



Fakultät für Bauingenieurwesen
Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich für Eisenbahnwesen,
Seilbahnen und Verkehrswirtschaft

Analyse der Fahrzeiten und Umsteigebeziehungen im Südtiroler Schienenpersonennahverkehr vor und nach Inbetriebnahme des Brennerbasistunnels

Diplomarbeit / Master Thesis

unter der Leitung von
Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann
und
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Martin Scheidt

Vorgelegt von

Benno Schmieder, BSc

0926434

Wien, 25. November 2016

Unterschrift

Danksagung

Ich möchte mich sehr herzlich bei Univ.Prof. Dipl-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann bedanken, der mein Interesse für das Eisenbahnwesen bestärkt hat und es mir ermöglichte, meine Diplomarbeit am Forschungsbereich für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen zu schreiben.

Sehr großer Dank gilt meinem Betreuer, Dipl-Ing. Martin Scheidt, der sich mit sehr viel Geduld und Persistenz jederzeit meinen Fragen und Problemen gewidmet und unermüdlich an der Entwicklung meiner Denkprozesse mitgewirkt hat. Während meiner Zeit als Studienassistent standen die Einrichtungen des Instituts jederzeit zur Verfügung und seine MitarbeiterInnen standen mir mit Rat und Tat zur Seite. Besonderer Dank gebührt dafür Dipl-Ing. Johannes Kehrer.

Außerdem möchte ich mich bei Dipl-Ing. Michael Prader und Dipl-Ing. Joachim Dejaco von der Südtiroler Transportstrukturen AG bedanken, die mir dank wertvoller Informationen und Unterlagen die Grundlage und den Anstoß für meine Diplomarbeit gaben.

An dieser Stelle will ich mich bei meinen Freunden und UniversitätskollegInnen Maximilian, Stefan, Felix, Michael, Barbara, Julia und vielen anderen bedanken. Dank ihnen habe ich in Wien ein neues Zuhause gefunden. Gemeinsam haben wir uns den Herausforderungen gestellt, manch schwierige Entscheidung getroffen, Hindernisse und Hürden überwunden.

Zuletzt möchte ich meiner Familie einen großen Dank aussprechen, besonders meinen Eltern, die mich aus der Ferne stets unterstützt, gefördert, motiviert, meine Diplomarbeit Korrektur gelesen und es es ermöglicht haben, dass ich auch abseits der Universität Interessen entwickeln und pflegen konnte.

Kurzfassung: Das Eisenbahnnetz in Südtirol erfährt in den kommenden Jahren einige Ausbaumaßnahmen. Bis zum Jahr 2019 wird die Riggertalschleife zwischen Brennerbahn und Pustertalbahn realisiert, der Bahnhof Brixen modernisiert und erweitert sowie die Bahnstrecke zwischen Meran und Mals elektrifiziert. Dieses Eisenbahnnetz soll bis zum Jahre 2026 durch den Brenner Basistunnel (BBT) einen weiteren Ausbau erfahren. Mit der Inbetriebnahme des BBT wird auch die Strecke Bozen - Meran zweigleisig sein. Von den Südtiroler Transportstrukturen AG (STA) wurden Fahrzeitenmodelle für das Angebot des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) für die Jahre 2019 und 2026 erstellt. Die Modelle gehen als Eingangsdaten in die Analyse des Angebots ein und stellen den Ist-Zustand im Jahr 2019, sowie die Ausbaustufe im Jahr 2026 dar. Anhand der Fahrzeitenmodelle wurden zwei Linienpläne erstellt, die den Linienverkehr des SPNV auf dem Eisenbahnnetz vor und nach der Eröffnung des BBT grafisch darstellen. Die Linienpläne entsprechen dem Taktangebot der Linien in der Region. Die durch den BBT verkehrenden Linien entsprechen dem Fahrzeitenmodell der STA nicht, weil diese darin nicht vorgesehen sind. Die Abfahrtszeiten dieser Züge von Brixen nach Norden bleiben unverändert, während die Ankunftszeiten in Innsbruck aufgrund der neuen Fahrzeiten durch den BBT verändert wurden. Anhand der ermittelten Linienfahrzeiten auf der Hauptstrecke der Brennerbahn und auf den Nebenstrecken ins Pustertal sowie zwischen Bozen - Meran - Mals können Aussagen über die Regelmäßigkeit und die Attraktivität des Taktangebotes getroffen werden. Aufgrund der linienabhängig unterschiedlichen Fahrzeughöchstgeschwindigkeiten und der sich unterscheidenden Anzahl der Zwischenhalte, ist ein einheitliches Taktangebot für die Linien auf der Brennerbahnstrecke nicht gegeben. Die Verknüpfungen der Linien in den Knotenpunkten der Hauptstrecke zu den Nebenstrecken wurden nach dem Prinzip eines Taktfahrplans analysiert. Für einen Integralen Taktfahrplan (ITF) sind regelmäßige Verknüpfungen, Anschlüsse und Umsteigebeziehungen zwischen den Linien unerlässlich. Die Umsteigebeziehungen aus den verschiedenen Richtungen zu unterschiedlichen Linien wurden aufbauend auf die Taktuhren der Ankünfte und Abfahrten dargestellt und analysiert. Die Analyse ergibt, dass die gegebenen Fahrzeitenmodelle dem Prinzip des ITF nicht zur Gänze entsprechen und die erstellten Linienpläne Schwachstellen aufweisen. Die Taktverdichtung auf der Strecke Bozen - Meran kann in den Knoten Bozen und Meran mit allen anderen Linien in einem ITF verknüpft werden. Die Inbetriebnahme des BBT und die Taktverdichtung auf der Strecke Brixen - Innsbruck sind für einen ITF nicht ausreichend. Die Knotenpunkte Brixen und Bozen weisen für die Fahrzeitenmodelle 2019 und 2026 unregelmäßige Linientakte der Hauptstrecke auf. Durch die unregelmäßigen Linientakte und die mangelhafte Verknüpfung der Linien ergeben sich im Bahnhof Brixen nicht erreichbare Umsteigebeziehungen. Verbesserungsvorschläge für die Entschärfung der Schwachstellen reichen von minimalen Verlängerungen der Haltezeiten in Brixen, der Reduzierung von Haltezeiten in Bozen und am Brenner bis zu Taktverschiebungen von Linien

auf der Brenner-Hauptstrecke. Weil die Verknüpfung mancher Linien und deren Umsteigebeziehungen nicht attraktiv angeboten werden können, bedarf es weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen, um die Fahrzeitenmodelle für die Ausbaustufe 2026 zu verbessern und um nach der Inbetriebnahme der neuen Infrastrukturprojekte einen Integralen Taktfahrplan für die gesamte Region anzubieten.

Abstract: Over the coming years the railway network in South Tyrol will be undergoing expansion measures. By 2019 the Riggertal loop, between the Brenner railway line and the Pustertal railway line, will be realized, the Brixen train station will be modernized and expanded and the railway line between Meran and Mals will be made electric. By the year 2026 this railway network is to be expanded through the addition of the Brenner base tunnel (BBT). Through the commissioning of the BBT, the route from Bozen to Meran will also become double-tracked. The Südtiroler Transportstrukturen AG (STA) has created journey time models for the local rail transport (SPNV) for the years 2019 and 2026. These models are entered as input data in the analysis of the offer and represent the actual 2019 state, as well as the expansion stage in 2026. On the basis of the journey time models two line plans were drawn up in which the SPNV's scheduled service on the railway network before and after the opening of the BBT is graphically represented. The timetables correspond to the regular timing of the lines in the region. The lines running through the BBT do not correspond to the journey time model of the STA because they are not planned for. The departure times of these trains heading north from Brixen remain unchanged, whilst the arrival times in Innsbruck change due to the new journey times by the BBT. Based on the determined journey times on the main route of the Brenner railway line and on the secondary routes into the Pustertal as well as between Bozen - Meran - Mals it is possible to make statements about the regularity and attractiveness of the timing schedule. Due of the line-dependent different vehicle speeds and the differing number of stops, there is no uniform timing schedule for the lines on the Brenner track section. The linkages of the lines at the intersection of the main route to the secondary routes were analyzed according to the principle of a timing schedule. For an Integral Timing Schedule (ITF), regular links, connections and transfer connections between the lines are essential. The transfer connections from the different directions to different lines were presented and analyzed according to the schedule hub clocks of the arrivals and departures. The analysis shows that the given journey time models do not correspond completely to the principle of the ITF and the line plans created have weak points. The schedule consolidation on the route Bozen - Meran can be linked to all the other lines in an ITF in the Bozen and Meran intersections. The commissioning of the BBT and the timing densification on the Brixen - Innsbruck route are not sufficient for an ITF. The intersections Brixen and Bozen show irregular line speeds of the main route for the journey travel models 2019 and 2026. Due to the irregular line scheduling and the poor connection of the lines, the Brixen train station is not accessible. Improvement proposals for defusing the weak points range from minimal extensions of the holding times in Brixen, reduction of holding times in Bozen and at the Brenner shifts in the timing schedule of lines on the Brenner main section. Because the connection of some lines and their transfer conditions can not be offered attractively, further scientific research is needed to improve the travel time models for the expansion stage 2026 and to offer an integral timing schedule for the entire region after commissioning the new infrastructure projects.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	11
1.1. Örtlichkeit	11
1.2. Gegenstand	13
1.3. Fragestellung	13
1.4. Fachspezifischer Rahmen	14
1.5. Grundlagen für das Angebot im SPNV	15
1.5.1. Fahrplantakt	15
1.5.2. Fahrzeit	18
1.5.3. Fahrplanstabilität	18
2. IST-Zustand-2019	20
2.1. Infrastruktur	20
2.1.1. Strecken	20
2.1.2. Knoten	22
2.2. Linienplan	23
2.3. Fahrzeit und Takt der Linienabschnitte	24
2.4. Linientakt	28
2.5. Demonstrationsbeispiel an einem fiktiven Knoten	29
2.5.1. Linienführung	29
2.5.2. Umsteigebeziehungen	31
2.6. Knoten Brixen	32
2.6.1. Linienführung	32
2.6.2. Umsteigebeziehungen	33
2.7. Knoten Bozen	35
2.7.1. Linienführung	35
2.7.2. Umsteigebeziehungen	36
3. Ausbaustufe-2026	38
3.1. Infrastruktur	38
3.1.1. Strecken	38
3.1.2. Knoten	38
3.2. Linienplan	39
3.3. Fahrzeit und Takt der Linienabschnitte	41
3.4. Linientakt	44
3.5. Knoten Brixen	46
3.5.1. Linienführung	46
3.5.2. Umsteigebeziehungen	47
3.6. Knoten Bozen	49
3.6.1. Linienführung	49
3.6.2. Umsteigebeziehungen	50
4. Zusammenfassung	52
4.1. Linienplan	52
4.2. Fahrzeit und Takt der Linienabschnitte	52
4.3. Linientakt	56

4.4. Knotenfahrzeiten	57
4.5. Knoten Brixen	57
4.5.1. Linienführung	57
4.5.2. Umsteigebeziehungen	59
4.6. Knoten Bozen	60
4.6.1. Linienführung	60
4.6.2. Umsteigebeziehungen	63
5. Fazit	64
6. Ausblick	67
6.1. Organisatorische Maßnahmen	67
6.2. Bauliche Maßnahmen	67
6.3. Betriebliche Maßnahmen	68
Glossar	72
Anhang	
A. Eingangsdaten	75
B. Tabellen - Fahrzeiten	78

1. Einleitung

1.1. Örtlichkeit

Das Land Südtirol befindet sich in der norditalienischen Region Trentino-Südtirol und grenzt im Norden und Osten an Österreich und im Westen an die Schweiz. Die Topographie des Landes, auch als Provinz Bozen bezeichnet, ist durch die Alpen bestimmt. Im Norden des Landes bildet der Brennerpass den Übergang von südalpinem zu nordalpinem Raum. Dieser niedrige Alpenpass stellt eine hochfrequentierte Nord-Süd-Achse für Güter, Waren und Personenverkehr in Europa dar. Die steile Bergstrecke über den Brennerpass hat eine häufige Abfolge von engen, gegenläufigen Bogenradien und stellt eine Herausforderung im Betrieb dar. Die Herausforderung ergibt sich aus den beengten Platzverhältnissen und den großen Streckensteigungen der historischen Eisenbahnverkehrsinfrastruktur.

