

Diplomarbeit

Ertüchtigung von Regionalstrecken für den Personenfernverkehr und Transitgüterverkehr am Beispiel der Gürbetalbahn

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grads
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

Diploma Thesis

Upgrading regional lines for long-distance passenger and transit freight transport using the example of the Gürbetal railway

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil and Environmental Engineering

von

Bernd Weinkum

Matr.Nr.: 11771172

Betreuung: Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Bernhard Rüger**
Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich für Spurgebundene Verkehrssysteme
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/ 230, 1040 Wien, Österreich

Wien, im August 2025

Kurzfassung

Die Gürbetalbahn südlich von Bern übernimmt neben der Erschließung des Tals für den öffentlichen Personennahverkehr auch eine Funktion als Umleitungsstrecke der Lötschbergstrecke im Aaretal. Als Teil des TEN-V-Korridors „Rhein-Alpen“ gehört diese Strecke neben der Gotthard Achse zu den zwei zentralen Nord-Süd-Verbindungen über die Alpen. Deshalb ist ein resilienter Betrieb der Strecke mit einer reibungslosen Umleitung von Zügen im Störfall von entscheidender Bedeutung. Da derzeit die Umleitung über das Gürbetal nur eingeschränkt möglich ist, bestehen Überlegungen für eine Ertüchtigung der Strecke in Bezug auf Kapazitätserweiterungen und TSI-Konformität.

Diese Arbeit gibt zunächst einen Überblick über die derzeitigen infrastrukturellen Eigenschaften und raumplanerische Aspekte der Gürbetalbahn. Weiters werden die Fahrpläne im Bereich des Knoten Bern zum Jahr 2025 sowie deren Entwicklung bis zum Ausbauschnitt 2035 und 2040 analysiert. Für die Umleitung international verkehrender Züge über das Gürbetal wird untersucht, welche Maßnahmen für einen interoperablen Verkehr notwendig sind und mit welchen Infrastrukturserweiterungen die notwendige Kapazität zur Deckung des Trassenbedarfs in verschiedenen Umleitungsszenarien geschaffen werden kann.

Das Ergebnis zeigt, dass hinsichtlich der TSI-Konformität vor allem Änderungen im Bereich von Bahnsteigen oder in der Begradigung von Bögen notwendig sind. Durch die Umgestaltung von Bahnhöfen zu Kreuzungsbahnhöfen sowie durch selektive zweigleisige Ausbauten kann bei richtiger zeitlicher Priorisierung der Projekte bis 2035 erhöhte Kapazität für akute und geplante Umleitungsszenarien bereitgestellt werden. Weiters lässt sich die von der Bau- und Verkehrsdirektion Bern geplante Erweiterung des S-Bahn-Angebots zum Jahr 2040 mit den Projekten für den Umleitungsverkehr umsetzen. Je nach zeitlichem Bedarf und verfügbarer Finanzierung können die in dieser Arbeit entwickelten Erweiterungen als Grundlage für Entscheidungen dienen.

Abstract

The Gürbetal railway, located south of Bern, serves not only as a regional line for public transport but also plays a role as a diversionary route for long-distance passenger and freight traffic from the Lötschberg line in the Aare Valley. As part of the TEN-T corridor “Rhine–Alps,” this route and the Gotthard axis, is one of the two key north–south connections across the Alps. A resilient operation of the line, and good rerouting of trains in the case of disruptions, is therefore important. The diversions via the Gürbetal line are currently limited, considerations are being made to upgrade the line for capacity expansions and TSI compliance.

This thesis first shows an overview of the current infrastructural characteristics and spatial planning aspects of the Gürbetal railway. Furthermore, it analyzes the timetables along Bern for the year 2025 and their development to the year 2035 and 2040. For the diversion of internationally operating trains via the Gürbetal line, the study shows which projects are necessary to ensure interoperable operations and which infrastructure upgrades are required to provide the necessary capacity for train paths under different diversion scenarios.

The results show that for TSI compliance, modifications are mainly required in the areas of platforms and curve realignments. By converting stations into crossing stations and carrying out selective double-track extensions, capacity for acute and planned diversion scenarios can be provided by 2035, provided that project prioritization is appropriately timed. In addition, the expansion of the S-Bahn-Project planned by the Bern Directorate for Construction and Transport for 2040 can be implemented in coordination with the projects for diversionary traffic. Depending on timing needs and the availability of funding, the extensions developed in this thesis can serve as a basis for decision-making.

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit fachlich wie auch mental unterstützt haben.

Ein Dank geht an Dipl.-Ing. Dr. techn. Bernhard Rüger für die Möglichkeit der Bearbeitung meiner Arbeit am Institut für Verkehrswissenschaften - Forschungsbereich für Spurgebundene Verkehrssysteme - und für die fachliche Hilfestellungen.

Ein weiterer Dank geht an die Firma BLS für die gesammelten Erfahrungen und ganz besonders an meinen ehemaligen Kollegen bei den ÖBB und Netzentwickler der BLS Dipl. Ing. Daniel Heimgartner. Danke für die Geduld und für die Expertise.

Weiters möchte ich meiner Freundin, meinen Freunden und Studienkollegen danken, mit denen ich die durchaus herausfordernde aber überwiegend schöne Zeit an der TU-Wien gemeistert habe. Abschließend ein herzliches „Dankeschön“ an meine Eltern und meinen Bruder, die mir das Studium ermöglicht und stets an meiner Seite gestanden haben.

Inhalt

1	Einleitung.....	8
1.1	Projektbeschreibung	8
1.2	Ziele	9
1.3	Methodik	9
1.3.1	Literaturrecherche	9
1.3.2	Expertengespräche	9
1.3.3	Verwendete Software	9
2	Bestandsanalyse.....	10
2.1	Siedlungsstruktur	11
2.1.1	Verkehrsaufkommen – Verkehrsströme	12
2.2	Aktuelle Infrastruktur	12
2.2.1	Schematische Darstellung.....	12
2.2.2	Streckenklasse und Lichtraumprofil.....	13
2.2.3	Trassierung	15
2.2.4	Leit- und Sicherungstechnik	15
2.3	Fahrplan – Gegenwart und Ausblick.....	15
2.3.1	Fahrplan 2025.....	15
2.3.2	Rollmaterial.....	17
2.3.3	Ad-Hoc Umleitungskonzept - Bestand.....	18
2.3.4	Ausbauschritt 2035 & „S-Bahn Bern 2040“	19
3	Interoperabilität.....	20
3.1	Grundlage.....	20
3.2	TSI-Konformität	20
4	Fahrplanerstellung	28
4.1	Grundlagen	28
4.2	Zugfolgezeit	29
5	Variantenfächer.....	32
5.1	Räumliche Eingrenzung	32
5.2	Planungsreferenz.....	32
5.3	Vorgehensweise	32
5.3.1	Optimierungsmöglichkeiten im Betriebsprogramm:.....	33
5.3.2	Optimierungsmöglichkeiten in der Sicherungstechnik:	33
5.3.3	Bauliche Maßnahmen	34
5.3.4	Zusätzliche Umleitungskapazitäten – Emmental	34
5.4	Variantengruppe 1 – „Thurnen Süd“	35
5.4.1	Variante 1.1: „S-Bahn 2040“	35
5.4.2	Variante 1.2: Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr	37
5.4.3	Variante 1.3: Ad-Hoc-Umleitung Güterverkehr	39
5.4.4	Variante 1.4:ingleisige Verfügbarkeitseinschränkung Aaretal	42

5.4.5	Variante 1.5: Planmäßige Totalsperre Aaretal	44
5.4.6	Variante 1.6: Ad-Hoc-Umleitung Nacht.....	47
5.4.7	Verworfenen Ansätze Bahnhof Thurnen.....	48
5.5	Variantengruppe 2 - „Thurnen Süd & Seftigen“	51
5.5.1	Variante 2.1: „S-Bahn 2040“	51
5.5.2	Variante 2.2: Geplante Umleitung Personenfernverkehr (15min Takt).....	52
5.6	Variantengruppe 3 - „Zweigleisiger Ausbau zwischen Thurnen Süd und Seftigen“	55
5.6.1	Variante 3.1: „S-Bahn 2040“	55
5.6.2	Variante 3.2: Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr & Güterverkehr	56
5.6.3	Variante 3.3: Planmäßige Sperre Aaretal	58
5.6.4	Variante 3.4: Ad-Hoc-Umleitung – Nacht	61
5.7	Übersicht der erforderlichen Infrastrukturanpassungen:	62
6	Kosten- und Terminplanung	64
6.1	Grundlagen der Terminplanung	64
6.2	Rahmenterminpläne der einzelnen Projekte.....	65
6.2.1	Thurnen Süd.....	65
6.2.2	Bahnhof Seftigen	65
6.2.3	Zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd-Seftigen	65
6.3	Empfehlung der zeitlichen Umsetzung der Projekte	66
6.4	Grundlagen der Kostenplanung.....	67
6.5	Kostenermittlung	68
6.5.1	Kostenermittlung Blockverdichtung Seftigen – Uetendorf.....	69
6.5.2	Kostenermittlung Überleitstelle Thun Nord	70
6.5.3	Kostenermittlung Erweiterung Thurnen Süd.....	70
6.5.4	Kostenermittlung Bahnhof Seftigen.....	71
6.5.5	Kostenermittlung „zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd – Seftigen“	72
7	Schlussfolgerung	74

1 Einleitung

Die Leistungsfähigkeit eines Eisenbahnnetzes hängt neben der Kapazität im Regelbetrieb entscheidend von der Resilienz und der Flexibilität im Störfall ab. Auf stark belasteten Hauptachsen führen selbst kurzfristige Unterbrechungen schnell zu Kapazitätsengpässen und betrieblichen Einschränkungen. Um den Verkehr dennoch aufrecht zu erhalten und Verspätungen zu minimieren sind Alternativstrecken unverzichtbar. Hier können Regionalbahnen, welche bislang vorwiegend für den Nahverkehr genutzt werden ein erhebliches Potenzial bieten, wenn sie für den hochrangigen Personen- und Güterverkehr ertüchtigt werden.

Eine Erhöhung der technischen Standards und der Kapazität trägt nicht nur zu betrieblicher Resilienz im Gesamtnetz bei, sondern ermöglicht gleichzeitig eine Attraktivierung des Regionalverkehrs. Dadurch kann das Angebot für den Fahrgast ausgeweitet werden und die Nachfrage steigt. Als gutes Beispiel dient hier die Gürbetalbahn der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS) in der Schweiz. Neben der strategisch guten Lage weist die Strecke jedoch betriebliche und infrastrukturelle Einschränkungen auf, die den Einsatz als leistungsfähige Umleitungsstrecke bislang begrenzt. Eine Aufwertung der Strecke hat deshalb auf regionaler, wie auch auf internationaler Sicht Vorteile.

Das Eisenbahninfrastrukturunternehmen und der Eigentümer der Gürbetalbahn, die Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS), hat deshalb einen Studienauftrag für die Ertüchtigung der Gürbetalstrecke ausgeschrieben.

1.1 Projektbeschreibung

Die Lötschberg-Simplon-Achse zählt neben der Gotthard-Strecke zu den beiden wichtigsten Nord-Süd-Verbindungen in der Schweiz und hat eine große Bedeutung für den europäischen Schienenverkehr. Als Bestandteil des Rotterdam-Genua Korridors dienen Sie als Querung der Alpen und verbinden die Häfen im Norden Europas mit Italien (Wyder, 2018). Im Süden Berns verläuft die Strecke über Thun und Spiez bis zum Lötschberg Basistunnel und weiter über Brig nach Italien. Da aufgrund der Wichtigkeit dieser Verbindung ein reibungsloser und auch resilienter Betrieb gewährleistet werden muss, müssen auch mögliche Alternativstrecken für den Störfall oder für Bauarbeiten angedacht werden.

Eine potenzielle Umleitungsstrecke ist die Gürbetalbahn. Diese verläuft westlich der Lötschberg Linie zwischen Bern und Thun und erschließt das Gürbetal für den Freizeit- Einkaufs und Pendlerverkehr. Auf der, planmäßig ausschließlich für den Personenverkehr reservierten Strecke verkehren vier S-Bahn-Linien, welche im Abschnitt Bern - Belp zusammen einen Viertelstundentakt bilden. Im Fall von Teil- oder Totalsperren auf der Hauptstrecke im Aaretal, wird schon heute ein Teil des Personenfernverkehrs über das Gürbetal umgeleitet. Teilweise werden auch Güterzüge umgeleitet. S-Bahnen, Teile des Fernverkehrs und der größte Teil des Güterverkehrs fallen hier jedoch aus beziehungsweise werden im Fall von Güterverkehr bei kürzeren Unterbrechungen beigelegt. Neben den fehlenden Kapazitäten aufgrund der abschnittsweisen eingleisigen Strecke gibt es auch Einschränkungen bezüglich des Lichtraumprofils und der maximalen Achslast.

In Zusammenarbeit mit der BLS werden basierend auf den Studienauftrag und auf den Eigenschaften der Gürbetalstrecke Szenarien untersucht, welche Änderungen und Projekte auf der Bestandstrecke beziehungsweise am bestehenden Fahrplan notwendig sind, damit Fernverkehr und Transitgüterverkehr darauf geführt werden können und der Regionalverkehr im Regelbetrieb potenziell verbessert wird. Da die Hauptstrecke im Aaretal Bestandteil des TEN-Korridors „Rhein-Alpen“ sein wird, spielt die Interoperabilität bei der Bearbeitung eine wesentliche Rolle.

1.2 Ziele

Aufbauend auf den von den BLS – internen Überlegungen zu möglichen Umbaumaßnahmen und Adaptionen am Fahrplan werden folgende Fragestellungen in der Diplomarbeit beantwortet:

- Welche Ertüchtigungen sind notwendig, damit die Strecke TSI – konform ist?
- Wie sehen mögliche Infrastruktur- und Fahrplanvarianten aus? Ist ein Nachfragepotential im Regionalverkehr vorhanden?
- Welche Umleitungsszenarien können bei akuten Störungsfällen beziehungsweise bei geplanten Behinderungen durch Bauarbeiten auf der Hauptstrecke über das Gürbetal und darüber hinaus stattfinden?
- Wie unterscheiden sich mögliche Varianten in Bezug auf zeitlicher und monetärer Umsetzung?

1.3 Methodik

1.3.1 Literaturrecherche

Als Basis für das Erlangen von Informationen und zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Literaturrecherche gewählt. Neben öffentlich zugänglichen Quellen wurden auch firmeninterne Daten zur Bearbeitung von Problemstellungen verwendet.

1.3.2 Expertengespräche

Um die genauen Ziele der Arbeit zu formulieren und den Bearbeitungsbereich einzugrenzen wurden im September 2024 Gespräche mit der Netzentwicklung der BLS geführt. Zur Übermittlung von BLS-interner Planungsgrundlagen und von Informationen über die Charakteristik der zu betrachtende Infrastruktur wurde am 25. Oktober 2024 ein Gespräch mit dem Ansprechpartner seitens der BLS, Daniel Heimgartner, geführt. Für einen kontinuierlichen Austausch über den Fortschritt der Arbeit und zur Klärung von Fragen fanden laufend Online - und Präsenzmeetings statt. Zur Analyse des derzeitigen Betriebs bei einem Störfall im Aaretal gab es im Oktober 2024 einen E-Mail-Verkehr mit dem Leiter „Durchführung Betrieb - BLS“, in dem aktuelle Betriebsvarianten skizziert wurden.

Für die Erstellung von Fahrplanstudien in der Langfristplanung ist die SBB-Infrastruktur zuständig. Grundlagen der Fahrplanplanung und Faustregeln für die Fahrplanerstellung im Fahrplan-konstruktionstool VIRIATO, von der Firma SMA und Partner AG, wurden in einem Meeting am 12. Dezember 2024 mit einem Fahrplanplaner der SBB und der BLS-Netzentwicklung besprochen. Zusätzlich wurden Gespräche mit einem Mitarbeiter der ÖBB-Baubetriebsplanung geführt, um die Machbarkeit von ausgearbeiteten Umleitungsfahrplänen zu diskutieren.

1.3.3 Verwendete Software

Für die Bearbeitung der Fahrplan- und Infrastrukturvarianten wurde das Fahrplankonstruktions-tool „VIRIATO“ von der Firma SMA und Partner AG verwendet. Die Software wird von der Langfristplanung der SBB verwendet und bietet die Möglichkeit den Planungsablauf von der strategischen Angebotsplanung bis zur Betriebsplanung abzubilden. Anhand des definierten Rollmaterials und der Infrastruktur können Züge in Zeit-Weg-Diagrammen oder tabellarisch trassiert werden und anschließend in Netzgrafiken oder Bildfahrplänen ausgegeben werden. Für die Maßen-Ermittlung wurde das CAD Programm AUTOCAD von der Firma Autodesk verwendet.

2 Bestandsanalyse

Die betriebliche Infrastrukturplanung für Neu- oder Umbauten von Eisenbahnstrecken ist neben dem anzustrebenden Verkehrsangebot (Fahrplan) und dem Rollmaterial Teil eines Planungsdreiecks. Auch wenn die Planung neuer Kapazitäten einen iterativen Prozess darstellt, gilt zunächst die Reihenfolge nach dem Schweizer Modell „erst Fahrplan, dann Infrastruktur“. Da Bauvorhaben für die Eisenbahninfrastruktur zeitlich und monetär sehr aufwändig sind, verlangt dies eine sehr frühzeitige Fahrplangestaltung. Deshalb sind Prognosen für die Entwicklung der derzeitigen Verkehrsströme notwendig, um folglich ein abgestimmtes Verkehrsangebot anzubieten (Holzfeind, Liu, & Pospischil, 2025).

Für die Weiterentwicklung des Fahrplans ist es zunächst notwendig, den bestehenden Fahrplan und die bestehende Infrastruktur zu analysieren. Weiters wird die Siedlungsstruktur, die Bevölkerungsentwicklung und die daraus folgenden Verkehrsprognosen entlang des Streckenverlaufs zwischen Bern und Thun betrachtet. Der genaue Streckenverlauf mit allen derzeit möglichen Haltestellen ist Abb. 1 zu entnehmen.

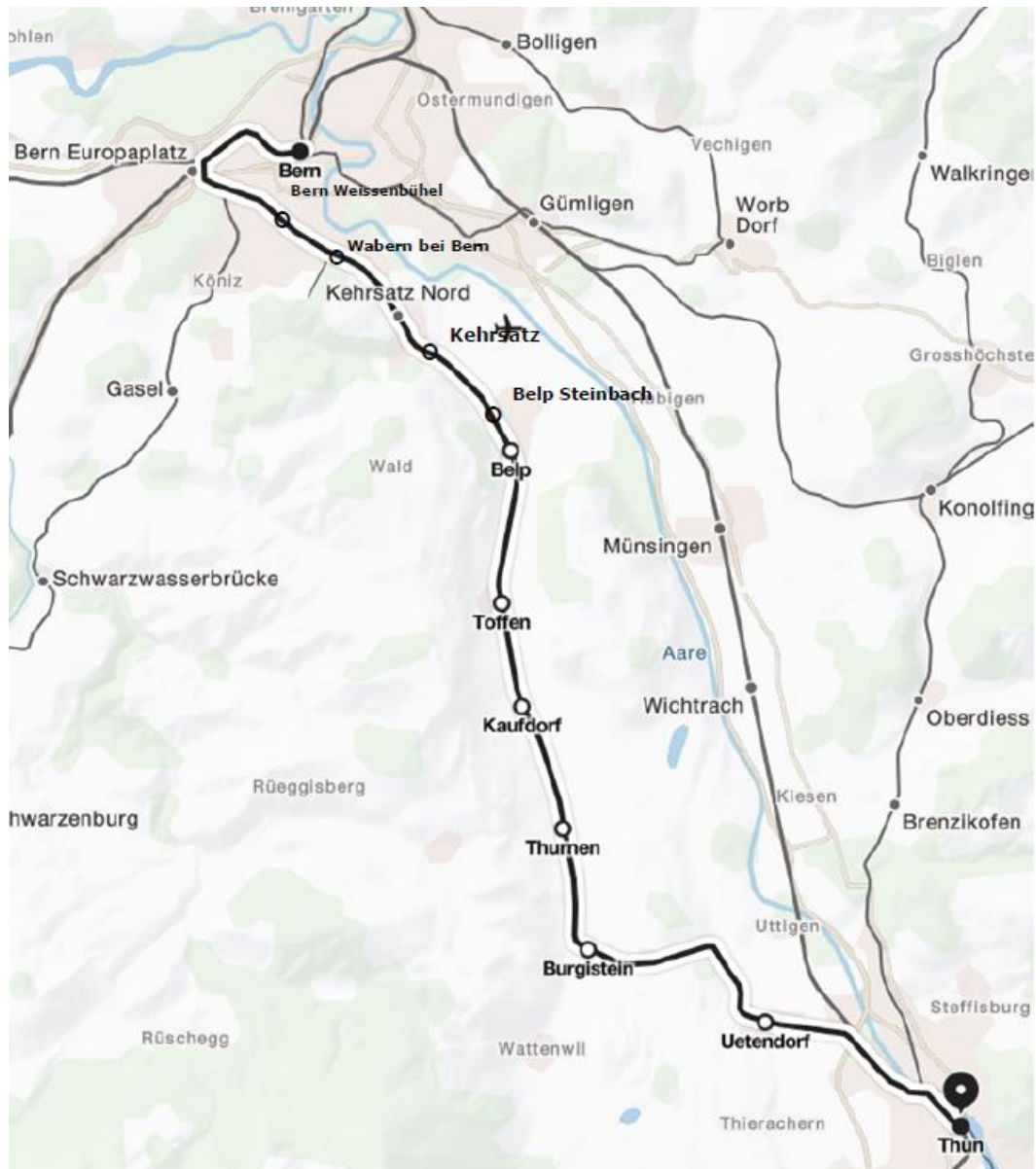


Abb. 1: Gürbetalbahn (<https://www.sbb.ch/de>; 05.06.2025)

2.1 Siedlungsstruktur

Gemäß der Zentralitätsstruktur des kantonalen Richtplan Bern werden die Gemeinden entlang der Gürbetalbahn zu unterschiedlichen Raumtypen gezählt. Der Bereich in den Städten Bern und Thun zählt zu den Zentren 1. und 2. Stufe. Das bedeutet, dass Bereiche von nationaler (Bern) und kantonaler (Thun) Bedeutung sind. Des Weiteren wird die Stadt Belp zu den Zentren 3. und 4. Stufe gezählt, welche von regionaler Bedeutung sind. Die restlichen Gemeinden werden zu zentrumsnahen ländlichen Gebieten beziehungsweise Gebieten in Agglomerationsgürteln und Entwicklungsachsen gezählt (Kanton Bern, 2025). Eine genaue Einteilung der Raumtypen kann aus Abb. 2 entnommen werden:

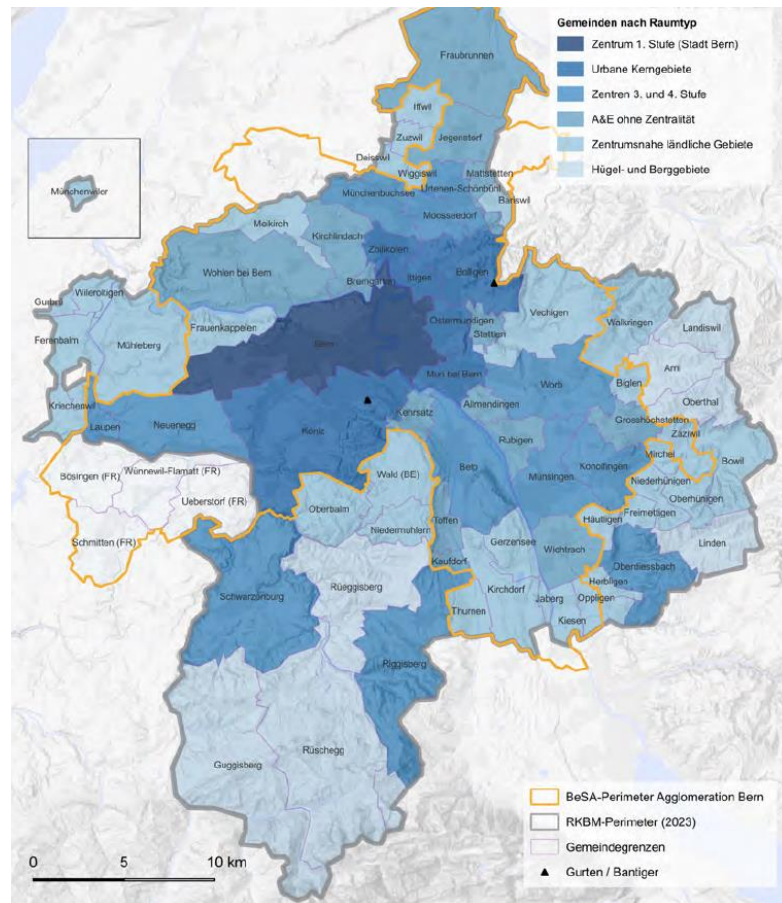


Abb. 2: Siedlungsstruktur (Andrea Schemmel, 2024)

Im Regionalen Gesamtverkehrs- und Siedlungskonzept wird der Verlauf der Strecke durch das Gürbetal in zwei Teilräume aufgeteilt. Zum einen zählt die Strecke im Norden zwischen der Haltestelle Toffen und der Stadt Bern zum Teilbereich „Unteres Gürbetal-Köniz“ und wird im Regionalen Gesamtverkehrs- und Siedlungskonzept Bern Mittelland behandelt. Der südliche Teil ab Toffen bis Thun zählt zu den Teilregionen des Entwicklungsraum Thuns und wird im Regionalen Gesamtverkehrs- und Siedlungskonzept Thun-Oberland West beschrieben (Andrea Schemmel, 2024) (Bessire, Fischer, & Schwab, 2025).

In den letzten zwei Jahrzehnten war das Berner Mittelland, insbesondere in den urbanen Räumen um die Stadt Bern, von einem starken Bevölkerungswachstum geprägt. Insgesamt wuchs die Bevölkerung um 11%, was ein Zuwachs von 42000 Personen entspricht. Etwas geringer wuchs die Anzahl der Bevölkerung in Thun-Oberland West mit insgesamt 9% zwischen den Jahren 1997 und 2018. Dieses Verhalten entspricht auch der Bevölkerungsentwicklung der Gemeinden

entlang der Gürbetalbahn, wobei vereinzelt Gemeinden wie Belp oder Kaufdorf einen verhältnismäßig stärkeren Zuwachs von 20,3% beziehungsweise 40,7% erfahren haben.

Der Ausblick auf das Jahr 2040 zeigt, dass die Bevölkerung in Bern Mittelland um weitere 40000 Personen steigen wird. Im Thun-Oberland West wurde das Bevölkerungswachstum zwischen den Jahren 2012 und 2030 auf 8,8%, was eine absolute Anzahl von ca. 14000 Personen entspricht, prognostiziert. Auch hier ist wichtig zu erwähnen, dass bei den Gemeinden entlang der Gürbetalstrecke die Gemeinde Kehrsatz das größte Wachstum (19,4%) erwartet, gefolgt von Belp mit 13,3%. Die Bevölkerung der Gemeinde Kaufdorf, welche in der Vergangenheit ein großes Wachstum erlebt hat, soll bis zum Jahr 2040 unverändert bleiben (Andrea Schemmel, 2024) (Michel, Wyss, & Bessire, 2024).

2.1.1 Verkehrsaufkommen – Verkehrsströme

Beim Verkehrsaufkommen wird im „Regionalen Gesamtverkehrs- und Siedlungskonzept Bern Mittelland“ erneut in räumliche Bereiche unterteilt. So werden zum einen die Stadt Bern selbst und die radial verlaufenden Verkehrsadern in die jeweilige Richtung (Nord, Ost, Südost, Süd, Südwest, West und Nordwest) betrachtet. Das untere Gürbetal fällt hier in den Bereich Süd. Der durchschnittliche Werktagverkehr beträgt hier im Jahr 2019 ca. 50000 Wege mit dem motorisierten Individualverkehr. Hier dominiert der Ziel- und Quellverkehr mit ca. 38000 Wegen am Tag. Verglichen mit ca. 12000 Wegen im öffentlichen Verkehr, davon 10000 im Ziel-/Quellverkehr, sieht man die derzeitige Dominanz des motorisierten Individualverkehrs. Jedoch fällt die prognostizierte Veränderung des Mobilitätsverhalten im Bereich Süd zugunsten des öffentlichen Verkehrs aus. Obwohl der Binnenverkehr im motorisierten Individualverkehr ein Wachstum von 22% erwartet, fällt der Zuwachs im dominierenden Ziel- und Quellverkehr mit nur 3% deutlich geringer aus. Beim öffentlichen Verkehr werden im Binnenverkehr 11% und im Ziel- und Quellverkehr bis zu 31% Wachstum erwartet.

Im Bereich des „Regionalen Gesamtverkehrs- und Siedlungskonzept Thun-Oberland West“ gibt es schlechtere Datengrundlagen zum Verkehrsaufkommen. Anzumerken ist, dass abgesehen von den Verbindungen zwischen den Städten Bern und Thun beziehungsweise Bern und Spiez und allgemein entlang den Bahnachsen, der MIV mit bis zu 85-90% maßgebend ist. Genauere Daten gibt es dennoch für die Nachfragenentwicklung der S4/S44, welche über das Gürbetal zwischen Bern und Thun verkehrt und nur die Halte zwischen Belp und Thun bedient. Diese stagnierte in den letzten 15-20 Jahren. Das Gürbetal gehört jedoch neben dem Aaretal und dem Korridor Richtung Konolfingen zu den Bereichen, deren Siedlungsentwicklung vorangetrieben werden soll, was bedeutet, dass hier definitiv ein Nachfragewachstum im öffentlichen Verkehr zu erwarten ist. (Andrea Schemmel, 2024) (Michel, Wyss, & Bessire, 2024)

Gemäß des Gesamtverkehrsmodells 2040 steigt die Nachfrage im Streckenkorridor Bern – Belp – Thun auf bis zu 98%. Konkret bedeutet dies, dass die Kapazitäten der beiden S-Bahn Linien analysiert und adaptiert werden müssen.

2.2 Aktuelle Infrastruktur

2.2.1 Schematische Darstellung

Die schematische Darstellung der Gürbetalbahn zwischen Bern und Thun inklusive der Fahrwegkapazitätseinschränkungen aufgrund der eingleisigen Abschnitte kann aus der Abb. 3 entnommen werden:

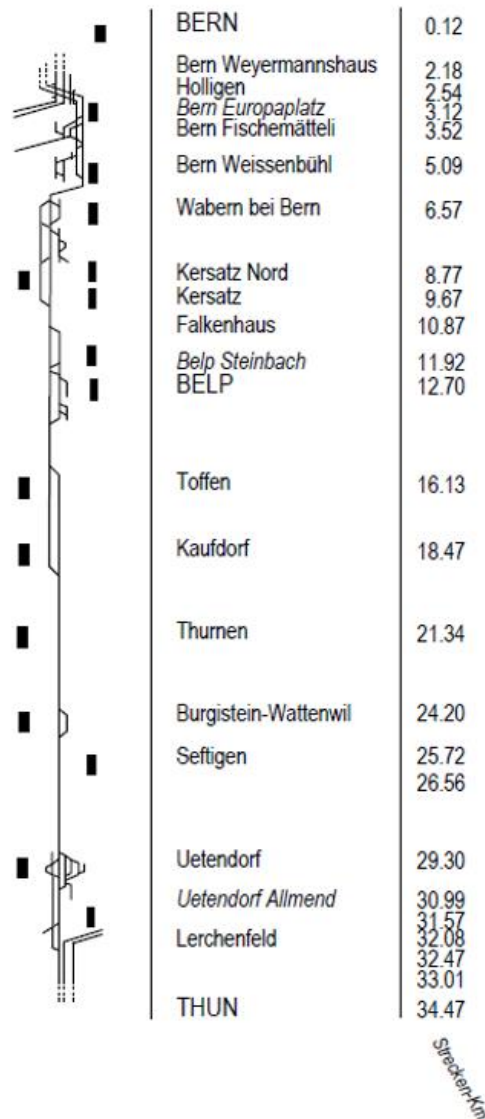


Abb. 3: Schematische Darstellung Gürbetalbahn (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017)

Die Gürbetalbahn verläuft ab dem Hauptbahnhof Bern innerhalb der Stadt Bern über Bern Weyermannshaus, Bern Holligen, Bern Europaplatz, Bern Fischermätteli und Bern Weissenbühl. Bis zum Knoten Bern Holligen ist die Strecke viergleisig, wobei 2 Gleise entflechtet Richtung Gürbetal verlaufen. In Bern Fischermätteli gibt es noch eine Abzweigung Richtung Schwarzenburg. Außerhalb von Bern verläuft die Strecke mit Ausnahme der Bereiche Bern Weissenbühl – Falkenhaus und Wabern – Kehrsatz zweigleisig bis Belp. Zwischen Belp und Uetendorf verläuft die Strecke mit Ausnahme zwischen Toffen und Kaufdorf eingleisig. Eine Kreuzungsmöglichkeit bietet der Bahnhof Burgistein mit zwei Gleisen. Zwischen Uetendorf und Lerchenfeld sind wieder zwei Gleise vorhanden. Ab hier verläuft die Strecke eingleisig und parallel zur Hauptstrecke aus dem Aaretal bis zum Bahnhof Thun (openrailwaymap, 2025).

2.2.2 Streckenklasse und Lichtraumprofil

Die Streckenklassifizierung wird gemäß EN 15528 (CEN, 2022) durchgeführt und beschreibt die Fähigkeit der Infrastruktur, die im Regelverkehr entstehenden statischen vertikalen Einwirkungen aufzunehmen. Zur Infrastruktur zählen Ingenieurbauwerke, Erdbauwerke, Gleis und Unterbau. Anhand der drei Parameter Radsatzlast, Radsatzabstände und Fahrzeuglänge wird die

Strecke klassifiziert. Zusätzlich muss die maximale örtlich zugelassene Geschwindigkeit bei der Bewertung berücksichtigt werden.

Die Gürbetalstrecke wurde zuletzt im Jahr 2011 aufgrund einer gewollten Erhöhung von der Streckenklasse D3 auf D4 untersucht. Für eine Klassifizierung der Stufen D3 und D4 ist eine Rad-satzlast von bis zu 22,5t zulässig, wobei bei der Klasse D3 eine Meterlast von nur 7,2t/m erlaubt ist und bei der Klasse D4 eine Meterlast von 8,0t/m. Ergebnis der Untersuchung war, dass ausgenommen von der Gürbebrücke zwischen Thurnen und Burgistein, alle Bauwerke die Anforderungen einer D4 Klassifizierung erfüllen, während die Brücke nur die Klasse D3 aufweist. Eine Erhöhung auf D4 durch Verstärkungsmaßnahmen erweist sich sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht als unzweckmäßig. Deshalb muss die Brücke vollständig erneuert werden.

