahrplanangebot beeinflusst.

Das aktuell vorhandene touristische Verkehrsangebot ist auf die im jetzigen Bestand möglichen Kantenfahrzeiten angewiesen, um die Anschlussverbindungen in Retz sicherzustellen. Die verhältnismäßig geringe Anzahl an Bahnsteigen in Retz schränkt in diesem Zusammenhang die zeitliche Belegung dieser zusätzlich ein. Durch die Neuevaluierung der nicht-technisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen im Bestand wären die gestellten Anforderungen für den Bestandsbetrieb nicht mehr erfüllbar. Dies hätte eine Einschränkung des Fahrplans zu Folge, wodurch statt 3 nur noch 2 Zugpaare pro Betriebstag verkehren könnten. Das eingeschränkte Angebot würde zu einem Transportkapazitäts- und Fahrgastverlust führen, wodurch wiederum die aus den Fahrten generierten Erlöse und die touristische Wertschöpfung in der Region sinken würden. Daher müssen der technische Kreuzungsschutz ausgebaut und Eisenbahnkreuzungen aufgelassen werden, um die notwendige Kantenfahrzeit zu erreichen und damit den Anforderungen gerecht zu werden.

Dabei gilt es den Ressourceneinsatz des Unternehmens im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit besonders zu beachten. Bedingt wird dies durch die verhältnismäßig geringe Auslastung der Strecke von rund 70 Betriebstagen pro Jahr und dem Einsatz historischer Schienenfahrzeuge. Die zentrale Herausforderung ist das Erreichen eines möglichst niedrigen Gesamtmitteleinsatzes. Hierbei steht der geringe Betriebsmitteleinsatz, welcher durch gleichmäßige Fahrgeschwindigkeiten erreicht wird, den hohen Investitionskosten für technische Eisenbahnkreuzungssicherungsanlagen, welche dafür benötigt werden, gegenüber. Eine Balance dieser Faktoren, mit zusätzlicher Beachtung des daraus resultierenden VzG ist sicherzustellen.

1.2 Ziel der Arbeit / Forschungsfrage

Ziel der Arbeit ist die Erstellung eines Fahrplanvorschlages für den touristischen Verkehr auf Basis eines neuen VzG, welches aus einer Abwägung der Infrastrukturinvestitionskosten in die technische Eisenbahnkreuzungssicherung, des davon abhängigen Energieverbrauchs der Fahrzeuge und der dazugehörigen Kantenfahrzeit resultiert.

Beim Erreichen dieses Ziels liegt der Schwerpunkt auf den Maßnahmen, welche bei den Eisenbahnkreuzungen zu tätigen sind, also welche Eisenbahnkreuzungen im Bestandszustand bleiben, welche technisch gesichert und welche aufgelassen werden.

Daraus ergibt sich die allgemeine Forschungsfrage:

Durch welche Maßnahmen kann bei den öffentlichen Eisenbahnkreuzungen in Einklang mit der Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012 und den daraus resultierenden Kosten ein VzG erstellt werden, welches unter der Berücksichtigung des Energieverbrauches der Fahrzeuge die notwendige Kantenfahrzeit für ein touristisches Fahrplanangebot sicherstellt?

Im Detail werden folgende Fragen untersucht:

1. Welche Auswirkung hat die Umsetzung der Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012 auf den Eisenbahnbetrieb, in Bezug auf die technisch zu sichernden EKs und deren Beeinflussung des VzG?
2. Welche ist die maximal zulässige Fahrzeit Retz – Drosendorf, um das aktuelle Fahrplanangebot aufrecht erhalten zu können?
3. Ist dabei das aktuelle Fahrplankonzept aufgrund der infrastrukturellen Gegebenheiten und den zur Verfügung stehenden Mitteln, für die technische Sicherung der Eisenbahnkreuzungen, aufrecht zu halten?
4. Falls ja (in Bezug auf 3): Würde dies zu einem signifikanten Anstieg des Energieverbrauches führen?
5. Falls nein (in Bezug auf 3): Wie würde ein Alternativfahrplan in diesem Fall ausgelegt werden?
6. Wie wird bei der schlussendlich bevorzugten Variante sichergestellt, dass aufgelassene Eisenbahnkreuzungen eine dementsprechende Ersatzmöglichkeit zur Querung erhalten (z.B. Begleitweg bis zur nächsten EK)?
7. Falls die Umsetzung der bevorzugten Variante aufgrund aktuell finanzieller Mittel scheitern würde: Könnte in diesem Fall ein Stufenplan bei der technischen Sicherung der Eisenbahnkreuzungen eine Realisierung ermöglichen?

1.3 Methoden

Als erster Schritt erfolgt die Reproduktion und Analyse des aktuellen Zustandes durch eine Betriebssimulation mithilfe des Betriebssimulationsprogramms Open Track. Dies beinhaltet das Abbilden der Bestandinfrastruktur, das Einpflegen der genutzten Schienenfahrzeuge in

die Fahrzeugdatenbank und das Simulieren des aktuellen Betriebes. Das Ergebnis der Simulation wird anschließend mit dem tatsächlichen Betrieb abgeglichen und bei Bedarf werden die Fahrzeugparameter dahingehend kalibriert.

In weiterer Folge wird das Referenz-Szenario erstellt, welches die technische Sicherung aller öffentlichen Eisenbahnkreuzungen beinhaltet. Als Erkenntnisse gehen die höchstmöglichen Investitionskosten und die geringstmögliche Kantenfahrzeit aus diesem Szenario hervor. Die Kantenfahrzeit wird hierbei leicht unter jener im Bestand liegen, da bereits aktuell marginale Geschwindigkeitseinschränkungen aufgrund fehlendem technischen Kreuzungsschutz vorhanden sind.

Als erster Anhaltspunkt für die Neugestaltung wird ein Szenario kreiert, welches anhand der relativen Lage der Eisenbahnkreuzungen zur Umgebung, anhand des Längsprofils der Eisenbahnstrecke und der Lage der Bahnhöfe und Haltestellen ausfindig machen soll, welche Maßnahme an welcher Eisenbahnkreuzung zu tätigen ist. Die Miteinbeziehung des Längsprofils dient dazu, eine möglichst energiearme Betriebsführung zu ermöglichen, d.h. das Beschleunigen in der Steigung und das Verzögern im Gefälle auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren, besonders in Bezug auf Eisenbahnkreuzungen, die im Bestandszustand verbleiben. Die daraus hervorgehenden Ergebnisse in Bezug auf die Kantenfahrzeit und die Investitionskosten entscheiden über das weitere Vorgehen beim Erstellen neuer Varianten.

An die aus diesem Szenario resultierenden Ergebnissen knüpft ein iteratives Vorgehen an, welches durch Hinzufügen bzw. Weglassen von EK-Sicherungen oder EK-Auflassungen zur Erreichung der benötigten Kantenfahrzeit führt. Dabei sind die Investitionskosten in den technischen Kreuzungsschutz sowie der Fahrzeugenergieverbrauch weiter zu beachten.

Steht zum Abschluss die bevorzugte Variante fest, so wird anhand der generierten Daten aus dem Programm Open Track ein neues VzG samt Fahrplanentwurf erstellt. Ergänzt werden diese Dokumente durch eine Beschreibung der jeweiligen Maßnahmen an den Eisenbahnkreuzungen, welche zur Ermöglichung des neuen VzG durchzuführen sind.

1.4 Abgrenzung des Untersuchungsraums

Die Abgrenzung des Untersuchungsraums erfolgt auf den folgenden vier Ebenen: Infrastruktur, Fahrzeuge, Betrieb und Maßnahmenschwerpunkt.

Infrastrukturseitig beschränkt sich die Untersuchung auf die NÖVOG Strecke 180 01 von Retz nach Drosendorf, mit der Kilometrierung km 0,781 – km 39,959. Der Teil des Bahnhofes Retz, welcher der ÖBB Infrastruktur obliegt, wird zwar für die Untersuchung mit herangezogen, allerdings wird jener nicht auf die zu verändernden Parameter untersucht, da nur die Bestandssituation mit in das Ergebnis einfließt.

Im Bereich der Schienenfahrzeuge wird das V-Tzf der Baureihe 2143 samt dem in der Wagenliste angegebenen Wagensatz, bestehend aus 6 zweiachsigen Reisezugwagen, untersucht. Die Schienenbusgarnitur, bestehend aus den Baureihen 5081+6581, wird ab dem Fahrplan 2022 nicht mehr planmäßig eingesetzt und fällt damit nicht in den Untersuchungsraum.

Der zukünftige Betrieb soll in Anlehnung an den Fahrplan 2022 erfolgen, welcher nur Nostalgiefahrten enthält. Andere Zuggattungen werden nicht analysiert.

Der Schwerpunkt liegt bei den durchzuführenden Maßnahmen an den öffentlichen Eisenbahnkreuzungen, um die benötigte Kantenfahrzeit zu erreichen. Dabei wird möglichst auf eine energiesparende Auslegung geachtet.

2 Ausgangslage

2.1 Strecken- und Betriebsbeschreibung

Bei der zu untersuchenden Strecke handelt es sich um die eingleisige und normalspurige Lokalbahn mit der Streckennummer 180 01. Diese beginnt beim km 0,000 im Bahnhof Retz und endet im Bahnhof Drosendorf beim km 39,959. Der Mindestbogenradius beträgt 170m bei einer maximalen Längsneigung von 29‰.

Da keine



Abbildung 1: Streckenübersichtsplan [16]

Bahnstromversorgungsanlagen

vorhanden sind, beschränkt sich die Traktionsart auf Diesel- und Dampfbetrieb bei einer maximalen Höchstgeschwindigkeit von 60km/h.¹ Als Besonderheiten sind einerseits die hohe Eisenbahnkreuzungsdichte (61 öffentliche EKs auf 40km Streckenlänge)² und andererseits der häufige Neigungsrichtungswechsel (12 mal) zu nennen.³

Der in Fahrtrichtung 1 erste Abschnitt der Strecke vom km 0,000 bis km 0,781 (ES Y) liegt betrieblich im Bahnhofsbereich Retz und befindet sich im Besitz der ÖBB Infrastruktur AG. Daran schließt bis zum km 39,959 der Streckenabschnitt der NÖVOG an, welche als Anschlussbahn im Zugleitbetrieb unter der Bezeichnung „Anschlussbahn Strecke 21 –

¹ Vgl. [9, pp. 9-10]

² Vgl. [10]

³ Vgl. [11]

Reblaus Express“ geführt wird. Zur Besicherung der Anschlussbahn wird die Weiche 51 im Bahnhof Niederfladnitz herangezogen, welche nach jeder Befahrung in die Ablenkung zu versperren ist. Ab dieser Stelle beginnt in Fahrtrichtung 2 betrachtet der Übergabebereich zwischen ÖBB und NÖVOG, in welchem keine Fahrzeuge der Anschlussbahn abgestellt werden dürfen. Dies gilt ebenfalls für das Gleis 3 in Niederfladnitz. Bei Zugfahrten in diesem Bereich ist das Zugmeldeverfahren zwischen dem ÖBB Fahrdienstleiter Retz und dem NÖVOG Zugleit-Fahrdienstleiter Laubenbachmühle durchzuführen. Verschubtätigkeiten und Nebenfahrten sind ebenfalls in diesem Bereich zu vereinbaren.⁴

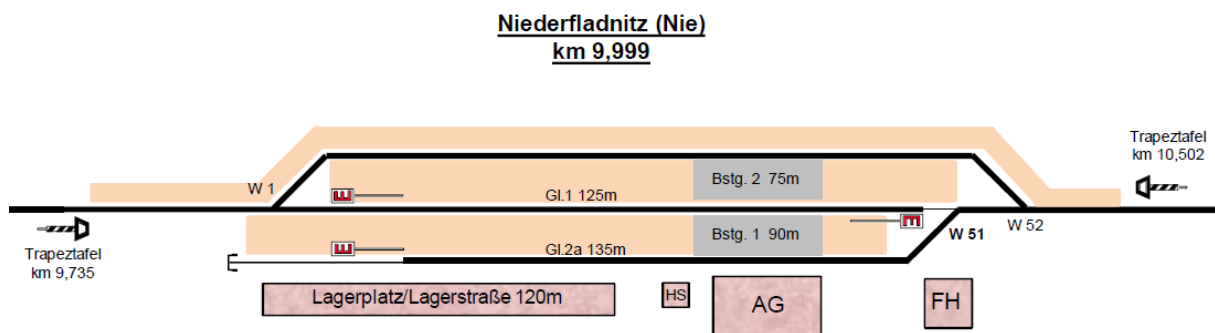


Abbildung 2: Streckenspiegel Bahnhof Niederfladnitz, die FR1 verläuft hier von links nach rechts [1]

Der Zugbetrieb des Fahrplanes 2022 beschränkt sich auf Nostalgiefahrten an Samstagen, Sonn- und Feiertagen vom 30. April bis 01. November sowie an Freitagen vom 08. Juli bis 02. September.⁵ Dieser wird planmäßig mit einem V-Tfz der Baureihe 2143 samt 6 zweiachsigen Wagen (meist 3 Reisezugwagen, 1 Speisewagen, 1 geteilter Reisezug- und Dienstwagen und 1 Fahrradtransportwagen) durchgeführt.⁶



Abbildung 3: Schematische Darstellung der Zugbildung des Reblaus Express; Icons: [2] [3]

Darüber hinaus können konzessionierte EVUs auf der Strecke Zugfahrten anhand einer Faplo bei Bedarf durchführen.⁷

⁴ Vgl. [9, pp. 9-15]

⁵ Vgl. [12]

⁶ Vgl. [5]

⁷ Vgl. [9, p. 14]

2.2 Notwendige Kantenfahrzeit Retz – Drosendorf

Die höchstmögliche Kantenfahrzeit wird durch verschiedene Zwangspunkte beschränkt. Der Bedeutendste sind die Anschlussverbindungen in Retz, welche einzuhalten sind. Dabei handelt es sich um der Linie REX3 zugeordnete Züge der ÖBB. Zur Erreichung dieser wird eine gewisse Kantenfahrzeit vorausgesetzt. Dabei begegnen sich zum Umsteigeknoten 3 Züge gleichzeitig im Bahnhof Retz:⁸

- Zug der Linie REX3 von Znojmo nach Wien mit einem zweiminütigen Aufenthalt in Retz beziehungsweise von Wien nach Znojmo mit fünfminütigem Aufenthalt. (Zweistudentakt, jede Stunde alternierend)
- Zug der Linie REX3 von Wien mit dem Jugendbahnhof Retz beziehungsweise mit dem Zuganfangsbahnhof Retz nach Wien. (Zweistudentakt, jede Stunde alternierend)
- Zug des Reblaus Express von Drosendorf mit Jugendbahnhof Retz -> Weiterfahrt als Reblaus Express nach Drosendorf.

Im Bahnhof Retz sind 4 Gleise mit Bahnsteig vorhanden, wobei es sich bei einem um ein Stumpfgleis Richtung Staatsgrenze/Drosendorf (Gleis 403/Bahnsteig 21) handelt. Weiters entstehen das Gleis 305/Bahnsteig 1 und Gleis 405/Bahnsteig 11 durch die Teilung des durchgängigen Gleises 5.⁹ Daraus folgt eine einzige Möglichkeit für die Zuteilung der Bahnsteige. Der durchgehende Zug der Linie REX3 belegt Bahnsteig 2, der in Retz beginnende/ende Zug Bahnsteig 1 und der Zug des Reblaus Express Bahnsteig 11.

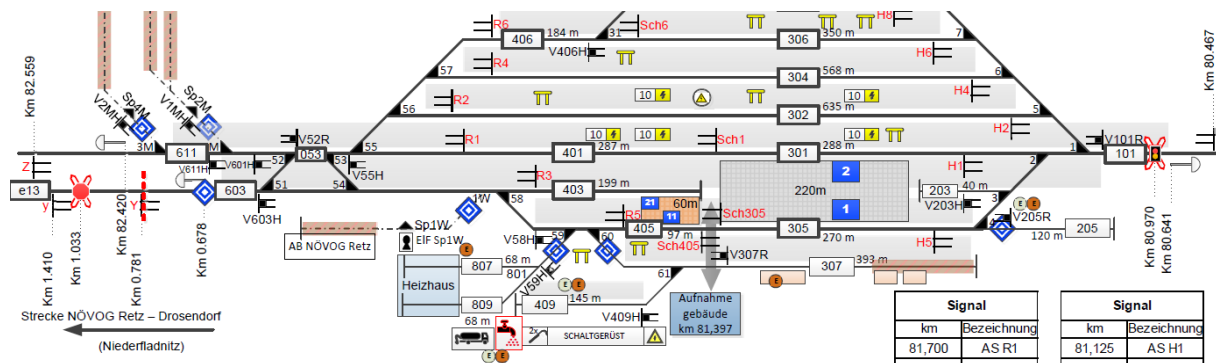


Abbildung 4: Ausschnitt aus der Lageskizze des Bahnhofs Retz [4]

Hierzu kommt jedoch erschwerend hinzu, dass es sich beim Reblaus Express um lokbespannte Züge handelt, welche beim Richtungswechsel vom Triebfahrzeug umfahren werden müssen. Daher sollte die planmäßige Ankunft des Reblaus Express 15 Minuten vor

⁸ Vgl. [7]

⁹ Vgl. [4]

der Planankunft der REX3 Züge erfolgen.¹⁰ Die Ausfahrt kann zeitgleich mit dem Zug der Linie REX3 erfolgen. Dadurch ergibt sich eine Gesamtaufenthaltsdauer von 20 Minuten.