Die bestehende Eisenbahnstrecke über den Brennerpass soll um einen neuen Basistunnel erweitert werden, um die Reisegeschwindigkeit für Züge zu erhöhen. Höhere Geschwindigkeiten bedürfen großer Bogenradien und geringer Steigungen. Der Brenner Basistunnel (BBT) zwischen Franzensfeste und Innsbruck wird derzeit als flacher alpenquerender Tunnel realisiert und soll im Jahre 2026 in Betrieb gehen. Mit dem Bau des BBT geht auch die Planung der südlichen Zulaufstrecke zwischen Waidbruck und Franzensfeste einher. Der Eröffnungstermin dieser Zulaufstrecke ist derzeit noch unbekannt.

Weil das BBT-Projekt Teil eines europäischen Eisenbahnverkehrsnetzes ist, verkehren Züge des Fernverkehrs über die Provinz- und Landesgrenzen hinaus. Die Inbetriebnahme des BBT wird den Eisenbahnverkehr auf der Nord-Süd-Achse zwischen Österreich und Italien verändern. Als Folge der Veränderung im grenzüberschreitenden Verkehr wird sich ebenfalls der lokale Verkehr auf der Nord-Süd-Achse verändern. Die Änderungen im lokalen Verkehr werden Auswirkungen auf das Angebot im öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) für die gesamte Provinz haben. Dieses Angebot innerhalb der Provinz ist stark an die Nachfrage geknüpft. Die Nachfrage für das Angebot wird durch die Struktur des Gebietes bestimmt. Die demografische Struktur der Provinz Bozen ist aufgrund der Lage in den Alpen stark ländlich geprägt (ASTAT, 2015b, S. 48). Von den ca. 520.000 Einwohnern wohnen über 40% in den Städten Bozen, Meran, Brixen, Leifers und Bruneck (ASTAT, 2015a, S. 90). Weil sich das Angebot an Ausbildungsstätten und Arbeitsplätzen vor allem auf die Städte konzentriert, sind diese das Ziel vieler täglicher Fahrten aus den umliegenden Gemeinden. Besonders hoch ist das Verkehrsaufkommen im ÖPNV zwischen den Städten Brixen, Bozen und Meran (ASTAT, 2007, S. 159). Das ÖPNV-Angebot zwischen diesen Städten ist von steigender Nachfrage bestimmt. Steigende Kundennachfrage ist auch im schienengebundenen ÖPNV zwischen der Nachbarprovinz Trient und der Stadt Bozen festzustellen. (ASTAT, 2016, S. 36) Der Kunde, der die Nachfrage an diesen schienengebundenen ÖPNV stellt, wird in weiterer Folge als Fahrgast im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) bezeichnet.

Der Betrachtungsrahmen der Provinz Bozen wird daher auf eine Region ausgeweitet, innerhalb welcher die Züge des Südtiroler SPNV die Verknüpfungspunkte mit anderen Bahnstrecken anfahren. Die Verknüpfungspunkte sind Innsbruck, Lienz und Verona.

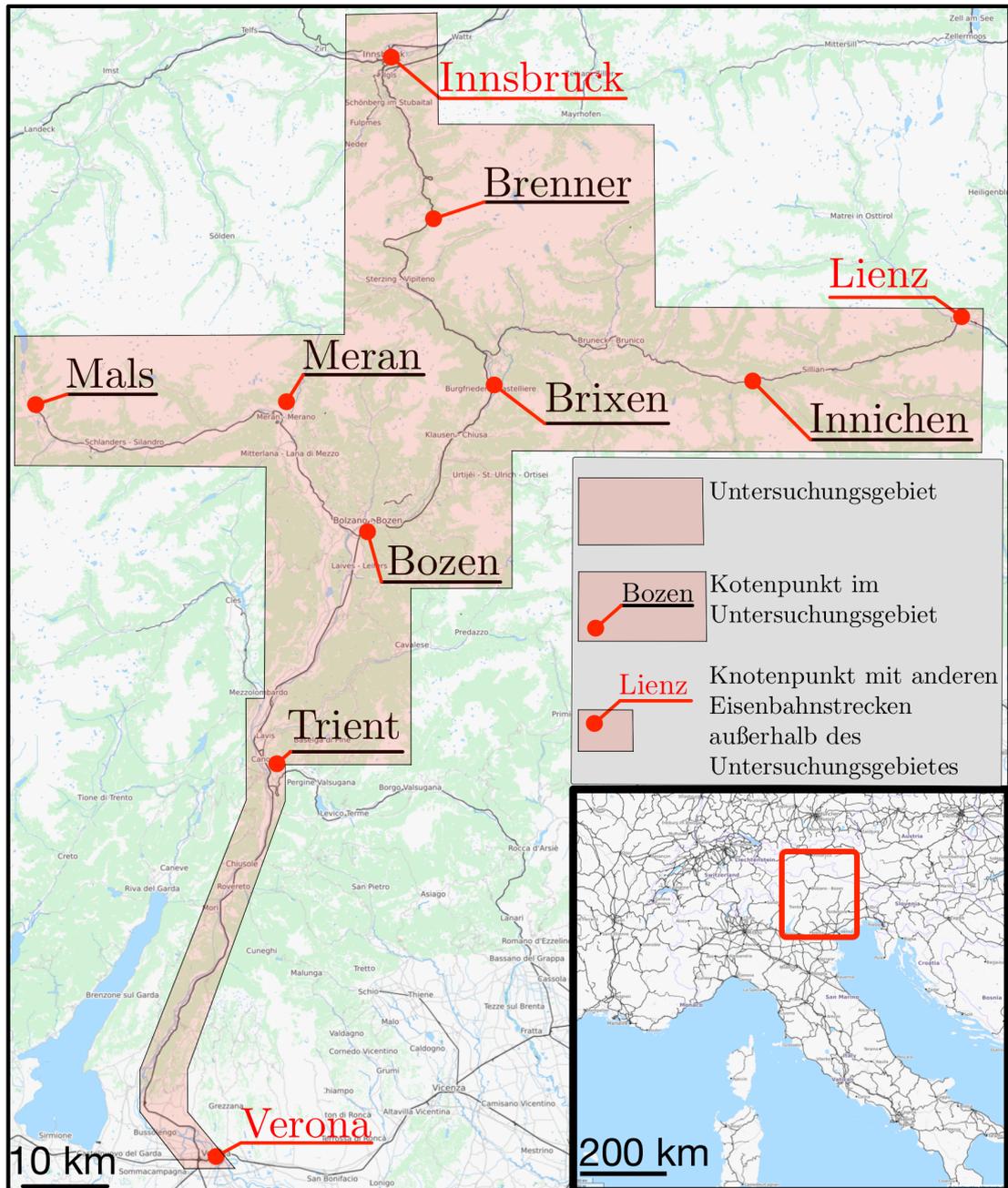


Abbildung 1: Übersichtsplan (OSM, 2016)

Die Angebotsannahme durch den Fahrgast innerhalb der Region wird von Verbesserungen oder Verschlechterungen im Angebot beeinflusst.

1.2. Gegenstand

Durch gegebene Fahrzeitenmodelle zu unterschiedlichen Ausbaustufen des Eisenbahnnetzes vor und nach der Inbetriebnahme des BBT wird das Angebot im SPNV festgelegt. Die unterschiedlichen Fahrzeitenmodelle wurden von Südtiroler Transportstrukturen AG (STA) zu verschiedenen Infrastrukturausbaustufen berechnet und zur Verfügung gestellt und sind im Anhang beigelegt. Die bereitgestellten Fahrzeitenmodelle bilden die Ausgangssituation der Analyse. Der Zustand der Infrastruktur und das dazugehörige SPNV-Angebot im Jahre 2019 gelten in weiterer Folge als IST-Zustand. Durch Ausbaumaßnahmen, u.a. die Inbetriebnahme des BBT und durch andere kleinräumige Ausbauten geht der IST-Zustand-2019 in die Ausbaustufe-2026 über. Kleinräumige Ausbauten sind hauptsächlich zwischen Meran und Bozen und im Bahnhof Bozen vorgesehen.

Nördlich von Brixen zweigt bei Vahrn die Nebenstrecke in das Pustertal ab. Weiter nördlich, in Franzensfeste, erfolgt die Abzweigung der Hauptstrecke in den BBT. Durch die Abzweigungen entlang der Hauptstrecke der Brennerbahn eröffnet sich in Brixen eine ansprechende Möglichkeit, die Umstiege in unterschiedliche Richtungen erlaubt. Ein Umsteigen in unterschiedliche Richtungen ist auch in Bozen möglich. Deshalb ist ebenfalls der Bahnhof Bozen für den Fahrgast von großer Bedeutung. Für den SPNV ist eine Netzerweiterung eine Möglichkeit, die Qualität der öffentlichen Dienstleistung, das Fahrplanangebot und die Akzeptanz des ÖPNV auf der Schiene von Seiten des Fahrgastes zu erhöhen.

Daher soll nach Analyse der Netzerweiterung folgende Frage untersucht werden:

1.3. Fragestellung

Welches Angebot im SPNV ist nach Inbetriebnahme des BBT in der Region möglich?

Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurden folgende Hypothesen aufgestellt.

- HYPOTHESE 1: Wenn der BBT eröffnet ist, ist auf der parallelen Bestandsstrecke durch freiwerdende Trassen eine Taktverdichtung möglich.
- HYPOTHESE 2: Durch Inbetriebnahme des BBT ist ohne zusätzliche Zulaufstrecken eine Taktverdichtung nicht erreichbar.
- HYPOTHESE 3: Taktknoten in Brixen und in Bozen sind realisierbar.
- HYPOTHESE 4: Ein Integraler Taktfahrplan ist in der Region möglich.

Die Hypothesen zur Beantwortung der Fragestellung bedürfen thematischer Eingrenzungen, die im fachspezifischen Rahmen und in den Grundlagen des Angebots im SPNV angeführt sind.

1.4. Fachspezifischer Rahmen

Berücksichtigt wird nur der Personenverkehr, welcher vor und nach dem Ausbau der Infrastruktur auf dem Eisenbahnnetz der Region verkehren wird. Auf dem Eisenbahnnetz existieren regelmäßige Verkehrsverbindungen zwischen bestimmten Anfangs- und Endpunkten. Der saisonale Verkehr wird dabei nicht berücksichtigt.

Ist es möglich, dass Fahrgäste an bestimmten Haltestellen ein- und aussteigen können, spricht man von einer Linie (Wiedemann, 2006, S. 124).

Die Verkehrsnachfrage des Linienverkehrs stellt dabei der Fahrgast, welcher Nutzer des öffentlichen Verkehrsmittels ist (Wiedemann, 2006, S. 75). Der Fahrgast ist in dieser Hinsicht nicht nur Nutzer, sondern auch Kunde eines Verkehrsunternehmens. Die Verkehrsmittel für die Verkehrsverbindung des SPNV sind überwiegend dazu bestimmt, die Verkehrsnachfrage im Stadt-, Vorort- oder Regionalverkehr zu befriedigen.

Bei über 97 % (ASTAT, 2007, S. 29) der Nutzer eines Verkehrsmittels überschreitet die gesamte Reiseweite nicht die 50 Kilometer oder eine gesamte Reisezeit von einer Stunde (60 min) (Wiedemann, 2006, S. 137). Die Reiseweite impliziert aufgrund der Entfernung eine begrenzte Region. Innerhalb dieser Region wird das Verkehrsangebot als Regionalverkehr bezeichnet (Wiedemann, 2006, S. 148).

Durch die Inbetriebnahme des BBT in der Ausbaustufe-2026, ergibt sich durch die höhere Streckengeschwindigkeit zwischen Brixen und Innsbruck eine kürzere Fahrzeit.

Bei angenommener gleichbleibender Reisezeit ermöglicht eine höhere Geschwindigkeit eine größere Reichweite. Die tägliche Gesamtreisezeit, also das durchschnittliche tägliche Mobilitätszeitbudget, hat sich beispielsweise österreichweit innerhalb der letzten Jahrzehnte kaum verändert (Ostermann und Rollinger, 2016, S. 18). Die Mobilitätszeit ist die Zeit, welche ein Einwohner täglich bereit ist, um Ortsveränderungen durchzuführen (Ostermann und Rollinger, 2016, S. 18). Für die Mobilitätszeit wird die Annahme getroffen, dass sie über einen Zeitraum von 10 Jahren konstant bleibt. Dem Prinzip der konstanten Mobilitätszeit zufolge wird in der Ausbaustufe-2026 die Reiseweite des SPNV (Gesamtreisezeit = 60 min) von Innsbruck in die untersuchte Region größer sein als die erreichte Reiseweite im IST-Zustand-2019.