Das Lichtraumprofil ist eine im Querschnitt definierte Grenzlinie, welche von Einbauten freizuhalten ist. Zugelassene Fahrzeuge müssen unter Berücksichtigung aller kinematischen Einwirkungen gefahrlos verkehren können. (Menius & Matthews, 2017) Die Lichtraumprofile werden in der Schweiz in der Eisenbahnverordnung EBV (BAV, 2024) festgelegt. Hier gibt es die Profile EBV1, EBV2, EBV3 und EBV4 mit zusätzlicher Unterscheidung im Stromabnehmerbereich, welche ebenfalls in EBV S1, EBV S2, EBV S3 und EBV S4 unterteilt werden. Die Gürbetalstrecke entspricht derzeit nach dieser Kategorisierung dem Lichtraumprofil EBV 2 und im Stromabnehmerbereich dem Profil EBV S2 (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017). Die genauen Maße sind der Abb. 4 und Abb. 5 zu entnehmen.

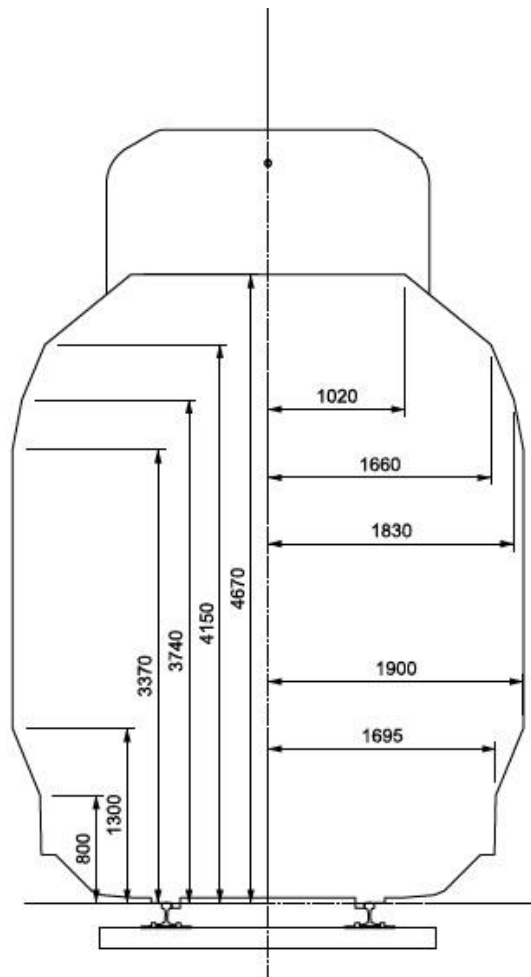
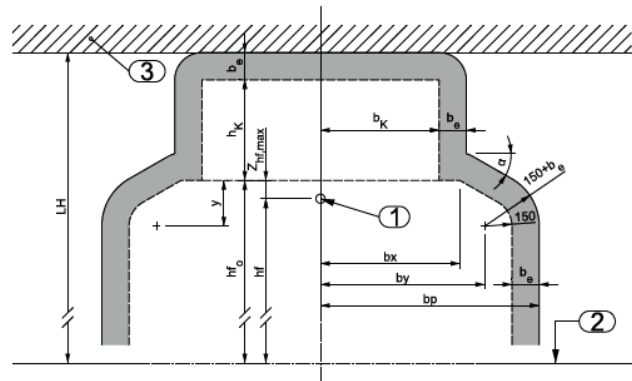


Abb. 4: Lichtraumprofil EBV 2 (BAV, 2024)

1	Fahrdraht auf Nennhöhe
2	SOK
3	Überbauten
LH	Lichte Höhe der Überbauten

R	≥ 250 m ⁽¹⁾
R _v	≥ 5000 m
üf	≤ 150 mm
üü (resp. ü)	≤ 150 mm
Gleislagetoleranzen gemäss AB 18.2, Ziffer 2	



Stromabnehmerraum	EBV S1 (A)	EBV S2 (B)	EBV S3 (C)	EBV S4 (D)
maximale Wippenbreiten mit isolierenden Endhörnern	1320 mm 1450 mm	1450 mm 1600 mm	1600 mm	1950 mm
bx Regelwert ⁽²⁾	767 mm	767 mm	826 mm	1085 mm
by Regelwert ⁽²⁾	840 mm	900 mm	975 mm	1150 mm
bp Regelwert ⁽²⁾	990 mm + b _e	1050 mm + b _e	1125 mm + b _e	1300 mm + b _e
hf Nennfahrdrachthöhe: hf_o oberste Lage des Fahrdrachts	gemäss AB-EBV zu Art. 44, AB 44.c, Ziffer 5.3.3, Buchstabe f hf _o = hf + Z _{hf, max}			
y	220 mm	250 mm	235 mm	250 mm
α	31 °	30 °	25 °	40 °

⁽²⁾ Sonderwerte nach spezieller Berechnung gemäss AB-EBV zu Art. 18/47, Normalspur, AB 18.2/47.2, Ziff. 6

2.2.3 Trassierung

2.2.4 Leit- und Sicherungstechnik

Seit 2018 gibt es in der Schweiz bereits einen netzweiten Einsatz des europäischen Zugsicherungssystems ETCS. Neben vereinzelten Strecken, welche mit ETCS Level 2 ausgerüstet sind, wird bei der Gürbetalbahn und auf dem Großteil des Schweizer Eisenbahnnetzes ETCS Level 1 Limited Supervision (LS) verwendet (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017).

2.3 Fahrplan – Gegenwart und Ausblick

2.3.1 Fahrplan 2025

Die Agglomerationen im Berner Mittelland sind aktuell schon sehr gut durch ein dichtes S-Bahn-Netz wie auch einen dichten Regionalverkehr mit der Stadt Bern erschlossen. Für eine bessere Übersicht wird der Einflussbereich für den in dieser Arbeit betrachteten Perimeters Bern – Belp – Thun möglichst sinnvoll eingegrenzt. Zum einen wird der S-Bahn-Verkehr im Gürbetal

betrachtet. Hier verlaufen vier S-Bahn-Linien, welche aus dem Gürbetal auch in die nördlichen Nahbereiche Berns weiter verlaufen:

S3-S31:

Die beiden Linien bilden zusammen einen Viertel-Stunden Takt zwischen Belp und Bern und halten an allen Haltestellen. Weiters verlaufen die Linien über Zollikofen und Münchenbuchsee bis nach Biel, wobei die S31 nur zur Hauptverkehrszeit bis nach Biel verläuft und zur Nebenverkehrszeit kurzgeführt wird und bereits bei Münchenbuchsee wendet.

S4-S44:

Die beiden Linien bilden einen Halb-Stundentakt und verkehren als beschleunigte S-Bahn zwischen Thun und Bern. Sie bedienen zwischen Thun und Belp alle Zwischen-Halte und fahren ohne weiteren Halt zwischen Belp und Bern. Ab Bern verlaufen die S-Bahn-Linien weiter über Burgdorf bis Langnau beziehungsweise Solothurn/Sumiswald.

Der Verlauf der beiden S-Bahnen zwischen Bern und Thun kann aus Abb. 6 und Abb. 7 entnommen werden (SBB AG, 2023):

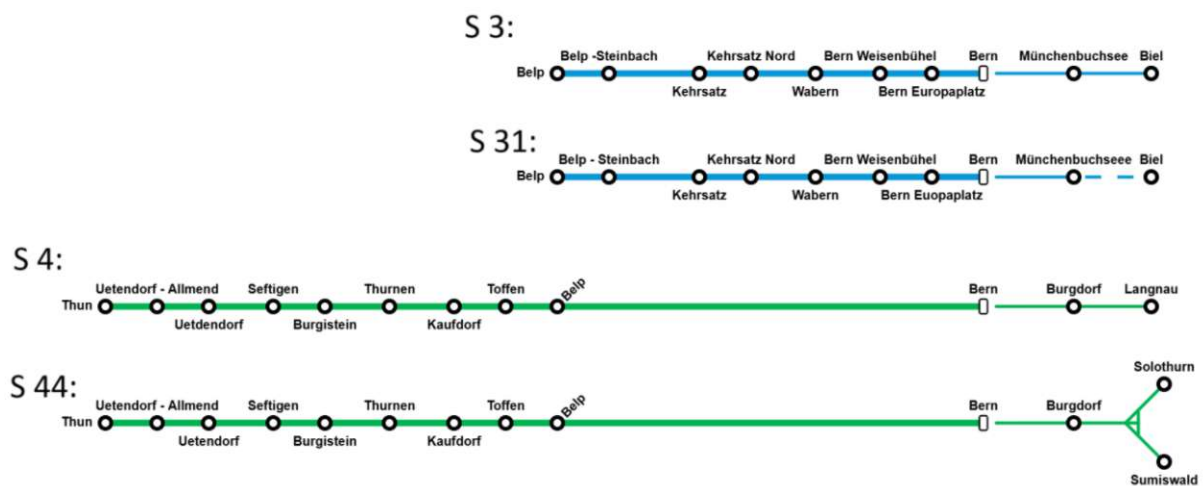


Abb. 6: Linienführung S-Bahnen

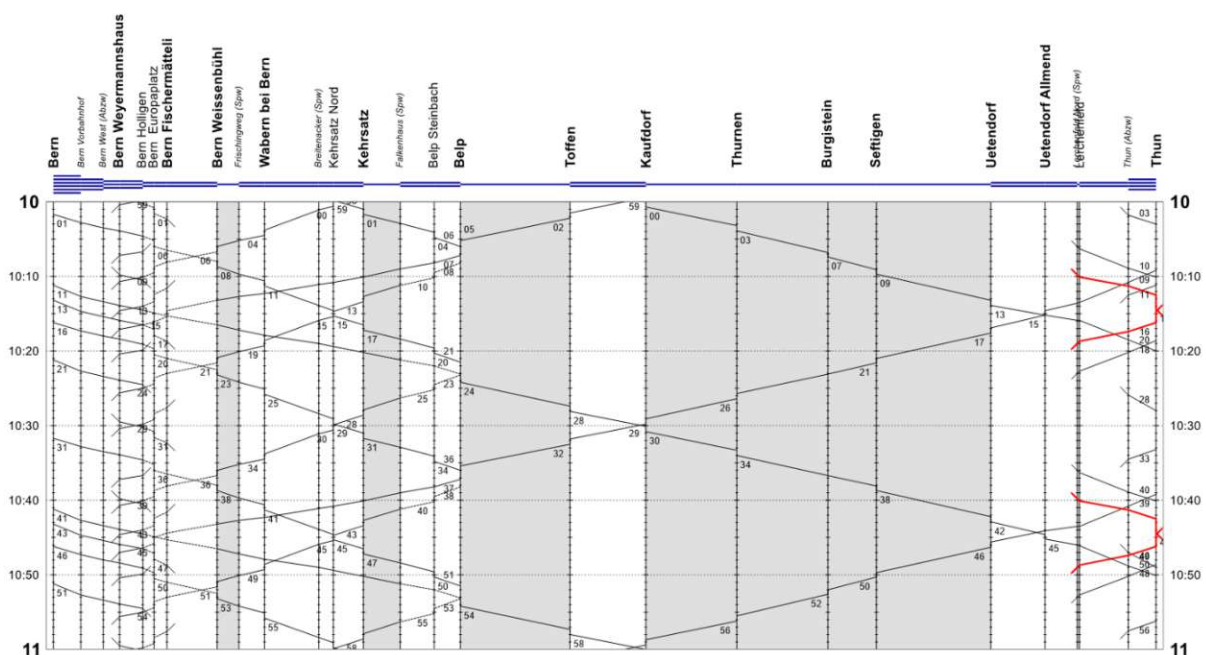


Abb. 7: Bildfahrplan S-Bahnen Gürbetal

Östlich des Gürbetals verläuft die stark frequentierte Strecke im Besitz der SBB durch das Aaretal zwischen Bern und Thun. Es verkehrt die S1, welche im Halb-Stunden-Takt alle Zwischen-Halte bedient und einmal pro Stunde der RE1 von Bern nach Thun und weiter über die Lötschberg-Bergstrecke bis Domodossola. Zusätzlich verkehrt der Personenfernverkehr dreimal pro Stunde Richtung Interlaken-Ost beziehungsweise Richtung Italien über Brig bis Domodossola und Mailand, via Lötschberg-Basistunnel. Nord-östlich von Bern verlaufen die IC weiter nach Zürich beziehungsweise Basel. Neben dem Personenverkehr sind auf der Lötschbergstrecke drei Trassen pro Stunde für den Binnen- und Transit-Güterverkehr reserviert. In Abb. 8 werden auf der linken Seite des Knoten Berns Richtung Belp und Thun die S-Bahnen durch das Gürbetal dargestellt. Rechts vom Bahnhof Bern werden die Linien der S-Bahnen und des RE in schwarz, der IC in rot und der Güterzüge in blau oder violett dargestellt, welche durch das Aaretal verkehren. (SBB AG, 2023)

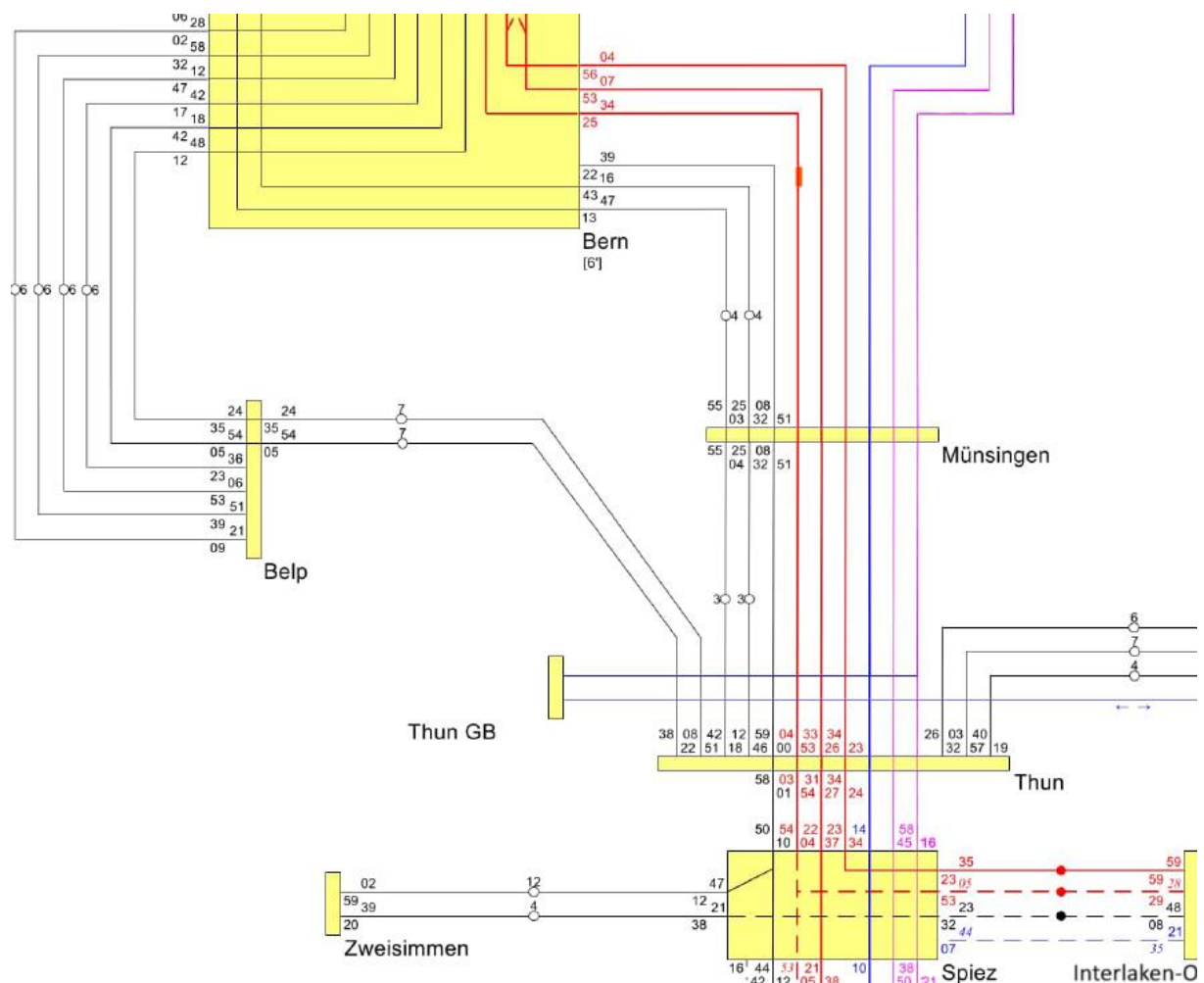


Abb. 8: Netznutzungsplan 2025 – Bereich Bern - Thun (SBB AG, 2023)

2.3.2 Rollmaterial

Regelverkehr:

Das derzeit verwendete Rollmaterial für die S-Bahnen im Gürbetal besteht aus den Modellen RABe528 MIKA S, RABe535 Lötschberger und RABe515 MUTZ. Die genaueren Daten und die Verwendung der Züge können aus Tabelle 1 entnommen werden (BLS, 2025):

Tabelle 1: Rollmaterial

Modell	Bezeichnung	Eingesetzte Linie	Sitzplätze	Länge
RABe528 MIKA S	Moderner, innovativer, kompakter Allroundzug	S4	235	210m
RABe535	Lötschberger	S44	142 (einteilig) 426 (dreiteilig)	63m 189m
RABe515 MUTZ	Moderner, Universeller Triebzug	S3, S31	335 (vierteilig) 546 (sechsteilig)	103m 152m

Zulässiges Rollmaterial:

Für einen möglichen Umleitungsverkehr oder einer Erweiterung des Rollmaterials im Regelbetrieb ist es notwendig zu wissen, welche Züge derzeit auf der Strecke verkehren können. Anhand der bereits angeführten Eigenschaften der Strecken sind Züge zugelassen, welche folgende Punkte erfüllen:

Tabelle 2: Zulässiges Rollmaterial

Bereich:	Kriterium:
Streckenklasse	Die Meterlast des Zuges darf 7,2t/m nicht überschreiten.
Lichtraumprofil	Das Lichtraumprofil des Zuges darf das Profil EBV 2 und im Stromabnehmerbereich das Profil EBV S2 nicht überschreiten.
Trassierung	Züge müssen den Nachweis gemäß SBB R I-50127 für das Befahren von Bögen mit einem Radius <250m erbringen. (SBB CCF FFS, 2018)
Zughakenlast	Richtung Nord – Süd: 14‰ ↔ 2200t (BLS Cargo, 2024) Richtung Süd – Nord: 22‰ ↔ 1600t
Anhängelast	Richtung Nord – Süd: 14‰ ↔ Einfachtraktion (zB. RE 485): 1180t Richtung Nord – Süd: 14‰ ↔ Doppeltraktion (zB. RE 485): 2200t Richtung Süd – Nord: 22‰ ↔ Einfachtraktion (zB. RE 485): 795t Richtung Süd – Nord: 22‰ ↔ Doppeltraktion (zB. RE 485): 1590t

2.3.3 Ad-Hoc Umleitungskonzept - Bestand

Die stark frequentierte Strecke im Aaretal verwendet im Störungs- oder Baustellenfall die Gürbetalbahn als Umleitungsstrecke. Mit der derzeitigen Infrastruktur im Perimeter Bern – Belp – Thun ist die Umleitung der verschiedenen Produkte nur sehr beschränkt möglich. Das derzeitige Konzept bei akuter Störung im Aaretal sieht folgendermaßen aus (Durchführung Betrieb BLS, 2024):

- S1 - Einsatz von Schienenersatzverkehr zwischen Bern und Thun
- Umleitung aller IC 8 und EC aus Interlaken-Ost oder Brig über das Gürbetal
- Umgeleitete Züge kommen mit ca. 20 Minuten Verspätung an und werden bis zur nächsten freien Trasse zurückgestellt
- Ausfall der S31 zwischen Bern und Belp im Gürbetal
- IC 6 aus Interlaken Ost beziehungsweise Brig wendet
- RE wendet in Thun
- Güterverkehr wird für die Dauer der Unterbrechung zurückgestellt

Kommt es zur späteren Uhrzeit zu einer Unterbrechung des Regelverkehrs, so gibt es ein optimiertes Umleitungskonzept. Hier werden alle IC über die Gürbetalbahn umgeleitet und eventuelle Restkapazitäten werden für den Güterverkehr verwendet. Ziel ist es, mittels Infrastrukturänderungen im Perimeter Bern – Belp – Thun Züge qualitativ und quantitativ besser umzuleiten.

2.3.4 Ausbauschritt 2035 & „S-Bahn Bern 2040“

In den nächsten Jahren sind auf der Gürbetalstrecke einige Fahrplanänderungen angedacht. Bis zum Jahr 2035 sollen die neuen Halte Kleinwabern zwischen Wabern und Kehrsatz Nord und Thun Nord zwischen Uetendorf Allmend und Thun entstehen. Kleinwabern soll zukünftig von der S3 und der S31 bedient werden, während die S4 und die S44 in Thun Nord halten werden. Weiters werden Ankunfts- und Abfahrzeiten in den einzelnen Haltestellen nur um wenige Minuten verändert, damit eine Kurzwende der S3 auf S31 in Belp und der Anschluss der S4/S44 in Thun auf den IC nach Interlaken Ost möglich ist. Im Aaretal wird das bestehende Trassenangebot weiter ausgebaut. Es werden die heutigen drei Regionalverkehr-, drei Fernverkehr- und drei Güterverkehrstrassen auf jeweils eine weitere Trasse erhöht. Dies führt im Umleitungsfall zu einem noch stärkeren Bedarf an Trassen auf der Gürbetalstrecke. Abb. 9 zeigt die geplante Haltepolitik der S-Bahnen im Gürbetal zum Ausbauschritt 2035, wobei die hellblaue Linie die S4/44 beschreibt und die dunkelblaue Linie die S3/31. (UVEK & BAV, 2021)

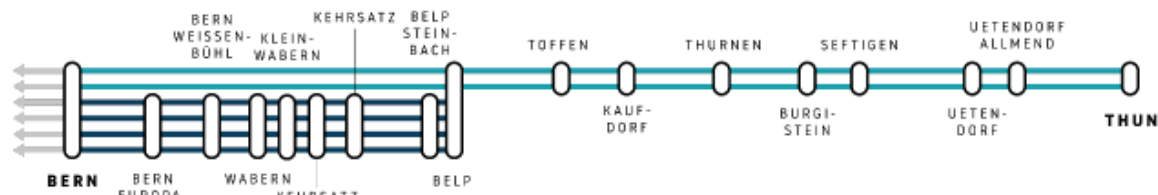


Abb. 9: Angebot 2035 (UVEK & BAV, 2021)

Von der Bau- und Verkehrsdirektion Bern ist mit der Veröffentlichung der „S-Bahn Bern 2040“ ein Vorschlag für eine weitere Fahrplanänderung auf der Strecke Bern – Belp – Thun veröffentlicht worden, die das steigende Verkehrsaufkommen (siehe Kap. 2.1.1) bewältigen soll. Die beschleunigte S4 soll hier noch weniger Halte zwischen Belp und Thun bedienen, während die S3 oder die S31 bis Thun und weiter bis Thun Gwatt geführt werden soll, wobei hier jeder Halt bedient werden muss. Aus der Abb. 10 kann man die Angebotserweiterung vom Ausbauschritt 2035 zur „S-Bahn 2040“ erkennen, wobei auch hier die hellblaue Linie die S4/44 und die dunkelblaue Linie die S3/31 darstellt.

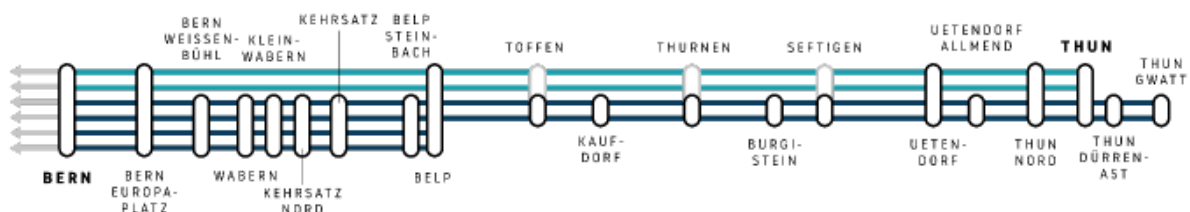


Abb. 10: Angebot 2040 (AÖV Kanton Bern, Metron Verkehrsplanung AG, 2022)

3 Interoperabilität

Die Lötschberg-Achse ist Bestandteil des TEN-Korridors „Rhein-Alpen“. Entsprechend ist die Sicherstellung der Interoperabilität ein zentraler Aspekt bei der Ertüchtigung alternativer Umleitungsstrecken.

3.1 Grundlage

Der Grundstein der Überlegungen von transeuropäischen Netzen (TEN) für die Sektoren Verkehr, Telekommunikation und Energie wurde mit dem Vertrag von Maastricht gelegt. Ziel ist die Vereinheitlichung der Netze für die Stärkung des Binnenmarktes und der wirtschaftlichen Zusammenarbeit der EU-Staaten. Im Bereich des Verkehrs wurden zum einen das Hauptnetz mit 9 miteinander verbundenen Korridoren definiert und zum anderen das Gesamtnetz, welches in das Hauptverkehrsnetz einmündet. Spezifikationen für die technische Umsetzung (TSI) dieser Vorhaben wurden mit der Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 festgelegt, wo neben anderen Faktoren wie der Ausbau von fehlenden Verbindungen, die Interoperabilität der Infrastruktur eine Rolle spielt. Davon sind allerdings nicht nur EU-Staaten betroffen, sondern auch Drittländer wie Schweiz, Norwegen, Türkei und die Westbalkanländer (Ariane Debyser, 2025). Die Schweiz hat mit der „Bahnreform 2“ beschlossen, bis 2030 alle Maßnahmen für eine bessere Interoperabilität umzusetzen. Für das interoperable Hauptnetz der Schweiz gelten neben den Nationalen technischen Vorschriften auch die Regelungen der TSI ohne Einschränkungen. Bezugnehmend auf die Gürbetalbahn ist festzuhalten, dass im Gegensatz zu den TSI für das IOP-Hauptnetz die TSI für das IOP-Ergänzungsnetz in vereinfachter Form gültig ist. Konkret bedeutet das, dass bei den Strecken des Ergänzungsnetzes nicht alle TSI-Anforderungen erfüllt werden müssen, jedoch muss die Zulassung für interoperable Fahrzeuge gewährleistet sein. Zusätzlich gibt es in der Schweiz auch Strecken für Fahrzeuge mit sehr kleinem Lichtraumprofil oder Schmalspurbahnen, bei denen die TSI nicht berücksichtigt wird (Eder & Zeilstra, 2016).

3.2 TSI-Konformität

Damit eine Eisenbahnstrecke als TSI-konform gilt, müssen gewisse technische Richtwerte eingehalten werden. Die technischen Spezifikationen werden in acht Bereiche unterteilt, wobei in dieser Arbeit hauptsächlich auf das Teilsystem Infrastruktur eingegangen wird. Die weiteren Bereiche der TSI sind:

- Teilsystem Energie
- Teilsystem Fahrzeuge - Lokomotiven und Personenwagen
- Teilsystem Fahrzeuge - Güterwagen
- Teilsystem Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung
- TSI Fahrzeuge - Lärm
- TSI Zugänglichkeit für Menschen mit Behinderung und Menschen mit eingeschränkter Mobilität
- TSI Sicherheit in Eisenbahntunneln

Unter der Umrüstung einer Strecke versteht die TSI, dass durch Umbauten die Gesamtleistung eines Teilsystems verbessert wird. Im Bereich der Infrastruktur betrifft das konkret die beiden Kennwerte Radsatzlast oder Lichtraumprofil. Bei den weiteren Kennwerten entscheidet der jeweilige Staat selbst, inwiefern die TSI umgesetzt werden soll. Jedoch ist anzumerken, dass die angeführten Mindeststandards bei Umrüstungen berücksichtigt werden sollen. Weiters dienen die Spezifikationen der TSI nicht als Planungsgrundlage. Projektierungen müssen nach den jeweiligen

Normen durchgeführt werden, welche die TSI-Anforderungen erfüllen müssen. In den folgenden Absätzen werden die wichtigsten Komponenten des Teilsystems Infrastruktur, Lärm und Energie erläutert und weitestmöglich auf die Gürbetalbahn angewendet (Europäische Eisenbahnagentur, 2015). Die genauen Spezifikationen und Regelungen wurden aus der TSI entnommen (Europäische Kommission, 2014).

Streckenklasse und Lichtraumprofil:

Die Klassifizierung von Strecken erfolgt gemäß der EN 15528 (CEN, 2022). Eine Streckenklasse beschreibt die Eigenschaft der Infrastruktur, statische vertikale Einwirkungen aufzunehmen. Zur Infrastruktur zählen Ingenieurbauwerke, Erdbauwerke, Gleis und Unterbau. Anhand den drei Parametern Radsatzlast, Radsatzabstände und Fahrzeuglängen wird die Strecke klassifiziert. Der Begriff Lichtraumprofil bezeichnet eine definierte Umgrenzungslinie, in der auf dem Fahrweg keine Gegenstände hineinragen dürfen.

Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, definiert sich die Gürbetalbahn derzeit nach der Schweizer Eisenbahnverordnung mit der Streckenklasse D3 und dem Lichtraumprofil EBV 2 beziehungsweise im Stromabnehmerbereich dem Lichtraumprofil EBV S2. Abgesehen vom Profil EBV 4, welches dieselben Maße wie das Profil GC der TSI aufweist, sind die Begrenzungslinien der EBV nicht direkt mit den Begrenzungslinien der TSI zu vergleichen. Die Anforderungen des Profils GB werden allerdings von der Gürbetalbahn erfüllt (Bundesversammlung, 2002). In der TSI wird anhand von den Parametern Begrenzungslinie, Radsatzlast, Streckengeschwindigkeit und Bahnsteiglänge eigene Verkehrscode vergeben. Dies erfolgt nach Tabelle 3 und Tabelle 4:

Tabelle 3: TSI-Verkehrscode für den Personenverkehr

Verkehrscode	Begrenzungslinie	Radsatzlast [t]	Streckengeschwindigkeit [km/h]	Bahnsteiglänge [m]
P1	GC	17	250-300	400
P2	GB	20	200-250	200-400
P3	DE3	22,5	120-200	200-400
P4	GB	22,5	120-200	200-400
P5	GA	20	80-120	50-200
P6	G1	12	-	-
P1520	S	22,5	80-160	35-400
P1600	IRL1	22,5	80-160	75-240

Tabelle 4: TSI-Verkehrscode für den Güterverkehr

Verkehrscode	Begrenzungslinie	Radsatzlast [t]	Streckengeschwindigkeit [km/h]	Zuglängen [m]
F1	GC	22,5	100-120	740-1050
F2	GB	22,5	100-120	600-1050
F3	GA	20	60-100	500-1050
F4	G1	18	-	-
F1520	S	25	50-120	1050
F1600	IRL1	22,5	50-100	150-450

Zusammen mit der maximal zulässigen Radsatzlast von 22,5t kann die Gürbetalstrecke nach den TSI mit den Verkehrscode P4 für den Personenverkehr und F2 für den Güterverkehr

charakterisiert werden. Das Ziel der BLS ist es allerdings die Begrenzungslinie von GB langfristig auf GC zu erweitern. Weiters soll die derzeitig zugelassene Meterlast der Klasse D3 von nur 7,2t/m auf die Klasse D4 mit einer Meterlast von 8,0t/m erweitert werden, damit auch ein freizügiger Fahrzeugeinsatz im Güterverkehr für einen flexibleren Betrieb stattfinden kann. Dies kann allerdings nur mit einem Neubau der Gürbebrücke bewerkstelligt werden.

Die Erweiterung der Strecke auf die Streckenklasse D4 und auf die Begrenzungslinie GC würde nach der TSI-Klassifizierung den Verkehrscode P3 für Personenverkehr und F1 für den Güterverkehr entsprechen, obwohl die Begrenzungslinie und die Radsatzlast dem Code P1 entsprechen würden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, muss die BLS eine Studie zu den Lichtraumprofilen der Strecke machen, entsprechende Maßnahmen zur Erweiterung auf die Begrenzungslinie GC setzen und die Gürbetalbrücke zwischen Thurnen und Burgistein für eine Radsatzlast von 22,5t und eine Meterlast von 8,0t/m neu errichten.

Gleisabstand:

Der Abstand zweier Gleise wird zwischen den Gleisachsen zweier benachbarter Gleise gemessen. In der TSI wird festgelegt, dass der horizontale Mindestabstand zwischen den Regelgleismitten von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und von der Spurweite abhängig ist. In dieser Vorgabe werden auch die aerodynamischen Einwirkungen mitberücksichtigt. Der Abstand zwischen den Gleismitten wird folgendermaßen vorgegeben:

Tabelle 5: TSI - Gleisabstand

Zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]	Mindestwerte für den horizontalen Regelgleismittenabstand [m]
$160 < v \leq 200$	3,80
$200 < v \leq 250$	4,00
$250 < v \leq 300$	4,20
$v > 300$	4,50

Der Gleisabstand auf den zweigleisigen Stellen ist auf der Gürbetalstrecke stets über 3,79m (BLS Netz AG, 22). Da auf der Strecke auch keine Geschwindigkeit von >200km/h möglich sind, sind diese Vorgaben erfüllt und es bedingt keinen Handlungsbedarf.