Der Fahrplan 2022 sieht einen angenäherten Dreistudentakt mit drei Zugpaaren für den Reblaus Express vor.¹¹ Dadurch muss bei einem Zugpaar Retz – Drosendorf – Retz der Zug nach spätestens 2:40h Fahrzeit nach Retz zurückgekehrt sein. Für die betrieblichen Tätigkeiten in Drosendorf, wie etwa das Umfahren des Wagensatzes sind mindestens 15 Minuten vorzusehen. Dabei muss einer der drei täglichen Aufenthalte mindestens 30 Minuten lang sein, zur Betankung des Triebfahrzeugs.¹² Die Teilung der Fahrzeit von 2:25h durch 2 ergibt eine Fahrzeit von 1:12h. Da am Ende der jeweiligen Zugfahrt (vor dem Erreichen von Retz bzw. Drosendorf) eine Pufferzeit von 3 Minuten eingeplant ist, ergibt das eine **maximale Kantenfahrzeit von 1:09h**. Diese Pufferzeit hat den Zweck, Abfahrtsverzögerungen durch den Teil der Fahrradverladung, welcher nicht eindeutig einer Haltestelle zuordenbar ist, im Bedarfsfall abzufangen.¹³ Da die aktuelle Fahrzeit der Nostalgiezüge 1:10h (1:07 exkl. Pufferzeit) beträgt, ist ein kleiner Zeitspielraum von 2 Minuten zur Erhaltung der Fahrplanstruktur 2022 vorhanden.

2.3 Auflagen durch die Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012

Die EisebKrV 2012 erhöht die Anforderungen auf den Sichtraum sowie auf die straßenseitige Räumfahrzeit und die damit zusammenhängende Annäherungsgeschwindigkeit der Schienen- und Straßenfahrzeuge, im Vergleich zur EKVO 1961. Besonders die nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen, welche durch Abgabe akustischer Signale vom Schienenfahrzeug gesichert sind, sind davon betroffen. Diese Art der Sicherung trifft auf 52 Stück (85%) der Eisenbahnkreuzungen der Strecke zumindest einseitig zu. Weitere 6 Stück sind beidseitig durch Gewährleistung des erforderlichen Sichtraumes nichttechnisch gesichert und 3 Stück haben bereits eine Lichtzeichenanlage und sind somit technisch gesichert.¹⁴

Die folgende Berechnung stellt die maximale Annäherungsgeschwindigkeit der Schienenfahrzeuge, bei durch Abgabe akustischer Signale vom Schienenfahrzeug nichttechnisch gesicherter Eisenbahnkreuzungen, dar. Dabei wird der Idealfall angenommen und der Rechtsrahmen so weit wie möglich ausgeschöpft, welcher allerdings von Grund auf äußerst beschränkt ist.

Ein 10 Meter langes Fuhrwerk, welches eine Mindestgeschwindigkeit von 1,67m/s und eine Beschleunigung von 0,5m/s² aufweist, muss nach dem Anhalten vor der EK diese gefahrlos

¹⁰ Vgl. [18]

¹¹ Vgl. [12]

¹² Vgl. [18]

¹³ Vgl. [18]

¹⁴ Vgl. [10]

passieren können. Beim Anhalten ist der Sehpunkt 2m vor dem Andreaskreuz anzunehmen. Dieses wiederum steht im Regelfall 3m von der nächsten Schiene entfernt. Die Spurweite beträgt 1435mm und die Eisenbahnkreuzung gilt straßenseitig als verlassen, sobald das Fahrzeug 2m von der letzten Schiene entfernt ist und darauffolgend 3 Sekunden Restzeit vergangen sind. Der Sichtpunkt darf maximal 120m von dem Kreuzungspunkt entfernt sein.¹⁵

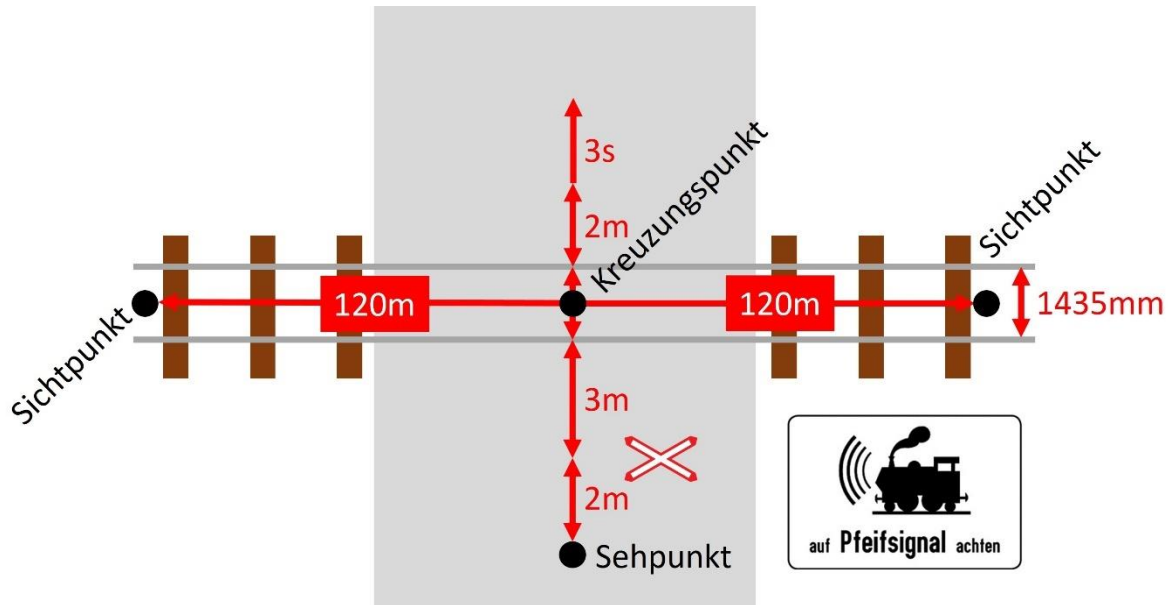


Abbildung 5: Grafische Darstellung der relevanten Größen und Punkte für die durch Abgabe akustischer Signale vom Schienenfahrzeug nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen

Zurückzulegender Weg Straßenfahrzeug: $2 + 3 + 1,435 + 2 + 10 = 18,435m$

Beschleunigungszeit bis $\frac{1,67m}{s}$ bei $\frac{0,5m}{s^2}$: $1,67 * 2 = 3,34s$

Dabei zurückgelgter Weg: $\frac{1}{4} * 3,34^2 = 2,79m$

Benötigte Zeit für den verbleibenden Weg: $\frac{18,435 - 2,79}{1,67} = 9,37s$

Maximale Annäherungs – Vmax Schienenfahrzeug: $\frac{120}{3,34 + 9,37 + 3} = \frac{7,64m}{s} = \frac{27,5km}{h}$

Da die nächstgelegene Geschwindigkeitstafel jene mit einer Höchstgeschwindigkeit von 25km/h ist, sind mit Einführung der EiskrV 2012 keine höheren Schienenfahrzeuggeschwindigkeiten bei der Annäherung an durch Abgabe akustischer Signale vom Schienenfahrzeug nichttechnisch gesicherten EKs möglich. Die

¹⁵ Vgl. [13, pp. 11 §22 Abs.7, 15 §36, 17 §44 Abs.5, 17-18 §45]

vorgeschriebene v_{\max} -Beschränkung muss ab dem Sichtpunkt bis zum Kreuzungspunkt implementiert werden. In diesem Fall wären das 120 Meter vor dem Erreichen der EK.

Auch bei den EKs, welche durch Gewährleistung des erforderlichen Sichttraumes nichttechnisch gesichert sind, wurden durch die EiskrV 2012 die Parameter zur Definition der Eisenbahnkreuzungssicherheit im Sinne dieser verschärft. Daher ist von einer Reduktion der Annäherungsgeschwindigkeit seitens der Schienenfahrzeuge auszugehen. Für die 6 davon betroffenen Eisenbahnkreuzungen wird im Rahmen dieser Arbeit keine Einzelevaluierung durchgeführt, da für alle nichttechnisch gesicherten EKs nach der Neuevaluierung gemäß EiskrV 2012 eine Annäherungsgeschwindigkeit seitens der Schienenfahrzeuge von 25km/h erwartet wird.¹⁶

Die einzige Möglichkeit diese Maßnahme zu umgehen, ist die technische Sicherung der EKs mittels Lichtzeichen. Alternativ dazu können einzelne EKs auch aufgelassen werden. In beiden Fällen käme es dadurch zu keiner EK-bedingten Geschwindigkeitsvorschrift. Etwaige Beschränkungen dieser Art, welche bereits durch die EKVO 1961 angeordnet wurden, würden durch solch eine Maßnahmensetzung entfallen.

2.4 Auswirkungen auf den Betrieb

Wie bereits im Punkt 2.2 dargestellt, ist nur ein geringer Zeitspielraum zur Erhaltung der Fahrplanstruktur 2022 vorhanden. Die Geschwindigkeitsbrüche bei den EKs würden das VzG und somit die Fahrzeit verlängern, wodurch die Fahrplanstruktur 2022 nicht mehr einzuhalten wäre. Des Weiteren würden die neuen Geschwindigkeitsbrüche zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauches sowie des Verschleißes an den Bremsanlagen des Zuges führen. Diese Auswirkungen gilt es zu verhindern beziehungsweise auf ein notwendiges Minimum zu reduzieren.

3 Analyse des Bestandes

3.1 Datengrundlagen

Um die Bestandsinfrastruktur im Betriebssimulationsprogramm Open Track abbilden zu können, müssen die dafür essenziellen Parameter beschaffen werden. Da es sich hierbei um eine Strecke der NÖVOG handelt, welche neben der Infrastruktur auch die Verkehrsleistungen betreibt, ist diese die Hauptinformationsquelle. Die folgende Aufzählung

¹⁶ Vgl. [18]

soll einen Überblick über die verwendeten Quellen und dessen relevanten Informationsgehalt für die Abbildung der Infrastruktur, der Schienenfahrzeuge und des Betriebes liefern.

Benutzerhandbuch für Open Track V1.9:

Dieses beinhaltet die Grundlagen zur Bedienung des Betriebssimulationsprogramms.

Betriebsstellenbeschreibung Bahnhof Retz:

Hierbei sind die Lageskizze und die Fahrstraßentabelle des Bahnhofes Retz von Bedeutung für die Arbeit. Aus diesen können die Lage der Gleise, Bahnsteige, Fahrwegelemente (Weichen und Signale) und Betriebsgebäude, sowie dessen Entwicklungslänge, Bezeichnung und dazugehörige Höchstgeschwindigkeit herausgelesen werden.

Betriebsstellenbeschreibung Anschlussbahn Retz – Drosendorf:

Diese Beschreibung umfasst unter anderem die im vorherigen Punkt genannten Informationen für die zu untersuchende Strecke. Zusätzlich relevant sind betriebliche Besonderheiten, welche eine Auswirkung auf die Fahrplangestaltung haben. Ein Beispiel dafür wäre die Bedienung der Anschlussbahn-Schutzweiche.

Eisenbahnkreuzungsverzeichnis:

Das EK-Verzeichnis beinhaltet alle Eisenbahnkreuzungen der Strecke, samt den dazugehörigen Angaben zur Lage, Art der Sicherung, Höchstgeschwindigkeit und Straßennamen.

Streckenspiegel:

Der Streckenspiegel ist die schematische Darstellung der Gleise, Bahnsteige, Fahrwegelemente, Betriebsgebäude und Ähnlichem der Gesamtstrecke. Dieser dient als Orientierungshilfe bei der Abbildung der Infrastruktur im Betriebssimulationsprogramm Open Track.

VzG:

Das VzG gibt die Höchstgeschwindigkeit und maßgebende Längsneigung der Strecke in Abhängigkeit von der Kilometrierung an. Zusätzlich sind die Funktion und Lage der Signale angegeben (AS, ES, TT, Fahrweg Ende, ...)

Wagenliste inkl. Zugzettel:

Hierbei wird die Zusammenstellung der Züge samt den daraus resultierenden Parametern wie Zuglänge, geringste Höchstgeschwindigkeit, Gesamtgewicht, Bremsgewicht und die vorhandenen Bremshundertstel angegeben.

Zuglaufblätter Fahrplan 2022:

Der Hauptinformationsgehalt der Zuglaufblätter ist der geplante Aufenthaltsort des Zuges in Abhängigkeit von der Zeit (Fahrplan). Zusätzlich sind betriebliche Besonderheiten und dessen Auswirkung auf den Fahrplan vermerkt.

Triebfahrzeug-Datenblatt Baureihe 2143:

Das Triebfahrzeugdatenblatt beinhaltet die notwendigen Angaben zur Abbildung des Triebfahrzeuges im Betriebssimulationsprogramm Open Track.

Übersichtskarten:

Neben den betriebsinternen Plänen dienen Karten, welche über den Eisenbahnbereich hinausgehen (Google Earth, Open Railway Map), zur Darstellung des Lageverhältnisses zwischen der Strecke und der Umgebung. Diese kommen vor allem bei der Entscheidung, welche Eisenbahnkreuzungen aufgelassen werden, zum Einsatz.

Leitfaden SCHIG:

Der Leitfaden zu öffentlichen Eisenbahnkreuzungen der SCHIG enthält Kriterien zur Definition jener Fälle, in denen die Auflassung von EKs zumutbar ist. In Kombination mit den Übersichtskarten dient dieser Leitfaden als Entscheidungsgrundlage für die Auflassung von Eisenbahnkreuzungen.

3.2 Aufbau der Infrastruktur in OpenTrack

Bei der im Betriebssimulationsprogramm zu erstellenden Infrastruktur handelt es sich um ein Knoten-Kanten-Modell. Knoten sind Punkte, denen eine Kilometrierung zugeordnet wird und somit den Anfangs- bzw. Endpunkt einer oder mehrerer Kanten bilden. Des Weiteren ist es möglich den Knoten Attribute wie Fahrwegelemente oder Signale zuzuordnen. Um die richtige Anzahl, den richtigen Standort und die richtige Funktion der Knoten zu erstellen sind die jeweiligen Daten folgender Objekte zu erfassen:

- Betriebsstellen (hier: Bahnhöfe und Haltestellen)
- Weichen
- Lichtsignale
- Trapeztafeln
- Signal Fahrweg Ende
- Signal Haltepunkt
- Eisenbahnkreuzungen

- Zwei Punkte beidseitig 120m von der EK entfernt
- Geschwindigkeitsbrüche
- Neigungswechsel
- Sprung in der Kilometrierung

Diese Informationen lassen sich aus den Betriebsstellenbeschreibungen, dem Streckenspiegel, dem EK-Verzeichnis und dem VzG extrahieren.

Nach erfolgreicher Implementierung der Knoten werden diese mit Kanten verbunden. Jene stellen die Gleisabschnitte dar und müssen mit folgenden Parametern versorgt werden:

- Höchstgeschwindigkeit (getrennt für FR1 und FR2 oder gruppiert bei gleicher v_{\max})
- Längsneigung (in FR1, wird automatisch für FR2 invertiert)
- Bogenradius (wird im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt; daher generell $=\infty$)

Die benötigten Informationen befinden sich im VzG. Die Länge der einzelnen Kanten lassen sich anhand der Kilometrierung der Knoten durch das Programm berechnen. Die Ergebnisse können anschließend mit den Unterlagen verglichen werden.

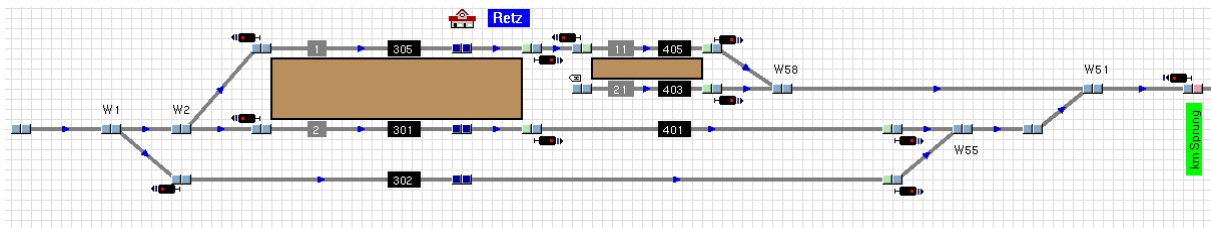


Abbildung 6: In Open Track abgebildeter Ausschnitt des Bahnhofs Retz als Beispiel für die Bedienoberfläche des Betriebssimulationsprogramms; Ausfahrt Richtung Drosendorf rechts¹⁷

Die Begründung für die Nichtmiteinbeziehung des Bogenradius liegt in der geringen Auswirkung auf die Fahrdynamik. Der maximale Bogenwiderstand nach der Formel von Röckl¹⁸ beträgt bei einem Mindestbogenradius von 170m und einem Gesamtzuggewicht von 189t:

$$R_B = \frac{4,91}{170m - 30m} * 189t = 6,63kN$$

Dies entspricht einem Neigungswiderstand¹⁹, welcher von einem 3,6‰ steilen Streckenabschnitt verursacht wird:

¹⁷ Die Gesamtabbildung der Infrastruktur befindet sich im Anhang

¹⁸ Vgl. [20, p. 65]

¹⁹ Vgl. [20, p. 64f]

$$I = \frac{6,63kN}{189t * 9,81m/s^2} = 0,0036 = 3,6\text{‰}$$

Dabei gilt es zu beachten, dass es sich hier um einen Maximalwert handelt, welcher abseits der Bögen mit einem Mindestradius von 170m unterschritten wird. Die Energieauswertung wird durch diese Vereinfachung nicht verfälscht, da der Bogenwiderstand eine vernachlässigbare Auswirkung aufweist und nicht geschwindigkeitsabhängig ist. Da in weiterer Folge ein Faktor zwischen dem tatsächlichen Kraftstoffverbrauch und der aus der Simulation ohne Bogenwiderstand ermittelten Energieaufnahme im Bestandsszenario berechnet wird, bleibt die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Szenarien gegeben (Siehe Punkt 3.3.3). Jener Faktor wird schließlich zur Bestimmung der tatsächlichen Kraftstoffmenge in den jeweiligen Szenarien herangezogen.