Die erreichte Reiseweite ist nicht nur abhängig von der Gesamtreisezeit, sondern wird auch von der Zugänglichkeit des SPNV-Systems für den Fahrgast beeinflusst. Ausschlaggebend für den einfachen Zugang zum Verkehrsmittel ist ein einheitliches Tarifsystem. Das Tarifsystem legt das Entgelt des Fahrgastes für die in Anspruch genommene Dienstleistung fest. Heute ist noch nicht absehbar, ob nach Inbetriebnahme des BBT ein neuer, heute noch nicht existierender gemeinschaftlicher Tarifverbund innerhalb der Region gegründet wird. Aus diesem Grund werden die Tarife und Tarifsysteme für den Fahrgast nicht weiter behandelt. Angenommen wird, dass ein einheitlicher Tarifverbund für die Region möglich ist.

Nach Festlegung der Abgrenzungen werden im Folgenden die Grundlagen beschrieben, welche zur Beantwortung der Fragestellung notwendig sind.

1.5. Grundlagen für das Angebot im SPNV

1.5.1. Fahrplankontakt

Über 81 % (ASTAT, 2016, S. 34) der Fahrgäste des SPNV sind Pendler, welche in der Regel zum Zweck der Berufsausübung oder Ausbildung regelmäßig mit Verkehrsmitteln verkehren. Sie wechseln regelmäßig von ihrem Wohnort zum Beschäftigungs- oder Ausbildungsort und zurück. Regelmäßiges Fahrgastverhalten des Pendlers bedeutet täglicher, meist werktäglicher Ortswechsel (Wiedemann, 2006, S. 139). Regelmäßiges Fahrgastverhalten weisen ebenfalls Pendler auf, welche zu Wochenbeginn und Wochenende den Ort wechseln; diese werden als Wochenpendler bezeichnet. Die Regelmäßigkeit des Angebots wird durch einen Fahrplan festgelegt. Dieser Fahrplan wird durch einen Aushang bekannt gemacht und legt die zeitliche und räumliche Ordnung des Fahrangebots fest. Die Fahrpläne, welche für den Linienverkehr veröffentlicht werden, müssen die Führung der Linie mit deren Anfangs- und Endpunkt enthalten. Unabdingbar sind dabei die dazwischen liegenden Haltestellen und die jeweiligen Abfahrtszeiten (Wiedemann, 2006, S. 78). Aus den Abfahrtszeiten kann durch Subtraktion auf die Fahrzeit zwischen den Haltestellen geschlossen werden. Verkehren Züge einer Linie in einem vorgegebenen zeitlichen Abstand, so nennt man diesen Abstand Taktzeit. Die Linie, deren Züge im Abstand der vorgegebenen konstanten Taktzeit im Fahrplan eingelegt sind, nennt man eine vertaktete Linie. Können alle Züge einer vertakteten Linie in ein systematisch aufgebautes Fahrplangefüge eingelegt werden, spricht man von einem Taktfahrplan (Pachl, 2013, S. 197).

Im Bereich der Eisenbahn ist der Verkehr in einem Taktfahrplan eine Verkehrsleistung, welche mindestens viermal am selben Tag grundsätzlich zur gleichen Minute durchgeführt wird. Diese Verkehrsleistung wird grundsätzlich auf derselben Strecken durchgeführt und in einem zeitlichen Abstand von höchstens zwei Stunden (Wiedemann, 2006, S. 166). Die üblicherweise vorgegebenen Taktzeiten im Fahrplan des Regional- und Fernverkehrs sind 30', 60', und 120'. Die vorgegebenen üblichen Taktzeiten bei Stadtschnellbahnen reduzieren sich auf einen Bereich zwischen 5' und 20' (Pachl, 2013, S. 197). Bei einem System von mehreren vertakteten Linien kann man von einem Liniennetz sprechen. Die Anschlüsse zwischen den einzelnen Linien eines Liniennetzes sind nicht zwingend aufeinander abgestimmt. Ist es jedoch möglich die einzelnen Linien an Knotenpunkten miteinander zu verknüpfen und Anschlüsse abzustimmen, entsteht ein Integraler Taktfahrplan (ITF). In einem ITF sind die Anschlussverbindungen einzelner Linien so miteinander verknüpft, dass während eines Haltes an einem ITF-Knoten zwischen allen Linien gleichzeitig umgestiegen werden kann. Ein ITF stellt zusätzliche Anforderungen an die Fahrplankonstruktion (Pachl, 2013, S. 197). Eine Randbedingung des ITF ist unter anderem, dass der zeitliche Abstand zwischen den Begegnungspunkten von zwei Zügen aus zwei Richtungen die halbe Taktzeit ist. Auf eingleisigen Strecken führen die Begegnungspunkte zu Zwangspunkten, die als Taktkreuzung bezeichnet werden. Die Taktzeit ist dabei jene Zeit, welche ein Zug braucht, um zwischen zwei Taktkreuzungen zu verkehren. Aus Gründen der Fahrdynamik kann es nötig sein, dass zwischen zwei Taktkreuzungen die Fahrzeit künstlich gestreckt werden muss. Die Streckung der Fahrzeit erfolgt meist durch Streckung der Wartezeit im Kreuzungspunkt, womit die gesamte Beförderungszeit auf einer Strecke verlängert wird (Pachl, 2013, S. 198).

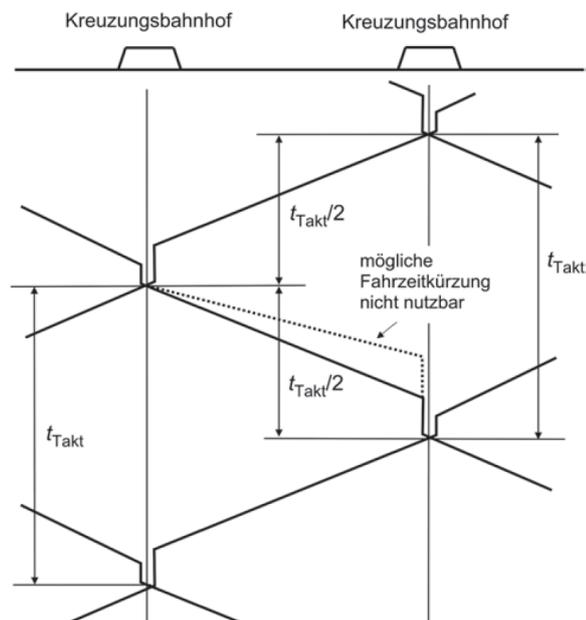


Abbildung 2: Taktzeit
(Pachl, 2013, S. 198)

Zusätzliche Anforderungen an die Infrastruktur einer Strecke entstehen daraus, dass an jedem zweiten Kreuzungsbahnhof gleichzeitig Taktkreuzungen stattfinden. Sind an einer Strecke mehr als zwei Taktkreuzungen vorgesehen, so führt das bei zentralisierter Betriebsführung zu einer sehr ungleichmäßigen Belastung des Fahrdienstleiters. Demzufolge kann es Aufgabe des Fahrdienstleiters sein, die Ausfahrstraßen der Zugsicherung bei einer Kreuzung erst nach Auflösung der Einfahrstraßen aus der Gegenrichtung einzustellen. Somit kann es zu Engpässen bei der zeitgerechten Eingabe aller Fahrstraßenstellenaufträge kommen (Pachl, 2013, S. 199). Um den Zeitaufwand zur Abwicklung von Taktkreuzungen an einem Knoten zu minimieren, kann eine automatisierte Fahrstraßeneinstellung sein. (Pachl, 2013, S. 199).

Durch die Begrenzung der Aufenthaltszeit eines Zuges in einem Knotenpunkt wird die gesamte Reisezeit auf ein Minimum begrenzt. Die Aufenthaltszeit eines Zuges in einem Bahnhof kann mittels einer Taktuhr dargestellt werden. Eine Taktuhr ist eine analoge Uhr, in der die Ankunfts- und Abfahrtszeiten für Züge an einem Knoten durch Pfeile dargestellt sind. Diese Darstellungsform eignet sich besonders für wiederkehrende Ereignisse innerhalb einer Taktzeit T von einer Stunde. Die Zeit zwischen Ankunft und Abfahrt des Zuges einer Linie ist die Aufenthaltszeit.

In Abbildung 3 ist das Beispiel einer Taktuhr eines Knotens dargestellt. Die weitere Verwendung bei der Analyse der Knoten erfolgt an reduzierten Darstellungen einer Taktuhr ohne explizite Angabe der Ankunfts- und Abfahrtszeit der Züge. Ein Zug aus C (hier grün dargestellt) fährt zur Minute 50 in den Knoten ein. Die Einfahrt des Zuges in den Knoten ist durch einen von außen auf die Uhr zeigenden Pfeil dargestellt. Ein

weiterer Zug aus A (hier blau dargestellt) erreicht den Knoten zur Minute 59 und fährt nach einer Aufenthaltszeit von 2' nach B weiter. Die Ausfahrt bzw. Weiterfahrt des Zuges ist durch einen von der Taktuhr nach außen zeigenden Pfeil dargestellt. Der Zug aus C fährt nach einer Aufenthaltszeit von 20' wieder nach C aus dem Knoten ab. In der Abbildung sind neben der Ankunft und Abfahrt der Züge auch die Umsteigebeziehungen für Fahrgäste am Knoten dargestellt. Vom Zug aus C ist es innerhalb von 11' möglich, in den Zug nach B zu wechseln. Ebenso ist es für Fahrgäste aus A möglich, innerhalb von 11' in den Zug nach C umzusteigen. Dass an diesem Knoten von B nach A keine Fahrt erfolgt, ist der Abbildung 3 zu entnehmen. Aus diesem Grund gibt es auch keine Umsteigebeziehung vom Zug aus C in den Zug nach A.

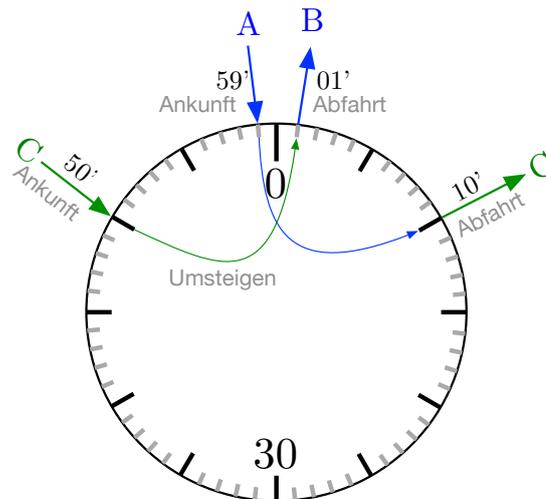


Abbildung 3: Taktuhr

Die Gesamtreisezeit eines Fahrgastes zwischen zwei Punkten setzt sich neben der Zugangszeit und Abgangszeit vom Bahnhof aus weiteren Zeitanteilen zusammen:

1.5.2. Fahrzeit

Die Zeitdauer, innerhalb welcher ein Fahrzeug zur Fahrgastbeförderung zur Verfügung steht, ist die Fahrzeit. Zur Fahrzeit zwischen zwei Haltestellen gehören auch die betrieblich erforderlichen Haltezeiten (Haltestellenaufenthaltszeit). Zur Fahrzeit gehört nicht der Teil der Wendezeiten (Wiedemann, 2006, S. 82), welche die Zeit zwischen Ankunft und Abfahrt eines Fahrzeuges an einer Endhaltestelle ist (Wiedemann, 2006, S. 195).

Die Fahrzeit zwischen zwei Knotenpunkten auf derselben Strecke kann sich zwischen zwei Linien unterscheiden. Die unterschiedliche Fahrzeit hat zwei maßgebende Gründe:

- die maximale Reisegeschwindigkeit zweier Linien zwischen zwei Knotenpunkten ist unterschiedlich oder
- die Anzahl der eingehaltenen Haltestellen zwischen zwei Knoten unterscheidet sich.