Mindestradius:

Bogenradien werden aufgrund der maximal zulässigen Geschwindigkeit und aus Gründen der Instandhaltung nach unten begrenzt. Große Fliehkräfte müssen wegen möglicher Lageverschiebungen des Gleises und im Sinne des Fahrgastkomforts vermieden werden. Die TSI schreibt zunächst ganz allgemein vor, dass die Bogenradien einer Strecke nach den vorgesehenen Geschwindigkeiten auszulegen sind. Gleich wie in der Schweizer Eisenbahnverordnung (BAV, 2024) muss der Mindestradius einer Neubaustrecke jedoch über 150m sein. Die Gürbetalbahn besitzt im Bestand jedoch keinen Bogen mit einem Radius kleiner als 150m. Es gibt fünf Bogenradien, welche kleiner als 250m sind und neben der Geschwindigkeitsreduktion auch negative Auswirkungen auf die Instandhaltung haben. Diese befinden sich in den Bahnhöfen Burgistein, Kehrsatz und Bern Europaplatz (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017). Neben den Vorgaben zum Mindestradius bei Neubaustrecken gibt es in den europäischen Vorgaben zur Fahrzeugzulassung keine normativ geregelten fahrtechnischen Vorgaben für das Befahren von Strecken mit Radien < 250m, weshalb die SBB mit dem Regelwerk I-50127 technische Spezifikationen für das Befahren solcher Radien vorlegt. Antragsteller müssen somit auf festgelegten Strecken, zu denen auch die Gürbetalstrecke zählt, den „Nachweis für Strecken mit Radien $R < 250\text{m}$ “ erbringen. Damit künftig der Nachweis nicht mehr erbracht werden muss und sämtliche nachteilige Auswirkungen geringer Bogenradien vermieden werden, sind im Rahmen von Instandhaltungsmaßnahmen oder sonstiger Bauarbeiten die Radien auf der Gürbetalstrecke auf mindestens 250m zu vergrößern. (SBB CCF FFS, 2018)

Überhöhungsfehlbetrag

Aufgrund der Fliehkraftkompensation werden Bögen in der Regel mit Überhöhungen ausgeführt. Damit die, bei der Fahrt im Bogen entstehenden Fliehkräfte, ausgeglichen werden, wird die berechnete Überhöhung D mit der Formel

$$D = 11,8 * \frac{V^2}{R} \quad (1)$$

auf eine bestimmte Geschwindigkeit ausgelegt. Eingangsgrößen dieser Formel sind zum einen die Geschwindigkeit V mit der Einheit [km/h] und der Radius des Bogens in Meter. Züge verkehren allerdings nicht immer mit derselben Geschwindigkeit, weshalb Seitenbeschleunigungen Richtung Bogenaußenseite und Richtung Bogeninnenseite durch den Überhöhungsfehlbetrag oder den Überhöhungsüberschuss berücksichtigt werden. Die genaue Berechnung des Überhöhungsfehlbetrages wird anhand der Formel 2 durchgeführt, wobei I der Überhöhungsfehlbetrag ist, V die Geschwindigkeit des zu untersuchenden Zuges, R der Radius des Bogens und D die Überhöhung der Trasse. (Holzfeind, Liu, & Pospischil, 2025)

$$I = 11,8 * \frac{V^2}{R} - D \quad (2)$$

Die TSI sieht vor, dass der maximale Überhöhungsfehlbetrag bei Lokomotiven und Personenwagen bei einer Geschwindigkeit von < 160 km/h 153mm beträgt. Diese Vorgaben werden auch von der Schweizer Eisenbahnverordnung erfüllt. Im Gegensatz zur EBV gibt es in der TSI auch die Regelung eines maximalen Überhöhungsfehlbetrags von 130mm für Güterwagen.

Äquivalente Konizität

Das Kontaktverhalten beziehungsweise die Berührgeometrie zwischen Rad und Schiene wird in der Spurführungstechnik linearisiert beschrieben. Das reale Radprofil mit einer veränderlichen Profilneigung wird im mechanischen Modell durch ein Radprofil mit einer kegeligen Profilneigung („äquivalente Konizität“) vereinfacht dargestellt, damit das Verhalten zwischen der seitlichen Verschiebung des Radsatzes (Δy) und der daraus entstehende Unterschied der Rollradien (Δr) besser beschrieben werden kann. Anhand der Abb. 11 kann man erkennen, dass bei horizontaler Verschiebung des Radsatzes (Δy) nach rechts eine Änderung der Rollradien ($\Delta r = r - r_0$) stattfindet: (Holzfeind, Liu, & Pospischil, 2025)

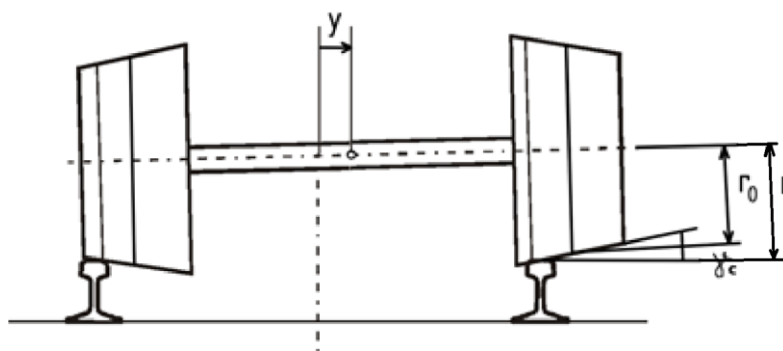


Abb. 11: Äquivalente Konizität (Petz, 2022)

Berechnet wird die äquivalente Konizität mit der Formel:

$$\tan \gamma = \frac{\Delta r}{\Delta y} \quad (3)$$

Die äquivalente Konizität ist größer, je kleiner die Spurweite und je geringer die Schienenneigung ist. Weiters gibt es auch noch eine Abhängigkeit zu der Profilform des Rades und der Schiene, wie auch zum Spurspiel. Der Grenzwert für die äquivalente Konizität in der TSI für die Standardradprofile S10002 und GV1/40 bei einem Geschwindigkeitsbereich zwischen 60km/h & 200km/h beträgt 0,25. Bezogen auf die Gürbetalstrecke ist eine genaue Analyse nicht notwendig, da der Grenzwert mit der Einhaltung der nationalen technischen Vorschriften erfüllt ist. (Eder & Zeilstra, 2016)

Schienenneigung

Die Schienenneigung beschreibt den Winkel, mit dem der Schienenquerschnitt gegenüber der Lotrechten nach innen geneigt ist. Aufgrund des geneigten Einbaus der Schiene ändert sich die Berührgeometrie und der Kontakt zwischen Rad und Schiene verschiebt sich nach außen. Der Berührungspunkt am Radprofil wandert zum abgeflachten Bereich und die Radsatzdynamik wird weniger angeregt. Das hat ein ruhigeres Fahrverhalten und eine Reduktion von Ermüdungsschäden zu Folge (Holzfeind, Liu, & Pospischil, 2025). Die TSI gibt vor, dass die Schienen in Richtung Gleismitte eine Neigung zwischen 1:20 und 1:40 aufweisen müssen. Im Bereich von Weichen und Kreuzungen ohne Neigung gibt es Abweichungen, wobei bei einer Streckengeschwindigkeit von bis zu 200km/h die Gleise im Abstand von 100m zur Weiche beziehungsweise Kreuzung nicht geneigt sein müssen. Im Regelfall werden in der Schweiz die Schienen mit einer Neigung von 1:40 ausgeführt.

Gleisstabilität gegenüber einwirkenden Lasten

Je nach gewählter Streckenklasse müssen statische vertikale Einwirkungen von der Infrastruktur aufgenommen werden. Zur Infrastruktur zählen Ingenieurbauwerke, Erdbauwerke, Gleis und Unterbau. In diesem Unterpunkt wird speziell der Bereich des Gleises betrachtet. In der TSI wird unterschieden zwischen den Einwirkungen in Vertikalrichtung, Längsrichtung und Querrichtung. Der Unterbau muss die in Vertikalrichtung einwirkende Kräfte je nach gewählten Verkehrscode aufnehmen. Für den angestrebten Zielzustand der Gürbetalstrecke mit der Streckenklasse D4 bedeutet dies eine Radsatzlast von 22,5t. In Längsrichtung muss das Gleis die Lasten einer Bremsverzögerung von 2,5m/s² aufnehmen können. Die aufzunehmenden Querkräfte werden in EN 14363:2005 (CEN, 2005) unter bestimmten Prüfbedingungen definiert.

Toleranz für dynamische Effekte von Vertikallasten

Dieser Unterpunkt betrifft die dynamische Belastung von Brückenbauwerken durch Schienenfahrzeuge. Belastungen durch Züge werden anhand von den zwei standardisierten Modellen „Lastmodell 71“ und „SW/0“ berechnet. Die resultierenden statischen Werte werden mit dem dynamischen Faktor ϕ multipliziert, um die dynamischen Kräfte beim Überfahren der Brücke zu berücksichtigen. Konkret berücksichtigt der Faktor Schwingungen oder Stöße, welche durch das Fahren entstehen. Für Brücken, welche für Geschwindigkeiten > 200km/h geplant werden, müssen genauere Untersuchungen stattfinden. Eine genauere Betrachtung der dynamischen Effekte ist bei einer Neuplanung der Gürbebrücke notwendig, wobei eine Dimensionierung auf eine Geschwindigkeit von > 200km/h zu vernachlässigen ist.

Soforteingriffsschwellen für Gleislagefehler

Werden bei der Überprüfung einer Strecke durch den Messwagen Abweichungen in der Gleislage gemessen, dienen die Soforteingriffsschwellen als Grenzwerte. Bei Überschreitungen der Werte müssen Sofortmaßnahmen, wie beispielsweise Geschwindigkeitsreduktionen oder Gleissperren ergriffen werden und Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, da ansonsten ein Sicherheitsrisiko im Betrieb besteht. Die Lage des Gleises wird in diesen Zusammenhang auf die Parameter Pfeilhöhe, Längshöhe, Gleisverwindung, Spurweite, Überhöhung, Weichen und Kreuzungen untersucht und bewertet. Bei den Soforteingriffsschwellen für Gleislagefehler verweist

die TSI für die ersten drei Punkte auf die Grenzwerte in der Norm EN 13848-5 (CEN, 2022). Bei den letzteren Punkten werden die Grenzwerte je nach Geschwindigkeit oder Spurweite angegeben. Bei den Soforteingriffsschwellen ist anzumerken, dass in vielen europäischen Länder härtere Grenzwerte in der Instandhaltung vorgeschrieben sind als in den TSI. Dies trifft auch in der Schweiz bei der Einhaltung nationaler Vorschriften zu und muss somit nicht genauer für die Gürbetalbahn analysiert werden.

Bahnsteige

Die Nutzlänge der Bahnsteige sind je nach Verkehrscode auszurichten. Auf der Gürbetalstrecke sind keine planmäßigen Halte von Personenverkehrszüge mit einer Länge von 400m angedacht, weshalb eine Erweiterung auf den Verkehrscode P1, welcher eine Bahnsteignutzlänge von 400m vorsieht, nicht sinnvoll ist. Für den Code P3 ist eine Bahnsteignutzlänge von 200-400m erforderlich. Da in der Hauptverkehrszeit die S3 und S31 mit einer Doppeltraktion MUTZ mit einer Länge von 206m verkehrt und die BLS internen Perronnutzlängenstandards bei 220m liegen, müssen langfristig die Bahnsteiglängen aller Bahnhöfe auf die entsprechende Länge von 220m erweitert werden. Die derzeitigen Nutzlängen sind aus der Tabelle 6 zu entnehmen:

Tabelle 6: Bahnsteignutzlängen Gürbetal (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017)

Bahnhof	Bahnsteignutzlänge	TSI Vorgabe P2	BLS - Vorgabe
Bern Europaplatz	197m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Bern Weissenbühl	219m	erfüllt	nicht erfüllt
Wabern bei Bern	242m	erfüllt	erfüllt
Kehrsatz Nord	220m	erfüllt	erfüllt
Kehrsatz	190m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Belp-Steinbach	190m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Belp	250m	erfüllt	erfüllt
Toffen	217m	erfüllt	nicht erfüllt
Kaufdorf	200m	erfüllt	nicht erfüllt
Thurnen	155m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Burgistein	220m	erfüllt	erfüllt
Seftigen	150m	nicht erfüllt	nicht erfüllt
Uetendorf	230m	erfüllt	erfüllt
Uetendorf Allmend	220m	erfüllt	erfüllt

Bahnsteighöhe

Anforderungen der TSI zur Bahnsteighöhe sind abhängig von den Bogenradien im Bahnsteigbereich, wie auch von der Spurweite des Bahnsystems. Bei einer Spurweite von 1435 mm und einem Bogenradius von mehr als 300m, muss die Bahnsteighöhe 550 mm oder 760 mm über der Schienenoberkante betragen. Bei geringeren Radien kann dieses Maß so variieren, dass der Bahnsteigspalt zwischen dem Zug und der Bahnsteigkante auf ein Minimum gehalten wird. Bei der Gürbetalbahn ist nur der Bahnsteig im Bahnhof Bern Europaplatz im Bereich eines Bogenradius von kleiner als 300m, wo auch die Bahnsteighöhe nur bei 350mm liegt. Weiters gibt es einen Bahnhof, wo diese Vorgaben nicht erfüllt sind. Bei dem Bahnhof Thurnen beträgt die Höhe zwischen Bahnsteig und Schienenoberkante 350mm. Langfristig muss der Bahnsteig auf die entsprechenden Vorgaben erhöht werden.

Bahnsteigabstand

Die richtige Positionierung der Bahnsteigkante ist von großer Relevanz, da einerseits der Spalt möglichst geringgehalten werden muss, um den reisenden Personen ein problemloses Aus- und Einsteigen zu ermöglichen, und andererseits groß genug sein muss, um ein gefahrloses Vorbeifahren von Fahrzeugen zu gewährleisten. Der Abstand zwischen Gleisachse und der Bahnsteigkante „ b_q “ richtet sich nach dem Mindestlichtraum „ b_{qlim} “, welcher nach EN 15273-3:2013 (CEN, 2013) mit der Begrenzungslinie G1 berechnet wird. Die genaue Anforderung des Bahnsteigabstands lautet:

$$b_{qlim} \leq b_q \leq b_{qlim} + 50 \text{ mm} \quad (4)$$

Die Begrenzungslinie G1 ist so definiert, dass Fahrzeuge unter bestimmten Bedingungen diese Grenze nie überschreiten. Dabei werden alle möglichen Bewegungen des Fahrzeugs berücksichtigt. Eine genaue Analyse aller Bahnsteigkanten auf der Gürbetalbahn würde über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgehen. Bei möglichen Umbauten muss allerdings auf diese Spezifikation Rücksicht genommen werden.

Maximale Druckschwankungen in Tunnels

Druckschwankungen im Tunnel kommen vor allem bei höheren Geschwindigkeiten vor und können Einfluss auf das Wohlbefinden des Fahrgastes haben, Beschädigungen an der Infrastruktur oder am Rollmaterial hervorbringen und den Energieverbrauch des Triebfahrzeuges erhöhen. (Reinke & Ravn, 2006) Die verursachte Druckschwankung beim Befahren von Tunneln mit einer Geschwindigkeit von >200km/h darf 10kPa nicht überschreiten. Da auf der Gürbetalbahn keine Geschwindigkeit von >200km/h möglich ist und auch kein Tunnel vorhanden ist, muss auf dieses Kriterium nicht weiter eingegangen werden.

Äquivalente Konizität im Betrieb

Die Definition der äquivalenten Konizität wurde bereits in diesem Kapitel unter „Äquivalenten Konizität“ erläutert. Der Unterschied zu dieser Spezifikation besteht darin, dass der erste Unterpunkt den theoretischen Teil abdeckt und dieser Unterpunkt die realen Betriebsbedingungen betrachtet. Das bedeutet, dass zeitlich bedingte Abnutzungen am Rad oder auf der Schiene berücksichtigt werden. Wird im laufenden Betrieb eine Unregelmäßigkeit im Fahrverhalten festgestellt, muss der Infrastrukturbetreiber an der betroffenen Stelle im Bereich von 100m die Spurweite und das Schienenkopfprofil in 10m-Intervallen messen. Aus den Messwerten muss die äquivalente Konizität gemittelt werden, welche gewisse Grenzwerte nicht überschreiten dürfen. Diese Grenzwerte fallen im Gegensatz zu den oben angeführten Planwerten zur äquivalenten Konizität geringer aus.

Ortsfeste Anlagen zur Wartung von Zügen

In dieser Spezifikation werden stationäre Infrastruktureinrichtungen behandelt, die für die Instandhaltung und Versorgung von Fahrzeugen notwendig sind. Konkret handelt es sich bei den Anlagen um Zugtoilettenleerungsanlagen, Außenreinigungsanlagen, Wasserbefüllungsanlagen, Betankungsanlagen, Stromversorgungsanlagen. Laut TSI müssen diese Einrichtungen mit interoperablen Fahrzeugen kompatibel sein. Diese Bestimmung ist allerdings optional.

TSI-Fahrzeuge - Lärm

Bei erneuerten oder umgerüsteten Teilsystemen muss nachgewiesen werden, dass die Geräuschpegel des Rollmaterials unterhalb der TSI-Grenzwerte liegen. Dabei wird zwischen den Geräuschen Standgeräusch, Anfahrgeräusch, Vorbeifahrgeräusch und Innengeräusch im Führerstand unterschieden. Folgende Grenzwerte werden vorgegeben (Europäische Kommission, 2014):

Tabelle 7: Grenzwerte für den A-bewerteter, äquivalenter Dauerschallpegel

	Elektr. Triebfahrzeuge [dB]	Reisezugwagen [dB]	Güterwagen [dB]
Standgeräusch	70	65	65
Anfahrgeräusch	81 bei Traktionsleistung <4500kW 84 bei Traktionsleistung >4500kW	-	-
Vorbeifahrgeräusch	84	79	83
Innengeräusch	78	-	-

In der Schweiz gibt es laut Lärmbelastungskataster für Eisenbahnanlagen festgelegte Lärmemissionen je Strecke. Diese entsprechen auf der Gürbetalstrecke 60.1 – 65db am Tag und <55db in der Nacht. Das bedeutet, dass die vorgegebenen Werte des Bundesamtes für Verkehrs geringer ausfallen als die TSI-Vorgaben.

Die tatsächlichen Emissionen liegen stellenweise höher. Vereinzelt wurden entlang der Strecke tagsüber Werte zwischen 65,1 und 75 dB sowie nachts zwischen 55,1 und 65 dB gemessen (Bundesamt für Verkehr, 2025).

Im Umleitungsfall werden durch den zusätzlichen Verkehr von IC-Züge und Güterzüge die Emissionen weiter steigen. Die komplexe Berechnung des zusätzlichen Eisenbahnlärms kann nach der Richtlinie „Lärmschutz bei Eisenbahnanlagen“ mit den Tools sonRail und SEMIBEL durchgeführt (BAV, 2023). Dabei spielen die Faktoren Rollmaterial, Oberbau, Geschwindigkeit, Schienenrauigkeit, Bögen, Weichen und Brücken eine Rolle. Der berechnete Wert $L_{eq,f}$ muss dann durch den Pegelkorrekturwert K1 erweitert werden. Dieser berücksichtigt die Anzahl an Züge pro Stunde, wobei vereinzelt Zugfahrten als störender angesehen werden und K1 einen höheren Wert annimmt. Der Beurteilungspegel ergibt sich aus:

$$L_{r1} = L_{eq,f} + K1 \quad (5)$$

Der Wert K1 ist abhängig von der Anzahl an Fahrten am Tag beziehungsweise in der Nacht N (Der Schweizerische Bundesrat, 2025):

- $K1 = -15$ für $N < 7,9$
- $K1 = 10 \cdot \log(N/250)$ für $7,9 \leq N \leq 79$
- $K1 = -5$ für $N > 79$

Anhand der gewählten Umleitungsszenarien mit dem entsprechenden Rollmaterial und der Anzahl an zusätzlichen Fahrten über das Gürbetal müssen Analysen zu Lärmbelastung durchgeführt werden. Da bereits jetzt die Grenzwerte des Bundesamtes für Verkehr überschritten werden müssen unabhängig davon Sanierungs- und Schallschutzmaßnahmen gesetzt werden.

Bahnstrom

Für die Anwendung der TSI auf neuen oder umgerüsteten Strecken sind Umsetzungspläne für Spannung und Frequenz, Geometrie der Oberleitung und Errichtung des streckenseitigen Energiedatenerfassungssystems angedacht. In Bezug auf die Spannung und Frequenz ist besonders auf den Leistungsbedarf zu achten. Bei Umleitungen erhöhen zusätzliche Personenfernverkehrszüge und Güterzüge in Doppeltraktion den Strombedarf enorm. Es muss deshalb analysiert werden, ob die Energieinfrastruktur ausreichend vorhanden ist.

4 Fahrplanerstellung

4.1 Grundlagen

Die Grundlagen für die Fahrplanerstellung, welche schlussendlich rechnergestützt durchgeführt wird, bildet die vorhandene Infrastruktur einer Strecke sowie das darauf verkehrende Rollmaterial. Die infrastrukturellen Gegebenheiten einer Strecke, wie beispielsweise die Bogenradien, Überhöhungen oder Zugsicherungssysteme, ergeben streckenseitig die maximal zulässige Geschwindigkeit. In Bezug auf das Rollmaterial ist insbesondere die Zugcharakteristik, wie das Bremsvermögen sowie das Gewicht des Schienenfahrzeugs von Relevanz. Zulässige Geschwindigkeiten einer Strecke in Abhängigkeit der Bremshundertstel eines Zuges können in der Schweiz aus der Streckentabelle RADN (SBB, 2024) entnommen werden. Dabei handelt es sich bei dem Bremshundertstel um einen durch Versuche ermittelten Vergleichswert für das Bremsvermögen eines Schienenfahrzeugs. All diese Faktoren beeinflussen die Fahrzeitenrechnung und ergeben die notwendigen Zeitanteile, welche eine Trasse im Fahrplan benötigt. (Holzfeind, Liu, & Pospischil, 2025)

Unterteilt werden die Zeitanteile, die ein Zug für einen zurückgelegten Weg benötigt, in die Regelfahrzeit und Regelhaltezeit. Die beiden Anteile werden in weitere Teile zerlegt. Bei der Regelfahrzeit werden zu der reinen technischen Fahrzeit noch zusätzlich der Regelzuschlag und der Bauzuschlag hinzuaddiert. Mit den beiden prozentualen Werten werden Einflüsse wie Witterung oder das Fahrverhalten des Triebfahrzeugführers berücksichtigt beziehungsweise mögliche Zeitverluste, welche durch Bauarbeiten verursacht werden, ausgeglichen. Auch bei der Regelhaltezeit wird zu der Mindesthaltezeit ein Verkehrshaltezeitzuschlag hinzugefügt. (Schnieder, 2015)

Für die erwähnten Zuschläge zur technischen Fahrzeit und zur Mindesthaltezeit gibt es von den jeweiligen Fahrplanersteller Erfahrungswerte, welche für die Kurz- und Langfristplanung verwendet werden. Die folgenden Planungsvorgaben wurden zwischen SBB und den BAV für den Ausbauschnitt 2035 abgestimmt (Künzli, Unterberger, Wieland, & Mann, 2023). Die SBB unterscheidet bei den prozentualen Fahrzeitzreserven, ob die betroffene Strecke bei Bauarbeiten den Betrieb aufrechterhält, oder der Betrieb während den Bauarbeiten eingestellt wird. Zweiter Fall betrifft allerdings nur wenige Strecken. Bei der Gürbetalstrecke werden für die zusätzliche Fahrzeiteile folgende Werte für die Fahrplankonstruktions-Software Viriato angegeben:

Tabelle 8: Fahrzeitzreserven

Betriebskonzept: Fahren und Erhalten	
Zugkategorie	Fahrzeitzreserven
Fernverkehr	8%
Regionalverkehr	6%
Güterverkehr	6%
Dienstverkehr	6%

Eine Reduktion der in der Tabelle 8 angeführten Fahrzeitzreserven sollte auf teilweise eingleisigen Strecken, wie die Gürbetalstrecke vermieden werden, da im Betrieb entstandene Verspätungen nur sehr schwer abgebaut werden können.

Betreffend der Regelhaltezeit wird zwischen den Bahnhofskategorien und den einzelnen Zugprodukten unterschieden. Für die Gürbetalstrecke wird nur das Produkt S-Bahn benötigt und die Bahnhofskategorie 3 – 4:

Tabelle 9: Haltezeiten und Haltezeitzuschlag

Produkt	Bahnhofskategorie	Mindesthaltezeit	Haltezeitzuschlag
S-Bahn – Regio	1	1.5min	0.2min
	2	0.9min	0.2min
	3	0.6min	0.2min
	4	0.4min	0.2min

Zusätzlich stehen dem Fahrplanersteller noch optional weitere Fahrzeitreserven zur Verfügung, welche vor allem für die Konfliktfreiheit der Trassen verwendet werden. Beispielsweise wird eine Trasse gebogen, wenn ein schneller Zug einem langsamer fahrenden Zug auffährt, oder Kreuzungen werden besser eingetaktet.

Eine weitere Faustregel in der Fahrplanerstellung ist, dass für Güterzüge pro Halt drei Minuten eingeplant werden – bedingt durch die langsame Annäherung und die Zeit zum Lösen der Bremsen beim erneuten Wegfahren. Das wird genau dann schlagend, wenn ein Güterzug aufgrund einer Konfliktsituation auf einer eingleisigen Strecke im Kreuzungsbereich warten muss. Des Weiteren müssen bei der Kreuzung zweier Züge bei einem Übergang von einer zweigleisigen zu einer eingleisigen Strecke Pufferzeiten von zwei bis drei Minuten verwendet werden. (Künzli, Unterberger, Wieland, & Mann, 2023)

4.2 Zugfolgezeit

Bei der rechnergestützten Fahrplankonstruktion ist die Berechnung der Sperrzeitentreppe einer Zugtrasse notwendig. Wird diese durch das Hinterlegen einer Infrastruktur und der Berücksichtigung der Zugcharakteristik des eingesetzten Rollmaterials von der Software berechnet, so kann man die Zugtrassen optisch im Bildfahrplan so verschieben, dass die Züge konfliktfrei im Zeit-Weg-Diagramm liegen. Konfliktfreiheit bedingt eine Vermeidung von Sperrzeitenüberschneidungen der einzelnen Züge. (Pachl, 2018)

In der Langfristplanung der SBB ist in der Software Viriato die Berechnung der Sperrzeiten nicht vorhanden. Im Regelfall werden Mindestzugfolgezeiten, welche für alle Strecken und Züge berechnet wurden, angewendet, weshalb das Trassieren mit Sperrzeitentreppe nicht notwendig ist. Da jedoch die Zugfolgezeit von der Zugkategorie IC oder der Güterverkehr auf der Gürbetalbahn bis dato nie benötigt wurde, ist die Berechnung für den Umleitungsverkehr zu Beginn der Variantenüberlegungen erforderlich. Die Mindestzugfolgezeit entspricht den kleinsten Zeitabstand zweier aufeinander folgenden Züge ohne Überschneidung der Sperrzeiten. Dafür ist es notwendig die Sperrzeit aller Blöcke für die jeweilig durchfahrenden Züge zu berechnen. Sie setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- Fahrstraßenbildezeit
- Signalsichtfahrzeit
- Annäherungsfahrzeit
- Fahrzeit im Block
- Räumfahrzeit
- Fahrstraßenauflösezeit

In Abb. 12 wird mittels einer Zeit-Weg-Linie jene Zeit dargestellt, in welcher der Fahrwegabschnitt durch einen vorbeifahrenden Zug belegt ist und für andere Fahrzeuge gesperrt ist. Für die behinderungsfreie Fahrt beginnt die Sperrzeit mit dem Einstellen der Fahrstraße, wo alle Fahrwegelemente gestellt, verschlossen, festgelegt und das Signal auf „Fahrt“ gestellt wird. Die dafür benötigte Zeit ist die Fahrstraßenbildezeit. Gefolgt wird diese von der Signalsichtfahrzeit, welche die Zeit vom Erkennen des freien Vorsignals bis zum Vorbeifahren des Zuges an dem Signal

entspricht. Die Annäherungsfahrzeit und die Fahrzeit im Block sind jene Zeiten, welche der Zug zwischen Vor- und Hauptsignal beziehungsweise zwischen den beiden Hauptsignalen im Block benötigt. Die benötigte Zeit zwischen dem Passieren des Signals am Ende des Blocks und dem Verlassen des Zuges mit der letzten Achse bei der Signalschlussstelle entspricht der Räumfahrzeit. Abschließend spricht man bei der Fahrstraßenauflösezeit von jener Zeit, die gebraucht wird, um Fahrwegelemente wieder in Grundstellung zu bringen. (Pachl, 2018)

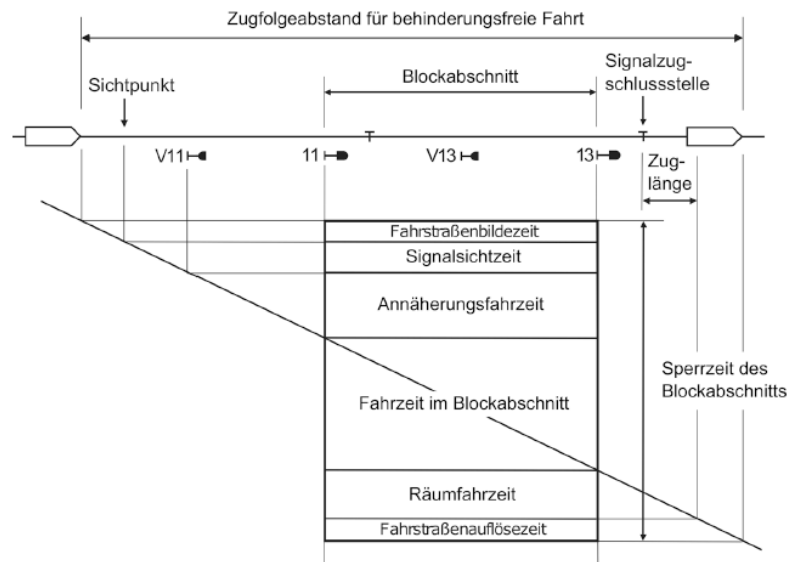


Abb. 12: Anteile der Sperrzeit (Pachl, 2018)

Für die Fahrstraßenbildezeit und Fahrstraßenauflösezeit benötigen Raillaisstellwerke und elektronischen Stellwerke nur wenige Sekunden (Maschek, 2013). In dieser Berechnung werden zehn Sekunden angenommen. Weitere Annahmen werden bei der Sichtweite des Signals mit einer Entfernung von 250m und beim Durchrutschweg 50m getroffen. Zusätzlich ist die Geschwindigkeit für die Berechnung notwendig, welche aus Viriato genommen wird. In den folgenden Zeilen wird die Berechnung der Sperrzeit anhand eines Blocks zwischen Uetendorf und Seftigen dargestellt:

Tabelle 10: Sperrzeitenrechnung Uetendorf - Seftigen 1 (B2-D328)

Fahrstraßenbildezeit		10s
Signalsichtfahrzeit	$\frac{250[m] * 3,6}{92 \left[\frac{km}{h} \right]} = 9,7 [s]$	10s
Annäherungsfahrzeit	$\frac{846 * 3,6}{92} = 33,1[s]$	33s
Fahrzeit im Block	$\frac{3098 * 3,6}{67} = 166,6[s]$	167s
Räumfahrzeit	412m Zuglänge + 50m Durchrutschweg $\frac{462 * 3,6}{67} = 24,8[s]$	25s
Fahrstraßenauflösezeit		10s
Summe	$254,2s = 4,2min$	4,2min

In der Tabelle 11 und der Tabelle 12 werden die Sperrzeiten aller Blöcke und je Richtung aufgelistet. Dabei werden die Geschwindigkeiten eines durchfahrenden Zuges aus Viriato verwendet. Bei haltenden Zügen müssen die Sperrzeiten einzeln betrachtet werden, da sich aufgrund der geringeren Geschwindigkeit die Sperrzeiten erhöhen.

Tabelle 11: Sperrzeiten Thun-Bern

Block	G102- E430	E430-B2	B2-D328	D328-B1	B1-D325	D325- B51	B51- S323	S323- D322	D322- B151
min	1,91	1,83	4,24	2,05	2,35	2,09	2,63	2,01	2,17

Block	B151- H320	H320- F71	F71- D417	D417- B31	B31- E314	E314-B3	B3-R412	R412- D310	D310-B2
min	2,99	1,51	1,93	1,70	3,14	2,11	3,17	2,44	1,80

Block	B2- S409	S409- H408	H408- F202	F202- L406	L406- K761	K761- H732	H723- D404	D404-B4	B4-B1
min	2,46	2,35	1,88	1,71	1,46	1,65	1,94	2,08	2,08

Tabelle 12: Sperrzeiten Bern-Thun

Block	C5-G304	G304- J701	J701- L306	L306- E306	E306- G201	G201- P308	P308- A309	A309-C1	C1-P310
min	1,91	1,95	2,04	2,00	1,59	2,17	2,14	1,69	2,24

Block	P310- A312	A312- C72	C72- A314	A314- C32	C32- E317	E317- G72	G72- A320	A320- C151	C151- P322
min	2,69	2,67	3,90	1,99	1,63	1,56	2,62	1,90	2,37

Block	P322- A323	A323- C52	C52- A325	A325-C1	C1-A328	A328-C3	C3-F330	F330- H101	
min	2,18	1,94	2,67	2,06	4,00	2,30	2,16	1,89	

Anhand der Sperrzeiten kann man die gesuchte Zugfolgezeit ermitteln. Diese wird berechnet, indem die Zeitpunkte betrachtet werden, an denen der 1. und der 2. Zug das Hauptsignal passiert und den Block belegt. Das Sperrzeitende des 1. Zuges subtrahiert mit dem Sperrzeitenbeginn des 2. Zuges ergibt die überschneidende Sperrzeit der beiden Züge. Haben die beiden Züge dieselbe Zugcharakteristik, so entspricht die Sperrzeit eines Blockes auch die Zugfolgezeit (Pachl, 2018). Im Zuge der Fahrplanerstellung ist auch nur dieser Fall von Bedeutung. Die Sperrzeitenberechnung zeigt, dass unabhängig von der Fahrtrichtung an den Stellen zwischen Belp & Toffen und Seftigen & Uetendorf verhältnismäßig höhere Zugfolgezeiten vorkommen. Um die Leistungsfähigkeit der Strecke zu verbessern, ist hier eine Blockverdichtung notwendig. Genauere Überlegungen werden diesbezüglich in folgendem Kapitel durchgeführt.

5 Variantenfächer

5.1 Räumliche Eingrenzung

Da der Eisenbahnverkehr in und um Bern sehr komplex ist, ist es zunächst notwendig die Ausarbeitung von Fahrplanvarianten räumlich einzugrenzen. Innerhalb von Bern im Bereich von Bern Europaplatz und Bern Hauptbahnhof ist aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens eine genaue Trassierung zu aufwändig und würde über den Rahmen der Arbeit hinaus gehen. Weiters müssen Züge auf der Strecke Richtung Schwarzenburg, welche in Bern Fischermätteli in die Gürbetalbahn einbinden und Züge, welche je nach Störfall noch im Bereich zwischen Thun und Abzweigung ins Gürbetal verkehren, in den Umleitungsfällen dispositiv geregelt werden. Der genaue Betrachtungsraum liegt deshalb zwischen den Betriebsstellen Bern Fischermätteli und Abzweigung Thun Nord.