Die Längsneigung wird im VzG auf zwei Arten angegeben. Einerseits detailliert als tatsächliche Längsneigung (Spalte 5) und andererseits als maßgebende Längsneigung (Spalte 4). Letztere erweist sich für die Bestimmung der Fahrzeitverlängerung und der Erhöhung des Energieverbrauchs durch nichttechnisch gesicherte EKs als zu ungenau. Dies ist auf die häufigen Neigungsrichtungswechsel (12 mal auf 40km) zurückzuführen. So ist es z.B. möglich, dass in einem Streckenabschnitt mit einer maßgebenden Längsneigung von -19‰ sich ein Abschnitt mit einer tatsächlichen Längsneigung von +19‰ befindet. Würde sich an diesem Ort eine EK, welche von einer Geschwindigkeitseinschränkung auf 25km/h betroffen ist, befinden, wären die diesbezüglichen Ergebnisse zur Fahrzeitverlängerung und der Erhöhung des Energieverbrauchs verfälscht.

Die tatsächliche Längsneigung in das Betriebssimulationsprogramm zu übertragen stellt jedoch auch keine sinnvolle Alternative dar, da diese unverhältnismäßig detailliert ist (tlw. 1‰ Differenz alle 100m). Daher wurde ein Verzeichnis mit einer neuen, für die Beantwortung der Forschungsfrage maßgebenden Längsneigung erstellt, welches die Abschnitte mit ähnlicher Längsneigung zusammenfasst.

Tabelle 1: Längsneigung in Abhängigkeit der Kilometrierung

Kilometrierung	Längsneigung (FR1)	Kilometrierung	Längsneigung (FR1)
0,000 – 1,000	-1‰	– 22,800	+18‰
– 8,200	+24‰	– 23,000	+3‰
– 8,500	0‰	– 24,600	+18‰
– 8,800	+19‰	– 26,900	0‰
– 10,100	0‰	– 27,400	+17‰
– 10,600	-8‰	– 28,700	+7‰

– 11,000	0‰	– 29,100	+15‰
– 11,700	+6‰	– 30,400	+2‰
– 14,000	-17‰	– 31,300	-26‰
– 14,600	0‰	– 31,600	-1‰
– 14,900	+24‰	– 31,800	-21‰
– 15,200	+3‰	– 32,200	-2‰
– 15,600	+17‰	– 32,900	-23‰
– 15,900	0‰	– 33,100	0‰
– 17,700	+15‰	– 34,800	+24‰
– 18,000	+4‰	– 34,900	+12‰
– 18,400	+22‰	– 35,300	0‰
– 19,100	-22‰	– 36,400	-17‰
– 20,100	-13‰	– 36,800	0‰
– 21,000	+2‰	– 37,600	-13‰
– 21,100	+17‰	– 38,100	+2‰
– 21,400	0‰	– 39,700	-25‰
– 22,300	+6‰	– 39,959	0‰

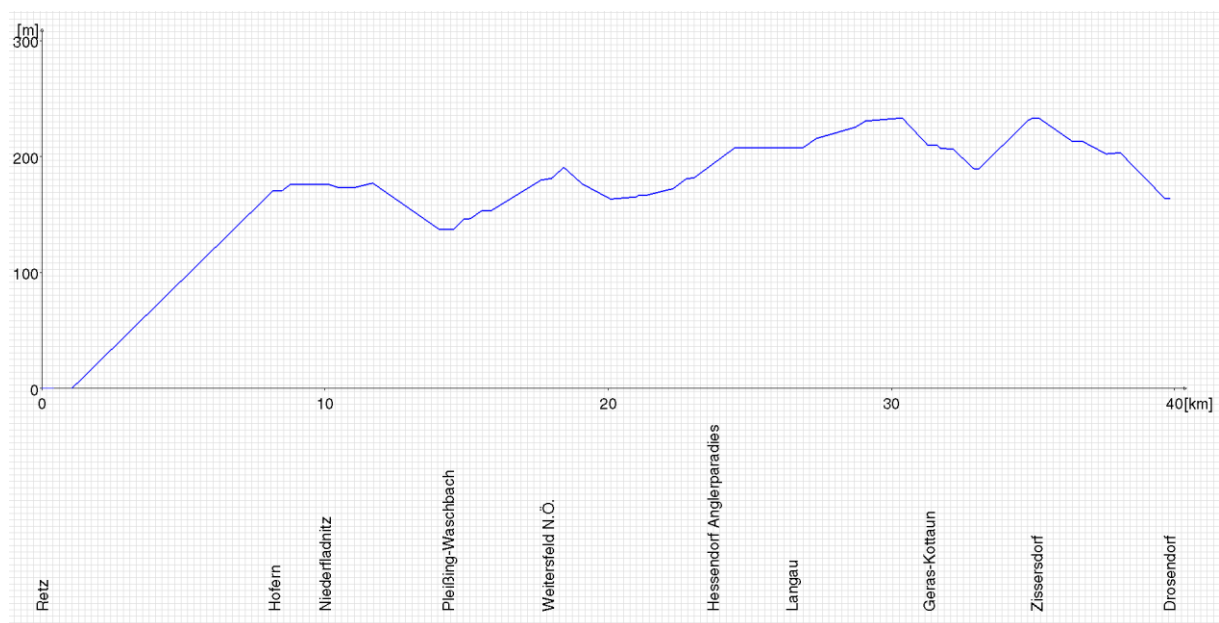


Abbildung 7: Höhenprofil der Strecke mit der Referenzhöhe von 0m in Retz

3.3 Simulation des Bestandfahrplans

3.3.1 Definition der Schienenfahrzeuge

Wie in der Abgrenzung bereits angeführt bestehen alle verkehrenden Züge aus dem V-Tfz der Baureihe 2143 und einem Wagensatz, welcher aus 6 zweiachsigen Wagen gebildet wird.

Zum Einpflegen der Baureihe 2143 in das Betriebssimulationsprogramm werden folgende Daten benötigt:²⁰

- Dienstgewicht: **67t**
- Antriebsadhäsionsgewicht: **=Dienstgewicht** da alle Achsen angetrieben werden
- Länge über Puffer: **16m**
- Widerstandsfaktor:²¹ **5,0** (Berücksichtigt die Lagerreibung und Widerstände im Antrieb)
- Faktor für dynamische Massen:²² **1,11** (Berücksichtigt das Trägheitsmoment)
- Antriebssystem: **Dieselhydraulisch**
- Z/v-Diagramm

Das Betriebssimulationsprogramm beinhaltet eine Zeichenfunktion für Z/v-Diagramme wodurch es nicht zwingend erforderlich ist jenes als kompatible Datei zu beschaffen. Zur Generierung werden nur zwei Punkte des Diagramms benötigt. Der 1. Punkt liegt dort, wo das Aufbringen der Zugkraft entlang der Reibgrenze auf das Aufbringen entlang der Leistungsgrenze übergeht. Die Zugkraft bei der Triebfahrzeughöchstgeschwindigkeit bildet den 2. Punkt. Zur Bestimmung dieser Punkte werden folgende Angaben benötigt:²³

- Traktionsleistung: **1.115kW** (Dauerleistung)
- Höchstgeschwindigkeit: **110km/h** (30,56m/s)
- Anfahrzugkraft: **196kN**

Aus diesen Angaben und der Formel $P = F * v$ können beide Punkte bestimmt werden.

Mit $v = \frac{P}{F}$ wird nun die Geschwindigkeit des 1. Punktes berechnet:

$$v = \frac{1.115kW}{196kN} = \frac{5,69m}{s} = 20,48km/h$$

Damit lautet der **1. Punkt [20km/h|196kN]**

²⁰ Vgl. [2]

²¹ Vgl. [15, p. 22]

²² Vgl. [15, p. 26]

²³ Vgl. [2]

Mit $F = \frac{P}{v}$ wird nun die Kraft des 2. Punktes berechnet:

$$F = \frac{1.115kW}{30,56m/s} = 36,49kN$$

Damit lautet der **2. Punkt [110km/h|36kN]**

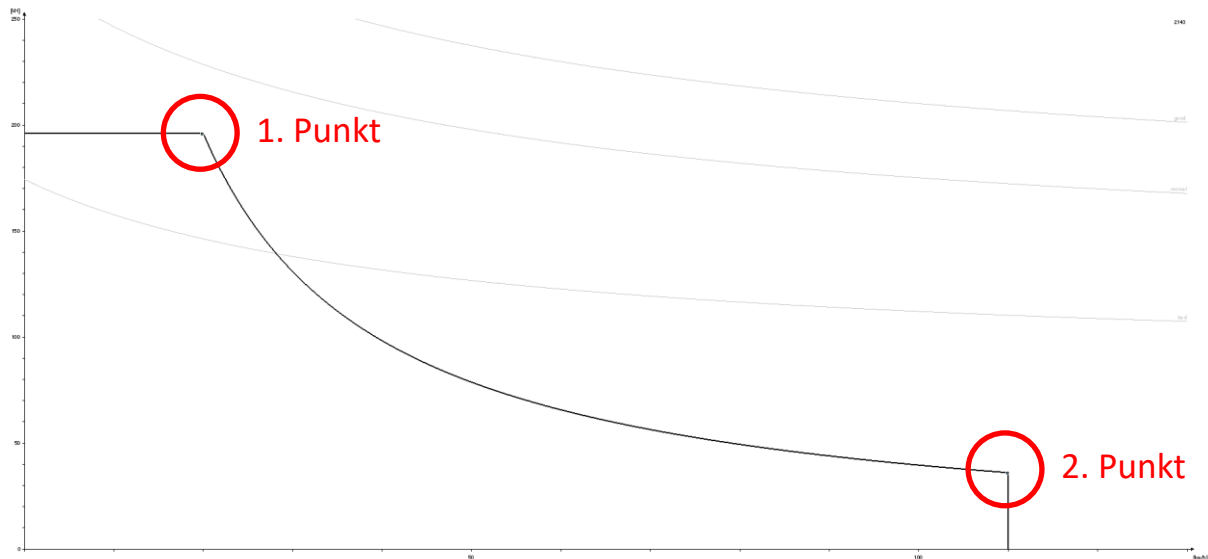


Abbildung 8: Generiertes Z/v-Diagramm der Baureihe 2143

Nach der Einpflegung des Tfz wird die Garnitur zusammengestellt, welche in weiterer Folge den jeweiligen Zugfahrten zugeordnet werden kann. Die dazu benötigten Daten lassen sich aus der jeweiligen Wagenliste extrahieren.

Triebfahrzeug Nummer												LÜP	Leergew.	Ges. Gew.	Bremsgew.			Ausgangs- Bahnhof	Ziel- Bahnhof
												m	t	t	P	G			
9	3	8	1	2	1	4	3	0	7	0	7	15,80		67	66		Retz	Drosendorf	
Wagen- nummer												LÜP	Leergew.	Ges. Gew.	Bremsgew.		Sitzplätze	Ausgangs- Bahnhof	Ziel- Bahnhof
												m	t	t	P	G			
4	2	8	1	1	5	3	5	1	0	3	6	14,10	15	17	17		0	Retz	Drosendorf
5	0	8	1	8	2	2	9	0	0	3	3	12,60	16	19	17		28	Retz	Drosendorf
5	0	8	1	2	4	2	9	0	1	0	9	13,80	17	21	18		52	Retz	Drosendorf
5	0	8	1	8	5	2	9	0	0	1	4	13,60	19	23	18		29	Retz	Drosendorf
5	0	8	1	2	4	2	9	0	0	9	1	13,80	17	21	18		52	Retz	Drosendorf
5	0	8	1	2	4	2	9	0	1	1	7	13,80	17	21	18		52	Retz	Drosendorf
												81,70		122	106		213		
												15,80		67	66				
												97,50		189	172				

Nummer d. letzten Wagens:

4	2	8	1	1	5	3	5	1	0	3	6	R - Df
5	0	8	1	2	4	2	9	0	1	1	7	Df - R

Gesamtzuglänge (Tfz+Wagen):

98

Gesamtgew. Wagensatz:

122

geringste V/max:

80

Gesamtgewicht (Tfz+Wg):

189

Bremsgewicht:

172

Bremsberechnung:

$$\frac{\text{Bremsgewicht} \times 100}{\text{Gesamtgewicht}}$$

91,01

%

91

vorhandene
Bremsleistung

Abbildung 9: Ausschnitt aus der Wagenliste inkl. Zugzettel mit Angabe der relevanten Daten für die Simulation [5]

3.3.2 Umsetzung

Damit die Zugfahrten korrekt abgebildet werden, müssen im Betriebssimulationsprogramm die dispositiven Grundlagen (Fahrstraßen und Zugtrassen) für die Infrastruktur definiert werden. Im Programm Open Track werden diese unter den Begriffen Routes, Paths und Itineraries geführt. Dabei entsprechen die Routes den Fahrstraßen und die Itineraries den Zugtrassen. Bei den Paths handelt es sich um mehrere aneinander gereihete Fahrstraßen, welche von AS bis AS (bzw. vom Signal Fahrweg Ende bis zum nächsten) reichen.

Den dispositiven Grundlagen folgt das Einpflegen der Zugfahrten. Hierbei werden den jeweiligen Zugnummern ein Fahrplan, eine Fahrzeuggarnitur und die Zugtrasse(n) (Itineraries) zugeordnet. Für den Vergleich der Simulationsergebnisse mit der Realität

wurden die drei an Wochenenden verkehrenden Zugpaare mit den Nummern 16970 bis 16975 implementiert. Neben der Übertragung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten wird bei diesem Schritt ebenfalls die Mindestaufenthaltsdauer definiert. Diese beträgt in der Simulation 30 Sekunden im Gegensatz zu den im Fahrplan grundsätzlich definierten 60 Sekunden (mit der Ausnahme von Niederfladnitz, wo zur Bedienung der Schutzweiche 180 Sekunden vorgesehen sind). Dies hängt damit zusammen, dass die Fahrplanzeiten auf ganze Minuten gerundet sind. Die Simulation jedoch liefert sekundengenaue Ergebnisse, welche bei der letztendlichen Fahrplanerstellung ebenfalls auf ganze Minuten gerundet werden würden. Daraus folgt eine zulässige Abweichung von ± 30 Sekunden zwischen dem sekundengenauen Simulationsfahrplan und dem minutengenauen Bestandfahrplan, welche von der Mindestaufenthaltsdauer abgezogen wird.

■ Course R 16970: Early Arrival at Nie (Delay: - 15s)	09:33:45
■ Course R 16970: Departure at Nie	09:37:00
■ Course R 16970: Braking for Speed Reduction [138 1]	09:39:53
■ Course R 16970: Braking for Speed Reduction [1429]	09:41:55
■ Course R 16970: Late Arrival at Plw (Delay: 14s)	09:43:14
■ Course R 16970: Departure at Plw	09:44:00

Abbildung 10: Beispiel für die Minutenunschärfe aus dem Simulationsprotokoll: Die Ankunft in Niederfladnitz (Nie) erfolgt 15 Sekunden zu früh, in Pleißing-Waschbach (Plw) 14 Sekunden zu spät

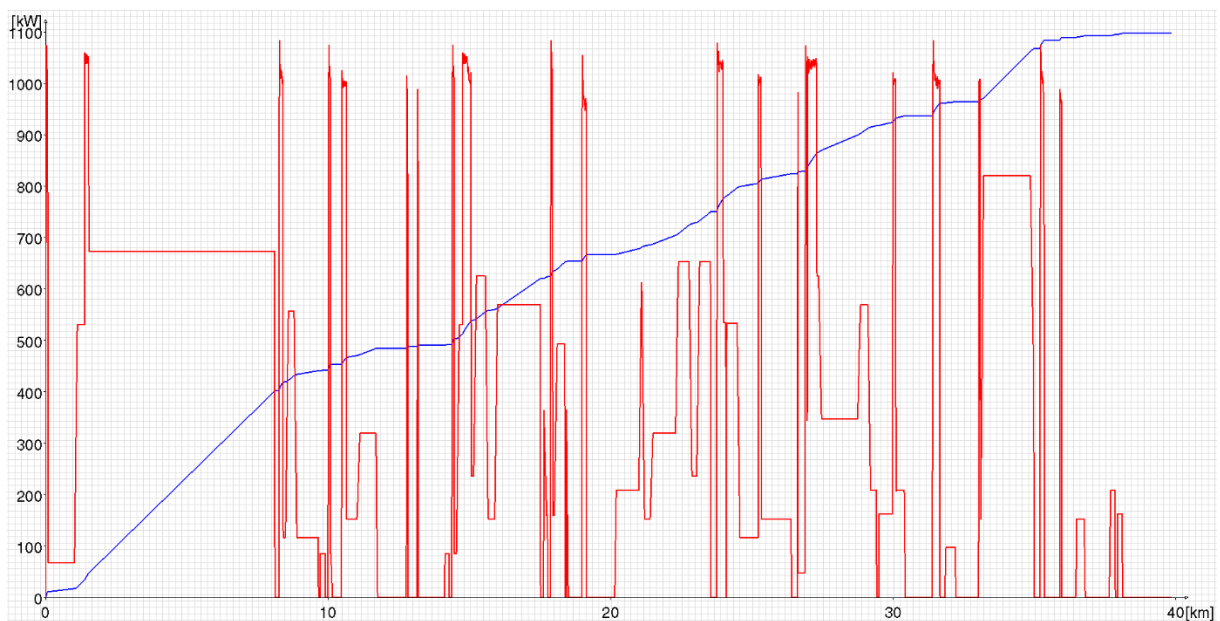
Weiters ist zu beachten, dass der Bestandfahrplan Fahrzeitreserven enthält von denen im Verspätungsfall Gebrauch gemacht wird. In der Simulation werden diese Reserven mithilfe der Performance-Funktion abgebildet. Über diese kann die Leistungsfähigkeit (Antriebsleistung, Zugkraft, Bremskraft, Höchstgeschwindigkeit, ...) der Fahrzeuggarnitur reduziert werden. Für diesen Fall wurde die Performance mit 90% angegeben. Daraus folgt, dass sich die Fahrzeit dementsprechend verlängert und somit Fahrzeitreserven geschaffen werden.