Die Zeit, um Anschlüsse oder Umstiege zwischen einzelnen Linien an einem Knotenpunkt zu ermöglichen, soll so lange wie nötig, jedoch so kurz wie möglich gehalten werden. Der Grund für das Beschränken der Wartezeit bei Umstiegen, ist die Wahrung der Attraktivität des Fahrplanangebots durch Begrenzen der Fahrzeit. Übersteigen die Wartezeit oder das Verweilen in einem Bahnhof die Grenzmarke von 15', gilt ein Anschluss von einer Linie zur anderen als unattraktiv, weil diese Wartezeit zur Gesamtreisezeit hinzugezählt werden muss. Bei Reisen, welche sich außerhalb der Sphäre des SPNV und einer Reisezeit von über einer Stunde ereignen, kann die Wartezeit mehr als 15' betragen. Die Anschlüsse mit einer Umsteigezeit von mehr als einer Viertelstunde werden nicht berücksichtigt. Fahrplan und Fahrzeit bestimmen maßgeblich die Attraktivität des SPNV für den Fahrgast. Unabdingbar für einen ITF ist dabei, dass dieses Angebot zuverlässig und über den ganzen Tag stabil ist.

1.5.3. Fahrplanstabilität

Die Stabilität eines Fahrplans zeigt sich dadurch, dass mögliche Verspätungen als Folge von Einbruchs- und Urverspätungen abgebaut werden können. Dieser Verspätungsabbau muss zeitlich und räumlich begrenzt werden, um einen störfesten und stabilen Fahrplan anzubieten (Pachl, 2013, S. 192). Die Verspätung, welche ein Zug hat, sobald er eine untersuchte Systemgrenze überschreitet, nennt man Einbruchsverspätungen. Systemgrenzen können Teilstrecken, Knoten oder Teilnetze sein (Pachl, 2013, S. 256). Wird an einem Zug eine Verspätung gemessen, welche nicht durch andere Züge übertragen wird, so nennt man diese Verspätung Urverspätung (Pachl, 2013, S. 267). Die Fahrplanstabilität an Knotenpunkten ist durch die Einbruchsverspätung am Knoten gefährdet. Kommt zu einer Einbruchsverspätung in einem Knoten eine kurz bemessene Umsteigezeit zwischen zwei Linien hinzu, kann die Ankunftsverspätung einer Linie auf die Ausbruchverspätung anderer Linien übertragen werden. Der instabile Fahrplan eines Streckenabschnittes kann sich auf die Fahrplanstabilität anderer Streckenabschnitte und somit auf die gesamte Region negativ auswirken. Eine Ankunftsverspätung ist die gemessene Verspätung an einer Betriebsstelle in der Region (Pachl, 2013, S. 193). Dabei werden nur die Verspätungen von Zügen gemessen, die in der Region enden und wo keine Umstiege erfolgen. Wenden

Züge an einem Knotenpunkt und ist dort Umsteigen vorgesehen, werden die getrennten Zugläufe zu durchgehenden verbunden (Pachl, 2013, S. 193). Wenn die Fahrplanstabilität gewährleistet ist, ist im laufenden Betrieb eine gute Betriebsqualität möglich. Gute Betriebsqualität ist die im laufenden Betrieb festgestellte Qualität der Betriebsabläufe. Die erreichbare Fahrplanstabilität ist eng mit der Betriebsqualität verbunden und hängt entscheidend von der Größe der Pufferzeiten und von eventuellen Fahrzeitzuschlägen ab. Werden die Zeitanteile der Fahrzeitzuschläge und Pufferzeiten erhöht, kann das die Fahrzeit verlängern, welche aus Kundensicht nicht gewünscht ist. Ebenso kann durch Fahrzeitzuschläge und lange Pufferzeiten, die Anzahl der konstruierbaren Fahrplantrasen dem Fahrplantakt entgegenwirken.

Ein Fahrplan mit vielen Zuschlägen und Pufferzeiten wird als hochstabil bezeichnet, der jedoch nicht automatisch kundengerecht ist (Pachl, 2013, S. 193). Zuverlässigkeit und Stabilität werden durch die Eigenschaften der Strecke, durch Knotenpunkte und Fahrzeuge beeinflusst. Ein moderner und einheitlicher Fahrzeugpool erhöht die Zuverlässigkeit und Stabilität des geplanten Fahrplans. Wenn unter stationären Bedingungen (längere Zeitdauer mit annähernd gleichem Betriebsprogramm, bei sich nicht verändernden Eigenschaften der Strecke, Knoten und Fahrzeuge) die folgende Bedingung erreicht ist, gilt ein Fahrplan als stabil (Pachl, 2013, S 193):

Definition 1. *Die Summe der Ausbruchsverspätungen und der Ankunftsverspätungen ankommender Züge muss kleiner als die Summe der Einbruchs- und Urverspätungen sein.*

Einbruchs- und Urverspätungen und deren Folgeverspätungen müssen zeitlich und räumlich begrenzt werden, um die Fahrplanstabilität zu gewährleisten (Pachl, 2013, S. 193).

Die Stabilität des Fahrplans ist durch die Umstiege an einem Knotenpunkt maßgeblich beeinflusst: Eine große Anzahl an erwarteten umsteigenden Fahrgästen, kombiniert mit kurzer Umsteigezeit, gefährdet die Fahrplanstabilität.

Im Folgenden sollen das Streckennetz in der untersuchten Region und das geplante Liniennetz von IST-Zustand-2019 und Ausbaustufe-2026 nach den folgenden Aspekten analysiert werden:

- Streckeneigenschaften
- Fahrplantakt
- Fahrzeit

Die untersuchten Aspekte fließen anschließend in die Beurteilung der Fahrplanstabilität der jeweiligen Ausbaustufe ein.

2. IST-Zustand-2019

2.1. Infrastruktur

2.1.1. Strecken

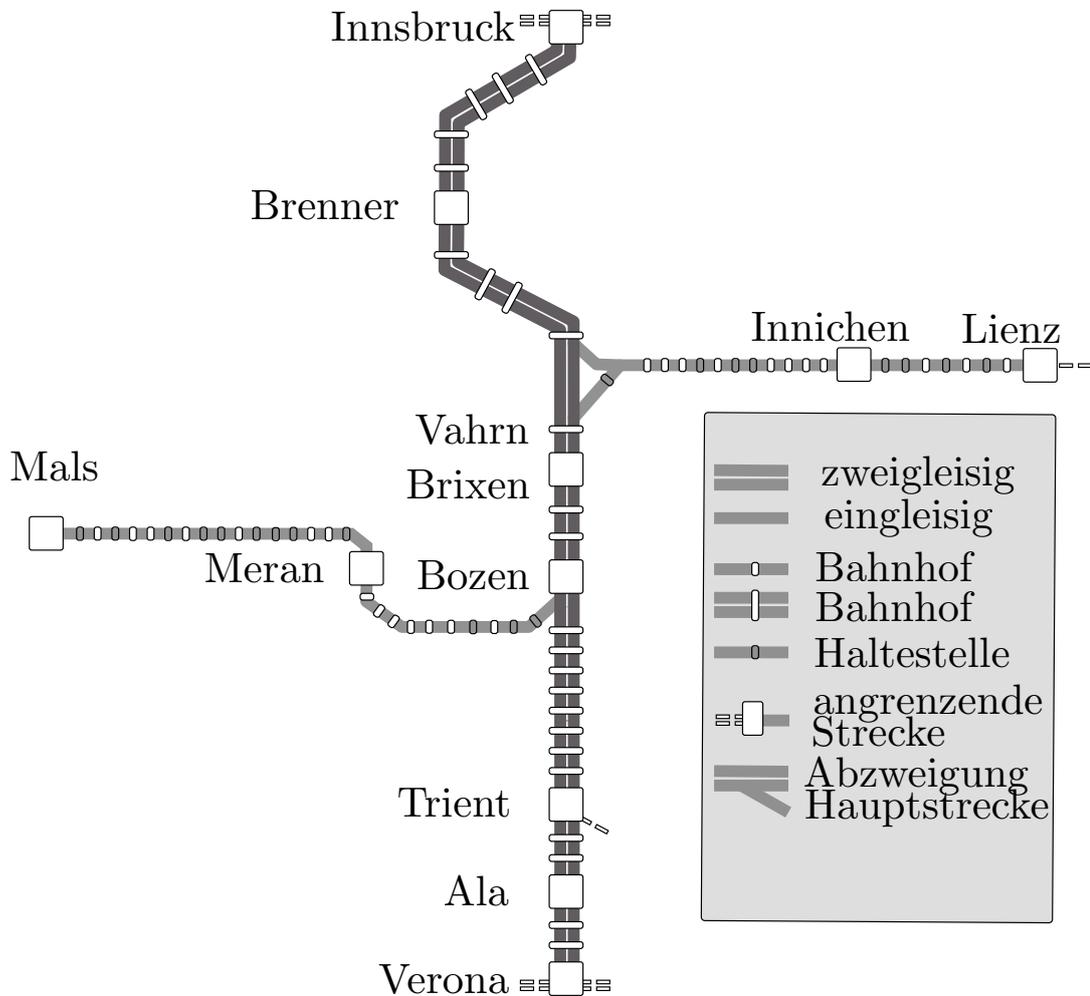


Abbildung 4: Infrastruktur IST-Zustand-2019

Brennerbahn

Die Strecke von Innsbruck über den Brennerpass nach Bozen und Verona P.N. ist durchgehend zweigleisig. Auf knapp 37 Kilometern von Innsbruck nach Brenner werden ca. 790 Höhenmeter bewältigt. (Petrovitsch, 2008, S. 8) Auf dem Abschnitt Innsbruck - Brenner werden fünf Haltestellen und Bahnhöfe bedient (ÖBB, 2008a).

Der Grenzbahnhof Brenner liegt auf italienischem Staatsgebiet, rund 550 m südlich des Brennerpasses auf 1370 m ü.A. (ÖBB, 2008a). Der Pass bildet den Grenzübergang von

Italien nach Österreich. Der Bahnhof Brenner ist auch die Bahnstromgrenze zwischen Italien und Österreich. Die beiden Länder versorgen die Fahrzeuge mit unterschiedlichen Bahnstromsystemen. Der grenzüberschreitende Bahnverkehr kann aufgrund der Unterschiede in der Stromversorgung der Fahrzeuge nur mit Mehrsystem-Triebfahrzeugen erfolgen. Für den nicht grenzüberschreitenden Bahnverkehr werden die Züge am Bahnsteig gewendet. Der Streckenabschnitt zwischen Innsbruck und Brenner hat eine maximale Steigung von 25 ‰. Dieser Streckenabschnitt wird mit Wechselstrom (AC) 15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz betrieben. Der weitere Streckenverlauf vom Brennerpass nach Bozen verläuft mit einer Streckenneigung von maximal 22,5 ‰. Dieser Streckenabschnitt wird mit Gleichstrom (DC) 3 kV betrieben. Auf knapp 89 km weist er einen Höhenunterschied von knapp 1100 m auf. Die Bogenradien sind überwiegend klein und begrenzen die Streckenhöchstgeschwindigkeiten. Auf dem Abschnitt Brenner - Bozen werden 8 Bahnhöfe und Haltestellen (RFI, 2010a) bedient.

Der Bahnhof Bozen befindet sich am südlichen Ende der alpinen Brennerbahnstrecke. Die Strecke ab Bozen in Richtung Süden wird als Flachbahn kategorisiert. Auf den 150 km zwischen Bozen und Verona P.N. im Süden beträgt der Höhenunterschied etwa 200 m bewältigt. Die Eisenbahnstrecke zwischen Bozen und Verona P.N. verläuft weitgehend in der Talsohle, längs des Etsch-Flusses. Dieser Abschnitt ist weit flacher und verfügt über sehr viel größere Bogenradien als die Bergstrecke.

Auf dem Abschnitt Bozen - Verona P.N. werden 14 Bahnhöfe und Haltestellen bedient (RFI, 2009a).