Die in den nächsten Kapiteln angeführten Varianten sind Konzeptentwürfe, weshalb eine Fahrplanprüfung durch Simulationen notwendig sind.

5.2 Planungsreferenz

Der Ausgangspunkt für die Fahrplanerstellung ist der Ausbauschnitt 2035 (siehe Kapitel 2.3.4) mit der prognostizierten Infrastruktur zum Zeitpunkt Oktober 2024. Die derzeitigen drei Regionalverkehr-, drei Fernverkehr- und drei Güterverkehrstrassen im Aaretal werden auf jeweils eine weitere Trasse erhöht. Auf der Gürbetalbahn wird ein zusätzlicher Haltepunkt in Kleinwabern und Thun Nord angedacht.

Das verwendete Rollmaterial ist aus Tabelle 13 zu entnehmen (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017):

Tabelle 13: Rollmaterial

Linie	Rollmaterial	Gesamtlänge [m]	Gesamtgewicht [t]	Anhängelast [t]
S3/S31	RABe515 MUTZ	204,6	500	
S4/S44	RABe528+	209,8	403	
IC	Re460 P-0	412,2	1006	
Systemgütertrasse Nord - Süd	Re482	750	1768	1600
Systemgütertrasse Süd - Nord	Re482	750	1568	1400

5.3 Vorgehensweise

Ein zentraler Grundsatz der Eisenbahnplanung in der Schweiz ist das Prinzip „erst der Fahrplan, dann die Infrastruktur“. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass bauliche Maßnahmen auch stets von betrieblichen Anforderungen abgeleitet werden. Im konkreten Fall bedeutet dies, dass auf Basis des „Ausbauschnitts 2035“ und der „S-Bahn 2040“ Angebotskonzepte für den Regel- und Umleitungsbetrieb entwickelt werden und anschließend die erforderliche Infrastruktur aufgezeigt wird. Aufgrund der besseren Übersicht werden in den folgenden Kapiteln diese Varianten pro Infrastrukturerweiterung aufgelistet. Die untersuchten Angebote, welche in Zukunft auf der Gürbetalbahn geschaffen werden sollen, sind:

- Akute Umleitung der Verkehre aus dem Aaretal im Ausbauschnitt 2035 (Totalsperre – Sperre eines Gleises)
- Planmäßige Totalsperre der Aaretalstrecke mit längerfristigen Umleitungen im Ausbauschnitt 2035
- Zusatznutzen der Infrastrukturerweiterung für den Regelverkehr anhand des Angebots „S-Bahn 2040“

Ziel ist es in jedem Szenario, die verkehrlichen Anforderungen konfliktfrei und möglichst attraktiv abzuwickeln. Mithilfe des Fahrplankonstruktionstools Viriato wurden dazu die Fahrplanentwürfe erstellt und auf Konflikte untersucht. Anhand der Entwürfe können schlussendlich infrastrukturelle Engpässe und geeignete Anpassungen identifiziert werden.

Ein zentrales Planungsprinzip für die Verbesserung der Leistungsfähigkeit einer Eisenbahnstrecke lautet „Logistik vor Beton“ (Pachl, 2018). Dadurch wird sichergestellt, dass zunächst alle betrieblichen und signaltechnischen Optimierungsmöglichkeiten ausgeschöpft werden. Erst danach werden Überlegungen für kostenintensive bauliche Maßnahmen getätigt.

5.3.1 Optimierungsmöglichkeiten im Betriebsprogramm:

Maßnahmen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit im Betriebsprogramm sind:

- Zeitliche Trennung unterschiedlicher Verkehrsarten
- Anpassung der Geschwindigkeiten in Bereichen mit Kapazitätseinschränkungen
- Reduktion von Reserven

Bezugnehmend auf die derzeitige Charakteristik der Gürbetalstrecke und des Betriebsprogramms im Aaretal lässt sich sagen, dass sowohl beim derzeitigen Fahrplan als auch im Ausbauschnitt 2035 die zeitliche Trennung unterschiedlicher Verkehrsarten im Umleitungsfall auf der Gürbetalbahn durchführen lässt. Grund dafür ist, dass die IC bereits planmäßig gebündelt und mit derselben Geschwindigkeit verkehren. Der dritte Punkt der Optimierungsmöglichkeiten im Betriebsprogramm muss auf eingleisigen Strecken vermieden werden, da hier Verspätungen nur langfristig abgebaut werden können und eine Reduktion von Reserven weniger Spielraum gibt.

5.3.2 Optimierungsmöglichkeiten in der Sicherungstechnik:

Im Bereich der Sicherungstechnik gibt es folgende Möglichkeiten zu Optimierung:

- Blockverdichtung
- Zugführung durch Führerraumanzeigen statt Signale
- Optimierung der Signalstandorte

Die planmäßige Zugfolgezeit auf der Hauptstrecke beträgt zwei Minuten. Ein Angleichen auf die gleiche Zugfolgezeit auf der Umleitungsstrecke wäre monetär nicht tragbar, weshalb eine Zugfolgezeit von ca. drei Minuten angedacht ist. Konkret bedeutet dies eine Blockverdichtung zwischen Belp & Toffen und Seftigen & Uetendorf in beide Richtungen. Es ist jedoch vorwegzunehmen, dass kein Betriebsprogramm zwischen Belp und Toffen eine Blockverdichtung verlangt. Zwischen Seftigen und Uetendorf ist das Anbringen weiterer Signale notwendig, da hier auch Kreuzungen mit der S-Bahn stattfinden und somit die Wartezeiten verringert werden. Für eine Zugfolgezeit von drei Minuten muss ein Hauptsignal in Fahrtrichtung Bern-Thun zum km 27.572 und in Fahrtrichtung Thun-Bern zum km 27.500 angebracht werden, wobei jeweils ein Vorsignal im Abstand von 1km (Maschek, 2013) angebracht werden muss.

5.3.3 Bauliche Maßnahmen

Kommt man mit den vorhergehenden Überlegungen an die Grenzen muss man bauliche Maßnahmen andenken. Die Vorgehensweise für die Überlegung von notwendigen Änderungen an der derzeitigen Infrastruktur beruht auf den selektiven zweigleisigen Ausbau. Grundlage dafür ist die Analyse der Fahrplankonflikte im Bildfahrplan.

Hier zeigen sich insbesondere im eingleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Uetendorf Konflikte, die nur durch zusätzliche Kreuzungsstellen oder kurze Doppelspurabschnitte gelöst werden können. Die Wahl der Kreuzungsstellen fallen nach den ersten Analysen im Bereich der Bahnhöfe Thurnen und Seftigen. In den Bildfahrplänen wurden die Kreuzungspunkte so positioniert, dass die gegenseitigen Wartezeiten der Züge minimal bleiben. Des Weiteren befindet sich im Norden des Bahnhofs Thun ein eingleisiger Abschnitt von ca. 2km, welcher parallel zu der zweigleisigen Hauptrecke verläuft. Durch eine Überleitstelle zum km 134,5 stehen für den Verkehr aus dem Gürbetal zwei Gleise zu Verfügung. In den Kapiteln 5.4 – 5.6 werden die möglichen Angebote je Infrastrukturerweiterung (Thurnen Süd, Thurnen Süd & Seftigen, zweigleisiger Abschnitt Thurnen Süd – Seftigen) aufgelistet und erläutert.

5.3.4 Zusätzliche Umleitungskapazitäten – Emmental

In den folgenden Varianten werden die Kapazitäten für eine Umleitung des Verkehrs aus dem Aaretal über das Gürbetal analysiert und durch neue Infrastrukturen erweitert. Es ist vorwegzunehmen, dass nicht alle Trassen auf der Umleitungsstrecke platzfinden, weshalb auch eine übergeordnete Betrachtung für eine Umleitung über das Emmental notwendig ist. Die Strecke durch das Emmental verläuft von Thun über Konolfingen und weiter über Hasle-Rügsau nach Burgdorf. Abb. 13 zeigt den Verlauf der Strecke:

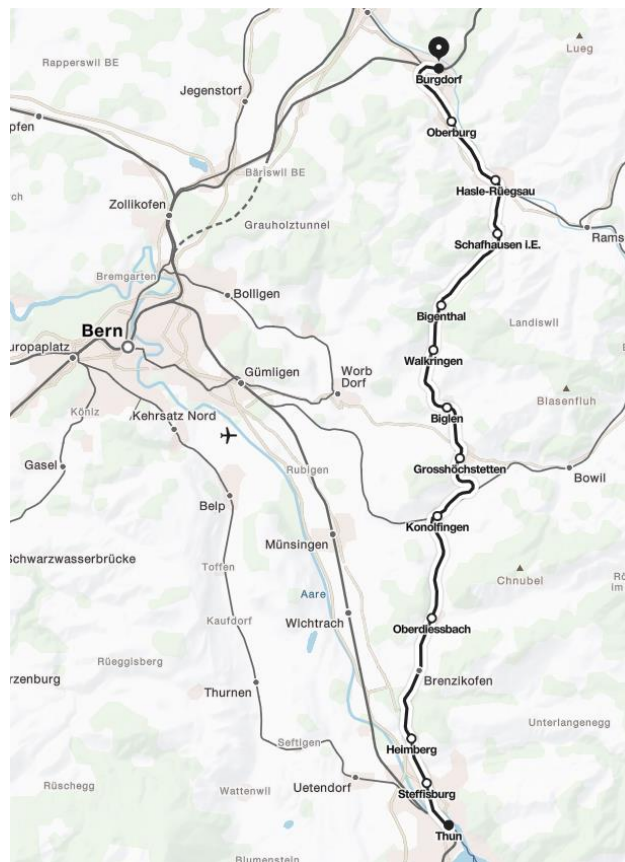


Abb. 13: Strecke – Emmental (<https://www.sbb.ch/de>; 01.08.2025)

Über eine mögliche Umleitung von Güterverkehrstrassen wurden Studien von der BLS durchgeführt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für den Zeithorizont zwischen 2034 und 2035 weitere Kapazitäten zur Verfügung stehen würden:

Tabelle 14: Umleitungsszenarien Emmental 2034 - 2035

Variante	Zeitraum	Anzahl der Trassen	Infrastruktur- weiterung	Anhängelast
1	Tag	1 pro Stunde und Richtung	Ja	1600t
2	Tag	1 pro Stunde Richtung Süd	Nein	1600t
3	Tag	1 pro Stunde Richtung Nord	Nein	1600t
4	Nacht	3 pro Stunde Richtung Süd	Nein	1600t
5	Nacht	3 pro Stunde Richtung Nord	Nein	1600t

Die geringere Anhängelast aufgrund größerer Steigungen im Emmental ist bei Umleitungen zu beachten. In den nächsten Kapiteln werden die Umleitungsvarianten über das Gürbetal angeführt. Unter Berücksichtigung der Tabelle 14 können die Kapazitäten erweitert und abgestimmt werden.

5.4 Variantengruppe 1 – „Thurnen Süd“

Bei der Variante Thurnen Süd ist vorzumerken, dass es bereits im Jahr 2014 erste Überlegungen zu einer Umplanung des Bahnhofs Thurnen gab und ein Projekt geplant ist. Grund dafür ist, dass der Bahnhof grundsätzlich in einem schlechten Zustand ist und dass zwischen Kaufdorf und Burgistein eine weitere Kreuzungsmöglichkeit für einen flexibleren Betrieb von Vorteil ist. Neben weiteren Mängeln sind beispielsweise die Bahnsteige weniger als 220m lang, die Barrierefreiheit ist nicht gegeben und die Bahnsteighöhe ist zu gering. Zur Neugestaltung des Bahnhofs gibt es mehrere Varianten in Bezug auf die Positionierung der Kreuzungsmöglichkeit. Für die Umleitung des Fernverkehrs aus dem Aaretal wurden die Kreuzungen in Thurnen, südlich von Thurnen und nördlich von Thurnen analysiert. Aufgrund der Überlegungen in Kapitel 5.4.7 fiel die Wahl auf die Variante Thurnen Süd, welche dem Standort des von der BLS geplanten Projekts entspricht. Wichtig anzumerken ist, dass die geplante Kreuzungsstelle zwar eine Kreuzung von Zügen bis 420m ermöglicht, jedoch ein Gleisabschnitt davon für Instandhaltungsfahrzeuge gedacht ist und die Kreuzungslänge nur 220m beträgt. In den folgenden Varianten ist deshalb zu achten, ob eine Erweiterung der Kreuzungsstelle auf 420m notwendig ist.

Variante 1.1 beschreibt zunächst welches Potential durch die Infrastrukturweiterung für den Regelfahrplan entsteht. Varianten 1.2 – 1.6 zeigen je nach Szenario mögliche Umleitungsfahrpläne.

5.4.1 Variante 1.1: „S-Bahn 2040“

Planungsziel:

Ziel der Variante ist es, durch eine neue Infrastruktur die Möglichkeit zu schaffen, den Vorschlag zum Konzept „S-Bahn 2040“ umzusetzen. Für die gewünschte Haltepolitik der S-Bahnen und die Verlängerung der S3/31 bis nach Thun Gwatt, welche im Kapitel 2.3.4 beschrieben wird, soll Kapazität geschaffen werden. Bei der Planung des Regelbetriebs sind seitens der SBB-Fahrplanerstellung zwei Dienststrassen pro Stunde und Richtung zu berücksichtigen. Die gleichzeitige Befahrbarkeit der Trassen ist allerdings nicht zu gewährleisten, weshalb ein Konflikt zweier Dienststrassen möglich ist (Infrastruktur, Konzepte und Netzplanung SBB, 24).

Anpassungen des bestehenden Betriebsablaufs:

Im Vergleich zum Ausbauschnitt 2035 ergeben sich folgende Änderungen:

- Die S3 behält ihre Trassenlage und verkehrt unverändert zwischen Bern und Belp.
- Die S31 behält ihre Trassenlage zwischen Bern und Belp. Zusätzlich entsteht eine Verlängerung der Linie bis Thun Gwatt mit Bedienung aller Halte.
- Die S4 beziehungsweise S44 behält ihre Trassenlage zwischen Bern und Belp, wobei der Halt in Bern Europaplatz hinzukommt. Zwischen Belp und Thun entfallen die Halte Kaufdorf und Uetendorf Allmend, was zu einer Fahrzeitverkürzung führt.
- Eine neue Kreuzung zwischen S4/44 und der S31 entsteht in Burgistein.
- Es können zwei Dienststrassen pro Stunde in Richtung Thun eingelegt werden.

Die Realisierung des Konzepts "S-Bahn 2040" ist auch ohne einer neuen Kreuzungsmöglichkeit in Thurnen möglich, wenn auch mit gewissen Einschränkungen. Die gewünschte Haltepolitik der „S-Bahn 2040“ kann umgesetzt werden, wobei für die beschleunigte S-Bahn ein weiterer Halt aufgrund der Kreuzung in Burgistein entsteht. In Anbetracht raumplanerischer Überlegungen, die auf die Vermeidung der Zersiedlung abzielen, ist dieser zusätzliche Halt negativ zu bewerten. Des Weiteren ist die Bereitstellung der von der SBB-Fahrplanerstellung vorgesehenen zwei Dienststrassen pro Stunde und Richtung nicht realisierbar. Es können lediglich zwei Trassen pro Stunde in Richtung Thun zur Verfügung gestellt werden, da eine Dienststrasse von Thun nach Bern nur unter Verletzung der Planungsvorgaben möglich ist. Die genauen Trassenlagen der S-Bahnen kann aus dem Bildfahrplan in Abb. 14 entnommen werden, wobei die Regeltrassen in schwarz und die Dienststrassen in hellblau dargestellt werden:

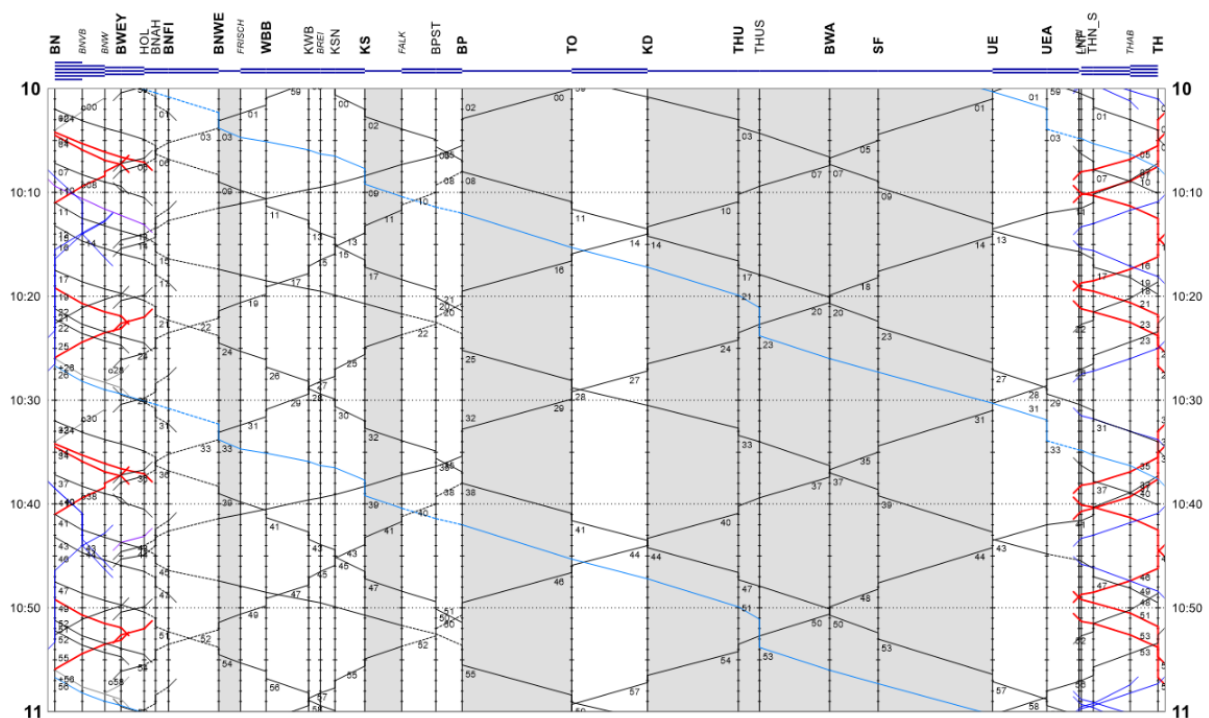


Abb. 14: Variante 1.1 - „S-Bahn 2040“

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thun:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdifferenz
S3	xx:32	xx:52	xx:32	xx:52	0min
S31	xx:17	xx:36	xx:17	xx:09 (Thun Gwatt)	-
S4/44	xx:41	xx:20	xx:41	xx:20	0min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3	xx:08	xx:28	xx:08	xx:28	0min
S31	xx:23	xx:43	xx:18 (Thun Gwatt)	xx:10	-
S4/44	xx:39	xx:19	xx:37	xx:17	0min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:

Vorteile:

- Die S3 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035.
- Die S31 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035, wobei diese Linie bis Thun Gwatt verlängert wird und jeden Halt bedient.
- Die S4/44 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035, wobei die Halte in Kaufdorf und Uetendorf Allmend wegfallen und somit eine Fahrzeitreduktion zwischen Bern und Thun stattfindet.

Nachteile:

- Fehlende Kapazitäten für zwei Dienststrassen pro Richtung und Stunde
- Notwendiger Halt der beschleunigten S-Bahn aufgrund der Kreuzung in Burgistein

Abgesehen von dem bereits durch die BLS geplanten Projekts mit der Kreuzungsstellen in Thur-
nen Süd benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturweiterungen:

- Es sind keine weiteren Infrastrukturweiterung notwendig.

5.4.2 Variante 1.2: Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr

Planungsziel:

Im akuten Umleitungsszenario ist der Planungsansatz jener, die im Regelverkehr planmäßigen Abfahrtszeiten der IC aus Bern und Thun beizubehalten und über das Gürbetal umzuleiten. Ohne Halt würde das eine Fahrzeitverlängerung von 10min bedeuten, was das Erreichen der planmäßigen Trassen der IC ab den Knoten Bern und Thun erschwert beziehungsweise verhindert. Deshalb wird in dieser und in folgenden Varianten versucht, die planmäßigen Aufenthalte in den Knotenpunkten als Fahrzeitpuffer für die Umleitungen zu verwenden. Folgende Aufenthalte sind im Ausbauschritt 2035 für die IC in den jeweiligen Knoten eingeplant:

Tabelle 15: Aufenthalte der IC in Bern und Thun

IC	Planmäßiger Aufenthalt	Planmäßiger Aufenthalt
	Bern	Thun
Zürich ↔ Bern ↔ Thun	16-18	2
Basel ↔ Bern ↔ Thun	8-10	2

Unter Berücksichtigung der planmäßigen Aufenthalte und der Tatsache, dass ein vorzeitiges Abfahren nicht möglich ist, ist es nur dem IC aus Thun nach Bern und weiter Richtung Zürich möglich, die Plantasse nach Zürich zu erreichen. Grund dafür ist, dass der planmäßige Aufenthalt in Bern 18min beträgt und die Fahrzeitdifferenz bei der Umleitung nur 16min beträgt. Der IC nach Basel und die IC von Thun nach Brig oder Interlaken-Ost müssen die nächste Trassenlage abwarten. Neben diesen Überlegungen ist das weitere Ziel die Änderungen der S-Bahnen in ihrer

Im Vergleich zum Ausbauschnitt 2035 ergeben sich folgende Änderungen:

- Die S3/31 fährt um 8min verspätet aus Bern ab.
- Die S3/31 behält ihre Trassenlage und fährt unverändert aus Belp ab.
- Die S4/44 fährt um 9min verspätet aus Bern ab.
- Die S4/44 fährt unverändert aus Thun ab.
- Alle IC werden aus dem Aaretal mit der planmäßigen Abfahrt in Bern und Thun umgeleitet.
- Die neuen Kreuzungen der S4/44 mit den IC finden in Thurnen Süd statt.
- Die neuen Kreuzungen der S4/44 mit S4/44 finden in Burgistein statt.
- Die Kreuzungen zwischen den IC finden im zweigleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Toffen statt.

Der Bildfahrplan aus Abb. 15 beschreibt das Umleitungsszenario, wobei die S-Bahnen in schwarz und die IC in rot dargestellt sind:

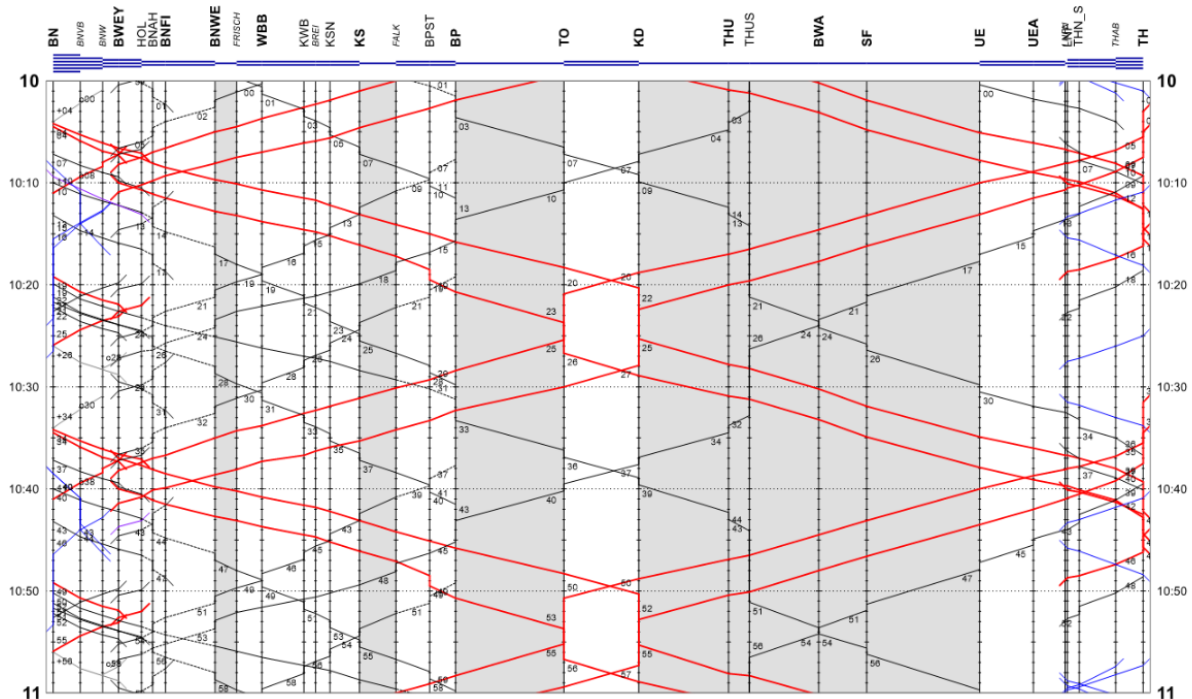


Abb. 15: Variante 1.2 - Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thun:

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:32	xx:52	xx:40	xx:00	0min
S4/44	xx:41	xx:20	xx:50	xx:36	7min
IC 6	xx:04	xx:22	xx:04	xx:39	17min
IC 8	xx:06	xx:24	xx:07	xx:42	17min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:08	xx:28	xx:08	xx:28	0min
S4/44	xx:39	xx:19	xx:39	xx:29	10min
IC 6	xx:37	xx:56	xx:37	xx:14	18min
IC 8	xx:35	xx:54	xx:35	xx:10	17min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Geringe Abweichungen des Regelfahrplans der S3/31
- Umleitung aller IC möglich
- IC-Trasse von Bern Richtung Zürich kann erreicht werden

Nachteile:

- Es fehlen Kapazitäten für den Güterverkehr und Regionalexpress.
- Die IC-Trassen von Bern Richtung Basel und von Thun Richtung Interlaken beziehungsweise Brig können nicht erreicht werden. Diese Züge müssen die nächste Trasse abwarten.
- Eine längere Fahrzeit der S4/44 aufgrund der notwendigen Kreuzung in Thurnen Süd entsteht

Abgesehen von dem bereits durch die BLS geplanten Projekts mit der Kreuzungsstellen in Thurnen Süd benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturerweiterungen:

- Überleitstelle Thun Nord
- Auflösung Bahnübergang Bützmat
- Auflösung Bahnübergang Rohrmatt

5.4.3 Variante 1.3: Ad-Hoc-Umleitung Güterverkehr

Planungsziel:

Dieses Szenario wird relevant, wenn die Kapazität im Aaretal eingeschränkt ist und die Trassen-Priorisierung zugunsten des Personenverkehrs erfolgt. Sofern ein Gleis kurzfristig nicht befahren werden kann, aber ausreichende Kapazitäten bestehen, um den Personenverkehr dennoch zu bewältigen, wird der Güterverkehr umgeleitet. Planmäßig verkehrt im Ausbauschnitt 2035 alle 15 min ein Güterzug zwischen Thun und der Abzweigung in Bern Wankdorf. Die Gütertrassen verkehren im Regelbetrieb nicht durch den Bahnhof Bern. Im Umleitungsfall über die Gürbetalbahn ist das Befahren des stark frequentierten Bahnhofs unvermeidbar. Eine präzise Analyse der Gleisbelegung im Knoten Bern ist in diesem Kontext unerlässlich. Da dies den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde, wurde unter der Annahme von freien Kapazitäten abseits der Taktminute 0 und 30 geplant. Aufgrund des Optimierungspotentials durch die Trennung unterschiedlicher

Verkehrsarten (siehe Kapitel 5.3.1) werden die im 15-Minutentakt verkehrenden Gütertrassen gebündelt. Weiteres Ziel ist die Änderungen der S-Bahnen in ihrer Haltepolitik und planmäßigen Lage auf ein Minimum zu halten.

Anpassung des bestehenden Betriebsablaufs:

Im Vergleich zum Ausbauschnitt 2035 ergeben sich folgende Änderungen:

- Die S3/31 behält ihre Trassenlage und fährt unverändert aus Bern ab.
- Die S3/31 fährt um 6min verspätet aus Belp ab.
- Die S4/44 fährt um 2min verspätet aus Bern ab.
- Die S4/44 fährt um 18min verspätet aus Thun ab.
- Drei der planmäßig vier Güterzugtrassen werden aus dem Aaretal gebündelt umgeleitet.
- Die neuen Kreuzungen der S4/44 mit den Güterzugtrassen finden in Thurnen Süd statt.
- Die neuen Kreuzungen der S4/44 mit S4/44 finden in Burgistein statt.
- Die Kreuzungen zwischen der Güterzugtrasse finden im zweigleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Toffen statt.

In der Langfristplanung wird in der Schweiz mit Güter-Verkehr-Systemtrassen geplant. Mit einer Länge von 750m und einem Gesamtgewicht von 1768t ergeben sich hier längere Zugfolgezeiten. Mit der weiteren Kreuzungsmöglichkeiten in Thurnen Süd können deshalb nur drei von vier Trassen pro Stunde und Richtung umgeleitet werden, weshalb der vierte Zug beigestellt oder über das Emmental umgeleitet werden muss. In Verbindung mit der Variante 1 der Umleitungen über das Emmental aus der Tabelle 14 kann der gesamte Güterverkehr umgeleitet werden. Die planmäßigen Durchfahrten in Thun finden zur Minute 10, 25, 40 und 55 statt. Aufgrund der Bündelung muss der Zug mit der Durchfahrt zur Minute 10 warten und vier Minuten vor dem Zug mit der planmäßigen Durchfahrt zur Minute 25 abfahren. Weiters muss der Zug mit Durchfahrt zur Minute 40 beigestellt werden und der Zug zur Minute 55 fährt planmäßig aus Thun ab. In Richtung Thun sind die planmäßigen Durchfahrten in Bern Wankdorf zur Minute 11, 15, 41 und 45. In Bern Wankdorf beziehungsweise Bern Wyler können die Güterzüge abwarten und zu den Minuten 23, 44 und 48 abfahren. Auch hier muss aufgrund der fehlenden Kapazität auf der Gürbetalstrecke ein Zug beigestellt, oder über das Emmental umgeleitet werden. Ein Ausfall einer S-Bahn ist nicht notwendig, jedoch kommt es zu geringen Verschiebungen in der Trassenlage. Damit zwischen Thun und der Abzweigung ins Gürbetal zwei von den drei Gleisen für die Umleitung verwendet werden können ist wieder die Überleitstelle bei der Abzweigung Aaretal – Gürbetal notwendig. Dadurch, dass der Personenverkehr weiter im Aaretal verkehrt, ist darauf zu achten, dass in diesem Fall zwischen Thun und der Abzweigung nur ein Gleis für das Aaretal zur Verfügung steht und ein Konfliktpotenzial für die S1 und den RE1 mit den Trassen aus dem Gürbetal besteht. Weiters erfordert die Kreuzung der Güterzugtrassen im zweigleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Toffen aufgrund der Zuglängen von 750m das Auflösen der Bahnübergänge Bützmetz, Rohrmatt und Stengelenstraße.

Abgesehen von dem bereits durch die BLS geplanten Projekts mit der Kreuzungsstellen in Thurnen Süd benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturerweiterungen:

- Überleitstelle Thun Nord
- Auflösung Bahnübergang Bützmat
- Auflösung Bahnübergang Rohrmatt
- Auflösung Bahnübergang Stengelenstraße

5.4.4 Variante 1.4: Eingleisige Verfügbarkeitseinschränkung Aaretal

Planungsziel:

Steht ein Gleis auf der Hauptstrecke im Aaretal aus verschiedenen Gründen kurzfristig nicht zu Verfügung, ist es sinnvoll das Konzept des Richtungsbetriebs anzudenken. Hier ergibt sich der Vorteil, dass Kreuzungen im Aaretal aufgrund der eingleisigen Sperre vermieden und die Kreuzungen im Gürbetal auf ein Minimum gehalten werden. Da die in Kapitel 5.4.2 beschriebenen planmäßigen Aufenthalte der IC in Bern für Züge aus Thun als Fahrzeitpuffer für die Umleitung dienen, ist es zweckmäßig die IC von Thun nach Bern über die Gürbetalbahn umzuleiten, während die IC von Bern nach Thun planmäßig über die Strecke im Aaretal verkehren. Zusätzlich können durch die gewählte Richtung auch Kreuzungskonflikte aufgrund des Linksbetriebs nördlich von Thun vermieden werden. Weiteres Ziel ist die Änderungen der S-Bahnen in ihrer Haltepolitik und planmäßigen Lage auf ein Minimum zu halten.

Anpassung des bestehenden Betriebsablaufs:

Im Vergleich zum Ausbauschnitt 2035 ergeben sich folgende Änderungen:

- Die S3/31 behält ihre Trassenlage und fährt unverändert aus Bern ab.
- Die S3/31 fährt um 2min verspätet aus Belp ab.
- Die S4/44 fährt unverändert aus Bern ab.
- Die S4/44 fährt um 10min verspätet aus Thun ab.
- Alle IC von Thun nach Bern werden aus dem Aaretal mit der planmäßigen Abfahrt in Thun umgeleitet.
- Alle IC von Bern nach Thun verkehren planmäßig im Aaretal.
- Zwei von vier Güterzugtrassen von Thun nach Bern werden über Gürbetal umgeleitet.
- Alle Güterzugtrassen von Bern nach Thun verkehren planmäßig im Aaretal.
- Die neuen Kreuzungen der S4/44 mit den Güterzugtrassen findet in Burgistein statt.
- Die neuen Kreuzungen der S4/44 mit S4/44 findet in Thurnen Süd statt.
- Die Kreuzungen zwischen den IC und der S-Bahn finden im zweigleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Toffen statt.

Die vollständige Umleitung aller Trassen aus dem Aaretal ist mit den Kapazitäten nicht möglich. So müssen zwei Güterzüge für die Dauer der Störung beigestellt werden, wobei eine Trasse über das Emmental umgeleitet werden kann. Der IC von Bern nach Basel muss aufgrund der längeren Fahrzeit über die Gürbetalbahn im Bahnhof Bern eine Trassenlage abwarten. Zusätzlich entfällt die S-Bahn und der Regionalexpress von Thun nach Bern auf der Hauptstrecke, weshalb ein Schienenersatzverkehr mit Bussen eingerichtet werden muss. Damit zwischen Thun und der Abzweigung ins Gürbetal zwei von den drei Gleisen für die Umleitung verwendet werden können, ist wieder die geplante Überleitstelle bei der Abzweigung Aaretal – Gürbetal notwendig. Weiters erfordert die Kreuzung der IC im zweigleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Toffen aufgrund der Zuglängen von 420m das Auflösen des Bahnübergangs Bützmat.