Die Simulation des Fahrplans ergab ein deckungsgleiches Bild zwischen dem Bestandsfahrplan und der Simulation innerhalb der beschriebenen Minutenunschärfe.²⁴ Auffällig ist jedoch die Ankunftszeit aller Züge in ihrem jeweiligen Endbahnhof. Diese müsste -180 (± 30) Sekunden aufgrund der 3 Minuten Pufferzeit betragen. Jedoch beträgt diese für die Züge Richtung Drosendorf -231 Sekunden und Richtung Retz -233 Sekunden. Da diese Zeiten fast identisch sind und die Streckenabschnitte Hofern – Retz und Zisserdorf – Drosendorf in der vorgesehenen Zeit durchfahren worden sind, ist von keinem Fehler auszugehen, sondern von einer großzügiger angelegten Pufferzeit.

²⁴ Bildfahrplan im Anhang

3.3.3 Energiebedarf

Aus den Output-Dateien lässt sich ebenfalls die aufgenommene Energie in Funktion der zurückgelegten Distanz sowohl grafisch als auch tabellarisch auswerten. Dabei handelt es sich um die aufgewendete Nettoenergie welche den Wirkungsgrad des Antriebs nicht berücksichtigt. Diese beträgt in FR1 1097MJ und in FR2 700MJ. Der markante Unterschied ist auf die Streckentopografie zurückzuführen. Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit jener zwischen den jeweiligen Varianten wird diese in MJ pro Zugpaar angegeben (hier: 1797MJ). Eine Angabe in MJ pro Zugfahrt wäre nicht zielführend da sich dieser Wert abhängig von der Fahrtrichtung unterscheidet.



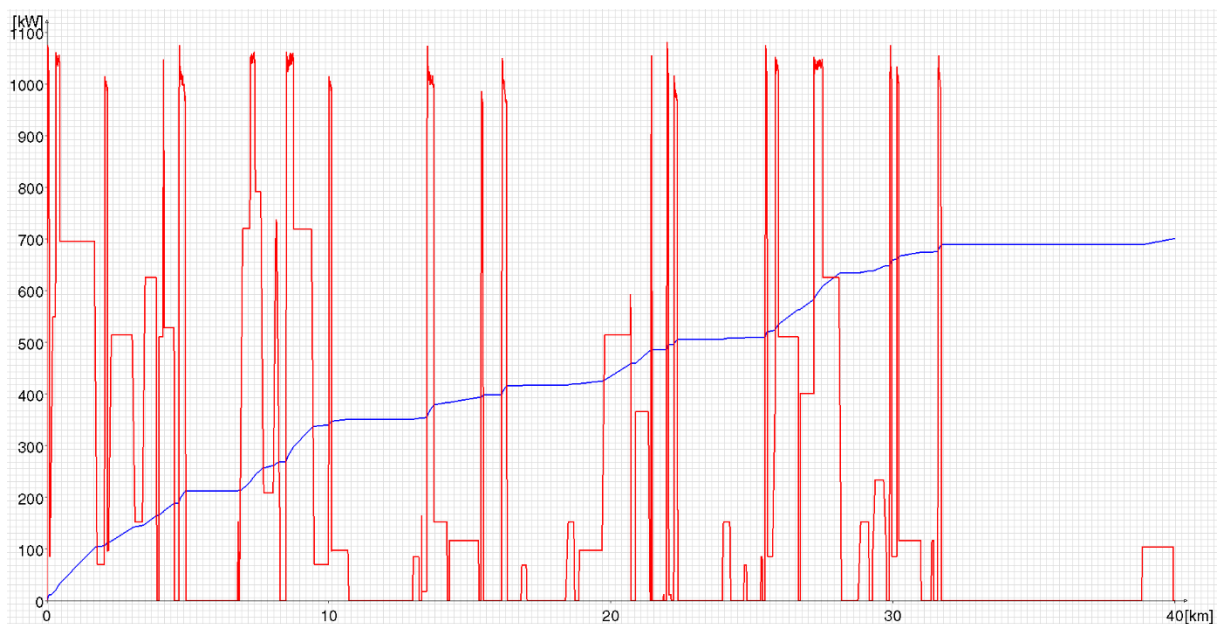


Abbildung 11: Aufgenommene Leistung [kW] (Rot) und Energie [MJ] (Blau) in Funktion der zurückgelegten Distanz in FR1 (oben) und FR2 (unten)

Die aufgenommene Energie stellt als Integral der Leistung die Summe der Fläche unter jener Kurve dar.

Um nun den Wirkungsgrad berechnen zu können, wird der tatsächliche Energieverbrauch benötigt. Dieser beträgt im Schnitt 2,61L Dieselkraftstoff pro Kilometer, gefahren auf der Lokalbahn Retz – Drosendorf.²⁵ Der Brennwert von Dieselkraftstoff beträgt 37,4MJ/L. Daraus folgt bei einer 80km langen Fahrt (Zugpaar 2x 40km):

$$2,61L * 80km = 208,8L/Zugpaar * 37,4MJ/L = 7810MJ/Zugpaar$$

Der Wirkungsgrad liegt somit bei:

$$\frac{1797MJ/Zugpaar\ Netto}{7800MJ/Zugpaar\ Brutto} = 0,2304 = 23\%$$

Der Umrechnungsfaktor zwischen der aus der Simulation gewonnenen Nettoenergie und dem tatsächlichen Dieselvebrauch beträgt:

$$\frac{208,8L/Zugpaar}{1797MJ/Zugpaar\ Netto} = 0,1162\ L/MJ\ Netto$$

Damit ist nun der mathematische Kontext zwischen den Simulationsergebnissen und der Realität hergestellt, welcher in den kommenden Szenarien eingesetzt wird.

²⁵ Vgl. [17]

4 Referenz Szenario technische Sicherung aller öffentlichen EKs (Variante 0)

4.1 Definition

Das Referenzszenario dient zur Ermittlung der höchstmöglichen Investitionskosten in den technischen Kreuzungsschutz sowie der geringstmöglichen Kantenfahrzeit. Diese Werte werden über die technische Sicherung aller EKs definiert. Da bereits 3 EKs technisch gesichert sind, werden 58 EKs zusätzlich mit einer Lichtzeichenanlage ausgerüstet.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Kantenfahrzeit

Zur Ermittlung der Kantenfahrzeit für beide Fahrtrichtungen wird im Betriebssimulationsprogramm ein Zugpaar mit relativem Fahrplan in Verkehr gesetzt. Dabei werden keine festen Fahrplanzeiten definiert, sondern ausschließlich Aufenthaltszeiten in den Bahnhöfen und Haltestellen. Diese betragen 60 Sekunden pro Bahnhof oder Haltestelle, mit der Ausnahme von Niederfladnitz, wo zwecks Bedienung der Schutzweiche 180 Sekunden programmiert werden.

Durch die technische Sicherung aller EKs wird an einigen Streckenabschnitten die Anhebung der v_{\max} ermöglicht. Dies hängt damit zusammen, dass einige EKs bereits durch die EKVO 1961 Annäherungsgeschwindigkeiten verordnet bekommen haben, welche unter der technisch möglichen v_{\max} seitens des Oberbaus liegen. Jene Abschnitte sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle 2: Anhebung der v_{\max} durch die technische Sicherung der jeweiligen EKs in Abhängigkeit der Kilometrierung

Fahrtrichtung 1			Fahrtrichtung 2		
Von km	Bis km	v [km/h]	Von km	Bis km	v [km/h]
12,376	12,686	40 ► 50	12,996	12,686	40 ► 50
24,106	25,125	50 ► 60	25,500	24,481	50 ► 60
26,573	26,803	25 ► 40	-	-	-
29,512	29,871	50 ► 60	30,931	29,887	50 ► 60

Die daraus resultierende Kantenfahrzeit für die **Fahrtrichtung 1** beträgt **1:03:39**, 50 Sekunden weniger als die Fahrzeit auf der Bestandsinfrastruktur mit 1:04:29. Für die **Fahrtrichtung 2** ergab die Simulation eine Kantenfahrzeit von **1:05:00**, welche 44 Sekunden kürzer als die Fahrzeit von 1:05:44 auf der Bestandsinfrastruktur ist. Alle Zeiten wurden mit demselben Zugpaar, welches den relativen Fahrplan enthält, generiert.

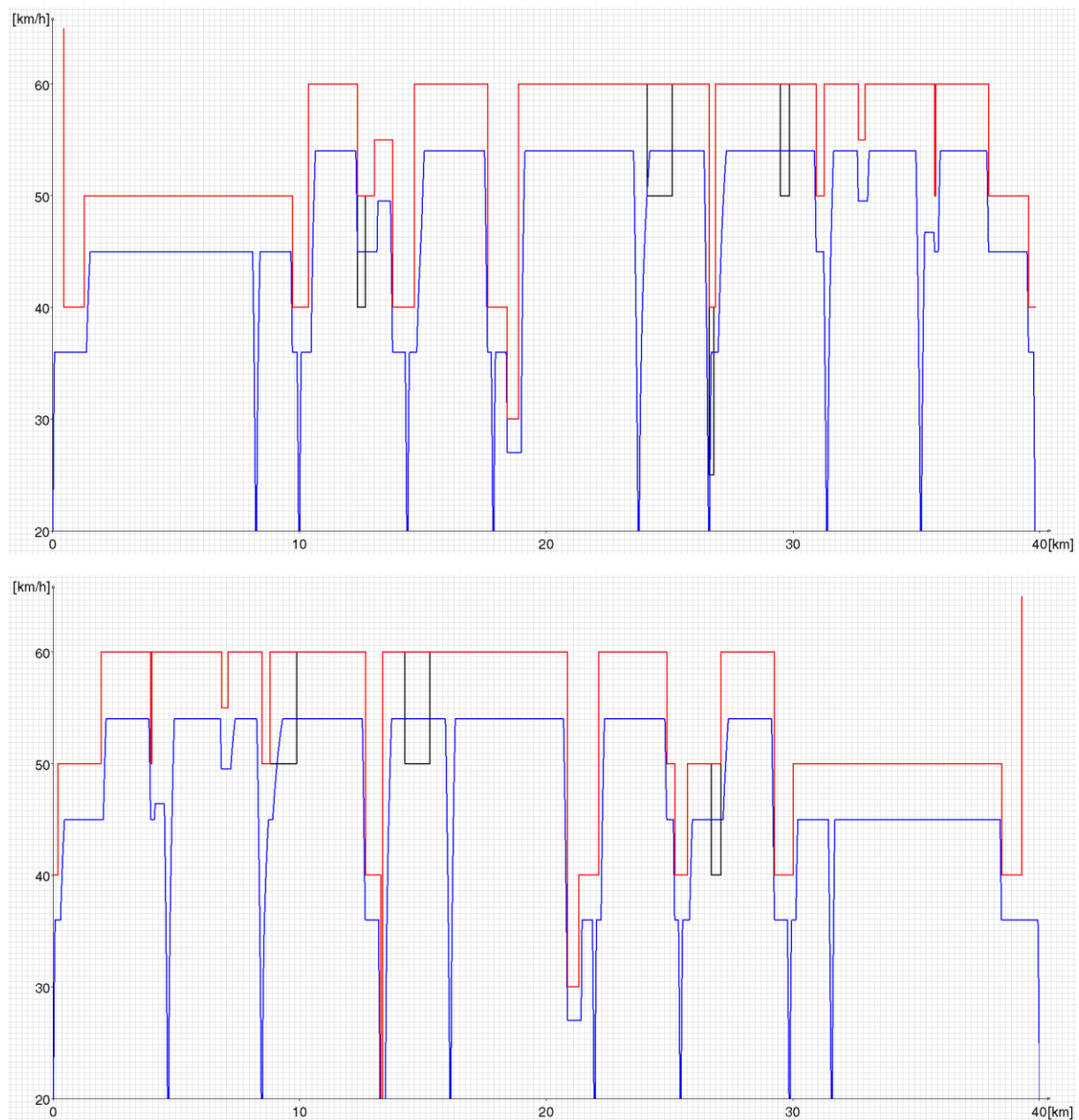


Abbildung 12: VzG im Referenzszenario (Rot), im Bestandszustand (Abweichungen in Schwarz) und für das tatsächliche Fahrverhalten des Zuges (Blau). Oben FR1, unten FR2

Die EK-bedingte Anhebung der v_{\max} ist im VzG deutlich zu erkennen, die in schwarz eingezeichneten Geschwindigkeitsbrüche sind nun nicht mehr notwendig. Das Fahrverhalten des Zuges ergibt sich neben den Planaufenthalten durch die Definition der 90% Performance. Daher wird die Höchstgeschwindigkeit nicht erreicht.

4.2.2 Investitionskosten

Die Errichtungskosten einer Lichtzeichenanlage belaufen sich, abhängig von den örtlichen Verhältnissen wie der Komplexität und der Stromversorgung, auf 150.000 – 200.000 €. ²⁶ Zwecks Vergleichbarkeit der einzelnen Szenarien, wird ein fester Betrag für die Errichtung von 175.000 € je Lichtzeichenanlage angenommen. Für das Referenz-Szenario ergibt das bei 58 EKs ein Investitionsvolumen von ca. 10,15 Mio. €.

4.2.3 Energiebedarf

Die aufgewendete Nettoenergie für ein Zugpaar beträgt 1.786 MJ. Diese setzt sich aus 1090 MJ für die Fahrtrichtung 1 und 696 MJ für die Fahrtrichtung 2 zusammen. Über den im Punkt 3.3.3 ermittelten Wirkungsgrad von 23% entspricht dies einer aufgewendeten Bruttoenergie von 7.764 MJ, welche wiederum den Einsatz von 207,6L Dieselkraftstoff voraussetzt. Durch den Wegfall der beschriebenen Geschwindigkeitsbrüche ist ein Rückgang um 0,6% zu verzeichnen.

5 Szenario Sicherung/Auflassung ausgewählte EKs (Variante 1)

5.1 Kriterien zur Auswahl von EKs zur Sicherung / Auflassung

Das hier beschriebene Szenario beschäftigt sich mit der Einteilung der EKs in jene die bestehen bleiben und jene die aufgelassen werden. Die Iteration zur Ermittlung der Sicherungsart, in Abhängigkeit zur Kantenfahrzeit bei den im Bestand bleibenden EKs, erfolgt anschließend im Punkt 6.

Bei der Auswahl jener EKs welche aufzulassen sind, wird der Straßenrang und die Einbettung beziehungsweise die Verknüpfung der Straße mit dem Umfeld betrachtet. Dabei sind folgende Kriterien einzuhalten:²⁷

²⁶ Vgl. [18]

²⁷ Vgl. [8, pp. 6-8]

- Als jedenfalls zumutbaren Umweg für die Individualverkehr gilt eine Fahrzeitverlängerung von 3 Minuten, dies entspricht einer Distanz von 3000m bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 60km/h.
- Bei landwirtschaftlichem Verkehr gilt generell ein Umweg von 3000m als jedenfalls zumutbar.
- Für ausschließlich durch den Fußgängerverkehr nutzbare EKs ist maximal ein Umweg von 500m zulässig, bei Radquerungen beträgt dieser Wert 2000m.
- Der Schwerpunkt der Auflassungen ist auf Kreuzungen mit niederrangigen Straßen zu legen.

„Aus Sicht der SCHIG mbH sind Eisenbahnkreuzungen, die bei Auflassungen Umwege für die motorisierten Straßenverkehrsteilnehmer von weniger als drei Kilometern verursachen, aufzulassen.“²⁸ Dieser Forderung wird, sofern sie nicht den einzuhaltenden Kriterien widerspricht, bei der Auswahl nachgegangen.

5.2 Analyse der Eisenbahnkreuzungen

5.2.1 EK Auflassungen

Alle öffentlichen EKs wurden im Vorfeld mit den Nummern 1-61 in Fahrtrichtung 1 beschriftet, um deren Identifizierung zu vereinfachen. Im Anhang befindet sich eine detaillierte Tabelle mit den aufzulassenden EKs, welche je EK eine Beschreibung samt Lageplan sowie die getroffene Ersatzmaßnahme enthält. Zusammengefasst sind folgende EKs zur Auflassung vorgesehen: EK Nr. 2, 3, 5, 7, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 29, 32, 34, 35, 39, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 49, 52, 54, 56, 58, 60.²⁹

5.2.2 EK Sicherungen

Die folgende Tabelle enthält jene EKs, welche im Bestand bleiben und somit technisch zu sichern sind. Bei welchen dieser EKs die technische Sicherung entfallen kann, wird anschließend im Punkt 6 erörtert.

²⁸ [8, p. 7]

²⁹ Für die EK Nr. 60 besteht keine Beschreibung im Anhang, da die Auflassung dieser EK im Zuge der Arbeit wieder verworfen wurde.