Pustertalbahn

Zwischen den Bahnhöfen Franzensfeste und Vahrn auf der Brennerbahn zweigt die eingleisige Pustertalbahn nach Osten ab. Es bestehen zwei Anschlussmöglichkeiten der Brennerbahn an die Pustertalbahn: Aus Norden kommend, zweigt nach dem Bahnhof Franzensfeste die historische Verbindung aus dem Jahre 1871 über Aicha in Richtung Mühlbach ab. Um die direkte Anbindung aus Süden ins Pustertal zu ermöglichen, gibt es die Riggertalschleife, welche, vom Süden kommend, nach Vahrn als Neubau über Schabs nach Mühlbach abzweigt. Die Pustertalbahn fällt unter die Kategorie einer Gebirgsbahn und führt mit einer Maximalsteigung von 20 ‰ und minimalen Bogenradien bis 250 m über Bruneck nach Toblach. Nach dem Bahnhof Toblach, welcher auf dem höchsten Punkt (1210 m ü.A.) der Strecke liegt, verläuft die Strecke flach nach Innichen, wo sich der Übergang vom italienischen zum österreichischen Stromversorgungssystem befindet. Die Trennstelle von 3 kV DC auf 15 kV 16 $\frac{2}{3}$ Hz AC befindet sich im Bahnhof. Die Pustertaler Bahnstrecke verläuft über die Haltestelle Vierschach bis zur italienisch-österreichischen Staatsgrenze (RFI, 2009b). Dort geht die bis dahin ca. 72,5 km lange Pustertaler Eisenbahnstrecke in die 94,5 km lange Drautalbahn über. Ab Innichen verläuft der österreichische Abschnitt der West-Ost-Verbindung mit einem maximalem Gefälle von 27 ‰ über Sillian und Lienz nach Spittal a.d. Drau (ÖBB, 2008b).

Auf dem Streckenabschnitt Vahrn - Innichen werden zwölf Bahnhöfe und Haltestellen bedient (RFI, 2009b).

Auf dem Streckenabschnitt Innichen - Lienz werden sieben Bahnhöfe und Haltestellen bedient (ÖBB, 2008b).

Bahnstrecke Bozen - Meran

Die eingleisige Strecke zweigt ca. 1,5 km südlich des Bahnhofs Bozen nach Nordwesten ab. Die Strecke ist wie die Brennerbahnlinie mit 3 kV Gleichstrom elektrifiziert und bewältigt auf knapp 32 km ca. 40 Höhenmeter. Die ursprünglich als Lokalbahn konzipierte Strecke aus dem Jahre 1881 orientierte sich am Verlauf des Etsch-Flusses vor dessen Regulierung zum Hochwasserschutz. Aufgrund dieser Tatsache hat die Strecke von Bozen nach Meran eine sehr dichte Folge von engen Bögen in der Talsohle. Die historischen Trassierungsparameter sind der Grund für die niedrige Streckenhöchstgeschwindigkeit zwischen den beiden größten Städten des Landes.

Auf dem Streckenabschnitt der Bahnstrecke Bozen - Meran werden 9 Bahnhöfe und Haltestellen bedient (RFI, 2010b).

Bahnstrecke Vinschgaubahn

Die Fortführung der Bahnstrecke Bozen - Meran ist die mit 25 kV 50 Hz AC elektrifizierte Bahnstrecke von Meran nach Mals. Sie führt ab dem Bahnhof Meran nach der Bahnstrom-Trennstelle über 4 Steilanstiege mit dazwischenliegenden Flachstücken in die ca. 700 m höher und 60 km westlich gelegene Ortschaft Mals (Moroder et al., 2009, S. 208). Dort endet die 1906 eröffnete Vinschgaubahn (Moroder et al., 2009, S. 205). Verlängerungen über den Reschenpass nach Landeck in Tirol oder nach Zernez in die Schweiz wurden immer wieder angedacht aber nie verwirklicht.

Die Bahnstrecke durch das Vinschgau bedient zwischen den Bahnhöfen Meran und Mals 16 Haltestellen und Bahnhöfe (Moroder et al., 2009, S. 208-209).

2.1.2. Knoten

Brixen

Der Zusammenfluss der Strecke ins Pustertal erfolgt am Bahnhof Brixen. Die Strecke von Meran nach Mals wird vom Bahnhof Bozen angebunden. Diese Bahnhöfe werden als Knoten bezeichnet. Bestandteil eines Knotens ist die Einmündung einer Nebenstrecke auf freier Strecke. Die Einmündung einer Strecke in eine andere stellt eine besondere Herausforderung in der Planung des Bahnbetriebes dar. Die Einmündung der Bahnstrecke aus dem Pustertal in die Brennerbahnlinie erfolgt zwischen den Ortschaften Vahrn und Franzensfeste durch ein im IST-Zustand-2019 in Betrieb gegangenes Unterführungsbauwerk. Die Strecke aus dem Pustertal unterfährt dabei das Ostgleis der Brennerlinie nördlich von Vahrn und erreicht dann zwischen den Hauptgleisen der Brennerlinie deren Höhenniveau. Die Einfahrt in die zweigleisige Hauptstrecke erfolgt von dem in Mittellage befindlichen Gleis. Der kurze dreigleisige Streckenabschnitt wird auf zwei Hauptgleise reduziert und von Vahrn nach Brixen zweigleisig geführt.

Um die Fahrplanstabilität (1.5.3), die Fahrzeit (1.5.2) und den Fahrplankontakt (1.5.1) im Knoten Brixen gewährleisten zu können, werden bauliche Maßnahmen getroffen. Die baulichen Maßnahmen sehen ein Mittelgleis mit zwei Bahnsteigkanten vor. Diese Bahnsteigkanten sind jeweils an einem Mittelbahnsteig angeordnet, weshalb das niveaufreie Umsteigen zu zwei Bahnsteigen möglich ist. Durch die baulichen Maßnahmen kann die

notwendige Mindestumsteigezeit für den Fahrgast minimiert werden, wenn er weder Unterführungen noch Treppenaufgänge benutzen muss.

Bozen

Die Einmündung der Bahnstrecke aus Meran in die Brennerbahnlinie erfolgt im IST-Zustand-2019 innerhalb des Stadtgebietes von Bozen. Die Nebenstrecke verläuft ca. 1,5 km parallel und westlich der Nord-Süd-Hauptstrecke bis zur Einfahrtsweiche in die Hauptstrecke außerhalb des Bahnhofes. Nach der Einmündung verläuft die Strecke zweigleisig für ca. 1 km über enge Bogenradien bis zur Einfahrt in den Bahnhof Bozen. Der Grund für die engen Bogenradien sind die beengten Platzverhältnisse aufgrund der städtischen Bebauung und der unmittelbar angrenzende Virgl-Berg.

Nachdem die Infrastruktur im IST-Zustand-2019 untersucht wurde, folgt die Untersuchung der Linien, welche auf dem Eisenbahnnetz verkehren. Sämtliche im Untersuchungsgebiet verkehrenden Linien sind in einem Linienplan dargestellt.

2.2. Linienplan

Ein Linienplan ist die idealisierte Darstellung eines SPNV-Netzes. Die Infrastruktur spielt bei der Konzeption des Linienplans eine untergeordnete Rolle.

Bahnhöfe mit einer wichtigen Knotenfunktion sind als Rechtecke dargestellt. Knotenfunktionen haben Bahnhöfe, in denen Linien zusammengeführt werden, wo wichtige Umsteigebeziehungen erfolgen und wo Züge enden und beginnen können. Eine Linie, welche die Knotenpunkte verbindet, stellt die Zugläufe einer Linie dar. Die Zugläufe einer Linie bilden einen Linienbetrieb. Von Linienbetrieb spricht man, wenn auf vorgegebenen Fahrwegen der Infrastruktur eine regelmäßige Bedienung von Haltestellen erfolgt (Wiedemann, 2006, S. 123). Nicht zu verwechseln ist der Linienbetrieb mit dem Linienverkehr (vgl. 1.4).

In den Linienplan ist als untergeordneter Datenhintergrund das Eisenbahnnetz des Untersuchungsgebietes eingebettet, weshalb zusätzlich zu den Umsteigeknoten auch große Bezirksorte und Grenzbahnhöfe dargestellt sind. Die relativen Abstände der einzelnen Knotenpunkte im Linienplan entsprechen in etwa den Distanzen zwischen den Knotenbahnhöfen in der Realität. In Abbildung 5 ist auf Basis der Infrastruktur, welche Abbildung 4 zeigt dargestellt ist, der Linienplan für den IST-Zustand-2019 dargestellt. In der Liniengrafik wird der Bezug zum Takt (vgl. 1.5.1) durch den Linientyp dargestellt.

Neben den Taktfrequenzen sind Knoten, Haltestellen und Bahnhöfe im Linienplan eingezeichnet. Die Knoten sind durch weiße, rechteckige Felder, mit einer schwarzen Umrandung dargestellt.

Nach Festlegung der Lage der Knoten und Abschätzung der relativen Entfernung dieser Knotenpunkte zueinander auf Basis des Infrastrukturplanes in Abbildung 4 wurden alle anderen Bahnhöfe und Haltestellen in den Linienplan eingezeichnet. Zwischen den Knotenpunkten liegende Bahnhöfe und Haltestellen unterscheiden sich im Linienplan nicht voneinander. Haltepunkte sind als kleinere, schmale weiße Felder mit schwarzer Umrandung dargestellt. Aufbauend auf die Fahrplanstudie der STA (Prader, 2016b), wurde der Linienplan für den IST-Zustand-2019 erstellt.

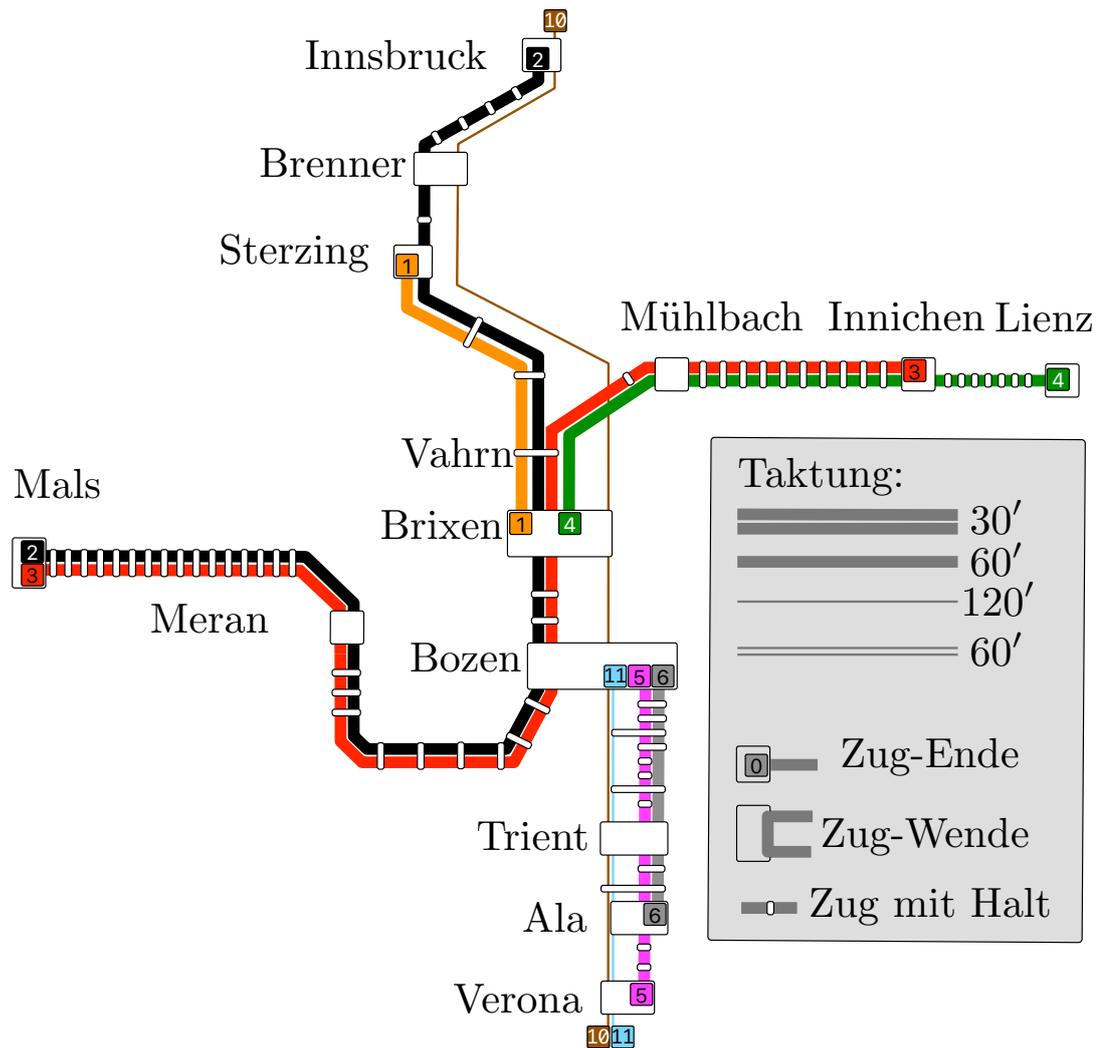


Abbildung 5: Linienplan IST-Zustand-2019

In der Tabelle 1 sind die Fahrzeiten zwischen den Knoten für die einzelnen Linien aufgeführt.