Der Bildfahrplan in Abb. 17 beschreibt das Umleitungsszenario, wobei die S-Bahnen in schwarz, die IC in rot und die Gütertrassen in blau dargestellt sind:

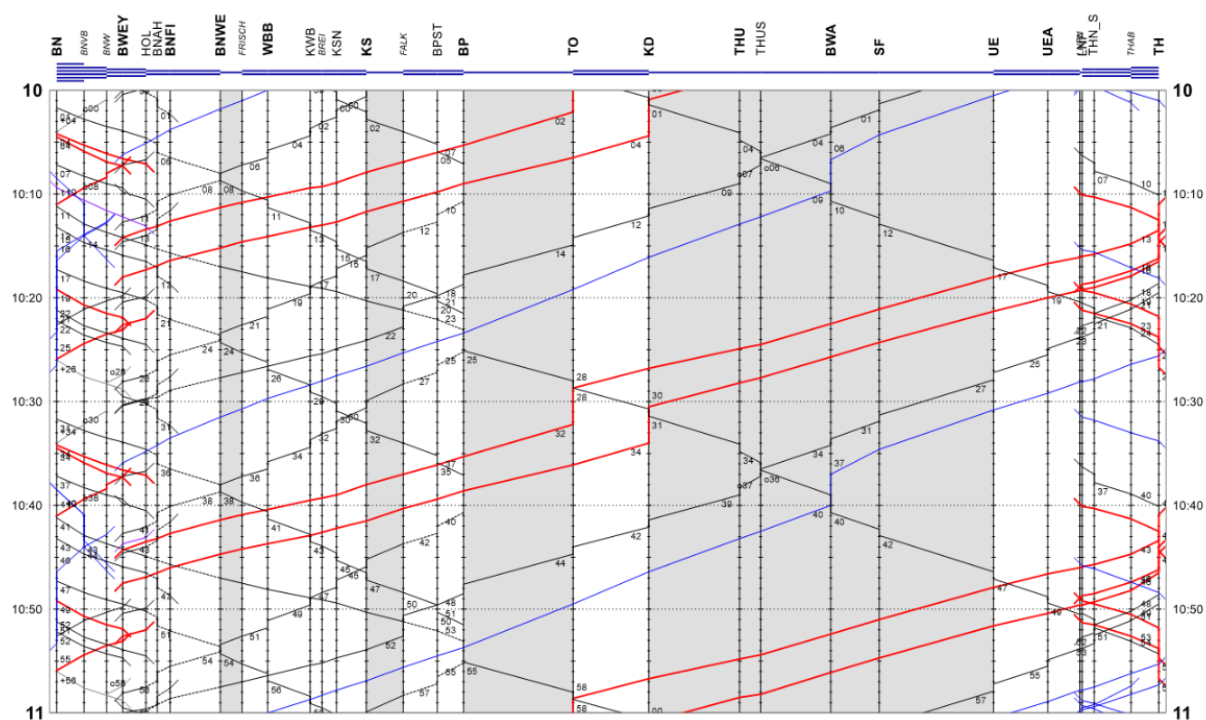


Abb. 17: Variante 1.4 - Eingleisige Verfügbarkeitseinschränkung Aaretal

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thun:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:32	xx:52	xx:32	xx:52	0min
S4/44	xx:41	xx:20	xx:41	xx:24	4min
IC 6	xx:04	xx:22	xx:04	xx:22	0min
IC 8	xx:06	xx:24	xx:06	xx:24	0min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S31	xx:08	xx:28	xx:10	xx:30	0min
S4	xx:39	xx:19	xx:49	xx:33	4min
IC 6	xx:37	xx:56	xx:46	xx:20	15min
IC 8	xx:35	xx:54	xx:43	xx:17	15min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Keine Kreuzungen im Aaretal aufgrund des Richtungsverkehrs
- Planmäßiger Verkehr aller Züge von Bern nach Thun
- Geringe Abweichungen des Regelfahrplans der S-Bahnen im Gürbetal
- IC-Trasse von Bern Richtung Zürich kann erreicht werden

Nachteile:

- Nur zwei von vier Güterzugtrassen pro Stunde Richtung Bern können umgeleitet werden.
- Die IC-Trasse von Bern Richtung Basel kann nicht erreicht werden.

Abgesehen von dem bereits durch die BLS geplanten Projekts mit der Kreuzungsstellen in Thurnen Süd benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturerweiterungen:

- Überleitstelle Thun Nord
- Auflösung Bahnübergang Bütmatt

5.4.5 Variante 1.5: Planmäßige Totalsperre Aaretal

Planungsziel:

Zur Gewährleistung der Betriebssicherheit und Funktionsfähigkeit der Infrastruktur muss der Betreiber regelmäßige Instandhaltungs- und Bauarbeiten durchzuführen. Laut der Schweizer Eisenbahn-Netzzugangsverordnung müssen planbare Bauarbeiten, je nach Dauer und Kapazitätseinschränkung, rechtzeitig veröffentlicht werden. Beispielsweise ist es erforderlich, dass Baustellen, welche einer Schätzung zufolge den Verkehr pro Tag um 30 % einschränken und dies an mehr als sieben aufeinanderfolgenden Tagen tun, erstmals 24 Monate vor Beginn der Bauarbeiten öffentlich bekannt gegeben werden. Grund dafür ist, dass dem Fahrplanersteller ein ausreichend großes Zeitfenster zu Verfügung steht, um den Regelfahrplan zu adaptieren, mit anderen Verkehrsträgern abzustimmen und weitere erforderliche Maßnahmen zu tätigen, um möglichst viel Kapazitäten zu schaffen. (Schweizerischer Bundesrat, 2024) In der vorliegenden Variante wird deshalb das Hauptaugenmerk daraufgelegt, die Abwicklung des Personenfernverkehrs so zu gestalten, dass im Gegensatz zu den Ad-Hoc-Änderungen bestehende Trassenlagen von Bern Richtung Basel beziehungsweise Zürich erreicht werden und im Knoten Bern der symmetrische Taktfahrplan aufrecht erhalten bleibt. Dies bedeutet, dass für alle Linien der Bahnhof Bern die Symmetrieachse darstellt und Fahrten in ihre Richtung und Gegenrichtung spiegelt. (Schnieder, 2015) Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ist es aufgrund der frühzeitigen Bekanntgabe der Bauvorhaben möglich, dass Züge auch frühzeitig aus Bern, Interlaken oder Brig abfahren. Eine zeitgerechte Kundeninformation ist in dem Fall wesentlich.

Anpassung des bestehenden Betriebsablauf:

- Die S3 fährt um 3min verspätet aus Bern ab und verkehrt bis Thun - als S4.
- Die S3 fährt um 1min verspätet aus Thun ab - als S4.
- Die S31 fährt um 7min verspätet aus Bern ab.
- Die S31 fährt um 7min früher aus Belp ab.
- Die S4/44 fährt um 2min früher aus Bern ab und verkehrt nur bis Belp – als S3.
- Die S4/44 fährt um xx:01 und xx:31 aus Belp ab – als S3.
- Bei der beschleunigten S-Bahn, welche in dieser Variante die ursprüngliche S3 war, muss die Halte Thurnen und Seftigen ausfallen.
- Alle IC aus Interlaken fahren um 16min früher ab.
- Alle IC nach Interlaken fahren um 2min früher aus Bern ab.
- Alle IC fahren planmäßig von Brig ab.
- Alle IC nach Brig fahren um 17min früher aus Bern ab.
- Alle Güterzugtrassen müssen großräumig umgeleitet werden.
- Die neue Kreuzung der S4/44 mit den IC findet in Burgistein statt.
- Die neue Kreuzung der IC findet in Thurnen Süd statt.

Mit der neuen Kreuzung in Thurnen Süd ist es möglich einen symmetrischen Taktfahrplan zu den Symmetrieminuten 0, 15, 30 und 45 in Bern zu konstruieren, wobei planmäßige Halte für die

S4/44 wegfallen. Das Wegfallen der Planhalte Seftigen und Thurnen sind den Kreuzungen geschuldet. Ein Schienenersatzverkehr ist für die Wegfallenden Haltestellen einzurichten. Zusätzlich ist infrastrukturseitig aufgrund des Abwartens des IC in Uetendorf das Auflösen des Bahnübergangs Postgässli und die Überleitstelle in Thun Nord notwendig. Damit die Züge aus Interlaken den Zeitverlust durch das Gürbetal kompensieren und die Anschlüsse in Bern erreicht werden, müssen die IC um 15 Minuten in Interlaken früher abfahren. In Richtung Interlaken ist der Zeitverlust gewünscht, da dadurch die Kreuzung auf der eingleisigen Strecke zwischen Spiez und Interlaken weiter bestehen kann. Bei den IC von Bern nach Brig wird der Zeitverlust ebenfalls durch frühzeitiges Abfahren in Bern ausgeglichen und die Trassen des Regelverkehrs können zwischen Thun und Brig erreicht werden. In der Gegenrichtung hat die längere Fahrzeit keine großen Auswirkungen, da der Anschluss nach Zürich wahrgenommen werden kann. Die IC-Züge von und nach Brig zeigen gemeinsam mit der S31 eine zeitliche Symmetrie zu den Minuten 15 und 45. Weiters wird durch die S3, S4/44 und den IC-Zügen von und nach Interlaken zu den Minuten 0 und 30 eine Symmetrie gebildet. Folgende Taktuhr beschreibt die Anschlüsse und die Symmetrie des Fahrplans in Bern:

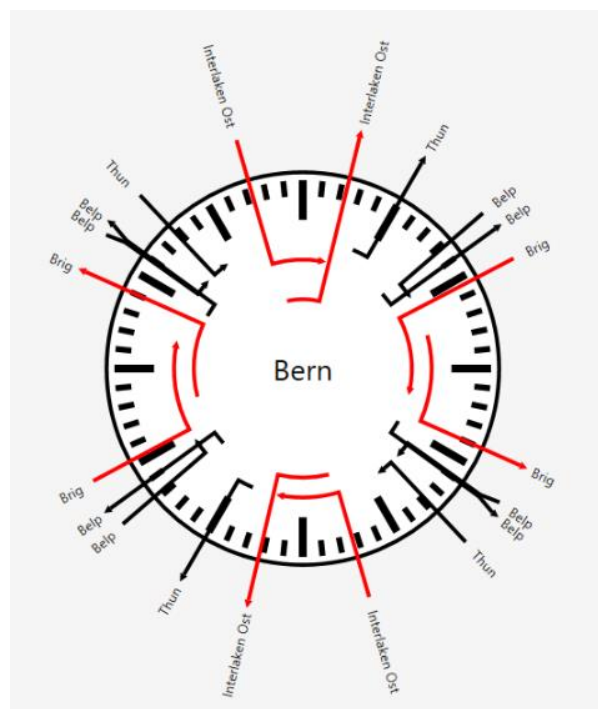


Abb. 18: Taktuhr Bahnhof Bern

Der Bildfahrplan in Abb. 19 beschreibt das Umleitungsszenario, wobei die S-Bahnen in schwarz und die IC in rot dargestellt sind:

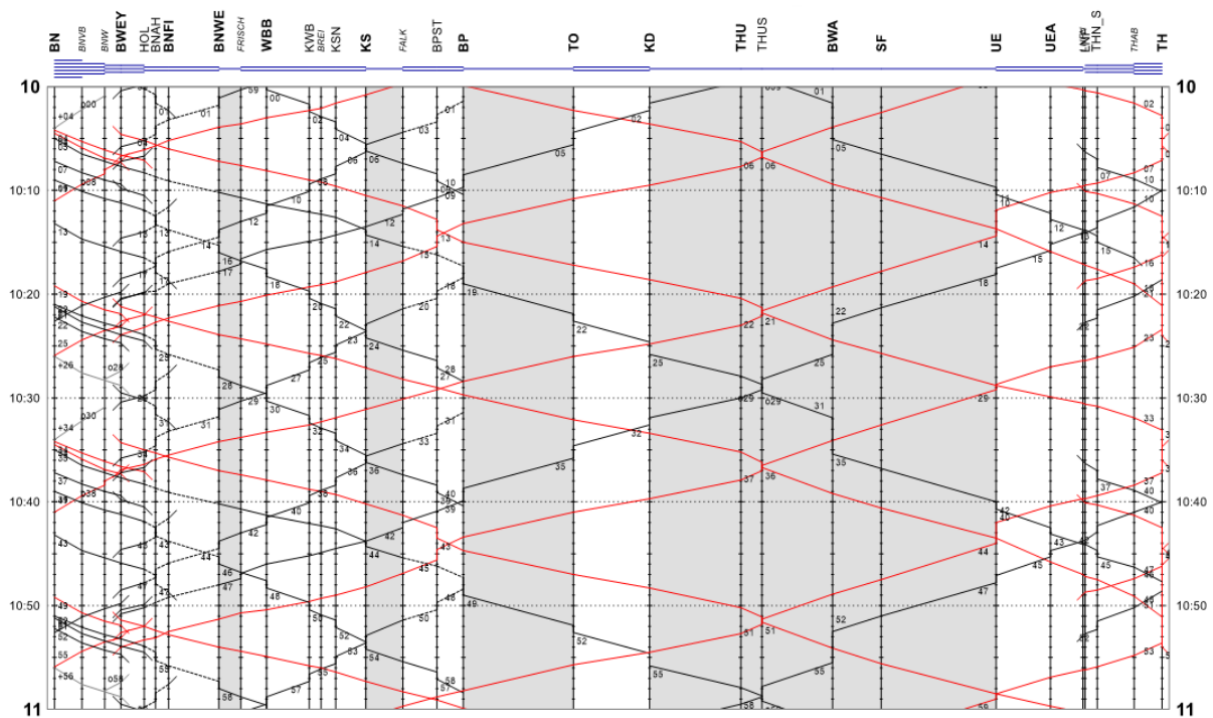


Abb. 19: Variante 1.5 - Planmäßige Sperre Aaretal

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thun:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:32	xx:52	xx:39	xx:59	0min
S4/44	xx:41	xx:20	xx:35	xx:18	4min
IC 6	xx:04	xx:22	xx:02	xx:33	13min
IC 8	xx:06	xx:24	xx:49	xx:21	14min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:08	xx:28	xx:01	xx:21	0min
S4/44	xx:39	xx:19	xx:40	xx:23	3min
IC 6	xx:37	xx:56	xx:24	xx:57	14min
IC 8	xx:35	xx:54	xx:36	xx:10	15min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Umleitung aller IC möglich
- Kein Ausfall einer S-Bahn
- Anschlüsse in Bern bestehen weiterhin
- Symmetrischer Fahrplan zu den Taktminuten 0, 15, 30, 45

Nachteile:

- Die Halte Thurnen und Seftigen fallen bei der S4/44 weg.
- Es kommt zu kurze Aufenthaltszeiten (zwei Minuten) der IC von und nach Brig in Bern.

- Die Kreuzungszeit zwischen den IC in Thurnen Süd ist sehr gering. Zusätzlich wird zwischen den Betriebsstellen Kaufdorf und Uetendorf eine Fahrzeitreserve von nur 4% statt 8% verwendet. Das bedeutet, dass die Umsetzung dieser Fahrplanvarianten mit der vorliegenden Infrastruktur in der Realität fraglich ist und eine Erweiterung benötigt. Diese Erweiterungen werden mit den Varianten 2.2 und 3.3 aufgezeigt.

Abgesehen von dem bereits durch die BLS geplanten Projekts mit der Kreuzungsstellen in Thurnen Süd benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturerweiterungen:

- Erweiterung der Kreuzungsstelle Thurnen Süd auf 420m
- Überleitstelle Thun Nord
- Auflösung Bahnübergang Postgässli

5.4.6 Variante 1.6: Ad-Hoc-Umleitung Nacht

Planungsziel:

Planmäßig verkehren zwischen 00:00 und 05:00Uhr keine Personenverkehrszüge, weshalb die gesamte Kapazität der Strecken für den Güterverkehr verwendet werden kann. Anhand von Variante 1.3 kann man erkennen, dass eine vierte Trasse pro Stunde und Richtung nicht möglich ist, da es zwischen Toffen und Uetendorf keine Kreuzungsmöglichkeit für Güterzüge mit einer Länge von 750m gibt. Deshalb ist es in diesem Szenario das Ziel, mithilfe der Umleitungen über das Emmental, Platz für alle vier Trassen pro Stunde und Richtung zu schaffen. Aus Tabelle 14 ist zu entnehmen, dass es in der Nacht die Möglichkeit gibt, drei Güterverkehrszüge pro Stunde von Nord nach Süd über das Emmental umzuleiten. Die restlichen Trassen finden in der Nacht im Gürbetal folgendermaßen Platz:

Anpassung des bestehenden Betriebsablauf:

- Der Güterzug mit Durchfahrt um xx:11 in Wankdorf wird über Gürbetal von Nord nach Süd umgeleitet. Die anderen drei Güterzüge verkehren über das Emmental.
- Die Abfahrten der Züge in Thun ändern sich von den Minuten 10, 25, 40, 55 zu 10, 25, 53 und 01.

Der Bildfahrplan in Abb. 20 beschreibt das Umleitungsszenario, wobei die Güterzugtrassen in blau dargestellt sind:

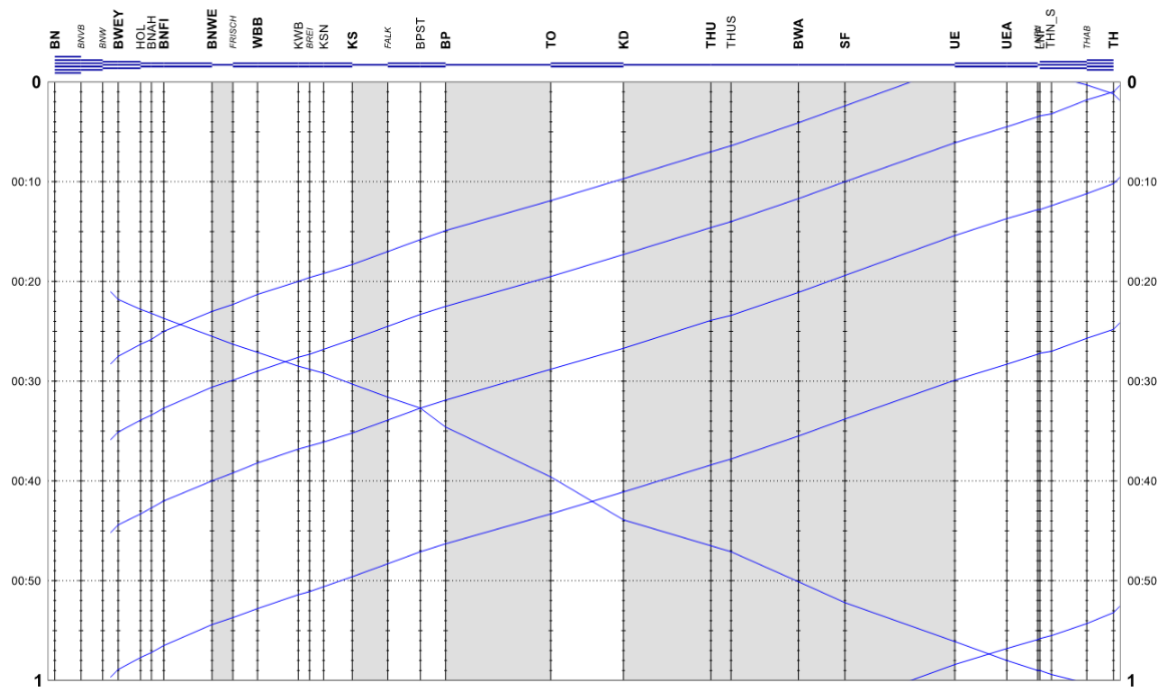


Abb. 20: Variante 1.6 - Ad-Hoc-Umleitung Nacht

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:

Vorteile:

- Die Umleitung aller Güterzugtrassen mit der Umleitung der restlichen Trassen über das Emmental ist möglich.

Nachteile:

- Es kommt zu einer eingeschränkten Anhängerlast für die Umleitung von Zügen über das Emmental.

Für diese Variante ist die Infrastrukturerweiterung Thurnen Süd nicht notwendig.

5.4.7 Verworfenne Ansätze Bahnhof Thurnen

Die erste Überlegung für die bestmögliche Position einer Kreuzungsstelle ist, dass die Kreuzung zweier Züge mit dem planmäßigen Halt in einem Bahnhof zusammenfällt. Ist die Neugestaltung des Bahnhofs als Kreuzungsbahnhof aus Platzgründen oder aus fahrplantechnischen Gründen nicht möglich, sollte ein zweigleisiger Abschnitt auf freier Strecke, indem eine Begegnung ohne zusätzliche Wartezeiten möglich ist, angedacht werden (Pachl, 2018).

Da für den Ausbauschritt 2040 keine planmäßigen Kreuzungen in Bereich von Thurnen stattfinden, die Kreuzungen nur für die Betriebstrassen notwendig sind (siehe Kapitel 5.4.1) und die Kreuzungen in Thurnen nur in Umleitungsfällen benötigt werden, liegt der Fokus beim Variantenentscheid auf dem Fahrplan und den Kosten. In den nachfolgenden Absätzen erfolgt eine Erläuterung der Gründe, aus denen die Varianten "Thurnen" und "Thurnen Nord" verworfen wurden:

Aus betrieblichen Gründen und zu Gunsten der Fahrgastzufriedenheit ist im Störfall auf der Hauptstrecke im Aaretal die Umleitung aller IC zu priorisieren. Weiters ist der Regelbetrieb auf der Gürbetalstrecke in Bezug auf die Pünktlichkeit bestmöglich aufrecht zu erhalten und

Ausfälle sind zu vermeiden. Die Ergebnisse dieses Umleitungsfalls wurden auf beide Infrastrukturvarianten angewandt:

Thurnen:

Die Variante „Thurnen“, mit der Neugestaltung des Bahnhofs als Kreuzungsbahnhof, unterscheidet sich zur Variante „Thurnen Süd“ bei den Trassenlagen kaum. Die Ankunft- und Abfahrzeiten in Bern beziehungsweise Thun bleiben gleich und die längeren Haltezeiten befinden sich im Bahnhof Thurnen, statt auf dem Kreuzungsbereich auf der freien Strecke in Thurnen Süd, was für den Fahrgast Vorteile bringt. Jedoch ist die Kreuzungslage der S4 (kommend von Thun) mit den beiden ICs (kommend von Bern) in Thurnen betrieblich ungünstig, da die S-Bahn nach der Kreuzung in Burgistein nicht rechtzeitig vor den durchfahrenden ICs ankommt. Nach den Planungsgrundlagen müsste die S-Bahn 2min vor dem IC in Thurnen ankommen.

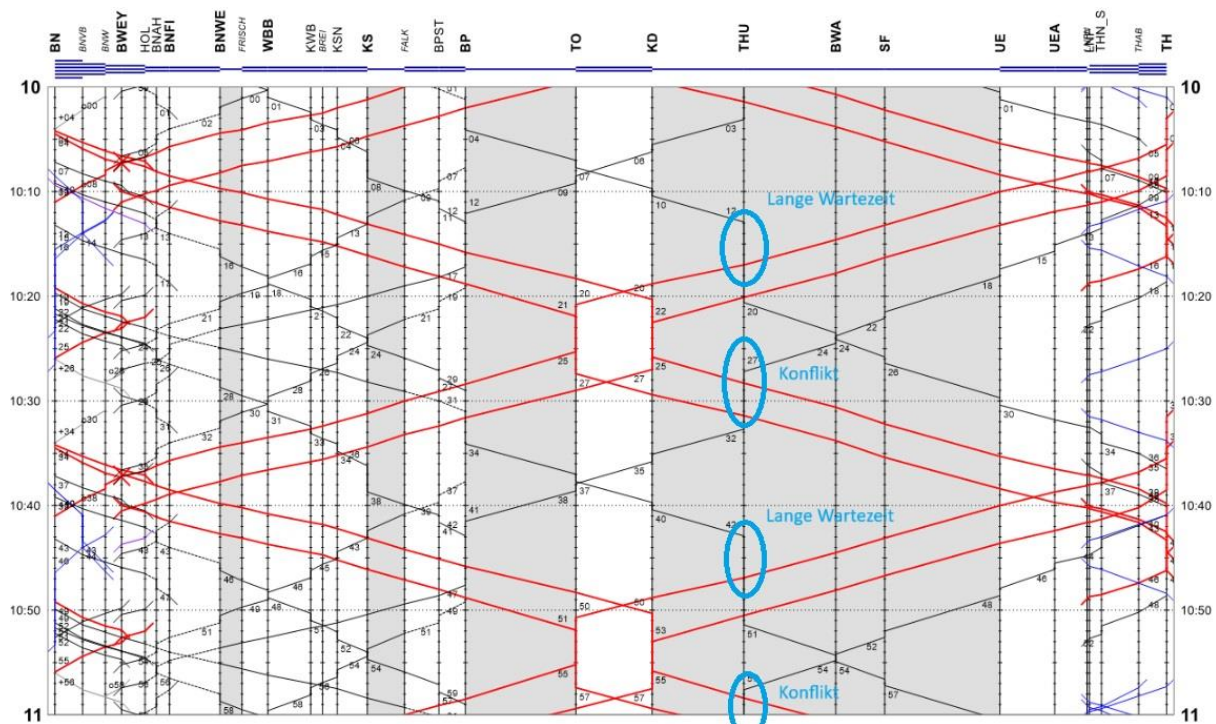


Abb. 21: Thurnen - Personenverkehr

In dem Szenario "Ad-Hoc-Umleitung Güterverkehr" wird der größere Abstand der beiden Kreuzungsstellen zwischen Burgistein und Thurnen noch deutlicher. Hier kommt es zu einem Konflikt und die Variante, ist somit nicht weiter zu verfolgen:

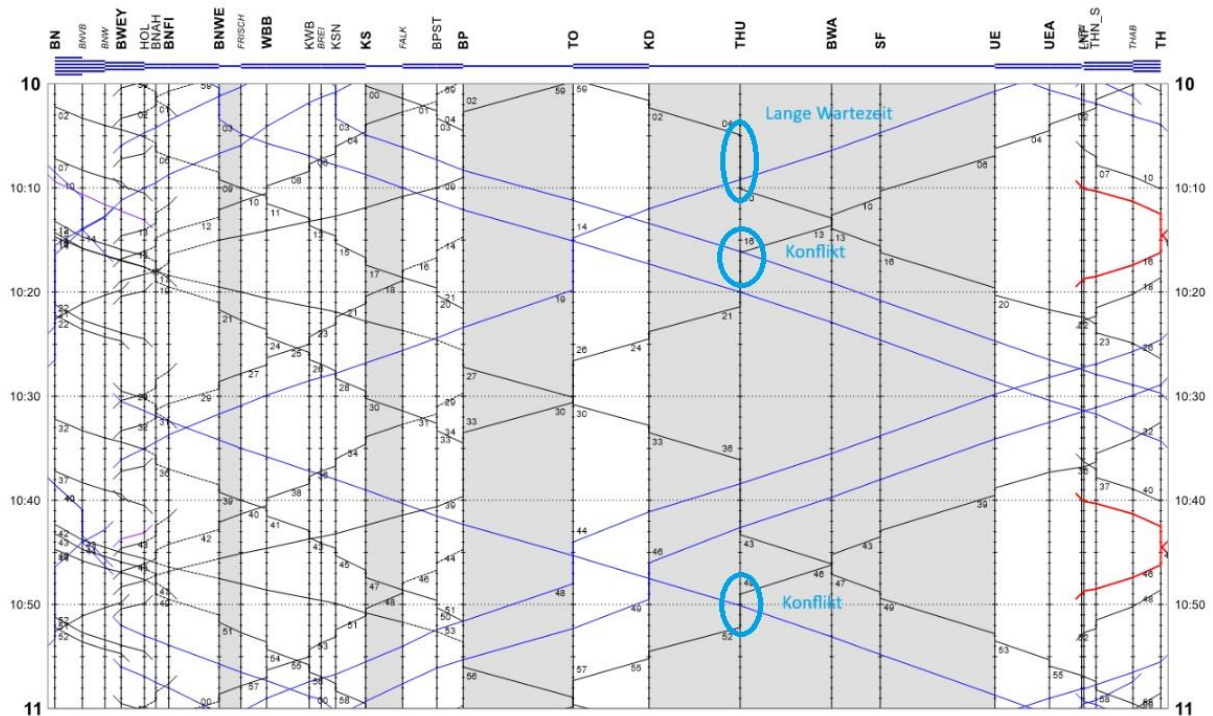


Abb. 22: Thurnen - Güterverkehr

Thurnen Nord:

Bei der Variante „Thurnen Nord“ ist bereits im Umleitungsszenario des Personenfernverkehrs zu sehen, dass die Kreuzungslagen sehr ungünstig liegen. Es ist für die S4 nicht möglich, rechtzeitig vor den ICs in Burgistein anzukommen. Weiters müssen bei der S4 in Richtung Bern die Halte Kaufdorf und Toffen entfallen, damit es zu keinem Konflikt mit dem IC im eingleisigen Bereich zwischen Toffen und Belp kommt. Aus diesem Grund ist diese Variante nicht zu berücksichtigen.

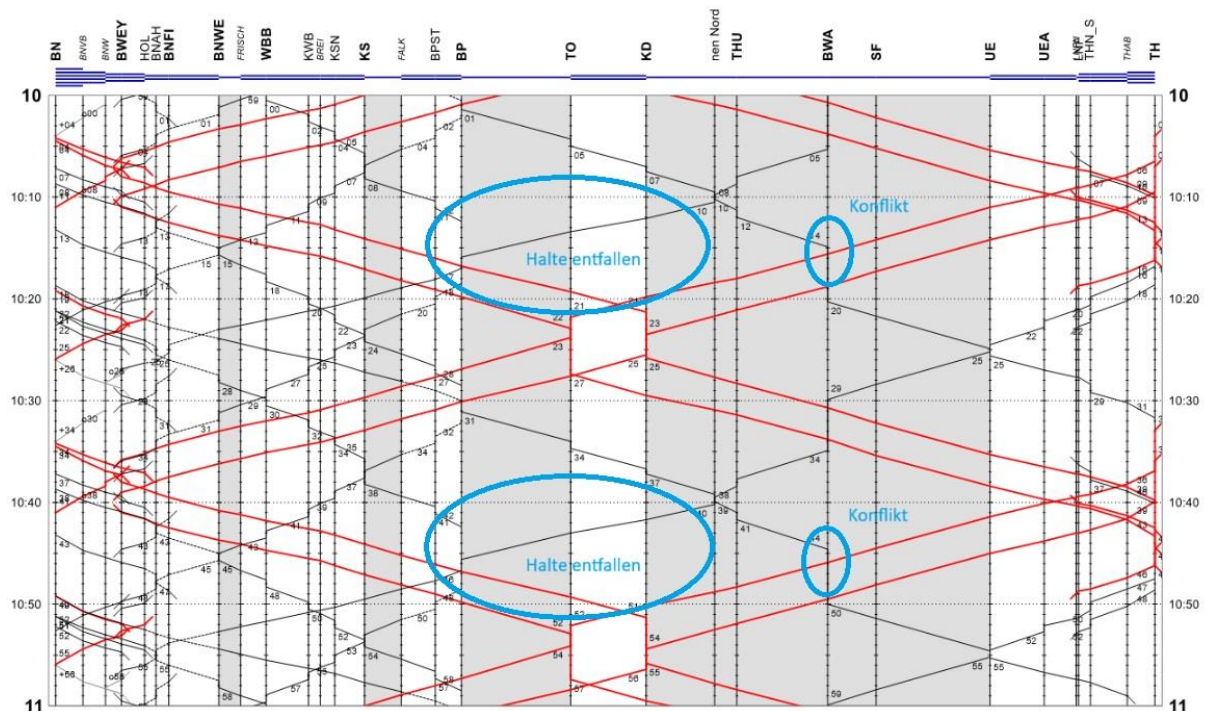


Abb. 23: Thurnen Nord

5.5 Variantengruppe 2 - „Thurnen Süd & Seftigen“

Neben der Erneuerung des Bahnhof Thurnen liegen seitens BLS auch Pläne für eine Neugestaltung des Bahnhofs Seftigen vor. Die Infrastruktur des Bahnhofs weist derzeit eine Bahnsteigkante mit einer Länge von lediglich 150 Metern sowie nur ein Gleis auf. Die Erweiterung der Bahnsteiglänge auf 220 m würde einerseits dazu beitragen, die Anforderungen der TSI-INF für eine Strecke mit dem Verkehrscode P2 zu erfüllen. Andererseits würde sie den planmäßigen Halt der Züge RA-Be528+ in Doppeltraktion ermöglichen. Darüber hinaus ist in Anbetracht der Tatsache, dass auf dem eingleisigen Streckenabschnitt zwischen Burgstein und Uetendorf keine Möglichkeit zur Kreuzung besteht, die Neugestaltung des Bahnhofs als Kreuzungsbahnhof zu erwägen.

Bei der Projektierung dieses Projekts gibt es allerdings aufgrund der schwierigen Platzverhältnisse im Bahnhofsbereich wie auch im Ein- und Ausfahrbereich diverse Herausforderungen. Die Verlängerung des Bahnsteigs 1 auf 220m ist im Westen durch die Eisenbahnkreuzung mit der Buchholzstraße und im Osten durch die Eisenbahnkreuzung mit der Dorfstraße begrenzt. Deshalb müssen noch Varianten zum Ausbau des Bahnhofs vertieft werden. In Abb. 24 ist der Bahnhof Seftigen inklusive der beiden Eisenbahnkreuzungen in West und Ost zu sehen:



Abb. 24: Bahnhof Seftigen (<https://rismobile.sbb.ch>, 28.08.2025)

Unabhängig von der Entscheidung, welche Variante letztendlich zur Umsetzung kommt, wird für die Fahrplanerstellung davon ausgegangen, dass im Planungshorizont 2035 eine Kreuzungsmöglichkeit für Züge mit einer Länge von 420 m zur Verfügung steht.

5.5.1 Variante 2.1: „S-Bahn 2040“

Planungsziel:

Ziel der Variante ist es, durch die neue Infrastruktur die Möglichkeit zu schaffen, das Konzept „S-Bahn 2040“ ohne Einschränkungen umzusetzen. Das bedeutet, dass im Gegensatz zur Variante 1.1 für die zwei Dienststrassen pro Stunde und Richtung Kapazität geschaffen werden muss. Die gleichzeitige Befahrbarkeit der Trassen ist allerdings nicht zu gewährleisten, weshalb ein Konflikt zweier Dienststrassen möglich ist.