Tabelle 3: Beschreibung der technisch zu sichernden EKs

EK Nr.	km	v (km/h) FR1	v (km/h) FR2	Straße	Anmerkung
1	1,033	40	40	Unbekannt	
4	2,019	50	50	B35	Bereits techn. gesichert
6	2,908	50	50	Unbekannt	
8	4,385	50	50	Unbekannt	
9	5,853	50	50	Unbekannt	
10	7,434	50	50	B30	Bereits techn. gesichert
11	8,174	60	60	L1053	
13	9,738	50	40	Unbekannt	
14	10,269	40	40	Unbekannt	
16	12,257	60	60	Abzw. B30	
18	13,062	50	50	Abzw. B30	
21	14,212	40	40	L37	
24	15,567	60	60	L1050	
27	17,680	60	40	L1157	
28	17,992	40	40	L1159	
30	19,477	60	60	Unbekannt	
31	22,778	60	60	Unbekannt	
33	24,481	60	60	Unbekannt	Vor der techn. Sicherung v=50km/h beidseitig
36	25,843	60	60	Hessendorfer Straße	
37	26,398	60	10	L41	Bereits techn. gesichert v _{max} FR2 Schaltstrecke
38	26,803	40	40	B30	Vor der techn. Sicherung v=25km/h in FR1
42	28,984	60	60	Abzw. B30	
44	29,887	60	60	Unbekannt	Vor der techn. Sicherung v=50km/h beidseitig
46	31,231	50	60	L1167	
50	34,979	60	60	Unbekannt	
51	35,238	60	60	Unbekannt	
53	35,636	60	60	Unbekannt	

55	36,758	60	60	Unbekannt	
57	37,827	60	50	L1170	
59	39,282	50	50	Unbekannt	
61	39,563	50	40	Lagerhaus- straße	

Damit entfällt folgende Anzahl an EKs auf die jeweilige (Sicherungs-)Maßnahme:

- 30 Stk. Auflassung
- 28 Stk. Technische Sicherung
- 3 Stk. Bereits technisch gesichert

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Kantenfahrzeit

Da sich durch diese Variante keine Geschwindigkeitseinschränkungen oder -erhöhungen ergeben, ist die Kantenfahrzeit ident zum Referenz-Szenario und beträgt somit 1:03:39 in Fahrtrichtung 1 und 1:05:00 in Fahrtrichtung 2.

5.3.2 Investitionskosten

Das Investitionsvolumen für die technische Sicherung der 28 EKs beläuft sich auf ca. 4,9 Mio. €.

5.3.3 Energiebedarf

Der Energiebedarf ist analog zur Kantenfahrzeit ebenfalls ident zum Referenz-Szenario und entspricht umgerechnet dem Einsatz von 207,6L Dieselmotorkraftstoff pro Zugpaar.

6 Iteration zur Ermittlung des optimierten Szenarios (Variante 2)

6.1 Ausgangslage nach Durchführung ausgewählter Maßnahmen

Nach der Durchführung der ausgewählten Maßnahmen besteht nun eine Einteilung der EKs in jene die aufgelassen werden und jene die im Bestand verbleiben. Jedoch wird die maximale Kantenfahrzeit durch die Variante 1 nicht vollumfänglich ausgeschöpft. Diese beträgt 1:09:00 und bietet somit die Möglichkeit, die errechnete Kantenfahrzeit von 1:05:00 (FR2) um 4 Minuten zu verlängern. In Fahrtrichtung 1 ist sogar eine Verlängerung um 5 Minuten möglich, da hier die Referenzzeit 1:03:39 beträgt. Da der Gesamtmiteinsatz, unter der Berücksichtigung des touristischen Fahrplanangebots, minimiert werden soll, sind nun die EKs ausfindig zu machen, deren nichttechnische Sicherung die geringste Auswirkung auf die Kantenfahrzeit haben.

Dazu sind folgende EKs besonders geeignet:

- EKs in unmittelbarer Nähe von Bahnhöfen oder Haltestellen, welche durch ihre Lage nur geringfügig in das Beschleunigungs-/Verzögerungsverhalten der Zugfahrten eingreifen.
- EKs auf Streckenabschnitten, die aus bautechnischen Gründen mit verhältnismäßig geringeren Geschwindigkeiten befahren werden.
- EKs welche gruppenweise mit Abständen von <120m auftreten und somit eine hohe Sparpotenzialdichte aufweisen (Kurze Geschwindigkeitseinschränkung in Bezug auf die eingenommene Streckenlänge und die Maximierung der darin enthaltenen EKs). Da jedoch durch die bereits erfassten EK-Auflassungen genau solche EK-Gruppen aufgelöst wurden, fällt dieser Betrachtungsaspekt verhältnismäßig gering ins Gewicht.

6.2 Variante 2.1

6.2.1 Analyse der Eisenbahnkreuzungen

Bei dieser Variante wurde sukzessive einzelnen EKs die technische Sicherung entzogen bis zum Erreichen der maximalen Kantenfahrzeit. Begonnen wurde hierbei mit der am nächsten zu einem planmäßigen Aufenthalt stehenden EK (Nr. 11, welche unmittelbar an die Haltetafel der Haltestelle Hofern grenzt). In aufsteigender Reihenfolge (bezogen auf den Abstand zum

nächsten planmäßigen Aufenthalt) kamen immer mehr dazu, bis zur EK Nr. 59, welche bereits 553m vom Bahnhof Drosendorf entfernt ist.

Tabelle 4: Beschreibung der nicht technisch gesicherten EKs

EK Nr.	km	Grund für das Verbleiben im Bestandszustand
11	8,174	Grenzt unmittelbar an die Haltestelle Hofern
13	9,738	Liegt im Bahnhofsbereich von Niederfladnitz
14	10,269	Liegt im Bahnhofsbereich von Niederfladnitz
21	14,212	Grenzt an die Haltestelle Pleißing-Waschbach
27	17,680	Liegt im Bahnhofsbereich von Weitersfeld N.Ö.
28	17,992	Liegt im Bahnhofsbereich von Weitersfeld N.Ö.
38	26,803	Liegt im Bahnhofsbereich von Langau
46	31,231	Grenzt an die Haltestelle Geras-Kottaun
50	34,979	Grenzt an die Haltestelle Zissersdorf
51	35,238	Grenzt an die Haltestelle Zissersdorf
59	39,282	Liegt nahe des Bahnhofs Drosendorf
61	39,563	Liegt nahe des Bahnhofs Drosendorf

Damit entfällt folgende Anzahl an EKs auf die jeweilige (Sicherungs-)Maßnahme:

- 30 Stk. Auflassung
- 16 Stk. Technische Sicherung
- 12 Stk. Nichttechnische Sicherung (Bestandszustand)
- 3 Stk. Bereits technisch gesichert

6.2.2 Ergebnisse

Die Kantenfahrzeit beträgt in FR1 1:07:52 und in FR2 1:08:25. Damit ist die maximale Fahrzeit von 1:09:00 ausgereizt, eine weitere nichttechnisch gesicherte EK würde zu einer Überschreitung dieser führen.

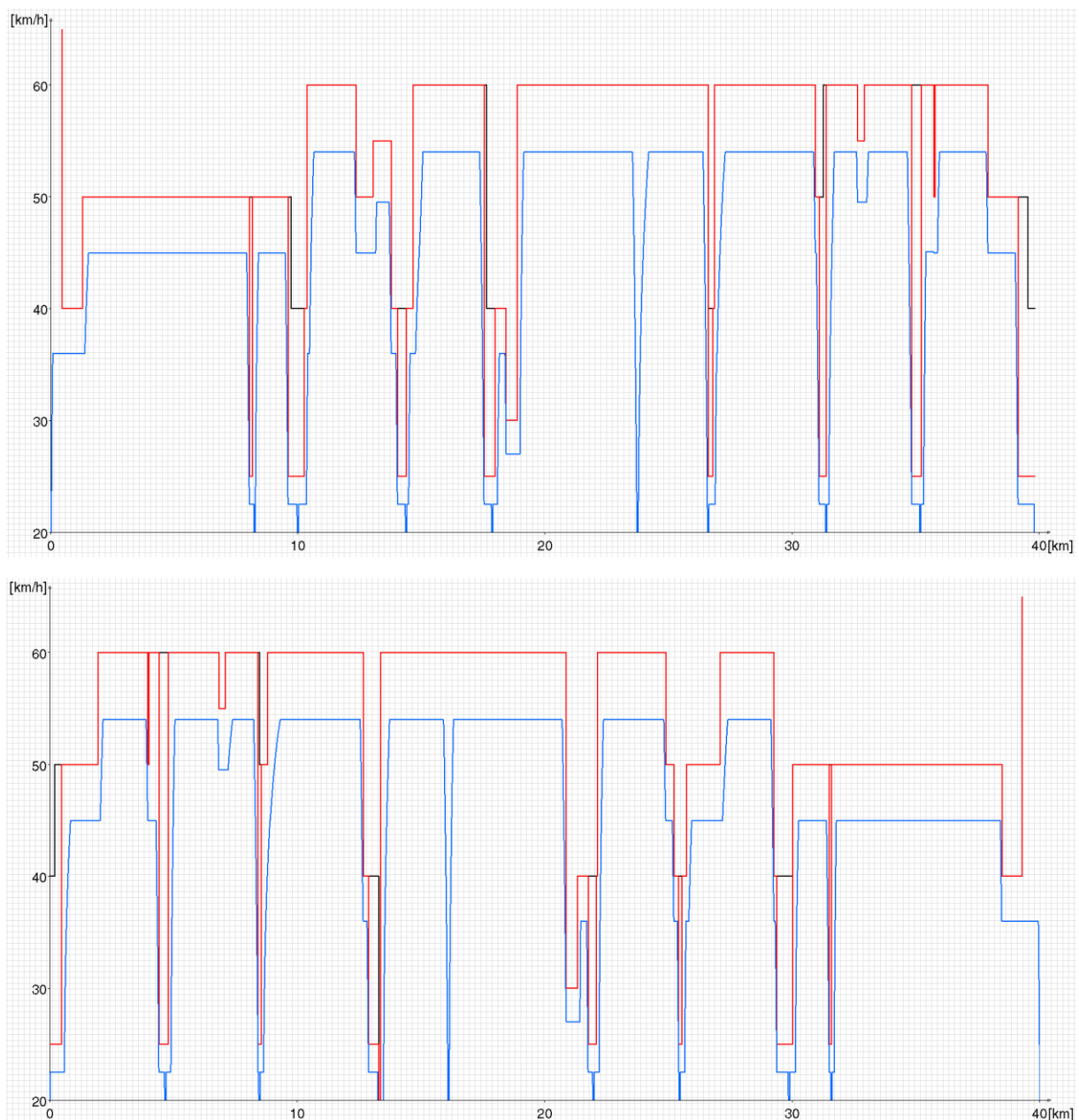


Abbildung 13: VzG der Variante 2.1 (Rot), VzG Referenzszenario (Abweichungen in Schwarz) und das tatsächliche Fahrverhalten des Zuges (Blau). Oben FR1, unten FR2

Rund um die betroffenen Planaufhalte sind nun die neuen 25km/h Geschwindigkeitsbrüche deutlich zu erkennen.

Das Investitionsvolumen für die technische Sicherung von 16 EKs beläuft sich auf ca. 2,8 Mio. €.

Die aufgewendete Nettoenergie für ein Zugpaar bei dieser Variante beträgt 1.752 MJ. Diese setzt sich aus 1070 MJ für die Fahrtrichtung 1 und 682 MJ für die Fahrtrichtung 2 zusammen. Dies entspricht einem Verbrauch von 203,6L Dieselkraftstoff pro Zugpaar. Der weitere Rückgang im Vergleich zum Referenzszenario ist auf die Zusammenlegung der nichttechnisch gesicherten EKs mit den Planaufenthalten zurückzuführen. Dadurch verändert sich die Anzahl Beschleunigungs- und Bremsaktionen des Zuges nicht, jedoch werden nun die Abschnitte rund um die betroffenen Planaufhalte mit 25km/h statt mit der ursprünglichen Höchstgeschwindigkeit befahren. Daraus folgt die Energieeinsparung.

6.3 Variante 2.2

Im Gespräch zur Feststellung der Umsetzbarkeit der Variante 2.1 mit der Leitung der Betriebsplanung und Betriebsführung beim zuständigen EIU NÖVOG wurden Zweifel an der Umsetzbarkeit einzelner Maßnahmen an den EKs geäußert.³⁰ Diese wurden notiert, um in weiterer Folge die Variante 2.2 zu erstellen, welche jene Einwände berücksichtigt. Die Einwände werden nachfolgend für die betreffenden Eisenbahnkreuzungen diskutiert.

6.3.1 Analyse der Eisenbahnkreuzungen

Die Beibehaltung der nichttechnischen Sicherung auf den EKs Nr. 21 und 38 könnte am politischen Widerstand scheitern. Dies hängt damit zusammen, dass es sich bei diesen EKs um Landesstraßen handelt. Aus eisenbahnrechtlicher Sicht wäre eine technische Sicherung erst ab einer durchschnittlichen Verkehrsstärke von 3000 Kraftfahrzeugen innerhalb von 24 Stunden Pflicht.³¹ Es ist jedoch unabhängig von dieser rechtlichen Grundlage davon auszugehen, dass die technische Sicherung angeordnet wird, mit dem Verweis auf die Sicherheit des Verkehrs auf der Straße. Daher ist bei diesen EKs die technische Sicherung in der Variante 2.2 durchzuführen.



Abbildung 14: Lageplan EK Nr. 21 (Links) und EK. 38 (Rechts) [6]

³⁰ Vgl. [18]

³¹ Vgl. [13, p. 15 §36 Abs.2]

Weiters soll die EK Nr. 60 im Bestandszustand verbleiben. Diese war ursprünglich zur Auffassung vorgesehen. Durch die Festlegung der nichttechnischen Sicherung auf den EKs Nr. 59 und 61 wird diese Maßnahme jedoch obsolet. Dies hängt damit zusammen, dass durch diese EKs bereits eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 25km/h für die Schienenfahrzeuge im Lagebereich der EK Nr. 60 gilt. Hinzu kommt, dass es sich bei dieser um eine EK mit Fußgängerverkehr allein handelt, wodurch theoretisch eine Höchstgeschwindigkeit seitens der Schienenfahrzeuge bis 90km/h möglich wäre, solange dem die örtlichen Verhältnisse nicht entgegen stehen.³² Sollten langfristig, aus welchem Grund auch immer, die EKs Nr. 59 und 61 aufgelassen, oder technisch gesichert werden, würde die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 25km/h trotz Vorhandenseins der EK Nr. 60 entfallen.

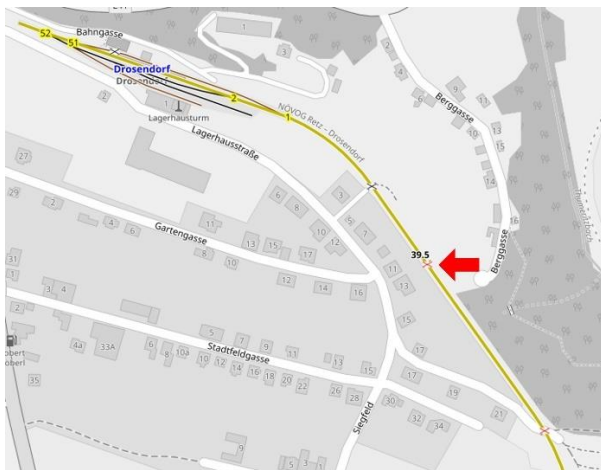


Abbildung 15: Lageplan EK Nr. 60 [6]

Während die Zustandsänderung der EK Nr. 60 keinen Einfluss auf die zu untersuchenden Werte hat, führt die technische Sicherung der EKs Nr. 21 und 38 zu einem finanziellen Mehraufwand von 350.000 €. Daher gilt es nun zu untersuchen, ob dieser durch den Entfall der technischen Sicherung an anderen EKs ausgeglichen werden kann.

Durch die beschriebenen Maßnahmen reduziert sich die Fahrzeit in FR1 auf 1:07:12 und in FR2 auf 1:07:50. Würde nun zur Ausschöpfung der maximalen Fahrzeit, die im Punkt 6.2.1 angewandte Methode zur Zusammenlegung der nichttechnisch gesicherten EKs mit einem Planaufenthalt zum Einsatz kommen, könnte keine weitere EK im Bestandszustand verbleiben. Dies wurde anhand der nichttechnischen Sicherung der EK Nr. 31 oder 33 nächst der Haltestelle Hessendorf-Anglerparadies durch eine Simulation festgestellt. Daher müssen zwangsweise, zur Senkung der Investitionskosten in die technische Sicherung der

³² Vgl. [13, p. 15 §36 Abs.1]

EKs, Geschwindigkeitsbrüche abseits der Planaufenthalte implementiert werden. Dies wird durch die nichttechnische Sicherung bedingt.

Dazu sind folgende EKs besonders geeignet:

- EKs auf Streckenabschnitten, die aus bautechnischen Gründen mit verhältnismäßig geringeren Geschwindigkeiten befahren werden.
- EKs die auf Kuppen liegen, d.h. beidseitig von Streckenabschnitten mit Gefälle umgeben sind. Dadurch wird sowohl das Verzögern als auch das Beschleunigen unterstützt.
- EKs welche eher Fahrzeitverluste in FR1 verursachen als in FR2, da in FR1 mehr Fahrzeitreserven vorhanden sind.

Zur Analyse der EKs wird als erster Schritt aus den Output-Dateien ein Diagramm, welches das VzG und das Höhenprofil enthält, erstellt. Nach der Abbildung der 16 zu untersuchenden EKs in jenem Diagramm kann die Analyse nach den bereits genannten Kriterien erfolgen. Hierfür wird eine Fahrdynamische Untersuchung mithilfe des Betriebssimulationsprogramms durchgeführt.