Ausgehend vom Gesamtliniplan und von den Knotenfahrzeiten für den IST-Zustand-2019 werden die einzelnen Linienabschnitte analysiert.

2.3. Fahrzeit und Takt der Linienabschnitte

Innsbruck - Brenner - Sterzing - Brixen

Auf dem Streckenabschnitt zwischen Innsbruck und Brixen fährt die stündlich betriebene Linie 2 mit zehn Zwischenhalten und einer Fahrzeit von 95'. Die Linie 10 verkehrt, vom Norden in die Region eintretend, im Zweistundentakt. Mit einem Zwischenhalt zwischen

	1	2	3	4	5	6	10	11
Innsbruck		0					0	
Brenner		42					35	
Sterzing	0	18						
Brixen	30	30					39	
Lienz				0				
Innichen			0	55				
Mühlbach			70	70				
Brixen			15	11				
Brixen		0	0				0	
Bozen		30	30				28	
Bozen		0	0					
Meran		40	40					
Mals		83	83					
Bozen					0	0	0	0
Trient					51	48	34	38
Ala					30	28		24
Verona P.N.					48		55	35

Tabelle 1: Knotenfahrzeit in Minuten ohne Haltezeiten im IST-Zustand-2019

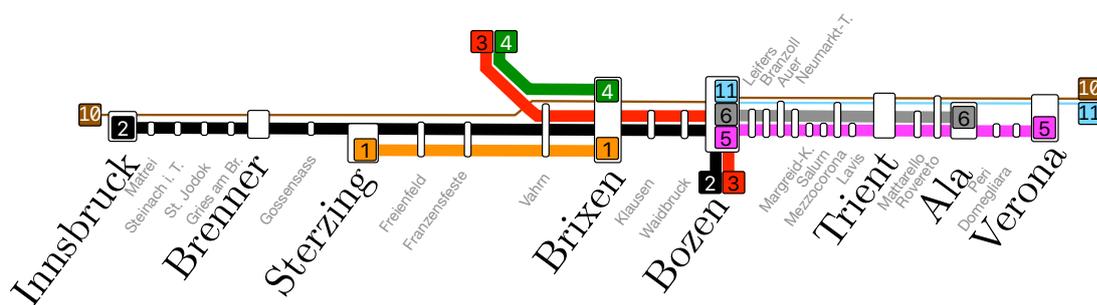


Abbildung 6: Linienplan Brennerbahn im IST-Zustand-2019

Innsbruck und Brixen bedarf diese Linie einer Fahrzeit von 80'. Die Abfahrt der Linie 2 erfolgt in Innsbruck 20' nach Abfahrt der Linie 10 (einmal in 120'). Die Linie 1 bedient im 60'-Takt die Strecke Sterzing - Brixen. Zusammen mit der Linie 2 verkehrt sie in einem Intervall von 25' und 35' und führt auf diesem Streckenabschnitt drei Halte durch. Die Linie 1 ist somit zur Linie 2 nicht takt-symmetrisch.

Brixen - Bozen

Die Linien 3 und 2 bedienen die Strecke Brixen - Bozen im 30'-Takt, mit einer Fahrzeit von 30'. Ebenso verkehrt auf diesem Streckenabschnitt die Linie 10, ohne aber mit den

	1	2	3	4	5	6	10	11
Innsbruck		0					0	
Brenner		42					35	
Sterzing	0	18						
Brixen	30	30	15	11			39	
Bozen		30	30		0	0	28	0
Trient					51	48	34	38
Ala					30	28		24
Verona P.N.					48		55	35

Tabelle 2: Ausschnitt aus Tabelle 1: Knotenfahrzeiten Brennerbahn in Minuten

Linien 2 und 3 einen Takt zu ergeben. Die Linie 10 verkehrt um nur wenige Minuten von der Linie 1 versetzt. Die Linie 10 hat zwischen Bozen und Brixen eine Fahrzeit von 28', wobei keine Zwischenhalte durchgeführt werden.

Bozen - Verona P.N.

Auf dem Streckenabschnitt zwischen Bozen und Verona Porta Nuova verkehren vier Linien. Wie im Liniplan in Abbildung 5 dargestellt, fahren die Linien 5 und 6 aus Bozen in Richtung Ala im 30'-Takt ab. Beide Linien verkehren jeweils im Stundentakt. Die Linie 5 verkehrt weiter im 60'-Takt zwischen Ala und Verona P.N. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Zwischenhalte verkehren die Linien 5 und 6 zwischen Neumarkt und Ala nicht im exakten 30' Takt. Dennoch wird dieser Takt aus Gründen der Vereinfachung und Übersichtlichkeit als 30'-Takt dargestellt. Auf dem Streckenabschnitt Bozen - Verona P.N. verkehren neben den Linien 5 und 6 die Linien 10 und 11 jeweils im 120'-Takt. Gemeinsam betrachtet, stellt sich der 120'-Takt als 60'-Takt dar. Die vier Linien ergeben gemeinsam betrachtet keinen 15'-Takt. Die Linien 10 und 11 verkehren zusammen einmal stündlich mit einem Abstand von rund 15' zwischen den Linien 5 und 6. Die Fahrzeit der Linie 6 zwischen Bozen und Trient beträgt 39' (5 Zwischenhalte). Die Linie 5 hat auf derselben Strecke mit 8 Zwischenhalten eine Fahrzeit von 51'. Die Fahrzeit zwischen Bozen und Ala beträgt auf der Linie 5 78' (8 Zwischenhalte), mit der Linie 6 80' (11 Zwischenhalte) und auf der Linie 11 64' (5 Zwischenhalte).

Bozen - Mals

Auf dem Streckenabschnitt von Bozen nach Mals verkehren die Linie 1 und die Linie 2 im 30'-Takt und bedienen alle dazwischenliegenden Haltepunkte. Die Fahrzeit zwischen Bozen und Mals mit 26 Zwischenhalten beträgt 125'.

Brixen - Mühlbach - Innichen - Lienz

Auf dem Streckenabschnitt zwischen Brixen und Vahrn verkehren folgende 5 Linien: 1, 2, 3, 4 und 10. Alle Züge benötigen auf diesem Streckenabschnitt knapp 3'. Die Linien 2 und

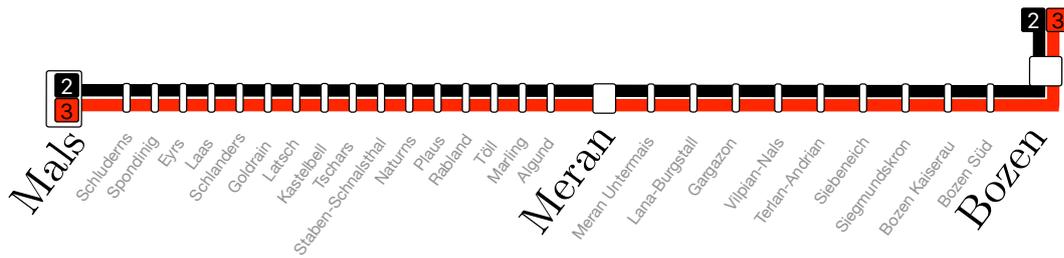


Abbildung 7: Linienplan Bozen - Mals im IST-Zustand-2019

	1	2	3	4	5	6	10	11
Bozen		0	0					
Meran		40	40					
Mals		83	83					

Tabelle 3: Ausschnitt aus Tabelle 1: Knotenfahrzeiten Bozen - Mals in Minuten

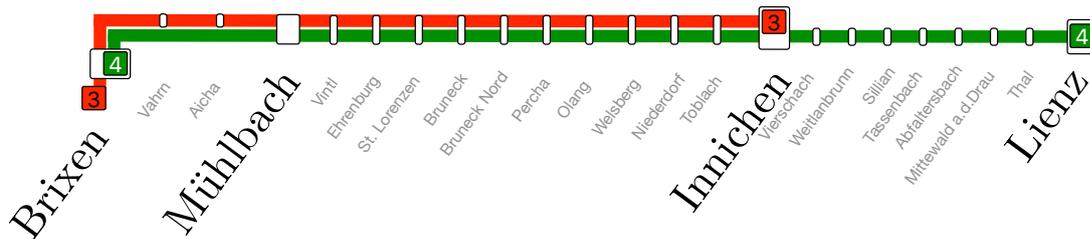


Abbildung 8: Linienplan Brixen - Lienz im IST-Zustand-2019

	1	2	3	4	5	6	10	11
Lienz				0				
Innichen			0	55				
Mühlbach			70	70				
Brixen			15	11				

Tabelle 4: Ausschnitt aus Tabelle 1: Knotenfahrzeiten Pustertal in Minuten

3 verkehren in diesem Abschnitt im 30'-Takt. Ebenso im 30'-Takt verkehren die Linien 1 und 4, welche in Brixen enden und beginnen. Die Linie 4 bedient die Strecke zwischen Brixen und Mühlbach ohne Zwischenhalte in Vahrn und Aicha. Sie hat zwischen Brixen und Mühlbach eine Fahrzeit von 11'. Die Linie 3 hat auf demselben Streckenabschnitt mit Zwischenhalt in Aicha und Vahrn eine Fahrzeit von 15'. Die Linien 3 und 4 verkehren

im IST-Zustand-2019 ausschließlich auf dem neu errichteten Streckenabschnitt der Rigertalschleife zwischen Vahrn und Mühlbach. Die historische Strecke zwischen Mühlbach und Franzensfeste wird vom regelmäßigen Linienverkehr nicht befahren. Die Pustertaler Bahnstrecke wird zwischen Mühlbach und Innichen im 30'-Takt von den Linien 3 und 4 betrieben. Die Fahrzeit für diesen Streckenabschnitt beträgt für beide Linien mit 10 Zwischenhalten 70'. Ab Innichen wird der Streckenabschnitt bis nach Lienz von der Linie 4 im 60'-Takt bedient. Mit 7 Zwischenhalten bedarf es für diese Strecke einer Fahrzeit von 55'. In den Monaten von Dezember bis März ist eine Verlängerung der Linie 3 von Innichen nach Sillian vorgesehen. Durch die Verlängerung der Linie 3 verdichtet sich die Bedienungshäufigkeit von einem 60'-Takt auf einen Takt von 30'. Weil das Angebot des 30'-Takts zwischen Innichen und Sillian nur für drei Monate im Jahr besteht, wird auf eine Darstellung im Linienplan verzichtet.

Nach Analyse der Linienfahrzeiten auf den einzelnen Streckenabschnitten im Gesamtnetz werden die Taktfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte beschrieben.

2.4. Linientakt

Wie in Abbildung 5 ersichtlich, verkehren die Linien 1, 2, 3, 4, 5 und 6 im Stundentakt. Diese Linien sind durch dicke Strichstärke dargestellt. Der 60'-Takt der angeführten Linien ergibt auf den folgenden Linienabschnitten einen 30'-Takt:

- Brixen - Mals: 2 + 3
- Bozen - Ala: 5 + 6
- Brixen - Innichen: 3 + 4

Die Linien 10 und 11 verkehren jeweils im 120'-Takt und sind im Linienplan mit dünner Strichstärke dargestellt. Im Abschnitt zwischen Verona P.N. und Bozen ergibt sich daraus ein 60'-Takt. Zusammenfassend wird die Gesamtfahrzeit der einzelnen Linien durch das Untersuchungsgebiet aufgelistet:

Linie	Von	Nach	Fahrzeit [min]	Halte
1	Brixen	Sterzing	30	3
2	Mals	Innsbruck	255	40
3	Mals	Innichen	244	43
4	Brixen	Lienz	141	19
5	Bozen	Verona P.N.	130	14
6	Bozen	Ala	80	8
10	Innsbruck (Linienfortführung)	Verona P.N. (Linienfortführung)	174	5
11	Bozen	Verona P.N. (Linienfortführung)	105	5

Tabelle 5: Fahrzeiten IST-Zustand-2019

2.5. Demonstrationsbeispiel an einem fiktiven Knoten

2.5.1. Linienführung

Zur weiteren Untersuchung des Linienplans werden die zwei am stärksten belasteten Knoten herangezogen. Diese Knoten sind einerseits der Bahnhof Brixen und südlich davon der Bahnhof Bozen. Die Knotenpunkte sind jeweils Anschluss- und Umsteigebahnhöfe für die Nebenstrecken. Beide Knotenpunkte befinden sich an der Hauptstrecke der Brennerbahn und sind infolge der hohen Bedienungshäufigkeit des SPNV stark belastet. Um die Knoten genauerer Analyse zu unterziehen, ist es notwendig, anhand eines idealisierten Minimalbeispiels die Komplexität innerhalb eines Knotenpunktes zu erläutern. Der Knotenpunkt X stellt den Bahnhof entlang einer durchgehenden Hauptstrecke von A nach B und den Anschluss zu einer Nebenbahn nach C dar. Auf der Hauptstrecke verkehrt die Linie Schwarz im Stundentakt. Die Linie Rot verkehrt vom Knoten X in Richtung C im 30'-Takt. Der Stundentakt und der Halbstunden-Takt sind in der Abbildung 9 in Form eines liegenden Fahrplans (Pachl, 2013, S. 171) dargestellt.