Anpassungen des bestehenden Betriebsablaufs:

Die Änderungen zum Ausbauschnitt 2035 können aus der Variante 1.1 in Kapitel 5.4.1 entnommen werden, da sich an den Trassenlagen nichts ändert. Der einzige Unterschied ist, dass aufgrund der

neuen Kreuzungsmöglichkeit in Seftigen zwei weitere Dienststrassen pro Stunde in Richtung Bern eingelegt werden können. Die genauen Trassenlagen der S-Bahnen können ausfolgendem Bildfahrplan entnommen werden, wobei die Regeltrassen in schwarz und die Dienststrassen in hellblau dargestellt werden:

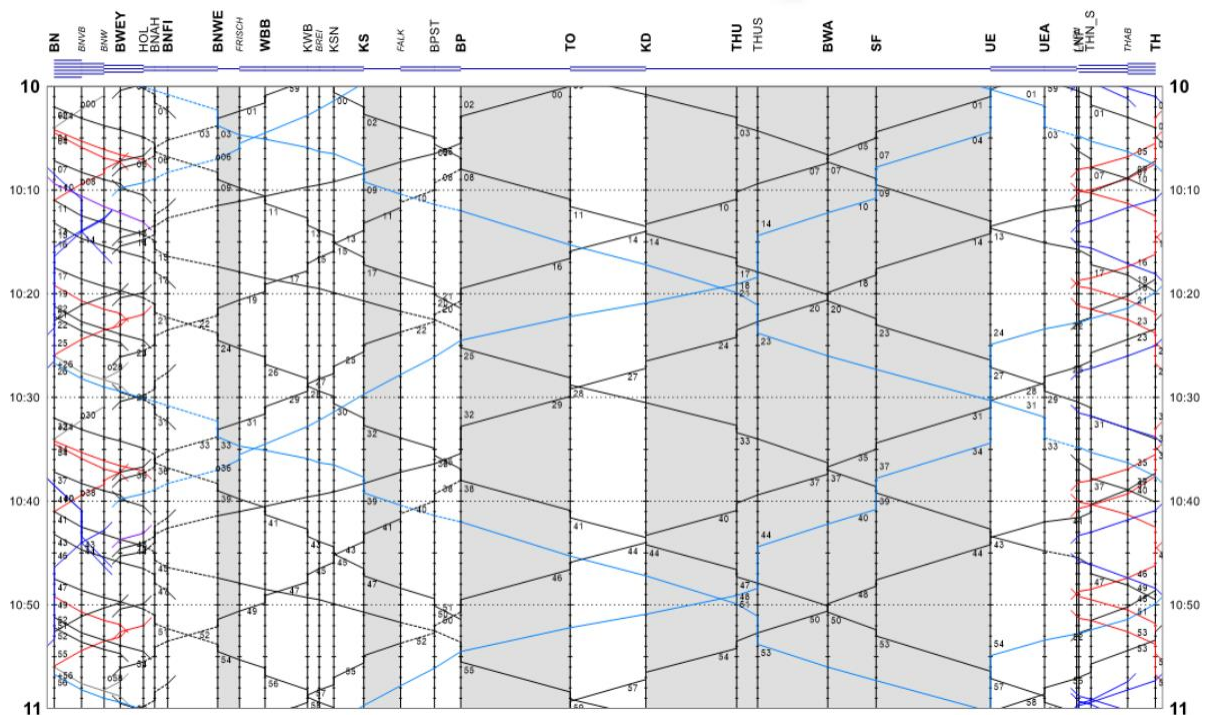


Abb. 25: Variante 2.1 – „S-Bahn 2040“

Die Ankunft- und Abfahrzeiten entsprechen den Zeiten aus Kapitel 5.4.1.

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Die S3 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035.
- Die S31 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035, wobei diese Linie bis Thun Gwatt verlängert wird und jeden Halt bedient.
- Die S4/44 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035, wobei die Halte in Kaufdorf und Uetendorf Allmend wegfallen und somit eine Fahrzeitreduktion zwischen Bern und Thun stattfindet.
- Es gibt ausreichend Kapazitäten für zwei Dienststrassen pro Richtung und Stunde.

Nachteile:

- Ein Halt der beschleunigten S-Bahn aufgrund der Kreuzung in Burgistein ist notwendig.

Abgesehen von dem bereits durch die BLS geplanten Projekts mit der Kreuzungsstellen in Thur-
nen Süd und der Neugestaltung des Bahnhofs Seftigen benötigt diese Variante zusätzliche Infra-
strukturweiterungen:

- Es sind keine weiteren Infrastrukturweiterung notwendig.

5.5.2 Variante 2.2: Geplante Umleitung Personenfernverkehr (15min Takt)

Planungsziel:

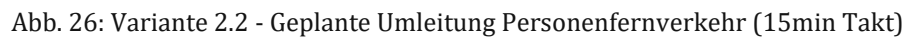
Ident zu der Variante 1.5 ist das Ziel der Variante die Abwicklung des Personenfernverkehrs so zu gestalten, dass im Gegensatz zu den Ad-Hoc-Änderungen bestehende Trassenlagen von Bern

Richtung Basel beziehungsweise Zürich erreicht werden. Deshalb wird wieder davon Gebrauch gemacht, dass Züge auch frühzeitig aus Bern, Interlaken oder Brig abfahren. Eine zeitgerechte Kundeninformation ist in dem Fall wesentlich.

Anpassung des bestehenden Betriebsablaufs:

- Die S3 fährt um 2min verspätet aus Bern ab und verkehrt bis Thun - als S4.
- Die S3 fährt um 3min verspätet aus Thun ab - als S4.
- Die S31 fällt in beide Richtungen aus.
- Die S4/44 fährt um 2min früher aus Bern ab und verkehrt nur bis Belp.
- Die S4/44 fährt um xx:02 und xx:32 aus Belp ab.
- Alle IC aus Interlaken fahren um 15min früher ab.
- Alle IC nach Interlaken fahren um 4min früher aus Bern ab.
- Alle IC fahren planmäßig von Brig ab.
- Alle IC nach Brig fahren um 15min früher aus Bern ab.
- Alle Güterzugtrassen müssen großräumig umgeleitet werden.
- Die neue Kreuzung der S4/44 mit den IC findet in Burgistein statt.
- Die neue Kreuzung der IC findet in Thurnen Süd statt.

Mit der neuen Kreuzungsmöglichkeit durch die Neugestaltung des Bahnhofs Seftigen kann die Variante 1.5 in Bezug auf die Kreuzungszeiten zwischen den IC verbessert werden. Da die Kreuzungen in Variante 1.5 sehr knapp bemessen sind und die Fahrzeitreserven nur 4% betragen, würden sich schon geringe Verspätungen auf allen folgenden Zügen auswirken. Längere Kreuzungszeiten in Thurnen Süd und in Seftigen haben positive Auswirkungen auf die Qualität des Betriebs. Damit die Züge aus Interlaken den Zeitverlust durch das Gürbetal kompensieren und die Anschlüsse in Bern erreicht werden, müssen die IC um 15 Minuten in Interlaken früher abfahren. In Richtung Interlaken ist der Zeitverlust gewünscht, da dadurch die Kreuzung auf der eingleisigen Strecke zwischen Spiez und Interlaken weiter bestehen kann. Bei den IC von Bern nach Brig wird der Zeitverlust ebenfalls durch frühzeitiges Abfahren in Bern ausgeglichen und die Trassen des Regelverkehrs können zwischen Thun und Brig erreicht werden. In der Gegenrichtung hat die längere Fahrzeit keine großen Auswirkungen, da der Anschluss nach Zürich wahrgenommen werden kann. Eine Symmetrie zur Minute 0 beziehungsweise 30 ist in dieser Variante leider nicht möglich. Da die IC zwischen Bern und Belp teilweise in einem Abstand von nur 10 Minuten verkehren ist es nicht möglich, dass die S3 verkehren kann und muss deshalb ausfallen. Die Trassenlagen können Abb. 26 entnommen werden:



Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S31	xx:32	xx:52	xx:39	xx:59	0min
S4/44	xx:41	xx:20	xx:34	xx:17	4min
IC 6	xx:04	xx:22	xx:00	xx:32	14min
IC 8	xx:06	xx:24	xx:51	xx:24	15min

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S31	xx:08	xx:28	xx:01	xx:21	0min
S4/44	xx:39	xx:19	xx:42	xx:24	3min
IC 6	xx:37	xx:56	xx:23	xx:59	17min
IC 8	xx:35	xx:54	xx:07	xx:37	11min

- Umleitung aller IC möglich
- Anschlüsse in Bern bestehen weiterhin
- Bessere Kreuzungszeiten der IC

- Wegfall des Haltes Thurnen bei der S4/44 in Richtung Thun
- Wegfall des Haltes Burgistein bei der S4/44 in Richtung Bern
- Kurze Aufenthaltszeiten (drei Minuten) der IC von und nach Brig in Bern

- Es sind keine weiteren Infrastrukturerweiterung notwendig.

5.6 Variantengruppe 3 - „Zweigleisiger Ausbau zwischen Thurnen Süd und Seftigen“

Die 3. Variante beschreibt jene Überlegung mit der größten Infrastrukturänderung. Hier wird zwischen den zu erneuernden Bahnhöfen der ersten beiden Varianten (Thurnen Süd & Seftigen) eine durchgehende Doppelspur angedacht. Der Grund für diese Erweiterung ist zum einen die notwendigen Ertüchtigungen in den Bahnhöfen Thurnen und Seftigen und zum anderen die dazwischenliegende Gürbebrücke, welche für eine Erweiterung auf die Streckenklasse D4 nach EN 15528 erneuert werden muss. Nach einer Analyse im Jahr 2015 wurde festgestellt, dass die Pünktlichkeit auf der Gürbetalstrecke zwischen Belp und Thun wesentlich geringer ist als zwischen Belp und Bern. Grund dafür ist die fehlende betriebliche Flexibilität aufgrund des eingeleisigen Abschnitts und der fehlenden Kreuzungsmöglichkeit. Ein durchgehend zweispuriges Gleis würde den Verspätungen entgegenwirken und mehr betrieblich Flexibilität ermöglichen. Weitere Möglichkeiten werden in den folgenden Varianten angeführt.

5.6.1 Variante 3.1: „S-Bahn 2040“

Planungsziel:

Ziel der Variante ist es, durch die neue Infrastruktur die Möglichkeit zu schaffen, das Konzept „S-Bahn 2040“ ohne Einschränkungen und ohne weiteren Halt der beschleunigten S-Bahn in Burgistein umzusetzen. Das bedeutet, dass im Gegensatz zur Variante 2.1 eine fliegende Kreuzung der beiden S-Bahnen im Bereich des Bahnhofs stattfindet.

Anpassungen des bestehenden Betriebsablaufs:

Die Änderungen zum Ausbauschnitt 2035 können aus der Variante 1.1 in Kapitel 5.4.1 entnommen werden, da sich an den Trassenlagen nichts ändert. Der einzige Unterschied ist, dass aufgrund des zweigleisigen Abschnitts zwischen Seftigen und Thurnen Süd eine fliegende Kreuzung möglich ist. Die genauen Trassenlagen der S-Bahnen können dem Bildfahrplan aus Abb. 27 entnommen werden, wobei die Regeltrassen in schwarz und die Dienstrassen in hellblau dargestellt werden:

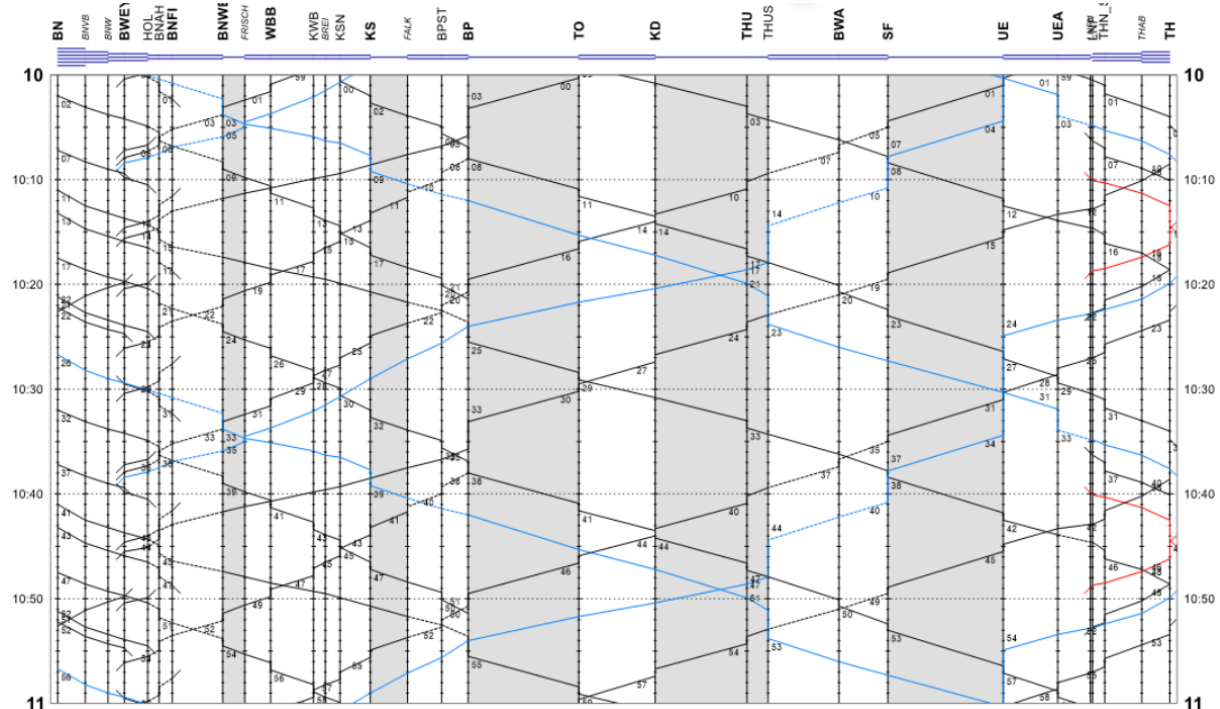


Abb. 27: Variante 3.1 - „S-Bahn 2040“

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thu

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdifferenz
S3	xx:32	xx:52	xx:32	xx:52	0min
S31	xx:17	xx:36	xx:17	xx:09 (Thun Gwatt)	-
S4/44	xx:41	xx:20	xx:41	xx:18	-2min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdifferenz
S3	xx:08	xx:28	xx:08	xx:28	0min
S31	xx:23	xx:43	xx:18 (Thun Gwatt)	xx:10	-
S4/44	xx:39	xx:19	xx:38	xx:17	-1min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Die S3 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035.
- Die S31 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035, wobei diese Linie bis Thun Gwatt verlängert wird und jeden Halt bedient.
- Die S4/44 behält die Trassenlage aus Ausbauschritt 2035, wobei die Halte in Kaufdorf und Uetendorf Allmend wegfallen und somit eine Fahrzeitreduktion zwischen Bern und Thun stattfindet.
- Es gibt ausreichend Kapazitäten für zwei Dienststrassen pro Richtung und Stunde.
- Es ist kein Halt der beschleunigten S-Bahn in Burgistein aufgrund der fliegenden Kreuzung notwendig.

Nachteile:

- Keine

Abgesehen von dem zweigleisigen Ausbau zwischen Thurnen Süd und Seftigen benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturweiterungen:

- Es sind keine weiteren Infrastrukturweiterung notwendig

5.6.2 Variante 3.2: Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr & Güterverkehr

Planungsziel:

Im akuten Umleitungsszenario ist der Planungsansatz jener, die im Regelverkehr planmäßigen Abfahrtszeiten der IC aus Bern und Thun beizubehalten und zusätzlich Kapazitäten für den Güterverkehr zu schaffen. Neben diesen Überlegungen ist das weitere Ziel, die Änderungen der S-Bahnen in ihrer Haltepolitik und planmäßigen Lage auf ein Minimum zu halten.

Anpassung des bestehenden Betriebsablaufs:

Im Vergleich zum Ausbauschritt 2035 ergeben sich folgende Änderungen:

- Die S3/31 fährt um 8min verspätet aus Bern ab.
- Die S3/31 fährt um 10min verspätet aus Belp ab.
- Die S4/44 fährt um 6min verspätet aus Bern ab.
- Die S4/44 fährt um 9min verspätet aus Thun ab.
- Alle IC werden aus dem Aaretal mit der planmäßigen Abfahrt in Bern und Thun umgeleitet.

- Eine fliegende Kreuzung der S4/44 mit den IC findet im zweigleisigen Abschnitt zwischen Thurnen Süd und Seftigen statt.
- Beim Ausfall der S4 oder S44 ist es möglich Kapazitäten für eine Gütertrasse pro Stunde und Richtung zu schaffen.
- Die Kreuzungen zwischen den IC und den Gütertrassen finden im zweigleisigen Abschnitt zwischen Thurnen Süd und Seftigen statt.

Mit dem neuen zweigleisigen Abschnitt zwischen Thurnen Süd und Seftigen ist es möglich den Personenfernverkehr und Teile des Güterverkehrs umzuleiten. Aufgrund der Länge des Kreuzungsgleises von nur 420 m war es in den vorherigen Varianten nicht möglich, dass die ICs gebündelt einen Güterzug kreuzen. Die ICs müssen aufgrund der längeren Fahrzeit über das Gürbetal eine Trasse in Bern Richtung Basel abwarten. Ausnahme ist hier wieder der IC 8 von Thun nach Bern, welcher um xx:12 weiter nach Zürich fährt und die Trasse somit trotz Umleitung erreicht. In dieser Variante ist es auch wichtig anzumerken, dass hier situationsabhängig entschieden werden kann, ob man die Gütertrassen umleitet und dafür die S4/S44 entfallen lässt, oder ob man der S-Bahn den Vorrang gibt. Unterschiede ergeben sich hier bei den S-Bahnen zwischen Bern und Belp, wo die Trassen in ihrer Lage verschoben werden. Damit die zwei Gleise im Bereich von Thun Nord verwendet werden können ist wieder eine Überleitstelle notwendig. Weiters erfordert die Kreuzung der IC im zweigleisigen Abschnitt zwischen Kaufdorf und Toffen aufgrund der Zuglängen von 420m das Auflösen der Bahnübergänge Bützmat und Rohrmatt.

Der Bildfahrplan aus Abb. 28 beschreibt das Umleitungsszenario, wobei die S-Bahnen in schwarz, die IC in rot und die Gütertrassen in blau dargestellt sind:

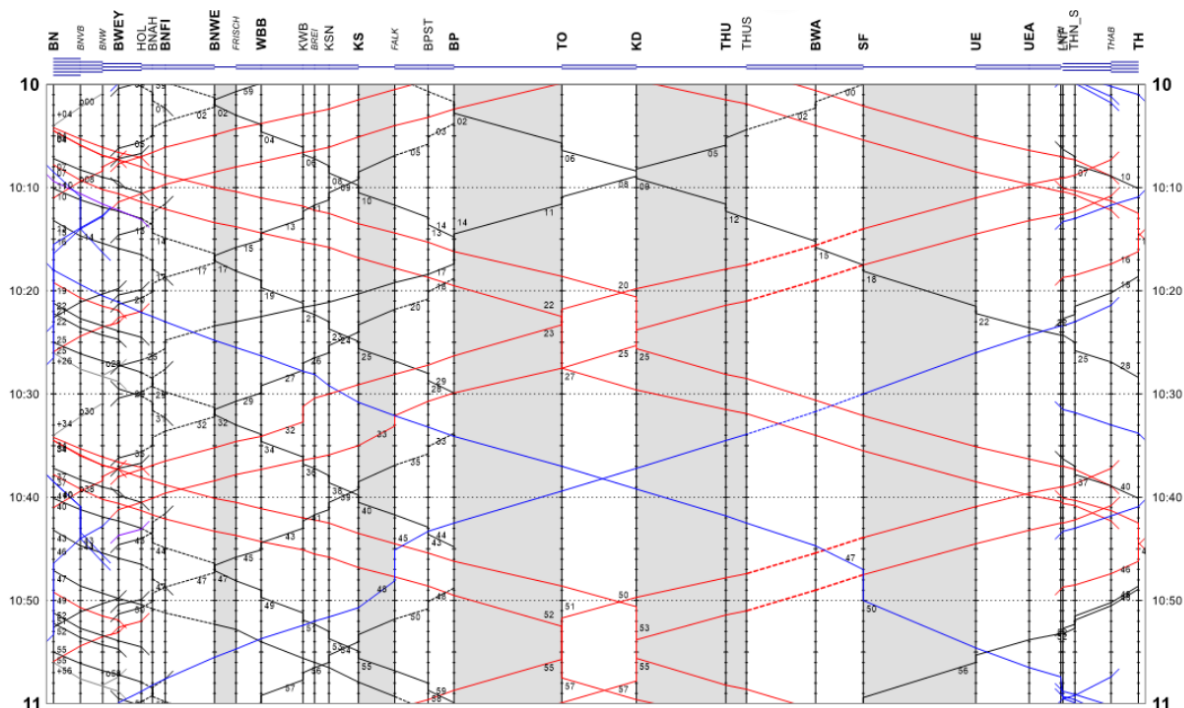


Abb. 28 :Variante 3.2 - Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr & Güterverkehr

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thun:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:32	xx:52	xx:40	xx:00	0min
S4/44	xx:41	xx:20	xx:47	xx:28	2min
IC 6	xx:04	xx:22	xx:04	xx:40	18min
IC 8	xx:06	xx:24	xx:07	xx:44	19min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan – Abfahrt	Plan – An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:08	xx:28	xx:18	xx:38	0min
S4/44	xx:39	xx:19	xx:48	xx:30	2min
IC 6	xx:37	xx:56	xx:38	xx:14	17min
IC 8	xx:35	xx:54	xx:35	xx:10	17min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Umleitung aller IC möglich
- Umleitung von IC und Gütertrassen gleichzeitig möglich
- Höhere Flexibilität bei der Priorisierung der Trassen
- Geringe Fahrzeitdifferenz der S4/44
- IC-Trasse von Bern Richtung Zürich kann erreicht werden

Nachteile:

- Es fehlen Kapazitäten für den weiteren Güterverkehr und Regionalexpress.
- Die IC-Trassen von Bern Richtung Basel und von Thun Richtung Interlaken beziehungsweise Brig können nicht erreicht werden. Diese Züge müssen die nächste Trasse abwarten.

Abgesehen von dem zweigleisigen Ausbau zwischen Thurnen Süd und Seftigen benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturweiterungen:

- Überleitstelle Thun Nord
- Auflösung Bahnübergang Bützmat
- Auflösung Bahnübergang Rohrmatt

5.6.3 Variante 3.3: Planmäßige Sperre Aaretal

Planungsziel:

In der vorliegenden Variante wird ähnlich wie in der Variante 1.5 das Hauptaugenmerk daraufgelegt, die Abwicklung des Personenfernverkehrs so zu gestalten, dass im Gegensatz zu den Ad-Hoc-Änderungen bestehende Trassenlagen von Bern Richtung Basel beziehungsweise Zürich erreicht werden und im Knoten Bern der symmetrische Taktfahrplan aufrecht erhalten bleibt. Auch hier soll der Bahnhof Bern wieder als Taktknoten mit den Symmetrieminuten 0 und 30 darstellen. Das frühzeitige Abfahren der Züge, um Anschlüsse zu erreichen und eine Symmetrie zu bilden ist wieder nur mit einer zeitgerechten Kundeninformation möglich.

Anpassung des bestehenden Betriebsablauf:

- Die S3 fährt um 2min verspätet aus Bern ab und verkehrt bis Thun - als S4.
- Die S3 fährt um 3min verspätet aus Thun ab - als S4.
- Die S31 fährt um 7min verspätet aus Bern ab.
- Die S31 fährt um 6min früher aus Belp ab.
- Die S4/44 fährt um 2min früher aus Bern ab und verkehrt nur bis Belp.
- Die S4/44 fährt um xx:02 und xx:32 aus Belp ab.
- Bei der beschleunigten S-Bahn, welche in dieser Variante die ursprüngliche S31 war, muss der Halt Thurnen entfallen.
- Alle IC aus Interlaken fahren um 16min früher ab.

- Alle IC nach Interlaken fahren um 2min früher aus Bern ab.
- Alle IC fahren planmäßig von Brig ab.
- Alle IC nach Brig fahren um 17min früher aus Bern ab.
- Alle Güterzugtrassen müssen großräumig umgeleitet werden

Der zweigleisige Abschnitt zwischen Thurnen Süd und Seftigen ermöglicht die Variante 1.5 aufgrund von höheren Planungsreserven betrieblich stabiler zu gestalten. Auch hier ist infrastruktureitig aufgrund des Abwartens des IC in Uetendorf das Auflösen des Bahnübergangs Postgässli und die Überleitstelle in Thun Nord notwendig. Die Variante ermöglicht es einen symmetrischen Taktfahrplan zu den Symmetrieminuten 0, 15, 30 und 45 in Bern zu konstruieren, wobei der Halt Thurnen für die S4/44 wegfällt. Aufgrund des Zeitverlustes bei der Umleitung müssen die IC um 15 Minuten in Interlaken früher abfahren. In Richtung Interlaken ist der Zeitverlust gewünscht, da dadurch die Kreuzung auf der eingleisigen Strecke zwischen Spiez und Interlaken weiter bestehen kann. Bei den IC von Bern nach Brig wird der Zeitverlust ebenfalls durch frühzeitiges Abfahren in Bern ausgeglichen, und die Trassen des Regelverkehrs können zwischen Thun und Brig erreicht werden. In der Gegenrichtung hat die längere Fahrzeit keine großen Auswirkungen, da der Anschluss nach Zürich wahrgenommen werden kann. Die IC-Züge von und nach Brig zeigen gemeinsam mit der S31 eine zeitliche Symmetrie zu den Minuten 15 und 45. Weiters wird durch die S3, S4/44 und den IC-Zügen von und nach Interlaken zu den Minuten 0 und 30 eine Symmetrie gebildet. Folgende Taktuhr beschreibt die Anschlüsse und die Symmetrie des Fahrplans in Bern:

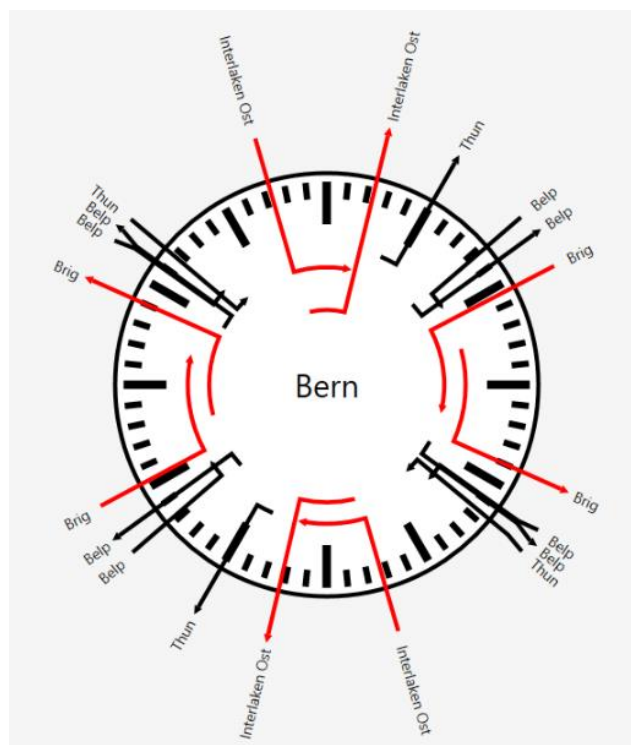


Abb. 29: Taktuhr Bahnhof Bern

Der Bildfahrplan in Abb. 30 beschreibt das Umleitungsszenario, wobei die S-Bahnen in schwarz und die IC in rot dargestellt sind:

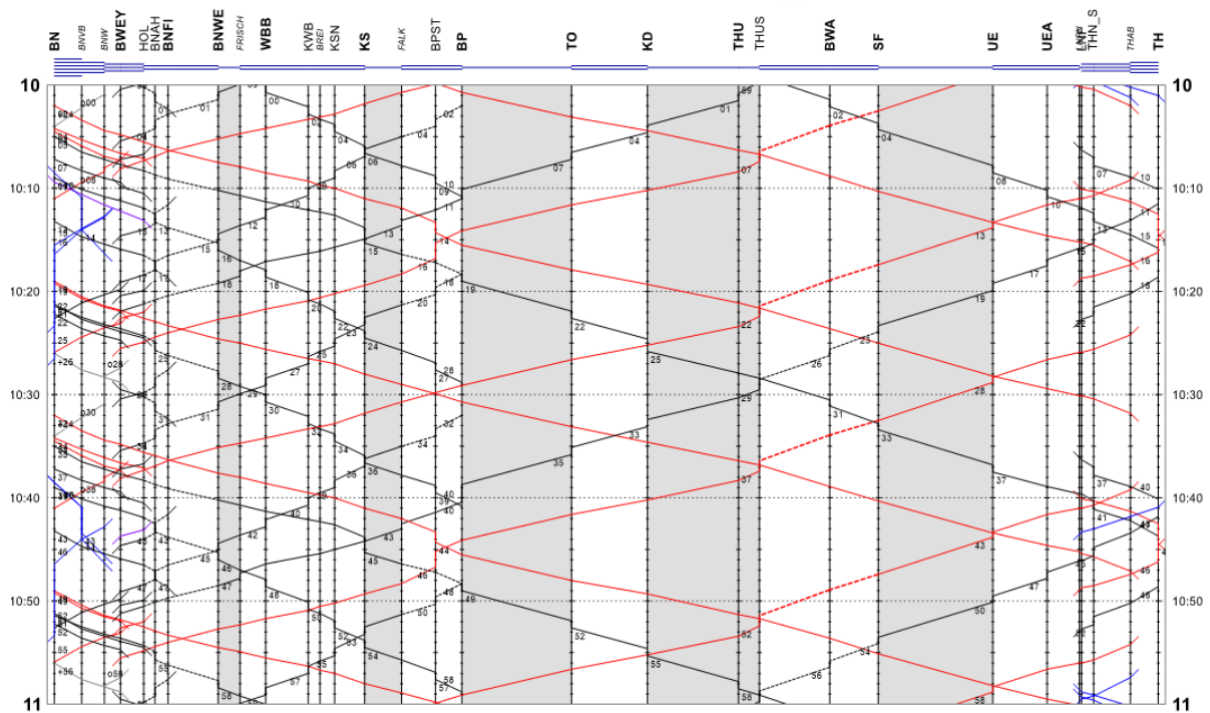


Abb. 30: Variante 3.3 - Planmäßige Sperre Aaretal

Abfahrt Bern - Ankunft Belp/Thun:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:32	xx:52	xx:39	xx:59	0min
S4/44	xx:41	xx:20	xx:34	xx:14	1min
IC 6	xx:04	xx:22	xx:02	xx:33	13min
IC 8	xx:06	xx:24	xx:49	xx:18	11min

Abfahrt Belp/Thun - Ankunft Bern:

Linie	Plan - Abfahrt	Plan - An- kunft	Abfahrt Neu	Ankunft Neu	Fahrzeitdiffe- renz
S3/31	xx:08	xx:28	xx:02	xx:22	0min
S4/44	xx:39	xx:19	xx:42	xx:24	2min
IC 6	xx:37	xx:56	xx:23	xx:58	16min
IC 8	xx:35	xx:54	xx:07	xx:40	14min

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:
Vorteile:

- Umleitung aller IC möglich
- Anschlüsse in Bern bestehen weiterhin
- Symmetrischer Fahrplan zu den Taktminuten 0, 15, 30, 45
- Ausreichend Reserven für die Kreuzungen der IC

Nachteile:

- Halt Thurnen entfällt
- Kurze Aufenthaltszeiten (zwei Minuten) der IC von und nach Brig in Bern
- Keine weitere Kapazität für Gütertrassen

Abgesehen von der Erweiterung des Bahnhofs Thurnen zu Thurnen Süd benötigt diese Variante zusätzliche Infrastrukturerweiterungen:

- Überleitstelle Thun Nord
- Auflösung Bahnübergang Postgässli

5.6.4 Variante 3.4: Ad-Hoc-Umleitung – Nacht

Planungsziel:

Da zwischen 00:00 und 05:00 Uhr keine S-Bahnen auf der Gürbetalstrecke und kein Personenverkehr im Aaretal verkehren, kann die ganze Infrastruktur zur Abwicklung des Güterverkehrs verwendet werden. Ziel ist es, alle vier Güterverkehrstrassen pro Stunde und Richtung im Störfall über das Gürbetal umzuleiten.

Anpassung des bestehenden Betriebsablaufs:

- Die Güterzüge von Thun Richtung Bern fahren planmäßig von Thun weg.
- Die Güterzüge von Thun Richtung Bern haben betriebliche Aufenthalte in Belp-Steinbach und Frischingweg.
- Die Güterzüge von Bern Richtung Thun warten in Bern Wyler, sodass die Durchfahrten im Bahnhof Bern zu den Minuten 08, 23, 38 und 53 stattfinden.

Mit dem zweigleisigen Abschnitt gibt es jetzt ausreichend Kapazität für vier Güterzugtrassen. Dies war ohne Kreuzungsmöglichkeit für Güterzüge zwischen Kaufdorf und Uetendorf nicht möglich. Der folgende Bildfahrplan beschreibt das Umleitungsszenario, wobei Güterzüge in blau dargestellt werden:

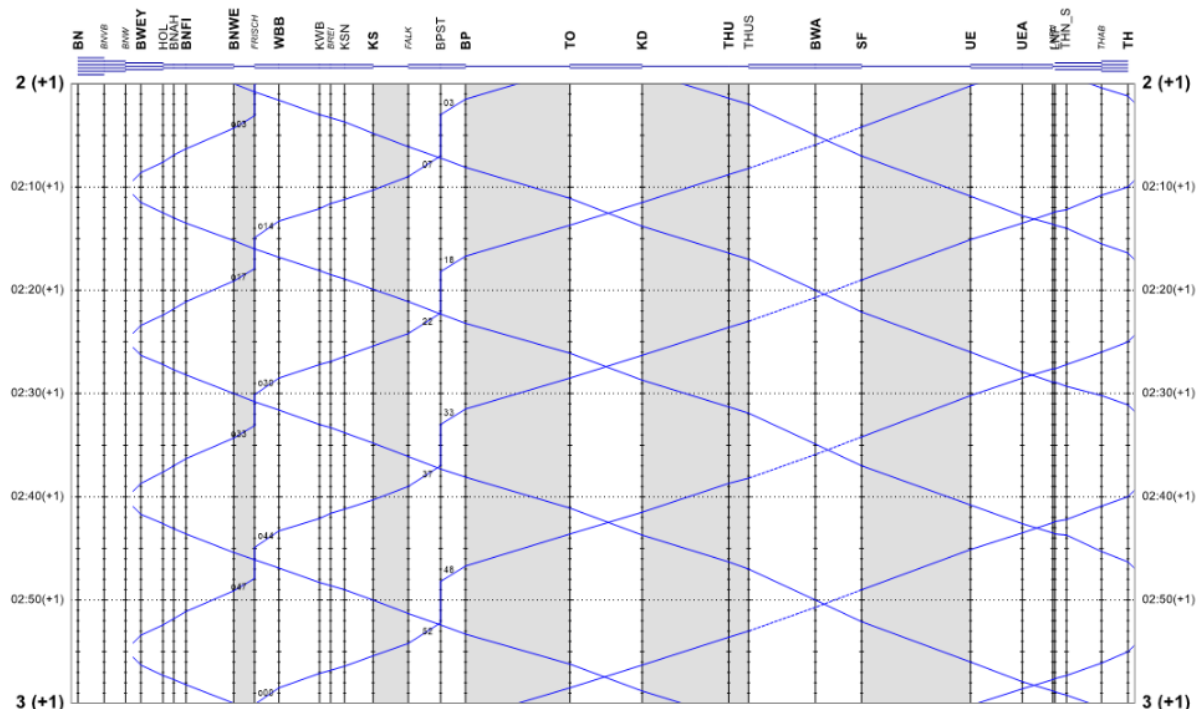


Abb. 31: Variante 3.4: Ad-Hoc Umleitung Güterverkehr – Nacht

Ausgehend von der dargestellten Variante lassen sich nachstehende Vor- und Nachteile ableiten:

Vorteile:

- Alle Gütertrassen können in der Nacht über die Gürbetalstrecke umgeleitet werden.