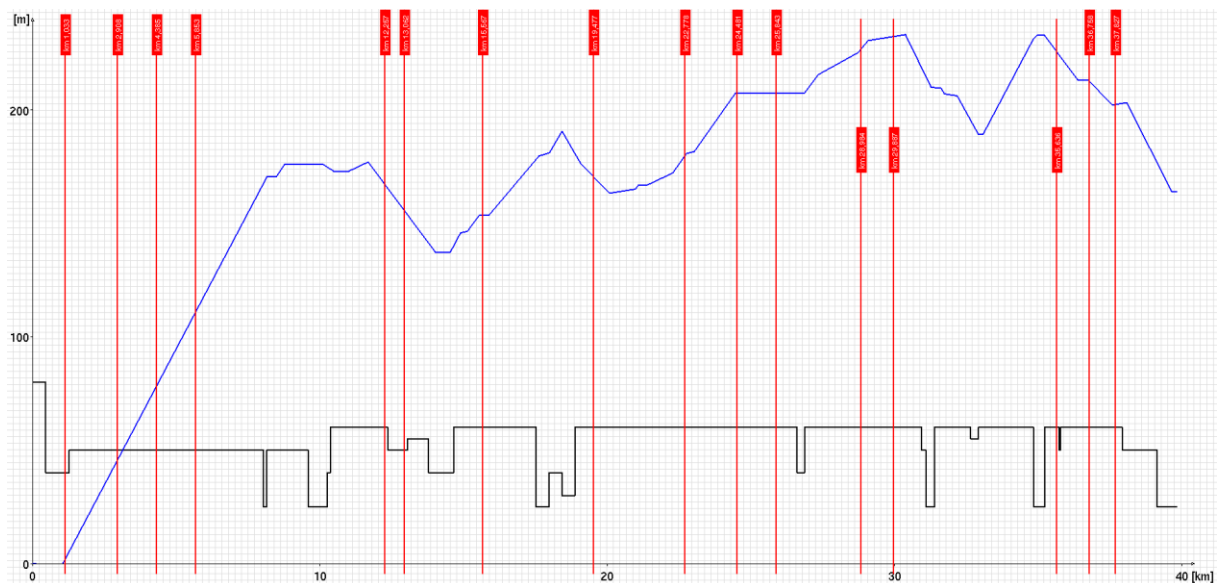


Abbildung 16: Höhenprofil [m] (Blau) und VzG FR1 der Variante 2.1 ohne die Geschwindigkeitseinschränkungen der EKs Nr. 21 und 38 [km/h] (Schwarz) samt der zu untersuchenden EKs als grafische Darstellung in einem Diagramm

Tabelle 5: Fahrzeitverlängerung durch die nichttechnische Sicherung der jeweiligen EK. Rot hinterlegt sind jene, welche die FR2 fahrdynamisch stärker belasten als die FR1

EK Nr.	km	Fahrzeit FR1 (+[s])	Fahrzeit FR2 (+[s])
1	1,033	01:07:29 (+17)	01:08:06 (+16)
6	2,908	01:07:37 (+25)	01:08:13 (+23)
8	4,385	01:07:38 (+26)	01:08:13 (+23)
9	5,853	01:07:38 (+26)	01:08:13 (+23)
16	12,257	01:07:39 (+27)	01:08:23 (+33)
18	13,062	01:07:36 (+24)	01:08:15 (+25)
24	15,567	01:07:45 (+33)	01:08:22 (+32)
30	19,477	01:07:45 (+33)	01:08:26 (+36)
31	22,778	01:07:43 (+31)	01:08:20 (+30)
33	24,481	01:07:47 (+35)	01:08:21 (+31)
36	25,843	01:07:46 (+34)	01:08:22 (+32)
42	28,984	01:07:44 (+32)	01:08:20 (+30)
44	29,887	01:07:43 (+31)	01:08:22 (+32)
53	35,636	01:07:35 (+23)	01:08:15 (+25)
55	36,758	01:07:43 (+31)	01:08:21 (+31)
57	37,827	01:07:40 (+28)	01:08:15 (+25)

Da die maximale Fahrzeit 01:09:00 beträgt und die aktuelle Simulationszeit in FR2 01:07:50, darf durch die nichttechnische Sicherung eine maximale Fahrzeitverlängerung von 70 Sekunden erzeugt werden. Eine diese Bedingung erfüllende Auswahl wären die EKs Nr. 1, 8 und 9. Sollte aufgrund von politischer oder sonstiger Einflussnahme diese Auswahl nicht möglich sein, können anhand der in der Tabelle angeführten Fahrzeitverlängerungen auch andere Kombinationen zusammengestellt werden, solange die Bedingung zur Fahrzeitverlängerung eingehalten wird ($t_{\text{Verlängerung FR1}} < 108\text{s}$ und $t_{\text{Verlängerung FR2}} < 70\text{s}$)

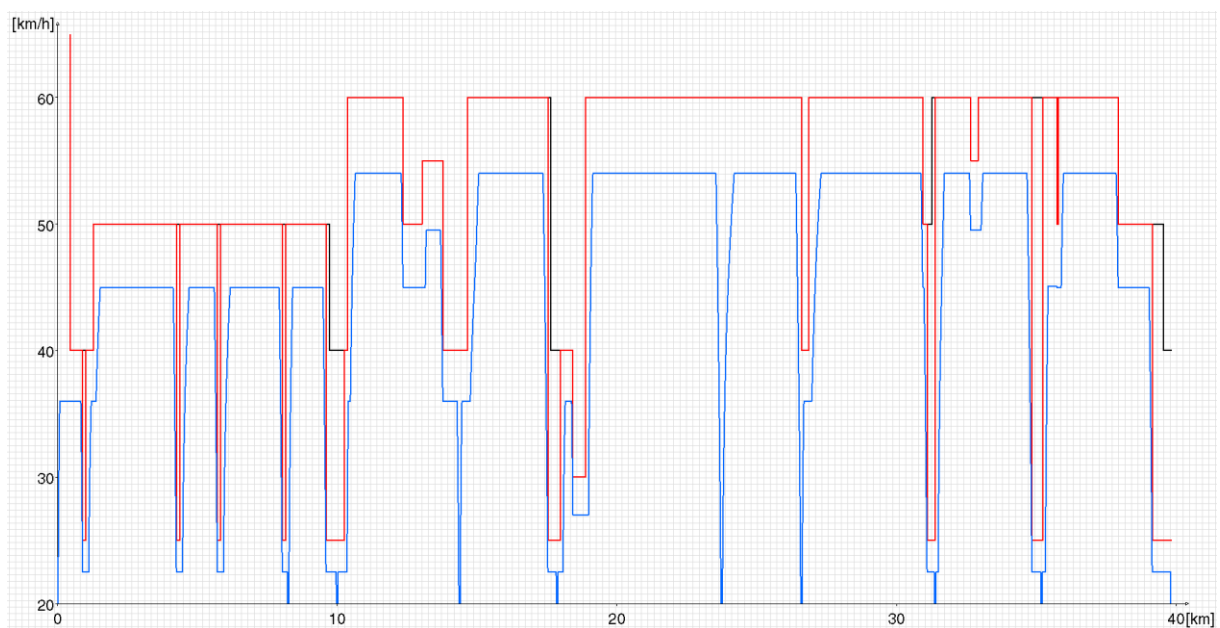
Damit entfällt folgende Anzahl an EKs auf die jeweilige (Sicherungs-)Maßnahme:

- 29 Stk. Auflassung
- 15 Stk. Technische Sicherung

- 14 Stk. Nichttechnische Sicherung (Bestandszustand)
- 3 Stk. Bereits technisch gesichert

6.3.2 Ergebnisse

Die Kantenfahrzeit beträgt nun in FR1 1:08:20 und in FR2 1:08:52. Damit ist die maximale Fahrzeit von 1:09:00 ausgereizt, eine weitere nichttechnisch gesicherte EK würde zu einer Überschreitung dieser führen.



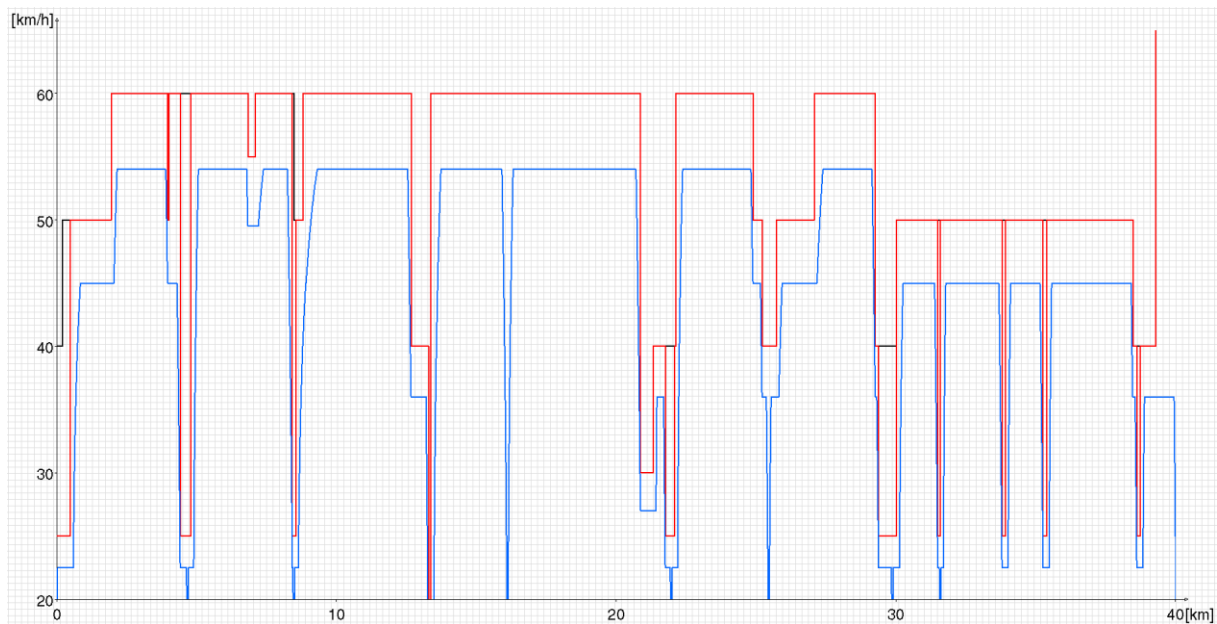


Abbildung 17: VzG für die Strecke in der Variante 2.2 (Rot), im Referenzszenario (Abweichungen in Schwarz) und für das tatsächliche Fahrverhalten des Zuges (Blau). Oben FR1, unten FR2

Die Auswirkungen der nichttechnischen Sicherung der EKs Nr. 1, 8, 9 in Form von 25km/h Geschwindigkeitsbrüchen ist deutlich zu erkennen.

Das Investitionsvolumen für die technische Sicherung von 15 EKs beläuft sich auf ca. 2,7 Mio. € und ist somit um ca. 0,2 Mio. € günstiger im Vergleich zur Variante 2.1.

Die aufgewendete Nettoenergie für ein Zugpaar bei dieser Variante beträgt 1.795 MJ. Diese setzt sich aus 1088 MJ für die Fahrtrichtung 1 und 707 MJ für die Fahrtrichtung 2 zusammen. Dies entspricht einem Verbrauch von 208,6L Dieselkraftstoff pro Zugpaar. Damit ist jener um 2,4% höher im Vergleich zur Variante 2.1. In Bezug auf die Bestandsanalyse ist jedoch eine Einsparung von 0,096% zu registrieren. Daher lässt sich festhalten, dass durch die Variante 2.2 keine bzw. eine vernachlässigbare Reduktion des Kraftstoffverbrauches um 0,2L/Zugpaar zu verzeichnen ist. Dies ist grundsätzlich auf zwei Faktoren zurückzuführen. Einerseits führt die im Punkt 6.2.2 beschriebene Zusammenlegung der nichttechnisch gesicherten EKs mit den Planaufhalten zu einer Reduktion des Energieeinsatzes. Andererseits befinden sich die abseits der Planaufhalte liegenden nichttechnisch gesicherten EKs in Abschnitten mit verhältnismäßig geringer v_{\max} . Dadurch wird die zusätzlich für die Beschleunigung eingesetzte Energie so gering wie möglich gehalten. Diese gleicht zwar den gewonnenen Vorteil aus, überschreitet ihn jedoch nicht.

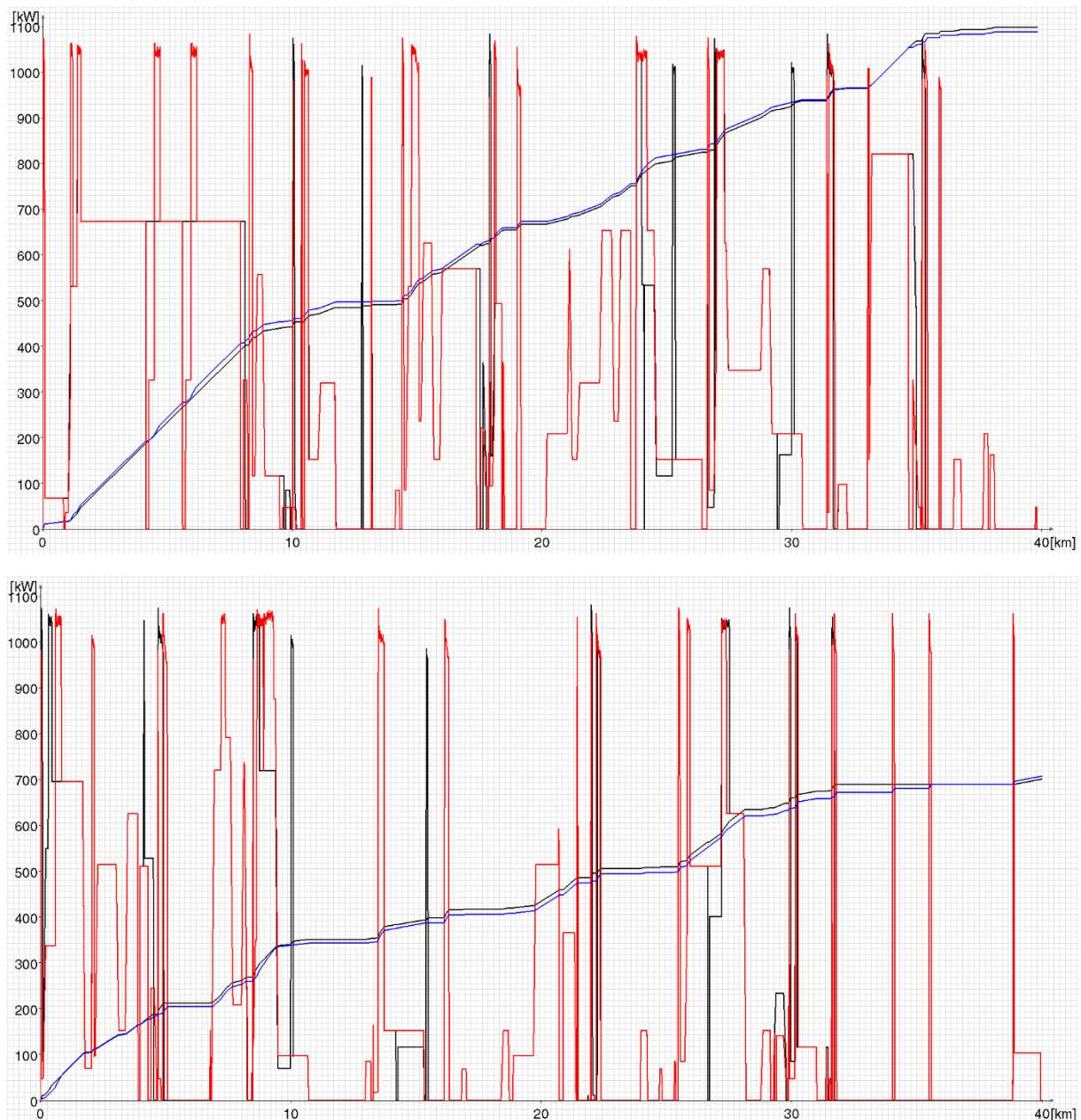


Abbildung 18: Aufgenommene Leistung [kW] (Rot), Energie [MJ] (Blau) und die jeweiligen Abweichungen zum Bestandszustand (Schwarz) in Funktion der zurückgelegten Distanz. Oben FR1, unten FR2

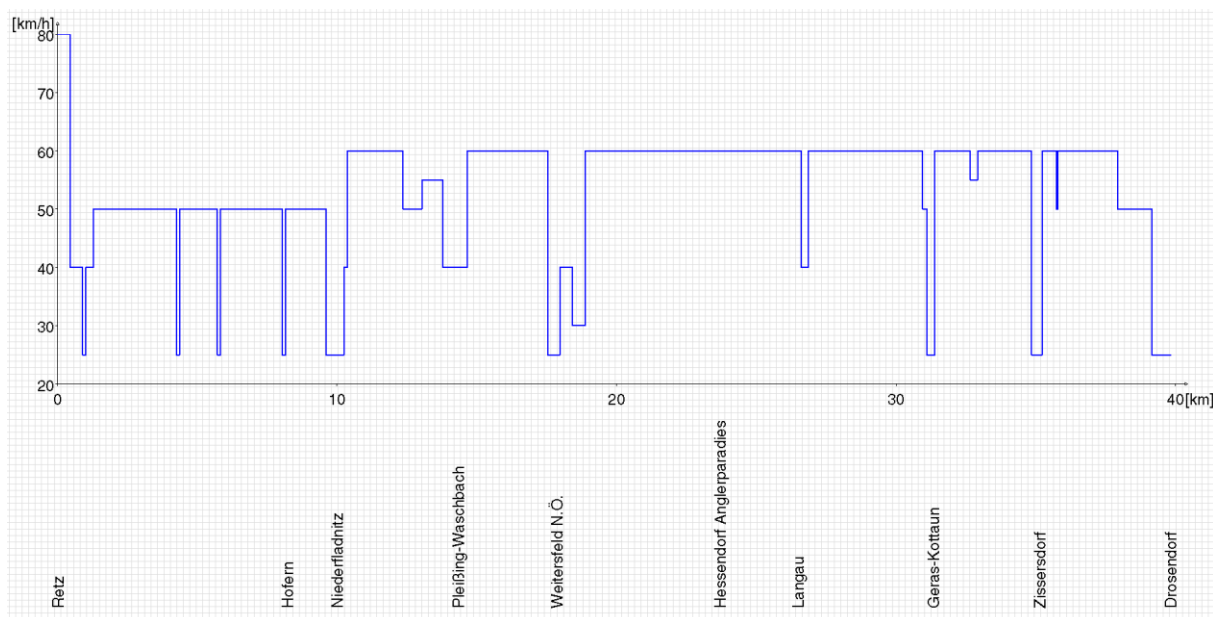
Durch diese grafischen Darstellungen werden zwei weitere, in diesem Fall konkrete, Beispiele für den nicht ansteigenden Energieverbrauch sichtbar. Durch die technische Sicherung der EKs 33 (km 24,481) und 44 (km 29,887) fallen im Vergleich zum Bestandszustand Geschwindigkeitsbrüche weg (Siehe Punkt 4.2.1), und somit auch Leistungsausschläge dessen Integral den Energieverbrauch bildet. Im Diagramm der FR1 sind die zwei alleinstehenden schwarzen Ausschläge deutlich zu erkennen. Die hier

eingesparte Energie kann nun sozusagen an eine andere Stelle verlagert werden, unter Anderem zu den neuen Geschwindigkeitsbrüchen bei den EKs Nr. 1 (1,033), 8 (4,385) und 9 (5,853). Natürlich handelt es sich bei diesem konkreten Beispiel nicht um einen 1:1 Tausch, da die neuen Geschwindigkeitsbrüche einen höheren Energieverbrauch verursachen als durch den Wegfall der alten kompensiert werden kann. Jedoch führt dies in Kombination mit denen im vorherigen Absatz beschriebenen Effekten dazu, dass der Energieverbrauch unverändert bleibt.