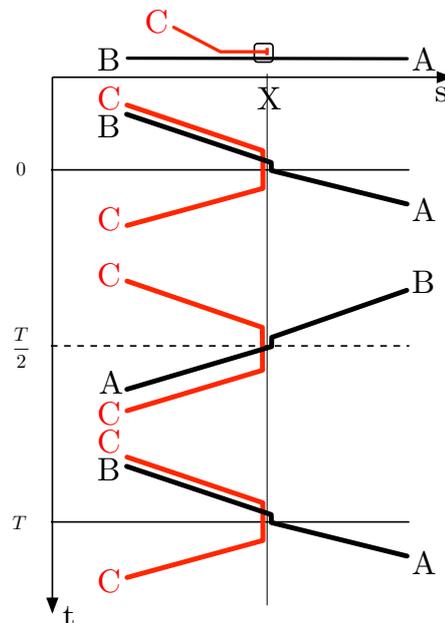


Abbildung 9: Knoten X mit liegendem Fahrplan (Pachl, 2013, S. 171)

Im liegenden Fahrplan ist auf der vertikalen Achse die Zeit und auf der horizontalen Achse der zurückgelegte Weg dargestellt. Zu erkennen ist der 30' Takt der Linie Rot. Sie kommt zur Knotenzeit der vollen Stunde aus Richtung C im Knotenpunkt X an. Zeitversetzt fährt die Linie Schwarz aus B in den Knoten X ein. Nach einer kurzen Aufenthaltszeit verlässt die Linie Schwarz zur vollen Stunde den Bahnhof X in Richtung A. Wenige Minuten darauf verlässt die Linie Rot den Knoten X in Richtung C. Dieser Vorgang wiederholt sich erneut zur vollen darauffolgenden Stunde. Zur vollen Stunde, um 30' zeitversetzt, fährt die Linie Rot aus C in den Bahnhof ein. Erneut eine Minute

darauf erreicht die Linie Schwarz aus B den Knoten X. Zur Minute 30, zur sogenannten halben Taktzeit, verlässt die Linie Schwarz den Bahnhof in Richtung A. Wenige Minuten später fährt die Linie Rot aus X nach C ab. Die Darstellung des liegenden Fahrplans, wie in Abbildung 9 gezeigt, ermöglicht es, Umsteigemöglichkeiten der einzelnen Richtungen im Knotenpunkt X zu erahnen, weil Linien am selben Punkt eine längere Aufenthaltszeit aufweisen. Die exakten Umsteigebeziehungen zwischen den Linien sind jedoch nicht erkennbar.

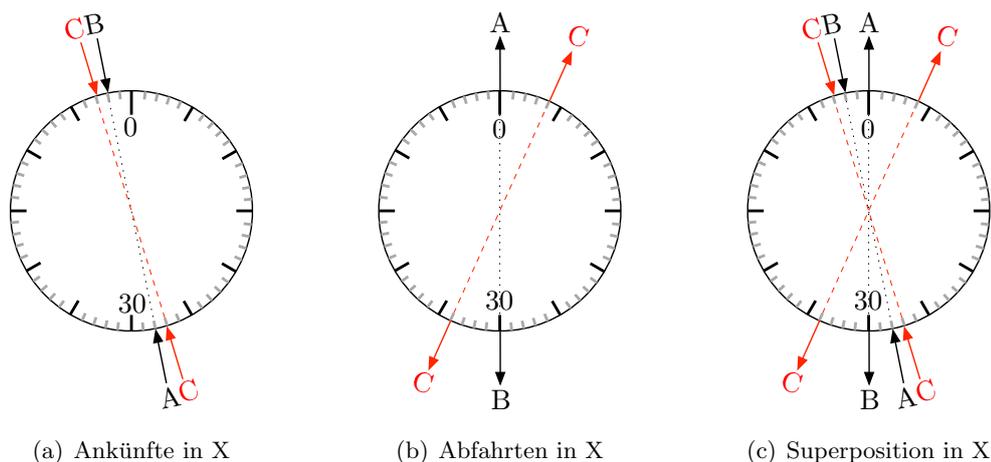


Abbildung 10: Taktuhren am Beispiel Knoten X mit Symmetrieachsen

Um die Ankunfts- und Abfahrtszeiten übersichtlich und exakt darstellen zu können, wird auf die Darstellungsform der Taktuhr zurückgegriffen. In dieser Form der Darstellung wird zwischen Ankunft und Abfahrt der Züge einer Linie unterschieden. In den Knoten einführende Züge sind durch einen von außen zum Zentrum gerichteten Pfeil dargestellt. Die Pfeilspitze schneidet die Umrandung der Taktuhr zum Zeitpunkt der Ankunft des Zuges (siehe Abbildung 10(a)). Die Pfeile tragen die Farben der jeweiligen Linien. Verlässt ein Zug den Knotenpunkt, so ist der Zeitpunkt der Abfahrt durch einen vom Rand der Taktuhr nach außen weisenden Pfeil dargestellt. Eine gedachte Verlängerung der Abfahrtspfeile schneidet exakt das Zentrum der Taktuhr (siehe Abbildung 10(b)). Wird die gedachte Verlängerung des Abfahrtspfeils über das Zentrum der Taktuhr hinweg weitergezeichnet, trifft sie an der gegenüberliegenden Seite des Kreises auf Abfahrtspfeil derselben Linie. Dieser um 30' zur ersten Abfahrt versetzte Pfeil ergibt durch eine gedachte Verbindung der beiden Abfahrtspfeile eine Symmetrieachse durch die Taktuhr (in Abbildung 10 als gestrichelte Linie dargestellt). Werden anschließend die Taktuhren der Ankunfts- und Abfahrtszeiten übereinander gelegt, so lässt sich daraus die Superposition für den Knotenpunkt X ableiten, welche in Abbildung 10(c) dargestellt ist. Die genannten Symmetrieachsen zeigen wiederkehrend Ereignisse auf, welche mehrmals innerhalb einer Stunde eintreten.

2.5.2. Umsteigebeziehungen

Wenn die Abfahrts- und Ankunftszeiten in einem Knotenpunkt miteinander so verknüpft und vertaktet sind, dass zwischen unterschiedlichen Linien umgestiegen werden kann (siehe Abbildung 11), wird der Umsteigeknoten als ITF-Knoten bezeichnet. Die Umsteigemöglichkeiten an einem Knoten werden berücksichtigt, sofern der Umstieg innerhalb von 15' erfolgen kann. Übersteigt die Wartezeit des Fahrgastes die 15', so kann weiterhin umgestiegen werden, jedoch ist die Umsteigebeziehung für den SPNV nicht mehr attraktiv. Die Umsteigemöglichkeiten sind in Abbildung 11 als gebogene Verbindungspfeile von einem Ankunfts Pfeil zu einem Abfahrts Pfeil dargestellt. Die Farbe des Umsteigepfeiles ist mit der des Ankunfts Pfeiles identisch.

Mit steigender Anzahl der in den Knoten einbrechenden Linien und der daraus resultierenden höheren Anzahl an möglichen Umsteigeverbindungen, steigt auch die Komplexität des Taktuhrensystems erheblich. Aus diesem Grund wird das Minimalbeispiel am Knoten X herangezogen, um die Analyse der realen Knoten Brixen und Bozen zu vereinfachen. Die angewandte Analyseverfahren wird vereinfacht, sodass komplexere Systeme iterativ verinnerlicht werden können.

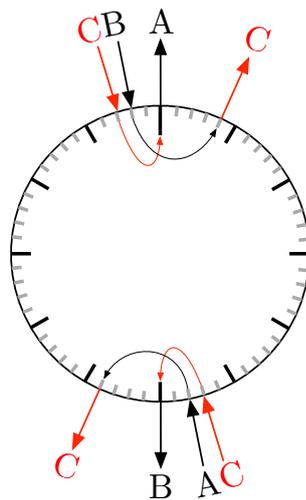


Abbildung 11: Taktuhr Knoten X mit Umsteigebeziehungen

2.6. Knoten Brixen

2.6.1. Linienführung

Die Analysemethode des Knotens X wird im folgenden auf den Knoten Brixen umgelegt und für diesen realen Knoten angewandt.

Beim Vergleich des Streckenabschnittes zwischen Vahrn und Brixen mit anderen Streckenabschnitten ist zu erkennen, dass die Liniendichte im Liniplan in Abbildung 5 besonders hoch ist. Dieser Abschnitt ist in Abbildung 12(a) herausgegriffen worden. Der Ausschnitt zeigt den Knotenpunkt Brixen (BX) und die Linien in Richtung der nächstgelegenen Knotenpunkte. Die Knotenpunkte sind als Kürzel in Blockbuchstaben gekennzeichnet: Bozen (BZ) im Süden, Sterzing (ST) und Brenner (BR) im Norden und Mühlbach (MB) im Osten. Die Kürzel des Liniplans setzen sich in den Taktuhren für Ankünfte und Abfahrten fort. Für die Taktuhr der Ankünfte 12(b) ergeben sich keine Symmetrieachsen, denn keine Ankunft erfolgt aus derselben Richtung um genau 30' zeitversetzt. Eine gedachte Verbindungslinie zwischen den Ankunftsfeilen aus derselben Richtung schneidet den Mittelpunkt der Taktuhr nicht genau im Fadenkreuz. Die Ankünfte der Linie 2 aus ST erfolgen um exakt 30' zeitversetzt zur Linie 3 aus MB. Eine Symmetrieachse ist wegen der Ankunft aus unterschiedlichen Richtungen nicht möglich. Für die Taktuhr der Abfahrten in Abbildung 12(c) konnte im Gegensatz zur Taktuhr der Ankünfte eine Symmetrieachse identifiziert werden. Diese Achse zeigt die Abfahrtsymmetrie der Linien 2 und 3 nach Bozen.

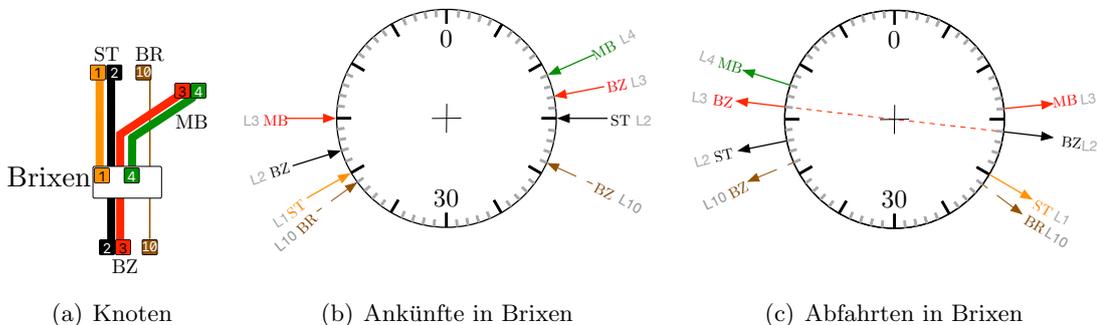


Abbildung 12: Brixen 2019 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachse

Die Zusammenlegung der Ankunfts- und Abfahrtszeiten in der Taktuhr für den Knotenpunkt ergibt die Superposition in Abbildung 13.