Nachteile:

- Der Zeitverlust aufgrund der Umleitung beträgt 30 Minuten.

5.7 Übersicht der erforderlichen Infrastrukturanpassungen:

Für eine bessere Übersicht sind alle, in den Varianten benötigten Infrastrukturerweiterungen, in Abb. 32 eingezeichnet. Bei den blau eingezeichneten Projekten handelt es sich um Vorhaben, welche noch einer genaueren Prüfung bedürfen und aktuell eine niedrige Priorität haben. Konkret geht es um Bahnübergänge, welche bei Umleitungen für wenige Minuten durch wartende Züge blockiert werden. Die rot eingezeichneten Erweiterungen sichern die Kapazität für die vorgesehenen Umleitungsszenarien, wobei der Neubau des Bahnhofs Thurnen mit der Kreuzungsstelle Thurnen Süd bereits geplant ist und deshalb in Gelb dargestellt wird.

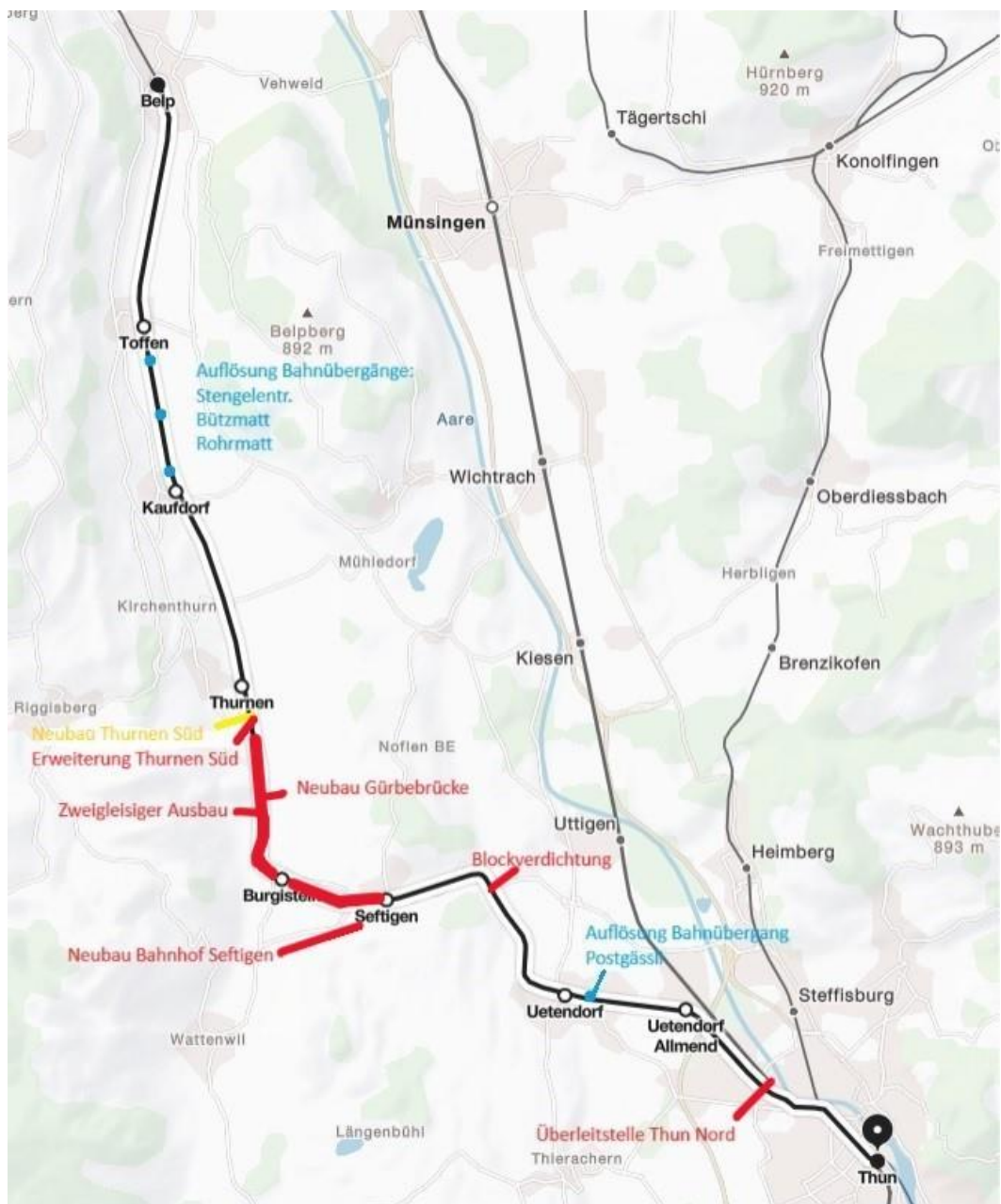


Abb. 32: Übersicht Infrastrukturerweiterungen

Für die nachfolgende Kosten- und Terminplanung ist es notwendig zu skizzieren, welche Leistungen pro Bauprojekt zu erfüllen sind. Um dafür eine bessere Übersicht zu bekommen, werden die neuen Trassenlagen, Unterführungen, Landerwerb etc. in die bestehende Infrastruktur mittels dem CAD-Programm Autocad eingezeichnet und Mengen ermittelt. Damit die Kostenberechnung besser nachzuvollziehen ist und Pläne von Varianten zukünftiger Bauprojekte nicht veröffentlicht werden dürfen, werden die Leistungen je Projekt aufgelistet:

Blockverdichtung Seftigen – Uetendorf:

- Vier neue Signale
- Integration in das Stellwerk

Überleitstelle Thun Nord:

- 2 Stk. Weichen des Typs EW 900
- Bauarbeiten für den Unterbau
- Integration in das Stellwerk

Erweiterung - Thurnen Süd:

- 2280m² Landerwerb
- 400m Arbeiten am Unterbau
- 400m Arbeiten am Oberbau
- 400m Elektrifizierung und Verkabelung (Zusätzliche Länge zum Abspannen der Oberleitung wird vernachlässigt)

Neubau - Bahnhof Seftigen:

- 750m² Landerwerb
- 1325m Arbeiten am Unterbau
- 1325m Arbeiten am Oberbau
- 2 Stk. Weichen des Typs EW 900
- 1325m Elektrifizierung und Verkabelung (Zusätzliche Länge zum Abspannen der Oberleitung wird vernachlässigt)
- Bahnübergang schieben
- Neubau einer Unterführung
- Neubau der Bahnsteige inklusive der Einrichtungen
- Rückbau des Aufnahmegebäudes
- Neugestaltung der Verkehrsflächen

Zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd – Seftigen:

- 3864m² Landerwerb
- Rückbau der Gürbebrücke
- Neubau einer zweigleisigen Brücke
- 4125m Arbeiten am Unterbau
- 4125m Arbeiten am Oberbau
- Rückbau zwei Weichen des Typs EW500 und eine Weiche des Typs EW900
- 4125m Elektrifizierung und Verkabelung (Zusätzliche Länge zum Abspannen der Oberleitung wird vernachlässigt)

Für die Auflösung der Bahnübergänge (blau eingezeichnet in Abb. 32) würden die nachstehenden Leistungen anfallen. Hier ist noch zu analysieren, welche Eisenbahnkreuzungen rückgebaut oder erweitert werden:

- Errichtung Unterführung

- Bahnübergang schieben
- Rückbau Bahnübergang

6 Kosten- und Terminplanung

Infrastrukturprojekte, insbesondere der Verkehrswegebau, stellen eine komplexe und langwierige Aufgabe dar. Eine qualitative Kosten- und Terminplanung ist von großer Bedeutung. Da es sich hauptsächlich um öffentlich finanzierte Projekte handelt ist es das Ziel realistische und wirtschaftliche Abläufe zu planen und hohe Transparenz hinsichtlich Kosten, Ressourcen und Risiken zu schaffen. Während der Planung und des Baus sind die Ergebnisse der Kosten- und Terminplanung laufend abzugleichen und bei Abweichungen dem Auftraggeber vorzulegen, um Entscheidungen rechtzeitig zu treffen.

Die beiden Teilbereiche der Planung sind miteinander verknüpft und beeinflussen sich gegenseitig. Durch die Ablaufplanung von einzelnen Projektphasen und Abläufen können in der Kostenermittlung einzelnen Vorgängen Kosten zugeordnet werden (Spang, 2016).

6.1 Grundlagen der Terminplanung

Bei der Umsetzung von Infrastrukturprojekten sind eine Vielzahl an Firmen beteiligt. Eine gute zeitliche Einteilung für die einzelnen Gewerke und Vorgänge ist für eine wirtschaftliche Abwicklung des Projekts wesentlich. Für eine übersichtliche Planung können unterschiedliche Hilfsmittel verwendet werden (Spang, 2016):

- Balkenpläne (Gantt-Diagramme) zur Darstellung zeitlicher Abläufe
- Netzpläne zur Berechnung kritischer Pfade
- Weg-Zeit-Diagramme zur Verknüpfung von Ort und Zeit bei Linienbaustellen wie Bahntrassen
- Meilensteintrendanalyse als Frühwarnsystem bei Verzögerungen
- BIM-Modelle (4D/5D) zur Integration von Planung, Zeit und Kosten in ein visuelles Datenmodell

Bezogen auf Bahnprojekte sind in der komplexen Terminplanung noch weitere Herausforderungen und Unsicherheiten vorhanden. Umweltverträglichkeitsprüfungen, politische Entscheidungen oder Bürgerbeteiligungen können enorme Auswirkungen auf den Terminplan haben. Aufgrund dieser Randbedingungen und aufgrund des laufenden Bahnverkehrs müssen ausreichende zeitliche Puffer miteingeplant werden.

Die Terminplanung wird in drei Ebenen aufgeteilt (Spang, 2016):

- Einen groben Überblick über die zeitliche Abfolge eines Gesamtprojekts gibt der Rahmenterminplan, oder auch Meilensteinplan. Dieser wird auf der strategischen Ebene verwendet und enthält die wichtigsten Meilensteine wie den Projektstart, Genehmigungen, Baustart oder Übergabe. In dieser Arbeit wird der Schwerpunkt auf der Ebene der Strategischen Planung liegen, weshalb ein Rahmenterminplan erstellt werden muss.
- Eine genauere Terminplanung findet auf der taktischen Ebene statt. Über alle Projektphasen und Gewerke wird von der Projektsteuerung der Generalablaufplan verwendet. In Form eines Balkendiagramms werden kritische Pfade und vertraglich relevante Termine dargestellt.
- Auf der operativen Ebene werden schlussendlich Detailterminpläne verwendet. Diese beschreiben einzelne Abschnitte oder kritische Projektphasen, welche mit den Generalablaufplan abgestimmt werden müssen.

6.2 Rahmenterminpläne der einzelnen Projekte

In der Phase der Vorstudie wird nur eine sehr grobe Schätzung des zeitlichen Ablaufs der Bauprojekte abgegeben. Konkret wird der Terminplan in die Phasen Vorstudie, Vorprojekt, Bauprojekt und Ausführung unterteilt. In der Vorstudie werden Machbarkeits- und Variantenuntersuchungen durchgeführt. Darauf aufbauend vertiefen FachplanerInnen im Vorprojekt diese Ergebnisse. Im Bauprojekt erfolgen die Detailplanungen, die Ausschreibungen sowie die notwendigen Genehmigungsverfahren. Abschließend kommt es bei der Ausführung zur Umsetzung der Pläne auf der Baustelle (Girmscheid, 2016). Die Einschätzungen über die Dauer der einzelnen Phasen eines Projekts beruhen auf Referenzprojekte und firmeninternen Erfahrungswerte.

6.2.1 Thurnen Süd

Thurnen Süd befindet sich bereits in einer fortgeschrittenen Projektphase. Die derzeitige Projektierung erlaubt zwar Begegnungen zweier 420 m langer Züge, aber dauerhaft nutzbar sind nur 220m, da der restliche Bereich für Instandhaltungsdienste benötigt wird. Die Option zur Erweiterung der geplanten Kreuzungslänge von 220m auf 420m, welche für die in dieser Arbeit angeführten planmäßigen Umleitungsszenarien erforderlich sind, wird den derzeitigen Terminplan erweitern. Der angepasste Terminplan lässt sich anhand Tabelle 16 schätzen:

Tabelle 16: Rahmenplan Thurnen Süd

Projektphase\Dauer [Jahre]	x	x+1	x+2	x+3	x+4	x+5
Vorstudie						
Vorprojekt						
Bauprojekt						
Ausführung						

6.2.2 Bahnhof Seftigen

Da beim Bahnhof Seftigen der Variantenentscheid schon viel Zeit in Anspruch genommen hat und immer noch keine Lösungen gefunden wurden, ist davon auszugehen, dass die Phase der Vorstudie und des Vorprojekts mehr Zeit in Anspruch nehmen wird. Der grobe Terminplan für den Kreuzungsbahnhof Seftigen ist der Tabelle 17 zu entnehmen.

Tabelle 17: Rahmenplan Kreuzungsbahnhof Seftigen

Projektphase\Dauer [Jahre]	x	x+1	x+2	x+3	x+4	x+5	x+6	x+7	x+8
Vorstudie									
Vorprojekt									
Bauprojekt									
Ausführung									

6.2.3 Zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd-Seftigen

Das Ausbauprojekt zwischen Thurnen Süd und Seftigen umfasst die tiefgreifendsten Infrastrukturmaßnahmen dieser Arbeit. Der Terminplan kann man anhand Tabelle 18 erkennen:

Tabelle 18: Rahmenplan zweigleisiger Ausbau

Projektphase\Dauer [Jahre]	x	x+1	x+2	x+3	x+4	x+5	x+6	x+7	x+8	x+9
Vorstudie										
Vorprojekt										
Bauprojekt										
Ausführung										

6.3 Empfehlung der zeitlichen Umsetzung der Projekte

Neben den drei größeren Infrastrukturänderungen sind für die einzelnen Umleitungsszenarien auch weitere kleinere Erweiterungen der derzeitigen Infrastruktur notwendig. Das Auflösen von einzelnen Bahnübergängen, die Blockverdichtung zwischen Seftigen und Uetendorf oder die Überleitstelle bei Thun Nord werden ebenfalls in zeitlicher Abhängigkeit zu den größeren Projekten benötigt. Alle notwendigen Projekte sind in Abb. 32 gekennzeichnet. Anhand der Notwendigkeit und der Größe des Vorhabens können die Infrastrukturausbauten zeitlich priorisiert werden:

Bezüglich des Projekts Thurnen Süd ist zu prüfen, ob die Verfügbarkeit des bereits geplanten 420m langen Kreuzungsgleis ausreichend ist oder ob das Gleis durch Instandhaltungsfahrzeuge vollständig belegt wird. Ansonsten muss eine Erweiterung im Zuge der Bauarbeiten bis 2035 umgesetzt werden. Zusammen mit dem Projekt der Blockverdichtung zwischen Seftigen und Uetendorf, welches aufgrund des geringen zeitlichen und monetären Aufwands zeitnahe umgesetzt werden kann, bieten diese Erweiterungen die Grundlage der geplanten Umleitungsvarianten. Damit im Umleitungsfall zwischen Uetendorf Allmend und Thun immer zwei Gleise zu Verfügung stehen ist die Überleitstelle in Thun Nord notwendig. Die zeitliche Umsetzung hängt allerdings vom Fortschritt des Projekts „Thun Nord“ ab, welches voraussichtlich bis zum Jahr 2035 umgesetzt wird. Kommt es hier zu Verzögerungen, ist ein vorzeitiger Bau der Überleitstelle auf der bestehenden Infrastruktur anzudenken. Eine weitere Möglichkeit ist, die Überleitstelle getrennt vom Projekt Thun Nord zu errichten, da aufgrund des kleinen Aufwands betriebliche Vorteile entstehen.

Müssen Personenfernverkehrszüge und Güterzüge aus betrieblichen Gründen auf der Gürbetalstrecke anhalten und andere Züge abwarten, führt die Länge dieser Züge dazu, dass Bahnübergänge während der Wartezeit blockiert werden. Deshalb ist es notwendig betroffene Bahnübergänge aufzulassen und gegebenenfalls Unterführungen zu planen. Da die Kreuzungen der IC und der Güterzüge im zweigleisigen Abschnitt zwischen Toffen und Kaufdorf stattfinden, sind hier die Bahnübergänge betroffen. Je nach Frequentierung der Eisenbahnkreuzungen müssen diese aufgelöst, zusammengelegt und unter- oder überführt werden.

Eine Auflösung der Bahnübergangs Bützmatte ermöglicht bereits die Umleitungsvariante 1.4 mit dem Richtungsverkehr Süd-Nord über das Gürbetal. Da der Bahnübergang Stängelenstraße nur 500m entfernt ist, kann der Straßenverkehr langfristig umgeleitet werden. Ähnliches gilt auch für die Eisenbahnkreuzung Rohrmatt. Durch die Möglichkeit, den Bahnübergang aufzulösen und den Straßenverkehr über die rund 400 Meter entfernte Moosstraße umzuleiten, kann Variante 1.2 realisiert werden.

Damit die Umleitung des Güterverkehrs möglich ist, muss zusätzlich der Bahnübergang Stängelenstraße aufgelöst werden. Da bereits der Verkehr von Bützmatte auf diese Eisenbahnkreuzung umgeleitet wird, ist eine Auflösung nicht möglich. Das hat zur Folge, dass eine Unterführung oder ein Versetzen des Bahnübergangs um 200m Richtung Süden notwendig ist.

Neben den bereits angeführten Überquerungen ist die Auflösung des Bahnübergangs Postgässli in Uetendorf zu analysieren. Im den Umleitungsszenarien 1.5 und 2.3 kommt es hier nur zu kurzen Aufenthalten der Personenfernverkehrszüge.

Die Erweiterung des Bahnhofs Seftigen ermöglicht zum einen das Angebot der SB-2040 inklusive Dienststrassen zu schaffen sowie die planmäßige Umleitung 2.2 zu realisieren. Der Ausbau der Strecke zwischen Thurnen Süd und Seftigen schafft schlussendlich Kapazität für das gleichzeitige Umleiten von Personenfernverkehrs- und Güterzügen. Ein Vorschlag für eine mögliche zeitliche Abfolge der Bauarbeiten inklusive des dadurch geschaffenen Angebots kann aus Abb. 33 entnommen werden:

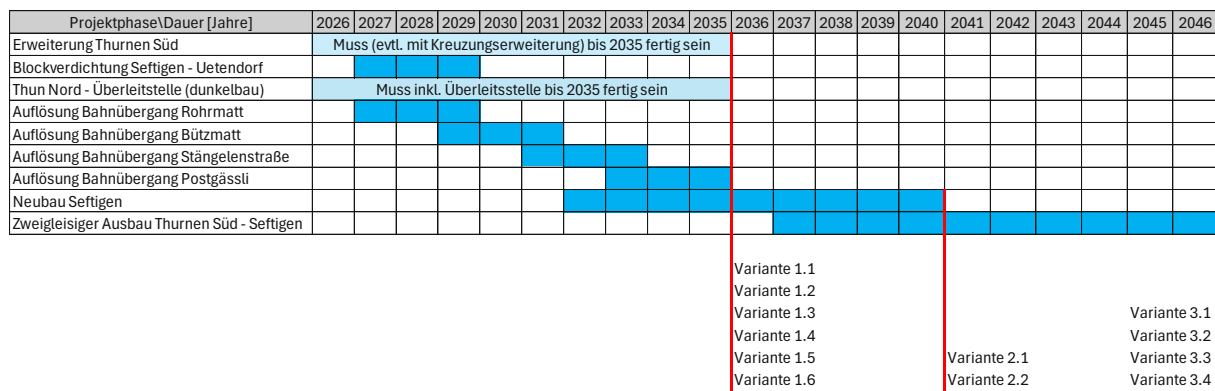


Abb. 33: Zeitliche Abfolge der Bauarbeiten

6.4 Grundlagen der Kostenplanung

Die Kostenplanung orientiert sich nach diversen Leistungsphasen. Diese werden in der Schweiz von den SIA-Normen (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein), in Deutschland in der HOIA (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) und in Österreich in der Honorarleitlinie beschrieben. Wichtig für eine genaue und transparente Kostenplanung ist das einheitliche Verständnis der Kostenstruktur und den Kostenstellen eines Bauwerks, welche ebenfalls in Normen geregelt werden. Hinsichtlich der Genauigkeit der Berechnungen spielt die zeitliche Fortschreitung innerhalb des Projekts eine wichtige Rolle. Je nach Zeitpunkt können die Kosten von einer Kostenschätzung am Beginn des Projekts bis zur Kostenfeststellung zum Projektabschluss detaillierter berechnet werden (Girmscheid, 2016).

Da das Planungsgebiet der Gürbetalstrecke in der Schweiz liegt, wird in den folgenden Absätzen die Kostenplanung nach der SIA 112 beschrieben und die Kosten schlussendlich je Infrastrukturvariante berechnet. Die Norm grenzt je nach Projektphase den Genauigkeitsgrad der Berechnung ein, was aus Abb. 34 zu entnehmen ist:

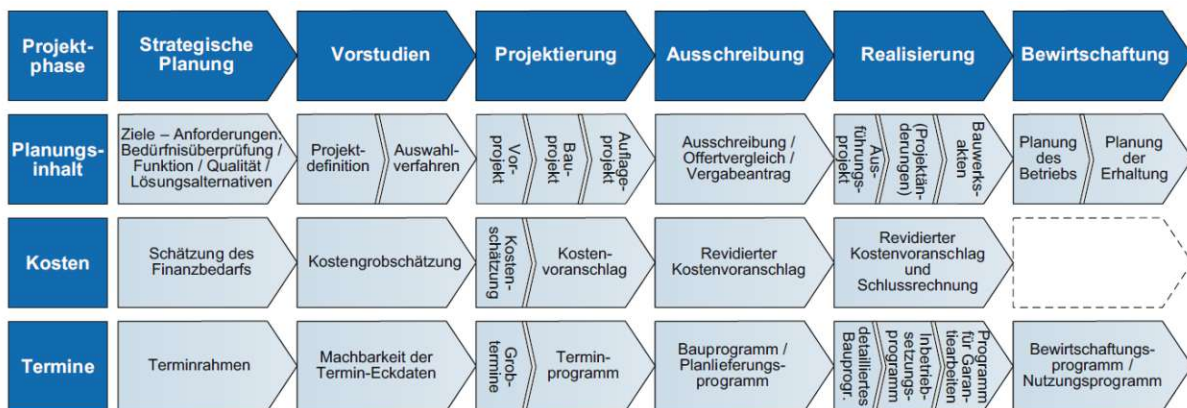


Abb. 34: SIA 112 – Planungsphasen (Girmscheid, 2016)

Derzeit befindet sich das Projekt für die Ertüchtigung der Gürbetalstrecke in der Strategischen Planung, was nach SIA112 eine Schätzung des Finanzbedarfs erfordert. Jede Planungsphase erfordert ein Mengengerüst für die Kostenstellen. Diese werden in der Kostengruppengliederung der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB), der Baukostenplan Hochbau (eBKP-H) und der Baukostenplan Tiefbau (eBKP-T) geregelt und werden ebenfalls nach Detaillierungsgrad der Planung hierarchisch aufgeteilt. Dabei handelt es sich um die Hauptgruppen, Elementgruppen und Elemente. Für die Schätzung des Finanzbedarfs werden die Hauptgruppen verwendet, bei welchen es sich beispielsweise nach Baukostenplan Hoch- und Tiefbau um „A Grundstück“, „M Erdbau, Spezialtiefbau“ oder R „Fahrbahn“ handelt. Einheits-Hauptwerte, welche

ebenfalls aus dem Baukostenplan oder aus firmeninternen Erfahrungswerten entnommen werden, müssen schlussendlich mit der für die Projekt erforderlichen Menge und mit den Schweizerischen Baupreisindex berechnet werden (Girmscheid, 2016).

Die Infrastrukturausbauten des Bahnnetzes in der Schweiz werden nach Beschluss des Parlaments bei den Infrastrukturbetreibern vom Bund bestellt. Das Bundesamt für Verkehr (BAV) hat schlussendlich die Verantwortung bei der Aufsicht, Steuerung und der Bereitstellung der finanziellen Mittel. Damit Kredite eingehalten werden und die schlussendlichen Kosten eines Bauprojekts den im Parlament beschlossenen Finanzmitteln übereinstimmen, ist es wichtig, die Kostenermittlung zu vereinheitlichen. Deshalb wurde vom BAV der „Leitfaden zur Ermittlung der Kosten von Ausbauvorhaben“ und die Richtlinie „Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten“ erstellt, wobei Ersteres in der Planungsphase und Zweiteres in der Bauphase zur Verwendung kommt.

Beim „Leitfaden zur Ermittlung der Kosten von Ausbauvorhaben“ werden zunächst große Infrastrukturmaßnahmen in Kleinmaßnahmen unterteilt und einzeln bewertet, damit die Risikozuschläge in der Kostenberechnung abgestuft werden können. Die Berechnung nach dem Leitfaden basiert auf den Basiskosten und Risikozuschlägen. Zu den Basiskosten zählen die Grundkosten inklusive eines prozentualen Zuschlags (Z1) für nicht erfasste Positionen. Bei den Risikozuschlägen werden noch Zuschläge für quantifizierbare Kosten (Z2) und nicht quantifizierbare Kosten (Z3) hinzugefügt. Die Basiskosten beinhalten hier alle ingenieurmäßig berechneten Kosten. Die Zuschläge berücksichtigen Kosten, welche erst nach fortgeschritten Projektphasen entstehen, Risiken wie diverse Änderungen oder Verzögerungen während des Bewilligungsverfahrens. All diese Werte werden in diesem Leitfaden mithilfe von Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet. In der Kostenermittlung ist dies zu einer frühen Projektphase mit vielen Risiken von Vorteil (BAV, 2024).

6.5 Kostenermittlung

In der Strategischen Planung liegt die Kostengenauigkeit bei $\pm 50\%$. Die Grundkosten werden mithilfe des ermittelten Mengengerüsts (siehe Kapitel 5.7) und der jeweiligen Elementkosten der Hauptgruppen ermittelt. In dieser Arbeit werden aufgrund der Vergleichbarkeit mit anderen Infrastrukturprojekten der BLS und aufgrund des späteren Variantenentscheids firmeninterne Erfahrungswerte für die Elementkosten verwendet. Die Preisbasis der Elementkosten ist April 2024, wodurch Projekte mit einem ähnlichen Planungshorizont vergleichbar sind. Anzumerken ist, dass die Elementkosten der BLS vertraulich sind und deshalb in dieser Arbeit nur die schlussendlich berechneten Grundkosten für ein Projekt angegeben werden.

Um die wahrscheinlichsten Werte für die einzelnen Kostenkomponenten abzuschätzen, wird im Leitfaden der BAV mit Erwartungswerte gearbeitet. Der Erwartungswert ist der wahrscheinlichste Wert und gibt an, mit welchen Kosten im Durchschnitt zu rechnen ist, wobei die Kostengenauigkeit in der Phase der strategischen Planung bei ± 50 Prozent liegen soll. Die berechneten Werte der Grundkosten beziehungsweise der Basiskosten basieren auf realistischen Annahmen und entsprechen bereits dem Erwartungswert.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit für den Zuschlag Z2 und Z3 wird zwischen 0 und dem maximalen Betrag bei Eintritt des Ereignisses als normalverteilt angesehen. Der Erwartungswert für Z2 und Z3 entspricht deshalb der Hälfte des maximalen Risikobetrag.

Der Erwartungswert für die Gesamtkosten entspricht die Summe der Erwartungswerte von Basiskosten, Z2 und Z3.

Für die ausgearbeiteten Angebotserweiterungen sind folgende Infrastrukturprojekte notwendig:

- Blockverdichtung Seftigen – Uetendorf
- Überleitstelle Thun Nord
- Erweiterung Thurnen Süd (optional)

- Neubau Bahnhof Seftigen
- Zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd – Seftigen

6.5.1 Kostenermittlung Blockverdichtung Seftigen – Uetendorf

Für das Hinzufügen eines Blocks in beide Fahrtrichtungen sind zwei neue Hauptsignale und zwei neue Vorsignale notwendig. Dies wird mit einem Pauschalwert für das Errichten wie auch für die Verkabelung berechnet. Zusätzlich müssen die Kosten für die Anpassung im Stellwerk berücksichtigt werden. Die firmeninterne Elementkosten werden mit dem Mengengerüst berechnet und die Honorare für die Planung mit dem Prozentsatz von 15% angenommen. Dabei ergeben sich Grundkosten von 1.5 Mio CHF. Anhand dieser Kosten kann mit dem Leitfaden des BAVs der Erwartungswert berechnet werden.

Nach dem Leitfaden zu Kostenermittlung wurden folgende Zuschläge verwendet:

- Zuschlag 1 (nicht erfasste Positionen): 20%
 - Detaillierungsgrad: gering
 - Komplexität: tief
- Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken):
 - -
- Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko):
 - Projektanpassung: 20%
 - Risiko: tief
 - Technische Komplexität: 25%
 - Risiko: tief

Die finalen Kosten, inklusive den Zuschlägen, werden in Tabelle 19 berechnet:

Tabelle 19: Kostenermittlung nach BAV - Blockverdichtung

Kostenermittlung nach Leitfaden BAV				Zwischenergebnisse	
Kostenparameter		Vorgehensschritte	Ermittelte Kosten [Mio. CHF]	Erwartungs- wert	Kosten- genauigkeit
Gliederung nach eBKP-T					
A	Grundstück		0,00		
L	Vorbereitung		0,00		
L-T	Bauwerkskosten	Mengengerüst x Elementkosten	1,30		
V	Planungskosten	Honorare in % der Bauwerkskosten	0,20		
W	Nebenkosten		0,0		
Grundkosten			1,50	1,50	+/- 50%
Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen	20% von Grundkosten (Detaillierung gering, Komplexität tief)	0,30		
Basiskosten			1,79	1,79	+/- 50%
Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)					
				0,00	+/- 100%
				0,00	+/- 100%
Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko)					
Projektanpassung	Risiko tief	20% von Basiskosten	0,36		
techn. Komplexität	Risiko tief	25% von Basiskosten	0,45		
Gesamtwert			0,81	0,40	+/- 100%
Gesamtkosten Infrastruktur			2,20	2,20	
Erwartungswert E_{IM}					

6.5.2 Kostenermittlung Überleitstelle Thun Nord

Das Projekt der BLS für eine neue Haltestelle Thun Nord soll bis zum Jahr 2035 durchgeführt werden. Nach dem Neubau sollen zwei durchgehende Gleise für das Gürbetal zu Verfügung stehen. Verzögert sich das Projekt, oder entschließt man sich, diese Überleitstelle aufgrund der betrieblichen Vorteile frühzeitig zu errichten, betragen die Grundkosten der Überleitstelle 4.5 Mio CHF. Anhand der Grundkosten kann mit dem Leitfaden des BAVs der Erwartungswert berechnet werden.

Für die Berechnung des Erwartungswertes nach dem Leitfaden des BAV wurden folgende Annahmen getroffen:

- Zuschlag 1 (nicht erfasste Positionen): 20%
 - Detaillierungsgrad: gering
 - Komplexität: tief
- Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken):
 - -
- Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko):
 - Projektanpassung: 20%
 - Risiko: tief
 - Technische Komplexität: 25%
 - Risiko: tief

Aufgrund der gewählten Zuschläge ergibt sich der Erwartungswert für die Kosten des Projekts nach Tabelle 20:

Tabelle 20: Kostenermittlung nach BAV – Überleitstelle Thun Nord

Kostenermittlung nach Leitfaden BAV				Zwischenergebnisse	
Kostenparameter		Vorgehensschritte	Ermittelte Kosten [Mio. CHF]	Erwartungs- wert	Kosten- genauigkeit
Gliederung nach eBKP-T					
A	Grundstück		0,00		
L	Vorbereitung		0,00		
L-T	Bauwerkskosten	Mengengerüst x Elementkosten	3,96		
V	Planungskosten	Honorare in % der Bauwerkskosten	0,59		
W	Nebenkosten		0,0		
Grundkosten			4,55	4,55	+/- 50%
Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen	20% von Grundkosten (Detaillierung gering, Komplexität tief)	0,91		
Basiskosten			5,46	5,46	+/- 50%
Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)					
				0,00	+/- 100%
				0,00	+/- 100%
Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko)					
Projektanpassung	Risiko tief	20% von Basiskosten	1,09		
techn. Komplexität	Risiko tief	25% von Basiskosten	1,37		
Gesamtwert			2,46	1,23	+/- 100%
Gesamtkosten Infrastruktur			6,69	6,69	
Erwartungswert E_{IM}					

6.5.3 Kostenermittlung Erweiterung Thurnen Süd

Die Kostenermittlung für die Neuplanung des Bahnhofs Thurnen wurde bereits von der BLS durchgeführt. Zu beachten ist, dass die Kosten auf der Projektierung der Kreuzungsstelle, welche für Züge bis zu 220m ausgelegt ist, basieren. Für manche in dieser Arbeit angeführten planmäßigen Umleitungsszenarien ist das Kreuzen von Zügen mit einer Länge von 420m erforderlich.