7 Empfohlene Variante

Zur Umsetzung wird die Variante 2.2 empfohlen, da diese einerseits mögliche politische Widerstände berücksichtigt, und andererseits einen Kostenvorteil von 175.000 € in Bezug auf das Investitionsvolumen zur technischen Sicherung der EKs in der Variante 2.1. Zwar ist der Energiebedarf bei der Variante 2.2 höher als bei der Variante 2.1 jedoch überschreitet dieser nicht jenen im Bestandszustand, wodurch dieser Kostenpunkt keinen finanziellen Mehraufwand nach der Maßnahmenumsetzung darstellt.

7.1 VzG



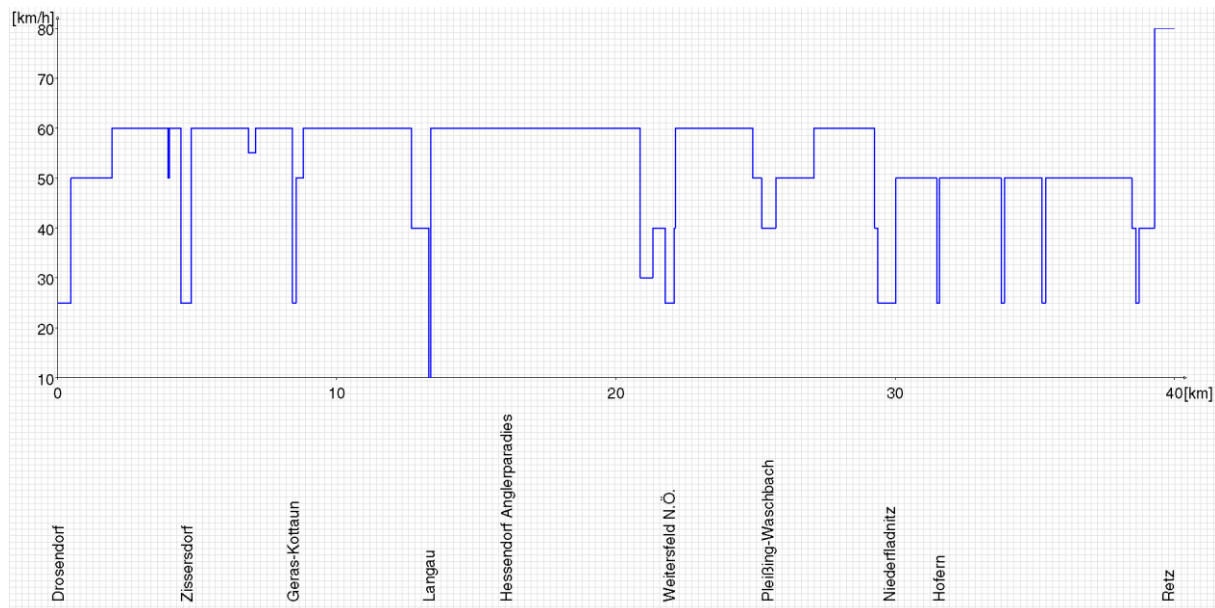


Abbildung 19: VzG der Variante 2.2 in FR1 (oben) und FR2 (unten)

7.2 Fahrplanentwurf

Der Fahrplanentwurf wurde in Anlehnung an den Fahrplan 2022 erstellt und bedingt durch das neue VzG zeitlich angepasst. Konkrete Verkehrstage sind hier nicht angegeben, da diese organisatorischer und nicht fahrtechnischer natur sind und somit nach Bedarf gewählt werden können.

Tabelle 6: Fahrplanentwurf

Zugnummer	R 16970		R 16972		R 16976	
	an	ab	an	ab	an	ab
Retz		9:17		13:17		16:17
Hofern	9:30	9:31	13:30	13:31	16:30	16:31
Niederfladnitz	9:34	9:37	13:34	13:37	16:34	16:37
Pleißing-Waschbach	9:44	9:45	13:44	13:45	16:44	16:45
Weitersfeld NÖ	9:50	9:51	13:50	13:51	16:50	16:51
Hessendorf Anglerparadies	9:59	10:20	13:59	14:00	16:59	17:00
Langau	10:23	10:24	14:03	14:04	17:03	17:04
Geras-Kottaun	10:31	10:32	14:11	14:12	17:11	17:12
Zissersdorf	10:37	10:38	14:17	14:18	17:17	17:18
Drosendorf	10:45 / 10:48 ³³		14:25 / 14:28		17:25 / 17:28	
Zugnummer	R 16971		R 16973		R 16977	
	an	ab	an	ab	an	ab
Drosendorf		11:32		14:42		17:42
Zissersdorf	11:39	11:40	14:49	14:50	17:49	17:50
Geras-Kottaun	11:45	11:46	14:55	14:56	17:55	17:56
Langau	11:53	11:54	15:03	15:04	18:03	18:04
Hessendorf Anglerparadies	11:58	11:59	15:08	15:09	18:08	18:09
Weitersfeld NÖ	12:07	12:08	15:17	15:18	18:17	18:18
Pleißing-Waschbach	12:13	12:14	15:23	15:24	18:23	18:24
Niederfladnitz	12:21	12:24	15:31	15:34	18:31	18:34
Hofern	12:27	12:28	15:37	15:38	18:37	18:38
Retz	12:41 / 12:43		15:51 / 15:53		18:51 / 18:53	

³³ Ankunftszeit inkl. Pufferzeit

7.3 EK Maßnahmenkatalog

Durch die Umsetzung dieses EK Maßnahmenkataloges entsteht ein finanzieller Aufwand von 2,625 Mio. € zur technischen Sicherung von 15 EKs.

Die Beschreibung der aufgelassenen EKs sowie die getroffene Ersatzmaßnahmen befinden sich im Anhang. Sollte sich eine EK Auflassung als problematisch, beziehungsweise nicht durchsetzbar erweisen (aus welchem Grund auch immer), so kann bei einem eingeschränkten Nutzerkreis (z.B. ein Feldweg) statt der Auflassung auch die Umwandlung in einen nichtöffentlichen Eisenbahnübergang (nöEÜ) angestrebt werden. Dadurch würde ebenfalls der Geschwindigkeitsbruch auf 25km/h entfallen, da es sich anschließend nicht mehr um eine öffentliche Eisenbahnkreuzung (EK) handelt.

Tabelle 7: EK Maßnahmenkatalog (Farbmarkierung nach Maßnahme)

EK Nr.	km	Straße	Maßnahme
1	1,033	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
2	1,295	Unbekannt	Auflassung
3	1,677	Unbekannt	Auflassung
4	2,019	B35	Bereits technisch gesichert
5	2,367	Unbekannt	Auflassung
6	2,908	Unbekannt	Technische Sicherung (LZA)
7	3,939	Unbekannt	Auflassung
8	4,385	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
9	5,853	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
10	7,434	B30	Bereits technisch gesichert
11	8,174	L1053	Nichttechnische Sicherung
12	9,232	Unbekannt	Auflassung
13	9,738	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
14	10,269	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
15	11,148	Unbekannt	Auflassung
16	12,257	Abzw. B30	Technische Sicherung (LZA)
17	12,686	Abzw. B30	Auflassung
18	13,062	Abzw. B30	Technische Sicherung (LZA)

19	13,583	Abzw. B30	Auflassung
20	14,049	Unbekannt	Auflassung
21	14,212	L37	Technische Sicherung (LZA)
22	14,553	Unbekannt	Auflassung
23	15,034	Unbekannt	Auflassung
24	15,567	L1050	Technische Sicherung (LZA)
25	16,343	Abzw. L37	Auflassung
26	16,786	Unbekannt	Auflassung
27	17,680	L1157	Nichttechnische Sicherung
28	17,992	L1159	Nichttechnische Sicherung
29	18,327	Unbekannt	Auflassung
30	19,477	Unbekannt	Technische Sicherung (LZA)
31	22,778	Unbekannt	Technische Sicherung (LZA)
32	23,049	Unbekannt	Auflassung
33	24,481	Hessendorfer Straße	Technische Sicherung (LZA)
34	24,720	Unbekannt	Auflassung
35	25,125	Unbekannt	Auflassung
36	25,843	Abzw. Hessendorfer Straße	Technische Sicherung (LZA)
37	26,398	L41	Bereits technisch gesichert
38	26,803	B30	Technische Sicherung (LZA)
39	27,484	Abzw. B30	Auflassung
40	27,898	Abzw. B30	Auflassung
41	28,624	Abzw. B30	Auflassung
42	28,984	Abzw. B30	Technische Sicherung (LZA)
43	29,504	Unbekannt	Auflassung
44	29,887	Unbekannt	Technische Sicherung (LZA)
45	30,842	Unbekannt	Auflassung
46	31,231	L1167	Nichttechnische Sicherung

47	31,638	Unbekannt	Auflassung
48	33,696	Unbekannt	Auflassung
49	34,381	Unbekannt	Auflassung
50	34,979	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
51	35,238	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
52	35,491	Unbekannt	Auflassung
53	35,636	Unbekannt	Technische Sicherung (LZA)
54	35,924	Unbekannt	Auflassung
55	36,758	Unbekannt	Technische Sicherung (LZA)
56	37,208	Unbekannt	Auflassung
57	37,827	L1170	Technische Sicherung (LZA)
58	38,545	Unbekannt	Auflassung
59	39,282	Unbekannt	Nichttechnische Sicherung
60	39,474	Öffentlicher Fußweg	Nichttechnische Sicherung
61	39,563	Lagerhausstraße	Nichttechnische Sicherung

7.4 Energiebedarf



Der Energiebedarf beträgt 208,6L Dieselkraftstoff pro Zugpaar.

8 Conclusio

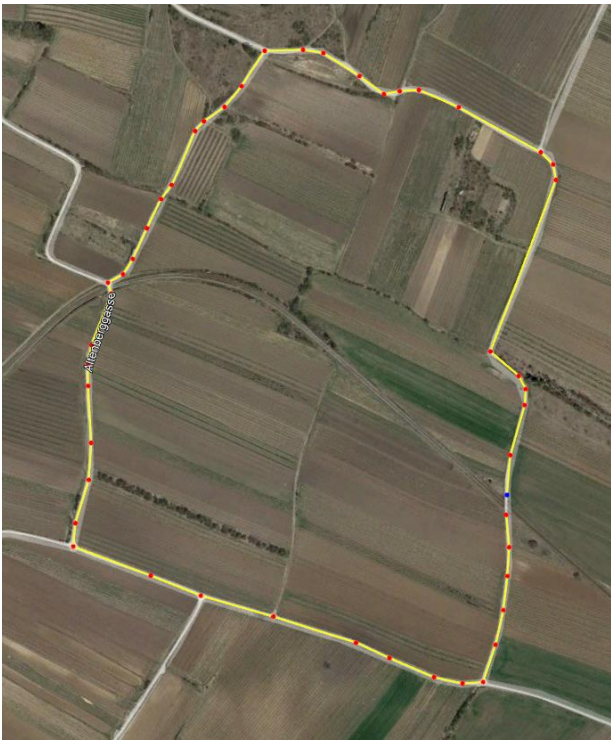
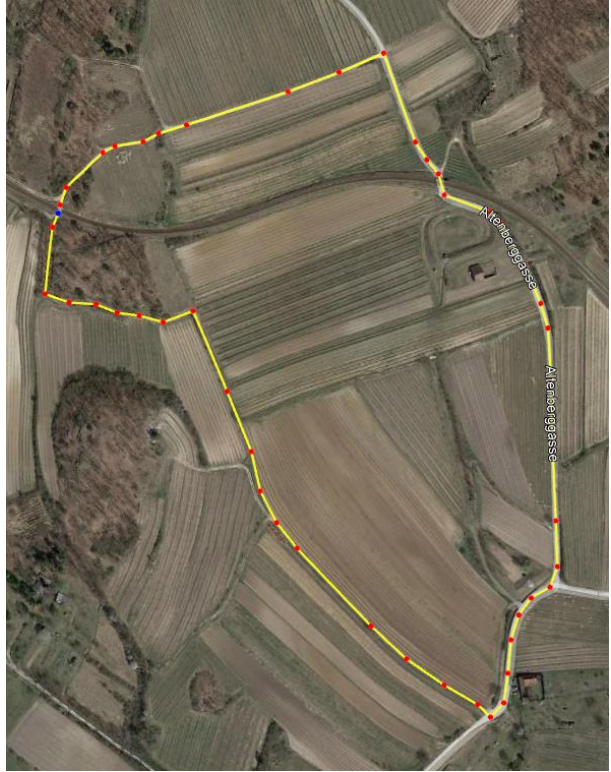
Die Analyse der Auswirkungen der Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012 auf den Eisenbahnbetrieb und dessen theoretische Umsetzung ergab erfreuliche Ergebnisse. Die für das aktuelle Fahrplanangebot benötigte Kantenfahrzeit konnte ermittelt und beibehalten werden, wodurch auch weiterhin jenes Angebot mit einem leicht adaptierten Fahrplan sichergestellt wird. In der endgültigen Umsetzung (Variante 2.2) führt dies zu keinem Anstieg des Energieverbrauchs. Die dafür benötigten EK Auflassungen konnten anhand des Leitfadens der SCHIG begründet werden. Damit ist weder ein Alternativfahrplan noch eine stufenweise Umsetzung der bevorzugten Variante notwendig. Die zu tätigen Maßnahmen sind erfasst und beschrieben worden, wodurch die praktische Umsetzung dieser ermöglicht wird.




9 Anhang




Tabelle 8: Beschreibung der aufzulassenden EKs

EK Nr.	km	Beschreibung Ersatzmaßnahme	Lageplan ³⁴
2	1,295	802m Umweg über EK1 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	
3	1,677	1270m Umweg über EK4 und leichter Anpassung des Feldwegenetztes	




³⁴ Kartendaten: [19]




5	2,367	2093m Umweg über EK6 am bestehenden Wegenetz, alternativ ist die Errichtung eines Begleitweges zur Reduktion der Distanz möglich	
7	3,939	1571m Umweg über die Bahnunterführung Altenberggasse und das bestehende Feldwegenetz	


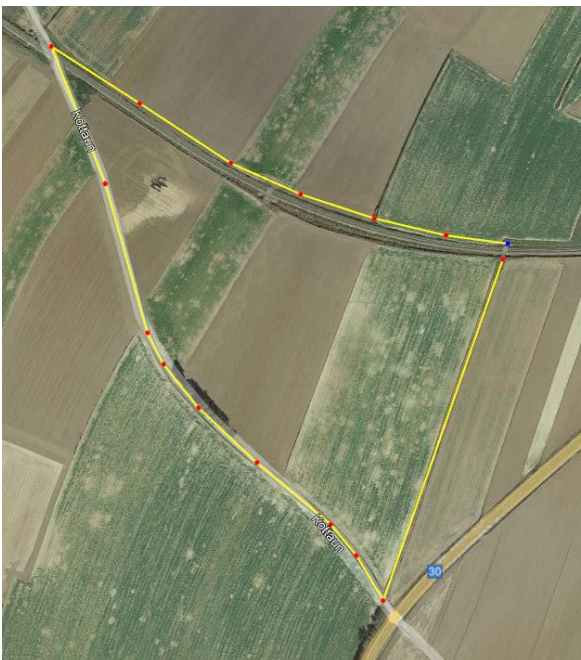
12	9,232	1140m Umweg über EK13 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	
15	11,148	2625m Umweg über EK14 und Anpassungen des Feldwegenetzes	
17	12,686	902m Umweg über EK16	



19	13,583	1075m Umweg über EK18 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	
20	14,049	1369m Umweg über EK21, alternativ ist die Errichtung eines Begleitweges zur Reduktion der Distanz möglich	
22	14,553	1918m Umweg über EK21	



23	15,034	1320m Umweg über EK24	
25	16,343	2707m Umweg über EK27 durch Erweiterung des Feldwegs zwischen EK25 und EK26	
26	16,786	1820m Umweg über EK27	



29	18,327	2450m Umweg über EK30	
32	23,049	842m Umweg über EK31 und einem neu zu errichtenden Feldweg	
34	24,720	564m Umweg über EK33 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	

35	25,125	1275m Umweg über EK33 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	
39	27,484	2690m Umweg über EK38, alternativ ist die Errichtung eines Begleitweges zur Reduktion der Distanz möglich	
40	27,898	2195m Umweg über EK42 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	

41	28,624	744m Umweg über EK42 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	
43	29,504	1175m Umweg über EK44 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	

45	30,842	2662m Umweg über EK46, alternativ ist die Errichtung eines Begleitweges zur Reduktion der Distanz möglich	
47	31,638	1889m Umweg über EK46 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	

48	33,696	2350m Umweg über die Bahnunterführung Finstermühle und einer Anpassung des Feldwegenetzes	
49	34,381	1597m Umweg über EK50	

52	35,491	668m Umweg über EK51	
54	35,924	1242m Umweg über EK53 und kleiner Anpassung des Feldwegenetzes	

56	37,208	1543m Umweg über EK55 und einem neu zu errichtenden Begleitweg	
58	38,545	2938m Umweg über EK59	

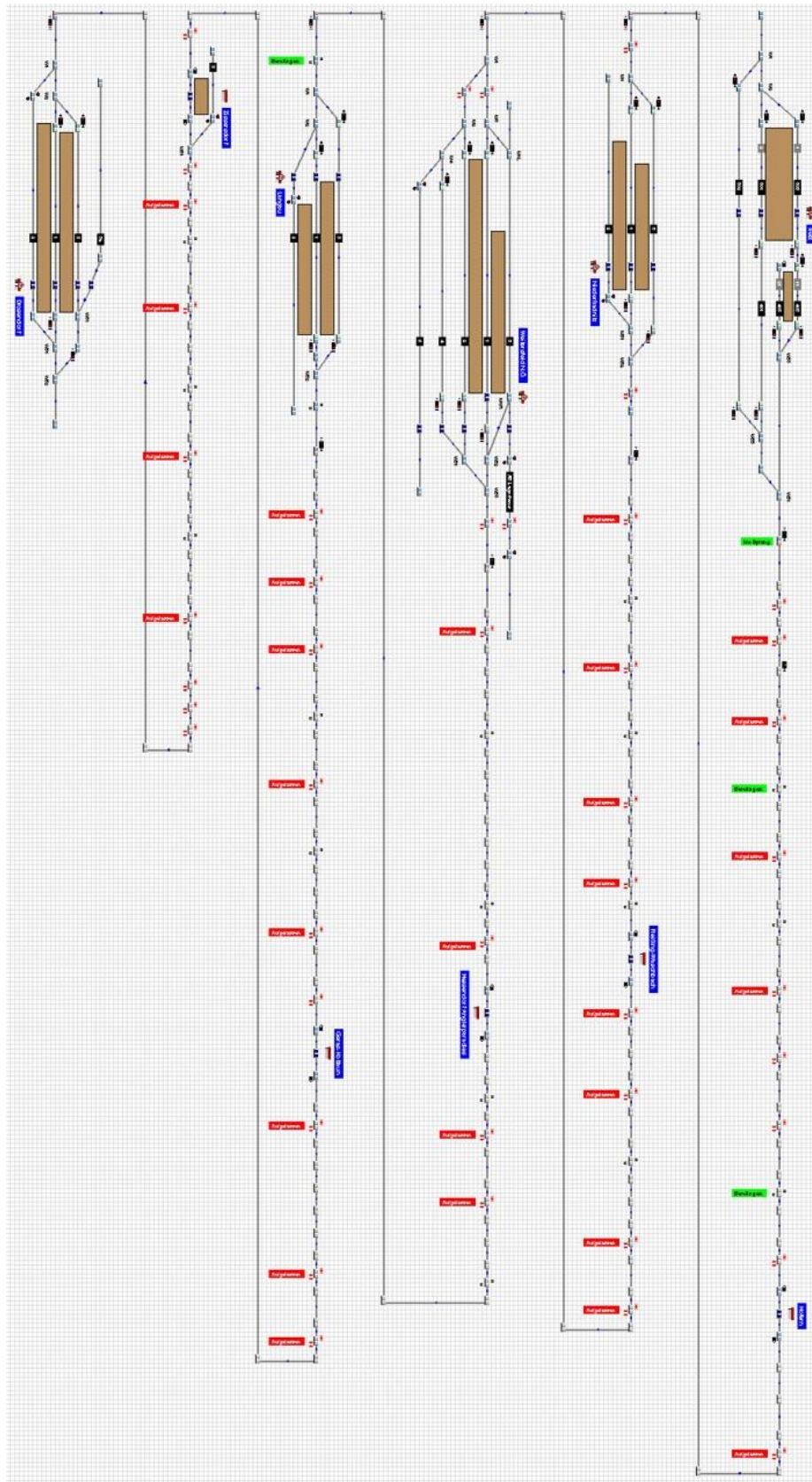


Abbildung 20: Gesamte abgebildete Infrastruktur (Variante 2.2) der Lokalbahn Retz-Drosendorf in Open Track

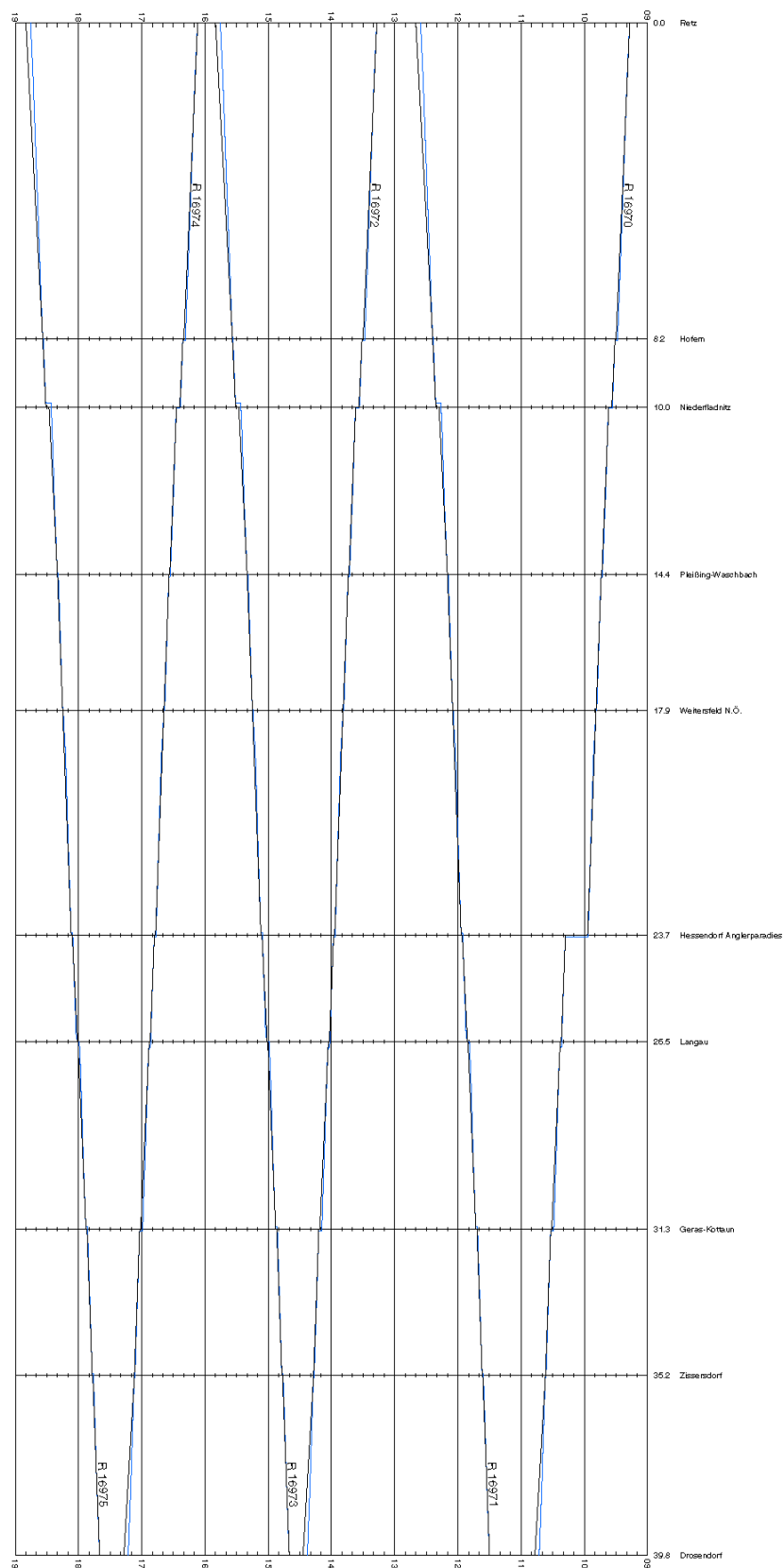


Abbildung 21: Wochenendbestandsfahrplan 2022 auf der Bestandsinfrastruktur
 Simulationstrasse in Blau, Plantrasse in Schwarz

Literatur

- [1] NÖVOG, „Streckenspiegel 21,“ NÖVOG, St. Pölten, 2021.
- [2] ÖBB Produktion, „Triebfahrzeugdatenblatt Tfz 2143,“ ÖBB Produktion, Wien, 2021.
- [3] vagonWEB, „Wagenlisten,“ vagonWEB, [Online]. Available:
<https://www.vagonweb.cz/seznamy/>. [Zugriff am 25 07 2022].
- [4] ÖBB Infrastruktur AG (INFRA.Betrieb), „Betriebsstellenbeschreibung Bahnhof Retz,“ ÖBB Infrastruktur AG, Wien, 2021.
- [5] NÖVOG, „Wagenliste inkl. Zugzettel für Zugnummer 16988 - 16989,“ NÖVOG, St. Pölten, 2021.
- [6] OpenRailwayMap, „OpenRailwayMap,“ 2022. [Online]. Available:
<https://www.openrailwaymap.org/>. [Zugriff am 09 04 2022].
- [7] ÖBB Infrastruktur AG Netzzugang-Trassenmanagement, „Bildfahrpläne Nordwestbahn 2022,“ ÖBB Infrastruktur AG, Wien, 2021.
- [8] Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft mbH (SCHIG), „1507-Leitfaden öffentliche Eisenbahnkreuzungen,“ SCHIG, Wien, 2016.
- [9] NÖVOG, „Betriebsstellenbeschreibung 21 – Reblaus Express,“ NÖVOG, St. Pölten, 2021.
- [1 NÖVOG, „EK-VERZEICHNIS Strecke 21 Retz - Drosendorf,“ NÖVOG, St. Pölten, 2021.
0]
- [1 NÖVOG, „VzG Strecke Retz - Drosendorf,“ NÖVOG, St. Pölten, 2019.
1]
- [1 NÖVOG, „Zuglaufblätter Reblaus Express,“ NÖVOG, St. Pölten, 2022.
2]
- [1 Bundesrecht konsolidiert, „Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012,“ 09 04 2022. [Online].
3] Available:
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/20007888/EisbKrV%2c%20Fassung%20vom%2009.04.2022.pdf>. [Zugriff am 09 04 2022].
- [1 Bundesrecht konsolidiert, „Eisenbahn-Kreuzungsverordnung 1961,“ 31 08 2012. [Online].
4] Available:
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10011346/Eisenbahn-Kreuzungsverordnung%201961%2c%20Fassung%20vom%2031.08.2012.pdf?FassungVom=2012-08-31>. [Zugriff am 09 04 2022].
- [1 A. Diendorfer, „Lauftechnik und Fahrdynamik von Zügen,“ FH St. Pölten, St. Pölten, 2019.
5]
- [1 NÖVOG, „Schienennetznutzungsbedingungen (SNNB) zur Befahrung der NÖVOG AB
6] Retz (km 0,781) – Drosendorf (km 39,959),“ NÖVOG, St. Pölten, 2021.

- [1 NÖVOG, „Energiebilanzauswertung 2019 der Niederösterreich Bahnen,“ NÖVOG, St. Pölten, 2019.
- [1 NÖVOG Leitung Betriebsplanung und Betriebsführung, „Präsentation der Variante 2.1,“ in 8] *Betreuungsgespräch*, St. Pölten, 2022.
- [1 Google, *Google Earth*, 2022.
- 9]
- [2 D. Hürlimann, „OpenTrack Benutzerhandbuch Version 1.9,“ OpenTrack Railway 0] Technology GmbH, Zürich, 2020.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Streckenübersichtsplan [16].....	10
Abbildung 2: Streckenspiegel Bahnhof Niederfladnitz, die FR1 verläuft hier von links nach rechts [1]	11
Abbildung 3: Schematische Darstellung der Zugbildung des Reblaus Express; Icons: [2] [3]	11
Abbildung 4: Ausschnitt aus der Lageskizze des Bahnhofs Retz [4].....	12
Abbildung 5: Grafische Darstellung der relevanten Größen und Punkte für die durch Abgabe akustischer Signale vom Schienenfahrzeug nichttechnisch gesicherten Eisenbahnkreuzungen.....	14
Abbildung 6: In Open Track abgebildeter Ausschnitt des Bahnhofs Retz als Beispiel für die Bedienoberfläche des Betriebssimulationsprogramms; Ausfahrt Richtung Drosendorf rechts	18
Abbildung 7: Höhenprofil der Strecke mit der Referenzhöhe von 0m in Retz.....	20
Abbildung 8: Generiertes Z/v-Diagramm der Baureihe 2143	22
Abbildung 9: Ausschnitt aus der Wagenliste inkl. Zugzettel mit Angabe der relevanten Daten für die Simulation [5].....	23
Abbildung 10: Beispiel für die Minutenunschärfe aus dem Simulationsprotokoll: Die Ankunft in Niederfladnitz (Nie) erfolgt 15 Sekunden zu früh, in Pleißing-Waschbach (Plw) 14 Sekunden zu spät.....	24
Abbildung 11: Aufgenommene Leistung [kW] (Rot) und Energie [MJ] (Blau) in Funktion der zurückgelegten Distanz in FR1 (oben) und FR2 (unten)	26
Abbildung 12: VzG im Referenzszenario (Rot), im Bestandszustand (Abweichungen in Schwarz) und für das tatsächliche Fahrverhalten des Zuges (Blau). Oben FR1, unten FR2.28	

Abbildung 13: VzG der Variante 2.1 (Rot), VzG Referenzszenario (Abweichungen in Schwarz) und das tatsächliche Fahrverhalten des Zuges (Blau). Oben FR1, unten FR2.....	35
Abbildung 14: Lageplan EK Nr. 21 (Links) und EK. 38 (Rechts) [6]	36
Abbildung 15: Lageplan EK Nr. 60 [6].....	37
Abbildung 16: Höhenprofil [m] (Blau) und VzG FR1 der Variante 2.1 ohne die Geschwindigkeitseinschränkungen der EKs Nr. 21 und 38 [km/h] (Schwarz) samt der zu untersuchenden EKs als grafische Darstellung in einem Diagramm	38
Abbildung 17: VzG für die Strecke in der Variante 2.2 (Rot), im Referenzszenario (Abweichungen in Schwarz) und für das tatsächliche Fahrverhalten des Zuges (Blau). Oben FR1, unten FR2.....	41
Abbildung 18: Aufgenommene Leistung [kW] (Rot), Energie [MJ] (Blau) und die jeweiligen Abweichungen zum Bestandszustand (Schwarz) in Funktion der zurückgelegten Distanz. Oben FR1, unten FR2	42
Abbildung 19: VzG der Variante 2.2 in FR1 (oben) und FR2 (unten)	44
Abbildung 20: Gesamte abgebildete Infrastruktur (Variante 2.2) der Lokalbahn Retz-Drosendorf in Open Track	62
Abbildung 21: Wochenendbestandsfahrplan 2022 auf der Bestandsinfrastruktur	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Längsneigung in Abhängigkeit der Kilometrierung	19
Tabelle 2: Anhebung der v_{\max} durch die technische Sicherung der jeweiligen EKs in Abhängigkeit der Kilometrierung.....	27
Tabelle 3: Beschreibung der technisch zu sichernden EKs	31
Tabelle 4: Beschreibung der nicht technisch gesicherten EKs.....	34
Tabelle 5: Fahrzeitverlängerung durch die nichttechnische Sicherung der jeweiligen EK. Rot hinterlegt sind jene, welche die FR2 fahrdynamisch stärker belasten als die FR1	39
Tabelle 7: Fahrplanentwurf.....	45
Tabelle 8: EK Maßnahmenkatalog (Farbmarkierung nach Maßnahme).....	46
Tabelle 9: Beschreibung der aufzulassenden EKs.....	50

Abkürzungsverzeichnis

Abzw	- Abzweigung
AS	- Ausfahrtsignal
EIU	- Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EisbKrV 2012	- Eisenbahnkreuzungsverordnung 2012
EKVO 1961	- Eisenbahn-Kreuzungsverordnung 1961
EK	- Eisenbahnkreuzung
ES	- Einfahrtsignal
EVU	- Eisenbahnverkehrsunternehmen
FR1	- Fahrtrichtung 1 (von Retz nach Drosendorf)
FR2	- Fahrtrichtung 2 (von Drosendorf nach Retz)
LZA	- Lichtzeichenanlage
NÖVOG	- Niederösterreichische Verkehrsorganisationsgesellschaft mbH
nöEÜ	- nichtöffentlicher Eisenbahnübergang
ÖBB	- Österreichische Bundesbahnen
SCHIG	- Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft mbH
TT	- Trapeztafel
v-Bruch	- Geschwindigkeitsbruch
v_{max}	- Höchstgeschwindigkeit
V-Tfz	- Dieseltriebfahrzeug
VzG	- Streckenhöchstgeschwindigkeit in Funktion der Kilometrierung (als Diagramm)
Z/v-Diagramm	- Zugkraft in Funktion der Geschwindigkeit als Diagramm

Betriebsstellencodes:

R	- Retz
RH1	- Hofern
Nie	- Niederfladnitz
Plw	- Pleißing-Waschbach
Wet	- Weitersfeld NÖ
WetH1	- Hessendorf Anglerparadies
Lau	- Langau
LauH1	- Geras-Kottaun
Zi	- Zissersdorf
Df	- Drosendorf