Deshalb muss auf die bestehende Kostenschätzung die zusätzlichen Kosten für die Erweiterung berücksichtigt werden. Die Grundkosten ergeben dabei 3.71 Mio CHF.:

Für die Berechnung des Erwartungswertes nach dem Leitfaden des BAV wurden folgende Annahmen getroffen:

- Zuschlag 1 (nicht erfasste Positionen): 20%
 - Detailierungsgrad: gering
 - Komplexität: tief
- Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken):
 - -
- Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko):
 - Projektanpassung: 20%
 - Risiko: tief
 - Technische Komplexität: 25%
 - Risiko: tief

Aufgrund der gewählten Zuschläge ergibt sich der Erwartungswert für die Kosten des Projekts nach Tabelle 21:

Tabelle 21: Kostenermittlung nach BAV - Thurnen Süd

Kostenermittlung nach Leitfaden BAV				Zwischenergebnisse	
Kostenparameter		Vorgehensschritte	Ermittelte Kosten [Mio. CHF]	Erwartungs- wert	Kosten- genauigkeit
Gliederung nach eBKP-T					
A	Grundstück		0,00		
L	Vorbereitung		0,00		
L-T	Bauwerkskosten	Mengengerüst x Elementkosten	3,23		
V	Planungskosten	Honorare in % der Bauwerkskosten	0,48		
W	Nebenkosten		0,0		
Grundkosten			3,71	3,71	+/- 50%
Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen	20% von Grundkosten (Detailierung gering, Komplexität tief)	0,74		
Basiskosten			4,45	4,45	+/- 50%
Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)					
				0,00	+/- 100%
				0,00	+/- 100%
Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko)					
Projektanpassung	Risiko tief	20% von Basiskosten	0,89		
techn. Komplexität	Risiko tief	25% von Basiskosten	1,11		
Gesamtwert			2,00	1,00	+/- 100%
Gesamtkosten Infrastruktur		Erwartungswert E_{IM}	5,46	5,46	

6.5.4 Kostenermittlung Bahnhof Seftigen

Wie in Kapitel 5.5 beschrieben, gibt es noch keine endgültige Entscheidung, wie die Neugestaltung des Bahnhof Seftigen aussehen soll. Eine Voraussetzung für die Machbarkeit der Umleitungsvariante 2.2 in Kapitel 5.5 ist, dass eine Kreuzung zwischen zwei IC mit einer Länge von 420m ermöglicht wird. In den bisherigen Überlegungen der BLS ist man jedoch von einer Kreuzung zwischen zwei S-Bahnen mit 220m ausgegangen, weshalb bestehende Pläne angepasst werden müssen.

Aufgrund der engen Platzverhältnisse im Bereich des Bahnhofs, welcher zwischen zwei Eisenbahnkreuzungen liegt, ist darauf zu achten, dass haltende Züge keinen Bahnübergang blockieren. Damit dies möglich ist, müsste die Dorfstraße oder die Buchholzstraße in diesem Bereich versetzt,

unterführt oder überführt werden. In Anbetracht der Tatsache, dass bei einer Unterführung der Dorfstraße, wie auch bei der Verlegung der Buchholzstraße denkmalgeschützte Häuser abgerissen werden müssen, wurde eine Variante mit der Unterführung der Buchholzstraße gewählt. Zusätzlich muss im Zuge der Neubauten die Eisenbahnkreuzung bei der Dorfstraße aufgrund der derzeitigen zu kleinen Dimensionierungen neugebaut werden.

Anhand der ermittelten Mengenwerten der neuen Projektierung des Bahnhofs Seftigen, können die Grundkosten geschätzt werden. Diese belaufen sich auf 30.29 Mio CHF.

Für die Berechnung des Erwartungswertes nach dem Leitfaden des BAV wurden folgende Annahmen getroffen:

- Zuschlag 1 (nicht erfasste Positionen): 25%
 - Detailierungsgrad: gering
 - Komplexität: hoch
- Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken):
 - Einsparungen 0.5Mio CHF
- Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko):
 - Projektanpassung: 20%
 - Risiko: tief
 - Technische Komplexität: 25%
 - Risiko: tief

Aufgrund der gewählten Zuschläge ergibt sich der Erwartungswert für die Kosten des Projekts nach Tabelle 22:

Tabelle 22: Kostenermittlung nach BAV - Bahnhof Seftigen

Kostenermittlung nach Leitfaden BAV				Zwischenergebnisse	
Kostenparameter		Vorgehensschritte	Ermittelte Kosten [Mio. CHF]	Erwartungs- wert	Kosten- genauigkeit
Gliederung nach eBKP-T					
A	Grundstück		0,00		
L	Vorbereitung		0,00		
L-T	Bauwerkskosten	Mengengerüst x Elementkosten	26,34		
V	Planungskosten	Honorare in % der Bauwerkskosten	3,95		
W	Nebenkosten		0,0		
Grundkosten			30,29	30,29	+/- 50%
Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen	25% von Grundkosten (Detailierung gering, Komplexität hoch)	7,57		
Basiskosten			37,87	37,87	+/- 50%
Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)					
Einsparungen			0,50	0,25	+/- 100%
Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko)					
Projektanpassung	Risiko tief	20% von Basiskosten	7,57		
techn. Komplexität	Risiko tief	25% von Basiskosten	9,47		
Gesamtwert			17,04	8,52	+/- 100%
Gesamtkosten Infrastruktur			46,64	46,64	
Erwartungswert E_M			46,64		

6.5.5 Kostenermittlung „zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd – Seftigen“

Im Zuge der Erweiterung der Streckenklasse von D3 auf D4 muss die Gürbebrücke, welche sich zwischen Thurnen und Burgistein befindet, neugebaut werden. Da die Nutzungsdauer von Ingenieurbauwerken wie Brücken bei ca. 100 Jahren liegt, ist es sinnvoll diesen Neubau in einem weiter in der Zukunft liegenden Zeithorizont zu betrachten und für zwei Gleise zu dimensionieren. Mit der Annahme, dass das Projekt Thurnen Süd und der Kreuzungsbahnhof Seftigen schon gebaut sind, müssen für den zweigleisigen Ausbau Weichen rück- und neugebaut werden. Weiters

ist für das zweite Gleis ein Landerwerb, zusätzliche Signale und das Erneuern von Eisenbahnkreuzungen notwendig. Die Grundkosten belaufen sich auf 57,7 Mio CHF.

Für die Berechnung des Erwartungswertes nach dem Leitfaden des BAV wurden folgende Annahmen getroffen:

- Zuschlag 1 (nicht erfasste Positionen): 25%
 - Detailierungsgrad: gering
 - Komplexität: hoch
- Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken):
 - Einsprachen 1.00Mio CHF
- Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko):
 - Projektanpassung: 20%
 - Risiko: tief
 - Technische Komplexität: 25%
 - Risiko: tief

Aufgrund der gewählten Zuschläge ergibt sich der Erwartungswert für die Kosten des Projekts nach Tabelle 23:

Tabelle 23: Kostenermittlung nach BAV - zweigleisiger Ausbau

Kostenermittlung nach Leitfaden BAV				Zwischenergebnisse	
Kostenparameter		Vorgehensschritte	Ermittelte Kosten [Mio. CHF]	Erwartungs- wert	Kosten- genauigkeit
Gliederung nach eBKP-T					
A	Grundstück		0,00		
L	Vorbereitung		0,00		
L-T	Bauwerkskosten	Mengengerüst x Elementkosten	50,23		
V	Planungskosten	Honorare in % der Bauwerkskosten	7,53		
W	Nebenkosten		0,0		
Grundkosten			57,77	57,77	+/- 50%
Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen	25% von Grundkosten (Detailierung gering, Komplexität hoch)	14,44		
Basiskosten			72,21	72,21	+/- 50%
Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)					
Einsprachen			1,00	0,50	+/- 100%
Zuschlag 3 (nicht quantifizierbares Risiko)					
Projektanpassung	Risiko tief	20% von Basiskosten	14,44		
techn. Komplexität	Risiko tief	25% von Basiskosten	18,05		
Gesamtwert			32,49	16,25	+/- 100%
Gesamtkosten Infrastruktur			Erwartungswert E_{IM}	88,95	

7 Schlussfolgerung

Welche Ertüchtigungen sind notwendig, damit die Strecke TSI – konform ist und als Umleitungsstrecke genutzt werden kann?

Damit der internationale Verkehr auch im Umleitungsfall reibungslos abgewickelt werden kann, muss die Strecke vom Infrastrukturbetreiber TSI-konform ausgestaltet werden. Weiteres Ziel ist es, die Strecke auf die Streckenklasse D4 anzuheben, das Lichtraumprofil auf GC zu erweitern und festgelegte Schallemissionen einzuhalten. Nach Analyse der Gürbetalbahn müssen folgende Projekte durchgeführt werden:

- Die Erneuerung der Gürbebrücke und eine Analyse für die Erweiterung des Lichtraumprofils auf GC sind notwendig.
- Die Bogenradien bei den Bahnhöfen Burgistein, Kehrsatz und Bern Europaplatz müssen auf mindestens 250m erweitert werden.
- Die Bahnsteiglängen aller Bahnhöfe, welche die Kriterien aus Tabelle 6 nicht erfüllen, müssen erweitert werden, um die Anforderungen des TSI Verkehrscode P3 zu entsprechen.
- Die Durchführung von Schallschutzmaßnahmen an betroffenen Stellen ist notwendig.
- Eine Analyse zum Bahnstrombedarf für zusätzlichen Umleitungsverkehr muss durchgeführt werden.

Wie sehen mögliche Infrastruktur- und Fahrplanvarianten aus? Ist ein Nachfragepotential im Regionalverkehr vorhanden?

Die Kapazitätserweiterungen für den Umleitungsverkehr ermöglichen auch die Erweiterung des planmäßigen Regionalverkehrs. Für den Zeithorizont 2040 ist die Verlängerung der S31 von Belp bis Thun Gwatt vorgesehen. Je nach Infrastrukturerweiterung kann die Haltepolitik der „S-Bahn 2040“ in unterschiedlicher Qualität umgesetzt werden. Tabelle 24 zeigt, dass bereits mit dem Neubau des Bahnhofs Thurnen die Erweiterung möglich ist, wobei nicht ausreichend Kapazität für alle Dienststrassen zur Verfügung steht. Es kommen dabei keine zusätzlichen Kosten hinzu.

Damit neben dem Regelverkehr auch Platz für Dienststrassen geschaffen wird, ist die Kreuzungsmöglichkeit in Seftigen notwendig, was mit Kosten von 50Mio CHF verbunden ist.

Mit dem zweigleisigen Abschnitt zwischen Thurnen Süd und Seftigen ist eine fliegende Kreuzung zwischen den S-Bahnen im Bereich von Burgistein möglich, weshalb die beschleunigte S-Bahn nicht halten muss. Mit den weiteren Investitionen von 90Mio CHF kann die geplante Haltepolitik der „S-Bahn 2040“ vollkommen umgesetzt werden.

Tabelle 24: Angebotserweiterung „S-Bahn 2040“

Variante:			1.1	2.1	3.1
Bezeichnung:			SB-2040	SB-2040	SB-2040
Angebot:					
Dienststrassen	Richtung Thun		2	2	2
	Richtung Bern		0	2	2
S3	Richtung Thun	Haltepolitik	Alle Halte Bern - Belp	Alle Halte Bern - Belp	Alle Halte Bern - Belp
		Fahrzeitdif.	0min	0min	0min
	Richtung Bern	Haltepolitik	Alle Halte Belp - Bern	Alle Halte Belp - Bern	Alle Halte Belp - Bern
		Fahrzeitdif.	0min	0min	0min
S31	Richtung Thun - Gwatt	Haltepolitik	Alle Halte Bern - Thun Gwatt	Alle Halte Bern - Thun Gwatt	Alle Halte Bern - Thun Gwatt
		Fahrzeit	52min	52min	52min
	Richtung Bern	Haltepolitik	Alle Halte Thun Gwatt - Bern	Alle Halte Thun Gwatt - Bern	Alle Halte Thun Gwatt - Bern
		Fahrzeit	52min	52min	52min
S4/44	Richtung Thun	Haltepolitik	SB-2040 + Halt Burgistein	SB-2040 + Halt Burgistein	SB-2040
		Fahrzeitdif.	0min	0min	-2min
	Richtung Bern	Haltepolitik	SB-2040 + Halt Burgistein	SB-2040 + Halt Burgistein	SB-2040
		Fahrzeitdif.	0min	0min	-1min
Infrastruktur			[Mio]	[Mio]	[Mio]
Blockverdichtung				CHF 2,20	CHF 2,20
Thurnen Süd					
Seftigen				CHF 46,64	CHF 46,64
DS					CHF 88,90
Überleitstelle Thun Nord					
Auflösung Bahnübergang Toffen - Stengelenstr.					
Auflösung Bahnübergang Kaufdorf - Bützmat					
Auflösung Bahnübergang Kaufdorf - Rohrmatt					
Auflösung Bahnübergang Uetendorf - Postgässli					
Gesamtkosten			CHF 0,00	CHF 48,84	CHF 137,74

Welche Umleitungsszenarien bei akuten Störungsfällen beziehungsweise bei geplanten Behinderungen durch Bauarbeiten auf der Hauptstrecke können über das Gürbetal und darüber hinaus stattfinden?

Zur Bewertung der Kapazitätserweiterungen können sämtliche Umleitungsszenarien in Tabelle 25 miteinander verglichen werden. Es wird der betriebliche Nutzen jedes Szenario dargestellt. Gemessen wird dies an der verfügbaren Umleitungskapazität, den möglichen Ausfällen oder Verspätungen sowie an den Fahrzeitdifferenzen im Vergleich zum Regelverkehr. Anschließend werden die jeweiligen Investitionskosten der Varianten gegenübergestellt, um eine nachvollziehbare Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

Tabelle 25: Variantenvergleich Umleitungsverkehr

Variante:			1.2	1.3	1.4	1.6	3.4	3.2	1.5	2.2	3.3
Bezeichnung:			Ad-Hoc Umleitung PV	Ad-Hoc Umleitung GV	Ad-Hoc Umleitung Richtungsverkehr	Ad-Hoc Umleitung Nacht	Ad-Hoc Umleitung Nacht	Ad-Hoc Umleitung PV+GV	Planmäßige Sperr	Planmäßige Sperr	Planmäßige Sperr
Angebot:											
S3/31	Richtung Thun	Ausfall Zug	Nein	Nein	Nein	-	-	Nein	Nein	S31	Nein
		Ausfall Halt	Nein	Nein	Nein	-	-	Nein	Nein	Nein	Nein
		Abfahrtszeit	8min	0min	0min	-	-	8min	7min	7min	7min
		Fahrzeitdif.	0min	0min	0min	-	-	0min	0min	0min	0min
	Richtung Bern	Ausfall Zug	Nein	Nein	Nein	-	-	Nein	Nein	S31	Nein
		Ausfall Halt	Nein	Nein	Nein	-	-	Nein	Nein	Nein	Nein
		Abfahrtszeit	0min	6min	2min	-	-	10min	-7min	-7min	-7min
Fahrzeitdif.		0min	+1min	0min	-	-	0min	0min	0min	0min	
S4/44	Richtung Thun	Ausfall Zug	Nein	Nein	Nein	-	-	GV oder SB	Nein	Nein	Nein
		Ausfall Halt	Nein	Nein	Nein	-	-	Nein	Thurnen Seftigen	Thurnen	Thurnen
		Abfahrtszeit	9min	2min	0min	-	-	6min	-6min	-7min	-6min
		Fahrzeitdif.	+7min	+ 6 - 9min	+4min	-	-	+2min	+4min	+4min	+1min
	Richtung Bern	Ausfall Zug	Nein	Nein	Nein	-	-	GV oder SB	Nein	Nein	Nein
		Ausfall Halt	Nein	nein	Nein	-	-	Nein	Thurnen Seftigen	Burgistein	Thurnen
		Abfahrtszeit	0min	18min	10min	-	-	9min	1min	3min	3min
Fahrzeitdif.		+10min	+13min	+4min	-	-	+2min	+3min	+3min	+2min	
IC - Trassen	Richtung Thun		4	-	4 (Verkehren über Aaretal)	-		4	4	4	4
	Richtung Bern		4	-	4	-		4	4	4	4
GV-Trassen	Richtung Thun		-	3	4 (Verkehren über Aaretal)	1	4	1	-	-	-
	Richtung Bern			3	2	4	4	1	-	-	-
Bermerkungen									Kreuzungszeit & Fahrzeitreserve gering		
Infrastruktur			[Mio]	[Mio]	[Mio]			[Mio]	[Mio]	[Mio]	[Mio]
Blockverdichtung			CHF 2,20	CHF 2,20	CHF 2,20			CHF 2,20	CHF 2,20		CHF 2,20
Thurnen Süd								CHF 3,65	CHF 3,65	CHF 3,65	CHF 3,65
Seftigen								CHF 46,64		CHF 46,64	CHF 46,64
DS							CHF 88,90	CHF 88,90			CHF 88,90
Überleitstelle Thun Nord			CHF 6,69	CHF 6,69	CHF 6,69			CHF 6,69	CHF 6,69	CHF 6,69	CHF 6,69
Auflösung Bahnübergang Toffen - Stengelenstr.				CHF 3,00							
Auflösung Bahnübergang Kaufdorf - Bützmat			CHF 3,00	CHF 3,00	CHF 3,00			CHF 3,00			
Auflösung Bahnübergang Kaufdorf - Rohrmatt			CHF 3,00	CHF 3,00				CHF 3,00			
Auflösung Bahnübergang Uetendorf - Postgässli									CHF 3,00		CHF 3,00
Gesamtkosten			CHF 14.89	CHF 17.89	CHF 11.89	CHF 0.00	CHF 88.90	CHF 154.08	CHF 15.54	CHF 56.98	CHF 151.00

Ohne weitere Investitionskosten können bereits alle Gütertrassen des AS2035 in der Nacht umgeleitet werden (siehe Variante 1.6 in Tabelle 25). Dies ist in Verbindung mit dem fehlenden Personenverkehr und mit der Umleitung von drei Trassen über das Emmental möglich. Alle weiteren Umleitungsszenarien benötigen beginnend von der Erneuerung des Bahnhofs Thurnen Infrastrukturerweiterungen.

Thurnen:

Die Erneuerung des Bahnhofes Thurnen, die Überleitstelle Thun Nord und die Blockverdichtung zwischen Seftigen und Uetendorf bilden die Grundlage für den Umleitungsverkehr aus dem Aaretal. Durch diese Kreuzungsstelle können bereits die Varianten 1.2, 1.3, 1.4 realisiert werden. Da in diesen Varianten eine Kreuzung für Zügen von nur 220m stattfindet ist eine Erweiterung auf 420m grundsätzlich nicht notwendig. Diese Erweiterung ermöglicht allerdings Variante 1.5 und längerfristig bietet die Erweiterung der Kreuzungslänge die Möglichkeit für das Kreuzen von zwei IC und ist die Grundlage für Variante 2.2. Die Investitionskosten belaufen sich je nach Notwendigkeit der Auflösung von Bahnübergängen auf 11 bis 18Mio CHF. Wichtig anzumerken ist, dass die Variante 1.5 aufgrund der kurzen Kreuzungszeiten der IC und der verringerten Fahrzeitreserven in der Realität schwer umzusetzen ist. Mehr betriebliche Stabilität wird durch die Erweiterungen zu Variante 2.2 und 3.3. erlangt.

Seftigen:

Die Erneuerung des Bahnhofs Seftigen als Kreuzungsstelle ermöglicht schlussendlich die Variante 2.2 für den planmäßigen Umleitungsverkehr und zusätzlich das Angebot „S-Bahn 2040“ in der Variante 2.1 in Tabelle 24. Die Kosten für die Neugestaltung des Bahnhofs Seftigen, welcher ohnehin aufgrund der notwendigen Bahnsteigverlängerung erneuert werden muss, belaufen sich auf 47Mio CHF.

Zweigleisiger Ausbau Thurnen Süd – Seftigen:

Bei den Varianten 1.2 und 1.3 ergeben sich für die S4/44 aufgrund der Kreuzungen mit IC und Güterverkehr Fahrzeitverlängerungen von bis zu 13min. Ein zweigleisiger Ausbau ermöglicht eine fliegende Kreuzung, was eine Verringerung der Fahrzeiten zur Folge hat. Weitere Argumente für diese Erweiterung sind zum einen, dass ein Neubau der Gürbebrücke zur Erhöhung der Traglast in diesem Abschnitt notwendig ist. Auf längere Sicht ist es sinnvoll diese Brücke bereits für zwei Gleise zu dimensionieren. Zum anderen können die derzeit häufiger vorkommenden Verspätungen der S4/44 in Richtung Thun aufgrund der fehlenden Flexibilität im eingleisigen Bereich verringert werden. Weiters können auch Güterzüge im Bereich zwischen Kaufdorf und Uetendorf kreuzen, was die Varianten 3.2 und 3.4 ermöglicht. Die Kosten für den Bau des zweigleisigen Abschnitts belaufen sich auf 90Mio CHF.

Wie unterscheiden sich mögliche Varianten in Bezug auf zeitlicher und monetärer Umsetzung?

Abschließend lässt sich sagen, dass durch den Neubau des Bahnhofs Thurnen Süd, der Überleitstelle Thun Nord und die Blockverdichtung zwischen Seftigen und Uetendorf eine wesentliche Kapazitätserhöhung der Gesamtstrecke einher geht und ein Großteil der Züge aus dem Aaretal auf Basis des AS 2035 umgeleitet werden können. Die Abb. 33 zeigt, dass diese Projekte inklusive der Auflösungen von Bahnübergängen bis 2035 umgesetzt werden müssen. Dabei werden die Varianten 1.1 - 1.5 ermöglicht und die Investitionskosten belaufen sich je nach Notwendigkeit der Auflösung von Bahnübergängen auf 11 bis 18Mio CHF. Wichtig anzumerken ist, dass es sich dabei nur um die Erweiterungen der bestehenden Projekte Thurnen Süd und Thun Nord handelt.

Die Erweiterung des Bahnhofs Seftigen und der zweigleisige Ausbau ergeben neben der Erfüllung von TSI-Richtlinien aufgrund der Bahnsteiglänge und der Erweiterung der Streckenklasse auch wesentliche betriebliche Vorteile und die notwendige Kapazität für das Konzept „S-Bahn 2040“. Für das Konzept und für die Umleitungsvariante 2.2 ist der Neubau des Bahnhofs Seftigen bis zum Jahr 2040 umzusetzen, wobei die Kosten sich auf 47Mio CHF belaufen.

Der zweigleisige Ausbau zwischen Thurnen Süd und Seftigen optimiert schlussendlich das Konzept „S-Bahn 2040“ und ermöglicht die Varianten 3.2 – 3.4. Dabei kommen noch weitere Investitionskosten von 90Mio CHF hinzu. Inwiefern die beiden letztgenannten Projekte einzeln, oder in Kombination umgesetzt werden, kann auf Basis der ausgearbeiteten Varianten und einer Kosten-Nutzen-Analyse entschieden werden.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass bereits mit vergleichsweise geringem finanziellem Aufwand wesentliche Kapazitäten für den internationalen Umleitungsverkehr geschaffen werden können. Aufbauend darauf ermöglichen weiterführende Investitionen eine Optimierung der Betriebsqualität sowie die vollständige Umsetzung des Konzepts „S-Bahn 2040“. Damit wird deutlich, dass eine stufenweise Entwicklung nicht nur ökonomisch sinnvoll, sondern zugleich auch verkehrlich zukunftsweisend ist.

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Gürbetalbahn (https://www.sbb.ch/de;05.06.2025).....	10
Abb. 2: Siedlungsstruktur (Andrea Schemmel, 2024)	11
Abb. 3: Schematische Darstellung Gürbetalbahn (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017).....	13
Abb. 4: Lichtraumprofil EBV 2 (BAV, 2024).....	14
Abb. 5: Stromabnehmerraum EBV S2 (BAV, 2024)	15
Abb. 6: Linienführung S-Bahnen.....	16
Abb. 7: Bildfahrplan S-Bahnen Gürbetal	16
Abb. 8: Netznutzungsplan 2025 – Bereich Bern - Thun (SBB AG, 2023)	17
Abb. 9: Angebot 2035 (UVEK & BAV, 2021).....	19
Abb. 10: Angebot 2040 (AÖV Kanton Bern, Metron Verkehrsplanung AG, 2022).....	19
Abb. 11: Äquivalente Konizität (Petz, 2022).....	23
Abb. 12: Anteile der Sperrzeit (Pachl, 2018).....	30
Abb. 13: Strecke – Emmental (https://www.sbb.ch/de;01.08.2025)	34
Abb. 14: Variante 1.1 - „S-Bahn 2040“.....	36
Abb. 15: Variante 1.2 - Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr	38
Abb. 16: Variante 1.3 - Ad-Hoc-Umleitung Güterverkehr.....	41
Abb. 17: Variante 1.4 - Eingleisige Verfügbarkeitseinschränkung Aaretal	43
Abb. 18: Taktuhr Bahnhof Bern.....	45
Abb. 19: Variante 1.5 - Planmäßige Sperre Aaretal.....	46
Abb. 20: Variante 1.6 - Ad-Hoc-Umleitung Nacht	48
Abb. 21: Thurnen - Personenverkehr.....	49
Abb. 22: Thurnen - Güterverkehr	50
Abb. 23: Thurnen Nord.....	50
Abb. 24: Bahnhof Seftigen (https://rismobile.sbb.ch , 28.08.2025).....	51
Abb. 25: Variante 2.1 – „S-Bahn 2040“	52
Abb. 26: Variante 2.2 - Geplante Umleitung Personenfernverkehr (15min Takt).....	54
Abb. 27: Variante 3.1 - „S-Bahn 2040“.....	55
Abb. 28 :Variante 3.2 - Ad-Hoc-Umleitung Personenfernverkehr & Güterverkehr	57
Abb. 29: Taktuhr Bahnhof Bern.....	59
Abb. 30: Variante 3.3 - Planmäßige Sperre Aaretal.....	60
Abb. 31: Variante 3.4: Ad-Hoc Umleitung Güterverkehr – Nacht	61
Abb. 32: Übersicht Infrastrukturerweiterungen	62
Abb. 33: Zeitliche Abfolge der Bauarbeiten	67
Abb. 34: SIA 112 – Planungsphasen (Girmscheid, 2016)	67

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Rollmaterial.....	18
Tabelle 2: Zulässiges Rollmaterial	18
Tabelle 3: TSI-Verkehrscodes für den Personenverkehr.....	21
Tabelle 4: TSI-Verkehrscodes für den Güterverkehr	21
Tabelle 5: TSI - Gleisabstand.....	22
Tabelle 6: Bahnsteignutzlängen Gürbetal (Netzentwicklung Konzepte BLS, 2017).....	25
Tabelle 7: Grenzwerte für den A-bewerteter, äquivalenter Dauerschallpegel.....	27
Tabelle 8: Fahrzeitreserven.....	28
Tabelle 9: Haltezeiten und Haltezeitzuschlag.....	29
Tabelle 10: Sperrzeitenrechnung Uetendorf - Seftigen 1 (B2-D328).....	30
Tabelle 11: Sperrzeiten Thun-Bern.....	31
Tabelle 12: Sperrzeiten Bern-Thun.....	31
Tabelle 13: Rollmaterial	32
Tabelle 14: Umleitungsszenarien Emmental 2034 - 2035	35
Tabelle 15: Aufenthalte der IC in Bern und Thun.....	37
Tabelle 16: Rahmenplan Thurnen Süd.....	65
Tabelle 17: Rahmenplan Kreuzungsbahnhof Seftigen.....	65
Tabelle 18: Rahmenplan zweigleisiger Ausbau	65
Tabelle 19: Kostenermittlung nach BAV - Blockverdichtung	69
Tabelle 20: Kostenermittlung nach BAV – Überleitstelle Thun Nord.....	70
Tabelle 21: Kostenermittlung nach BAV - Thurnen Süd.....	71
Tabelle 22: Kostenermittlung nach BAV - Bahnhof Seftigen.....	72
Tabelle 23: Kostenermittlung nach BAV - zweigleisiger Ausbau	73
Tabelle 24: Angebotserweiterung „S-Bahn 2040“	75
Tabelle 25: Variantenvergleich Umleitungsverkehr.....	76

Quellen

- Andrea Schemmel, T. K. (2024). *Regionales Gesamtverkehr- und Siedlungskonzept RGKS Bern-Mittelland 2025*. Bern: Regionalkonferenz Bern-Mittelland.
- AÖV Kanton Bern, Metron Verkehrsplanung AG. (2022). *S-Bahn Bern 2040 - Schlussbericht*. Bern: AÖV Kanton Bern, Metron Verkehrsplanung AG.
- Ariane Debyser, K. P. (20. 01 2025). *Europäisches Parlament*. Von <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/135/transeuropaische-netze-leitlinien#:~:text=Mit%20dem%20Vertrag%20von%20Maastricht,wirtschaftlichen%20und%20sozialen%20Zusammenhalt%20st%C3%A4rken.abgerufen>
- BAV. (2016). *IOP-Anforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes*. Bern: BAV.
- BAV. (2023). *Richtlinie Lärmschutz bei Eisenbahnanlagen*. Bern: BAV.
- BAV. (2024). *Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung*. Bern: Bundesamt für Verkehr BAV.
- BAV. (2024). *Leitfaden zur Ermittlung der Kosten von Ausbauten*. Bern: Bundesamt für Verkehr BAV.
- Bessire, K., Fischer, M., & Schwab, R. (2025). *Beilage zur RGSK 2025 und AP 5*. Bern: Kanton Bern.
- Betriebsführung BLS. (2024). *E-Mail-Verkehr zur derzeitigen Durchführung von Umleitungen über das Gürbetal*.
- BLS. (30. 07 2025). *BLS*. Von <https://www.bls.ch/de/unternehmen/ueber-uns/flotte#/abgerufen>
- BLS Cargo. (2024). *Betriebsvorschrift der BLS Cargo AG - VO CS 1000-04*. Bern: BLS Cargo AG, Cargo Sicherheit.
- BLS Netz AG. (23. 08 22). *Netzscreening 09 GTB*.
- Bundesamt für Verkehr. (14. 08 2025). *Schweizer Eidgenossenschaft*. Von <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/allgemeine->

- themen/fachthemen/geoinformation/geobasisdaten/laermbelastungskataster_eisenbahnanlagen.html?utm_source=chatgpt.com abgerufen
- Bundesversammlung, S. (03. 06 2002). *Fedlex - Die Publikationsplattform des Bundesrechts*. Von <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2002/257/de> abgerufen
- CEN. (2005). *Railway applications – Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Testing of running behaviour and stationary tests*. Europäisches Komitee für Normung (CEN).
- CEN. (2013). *Railway applications – Gauges – Part 3: Structure gauges*. Europäisches Komitee für Normung (CEN).
- CEN. (2022). *EN 15528: Railway applications – Line categories for managing the interface between load limits of vehicles and infrastructure*. Europäisches Komitee für Normung (CEN).
- CEN. (2022). *Railway applications – Track – Track geometry quality – Part 5: Geometric quality levels*. Europäisches Komitee für Normung (CEN).
- Der Schweizerische Bundesrat. (2025). *Lärmschutzverordnung*. Bern: Der Schweizerische Bundesrat.
- Durchführung Betrieb BLS. (20. 9 2024). E-Mail Verkehr zu bestehende Umleitungskonzepte Gürbetal.
- Eder, T., & Zeilstra, P. (2016). *IOP-Anforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes*. Bern: Bundesamt für Verkehr.
- Europäische Eisenbahnagentur. (2015). *Leitfaden zur Anwendung der TSI*. Valenciennes: Europäische Eisenbahnagentur.
- Europäische Kommission. (2014). *VERORDNUNG (EU) Nr. 1299/2014 DER KOMMISSION vom 18. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission. (2014). *VERORDNUNG (EU) Nr. 1304/2014 DER KOMMISSION vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Girmscheid, G. (2016). *Projektabwicklung in der Bauwirtschaft - prozessorientiert*. Lenzburg: Springer Vieweg.
- Holzfeind, J., Liu, J., & Pospischil, F. (2025). *Handbuch Eisenbahninfrastruktur*. Berlin: Springer.
- Infrastruktur, Konzepte und Netzplanung SBB. (17. 12 24). E-Mail Verkehr zum Thema Dienststrassen.
- Kanton Bern. (05. 06 2025). Von Kanton Bern - Raumplanung: <https://www.raumplanung.dij.be.ch/de/start/kantonaler-richtplan/erlaeuterungen.html> abgerufen
- Künzli, B., Unterberger, S., Wieland, T., & Mann, M. (2023). *Planungsgrundlagen Fahrplan SBB*. SBB CFF FFS.
- Maschek, U. (2013). *Sicherung des Schienenverkehrs*. Wiesbaden: Springer.
- Menius, R., & Matthews, V. (2017). *Bahnbau und Bahninfrastruktur*. Wiesbaden: Springer.
- Michel, B., Wyss, M., & Bessire, K. (2024). *RGSK Thun-Oberland West*. Thun: Entwicklungsraum Thun.
- Netzentwicklung Konzepte BLS. (2017). *Streckenkonzept GTB*. Bern: BLS.
- openrailwaymap*. (22. 01 2025). Von <https://openrailwaymap.org/> abgerufen
- Pachl, J. (2018). *Systemtechnik des Schienenverkehrs*, 9. Auflage. Wiesbaden: Springer.
- Petz, M. (2022). *Spurführungstechnik*. Wien: Technische Universität Wien.
- Reinke, P., & Ravn, S. (2006). *AERODYNAMISCHE FRAGESTELLUNGEN BEI TUNNELN UND GESCHLOSSENEN STATIONEN AM BEISPIEL DES TRANSRAPID-Projektes in München*. Schweiz: HBI Haerter AG.
- SBB. (2024). *Streckentabelle RADN*. SBB CFF FFS.
- SBB AG. (2023). *Netznutzungsplan 2025*. Bern: SBB CFF FFS.
- SBB CFF FFS. (2018). *Technischer Netzzugang: Regelung Strecken mit Radien R<250m (Prüfbericht 5)*. Regelwerk SBB.
- Schnieder, L. (2015). *Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr*. Niedersachsen: Springer Vieweg.

- Schweizerischer Bundesrat. (2024). *Eisenbahn-Netzzugangsverordnung*. Bern: Schweizer Eidgenossenschaft.
- Spang, K. (2016). *Projektmanagement von Verkehrsinfrastrukturprojekten*. Berlin: Springer Vieweg.
- UVEK & BAV. (2021). *Netznutzungskonzept zum Ausbauschnitt 2035 der Eisenbahninfrastruktur*. Bern: UVEK & BAV.
- Wyder, D. (2018). *Lötschberg Basistunnel*. Bern: BLS AG.