Die Symmetrieachse für die Abfahrten der Züge, welche nach Süden (BZ) verkehren, ist in den Abbildungen der Taktuhren rot dargestellt. Die Darstellung aller Zugbewegungen an einem Knotenpunkt in der Taktuhr lässt auf die Taktzeit dieses Knotenpunkts schließen: In Brixen erfolgen die Ankünfte und Abfahrten in den Minuten 11 bis 21 und 39 bis 48. Das Mittel der Bewegungen zeigt für den Knoten Brixen eine Taktzeit zur den Minuten 16 und 44.

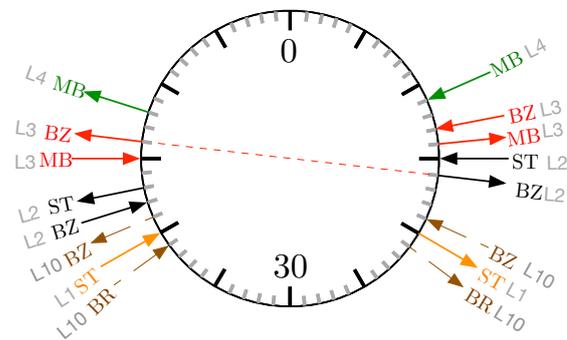
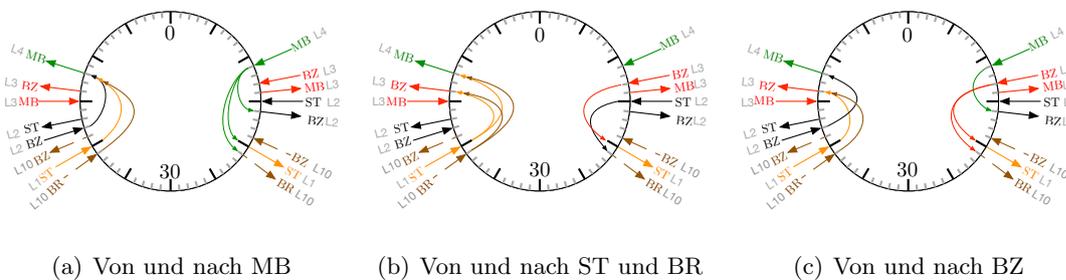


Abbildung 13: Brixen 2019 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten

2.6.2. Umsteigebeziehungen

Von Ankünften und Abfahrten wird, analog zum Demonstrationsbeispiel für den Knoten X, auf die Umsteigebeziehungen geschlossen. Der Bahnhof Brixen stellt einen Knotenpunkt der Linien 1, 2, 3, und 4 dar. Aufgrund der Zusammenführung der vier Linien mit der Linie 10 in diesem Knotenpunkt ist die Anzahl der möglichen Umstiege zwischen den Linien sehr hoch. Die Umstiege erfolgen für unterschiedliche Richtungen. In Brixen liegen die Ursprungs- und Zielorte der Linien nördlich, südlich und östlich im Pustertal.



(a) Von und nach MB

(b) Von und nach ST und BR

(c) Von und nach BZ

Abbildung 14: Brixen 2019 - Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'

Die Umsteigebeziehungen werden in der Abbildung 14 richtungsbezogen aufgeteilt: Von und nach Mühlbach (MB), von und nach Sterzing (ST), von und nach Brenner (BR), von und nach Bozen (BZ). Sämtliche Umsteigebeziehungen der unterschiedlichen Richtungen werden nur für eine maximale Umsteigezeit von 15' berücksichtigt und durch Pfeile dargestellt.

Eine Überlagerung der Umsteigebeziehungen aus Abbildung 14 ergibt die Darstellung in Abbildung 15.

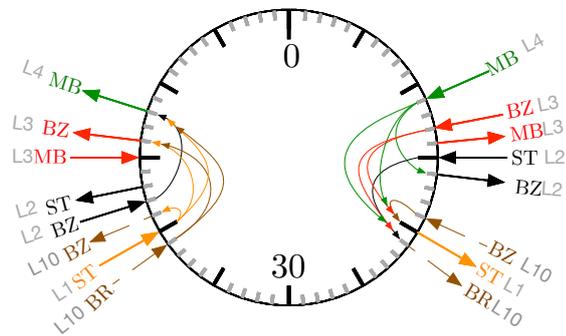


Abbildung 15: Brixen 2019 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'

Die Analyse der Überlagerung aller Umsteigebeziehungen, welche innerhalb von 15' erreichbar sind, zeigt, dass der Knotenpunkt Brixen eine Taktzeit zu den Minuten 15 und 45 hat.

Die Abfahrt nach MB mit der Linie 3 zur Minute 14 ermöglicht keine Umsteigebeziehungen aus dem Norden, weil der Zug der Linie 2 aus Norden 1 Minute nach Abfahrt der Linie 3 in Brixen eintrifft. Die Umsteigebeziehung von ST nach MB ist jedoch in Vahrn gewährleistet. Die Fahrzeit von Brixen nach Vahrn beträgt 3'. In Vahrn beträgt die Umsteigezeit von der Linie 2 auf die Linie 4 7'.

2.7. Knoten Bozen

2.7.1. Linienführung

Südlich von Brixen, nach ca. 30' Fahrzeit, befindet sich der Bahnhof Bozen (BZ). Der Knotenpunkt verbindet die Nord-Süd-Bahnstrecke mit der Bahnstrecke in den Westen nach Meran (ME). Die Ausfahrt nach Meran erfolgt dabei über Süden. Der nächstgelegene Knotenpunkt im Norden ist Brixen (BX). Im Süden der Brenner-Bahnstrecke befindet sich der nächstgelegene Knotenpunkt in Trient (TR). Im Knotenpunkt werden sechs Linien miteinander verknüpft, wobei drei in Bozen enden und beginnen 16(a).

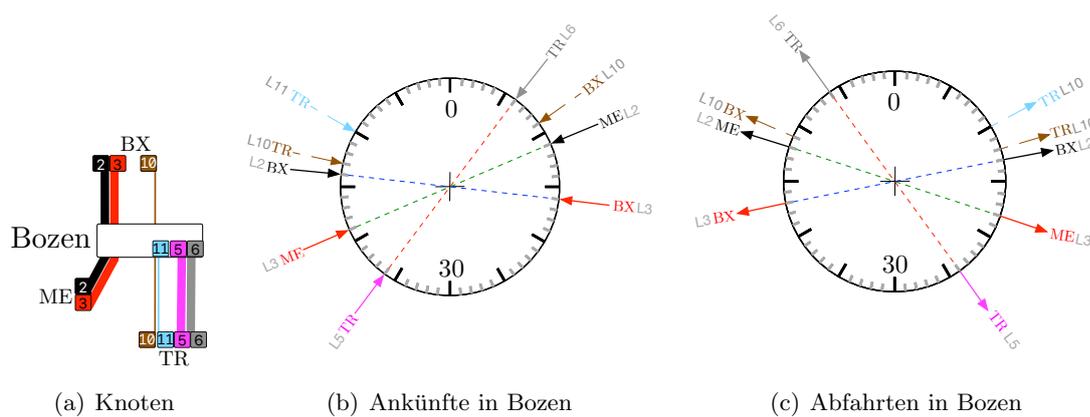


Abbildung 16: Bozen 2019 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachsen

Die Linien 5, 6 und 11 treffen aus dem Knoten Trient in Bozen ein und wenden dort. Die Ankunftszeiten der Linien 5 und 6 zeigen eine Symmetrie und sind um 30' versetzt. Die Ankunftszeiten der Linien 5 und 6 ergeben die erste Symmetrieachse in Rot. Die durchgehenden Linien 2 und 3 ergeben, aus Brixen kommend, eine weitere Symmetrieachse, hier in Blau dargestellt. Eine dritte Achse der Symmetrie ergibt sich aus der Richtung Meran und ist Grün markiert. Die Symmetrieachsen sind strichliert in der Taktuhr eingezeichnet (siehe 16(b)). Insgesamt ergeben sich drei Symmetrieachsen zu sechs Ankünften. Die Ankünfte der Linien 10 und 11 ergeben keine Symmetrie mit anderen am Knoten ankommenden Linien.

Nach der Ermittlung der Symmetrieachsen für die Ankünfte in Bozen werden die Abfahrtszeiten analysiert. Ebenso wie für die Ankünfte ergeben die Abfahrten der Linien 5 und 6 aus TR eine Symmetrie. Die Abfahrten in Richtung ME und BX bilden zwei weitere Symmetrieachsen.

Die Superposition der Taktuhren aus Abfahrt- und Ankunftszeit ergibt die Darstellung in Abbildung 17. In der Überlagerung sind die sechs Symmetrieachsen der Linien 2, 3, 5 und 6 ersichtlich. Durch die Darstellung der Superposition wird die Taktzeit des Knotens ersichtlich: Ankünfte und Abfahrten erfolgen zwischen den Minuten 6 und 24, sowie 36 und 54. Die Taktzeit für den Knoten Brixen 2019 wird für die Minuten 15 und 45 festgelegt. Die Linien 10 und 11 müssen in der Betrachtung der Taktuhr isoliert betrachtet werden, da die Linien 10 und 11 jeweils im 120'-Takt verkehren. Gemeinsam

betrachtet, ergeben diese Linien beinahe einen 60'-Takt, der aufgrund eines zeitlichen Abstandes von 3' jedoch nicht exakt möglich ist.

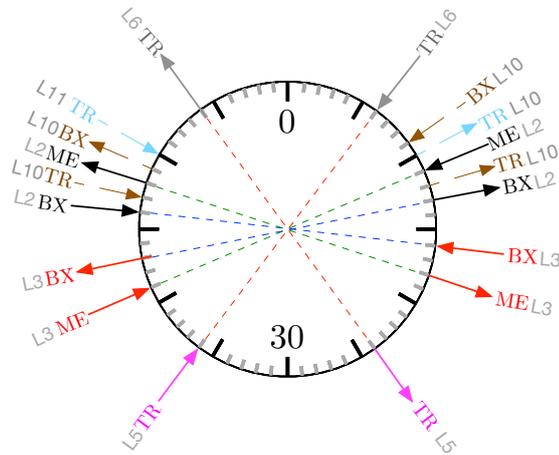


Abbildung 17: Bozen 2019 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten

2.7.2. Umsteigebeziehungen

Wenn auch für die Linien 10 und 11 keine Symmetrieachse identifiziert werden konnte, so ergeben sich aus den Richtungen ME, BX, TR Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'. Anschlüsse, deren Wartezeit 15' überschreiten, werden nicht berücksichtigt.

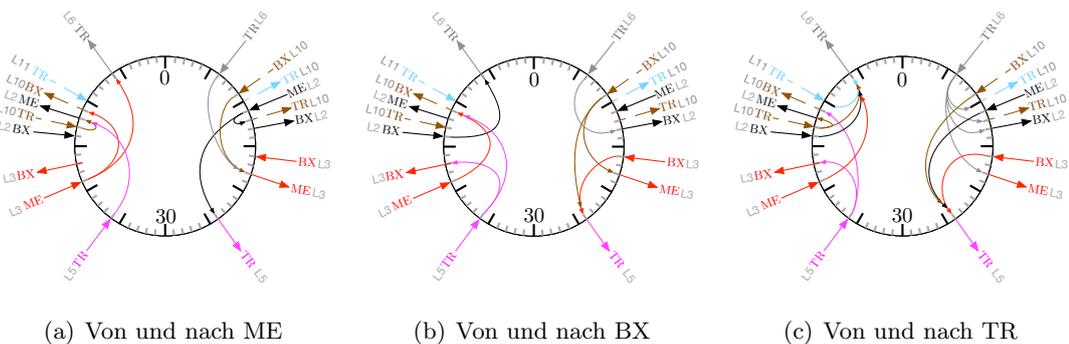


Abbildung 18: Bozen 2019 - Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'

Um die Umsteigemöglichkeiten für die Richtungen Trient und Meran mit einer Umsteigezeit von 1' zu ermöglichen (siehe Abbildung 18(a) mit dem kurzen Pfeil zu Minute 11 und 47), ist niveaufreies Umsteigen Voraussetzung. Nur dadurch kann die Anschlussmöglichkeit gewährleistet werden. Dennoch wird diese Umsteigebedingung als

kritisch betrachtet, weil sie möglicherweise eine Einschränkung für die Taktstabilität ist.

Die Überlagerung sämtlicher Umsteigebeziehungen im Knoten Bozen ergibt die Abbildung 19. In dieser Darstellung ist zu erkennen, dass zu allen Linien Umsteigebeziehungen existieren.

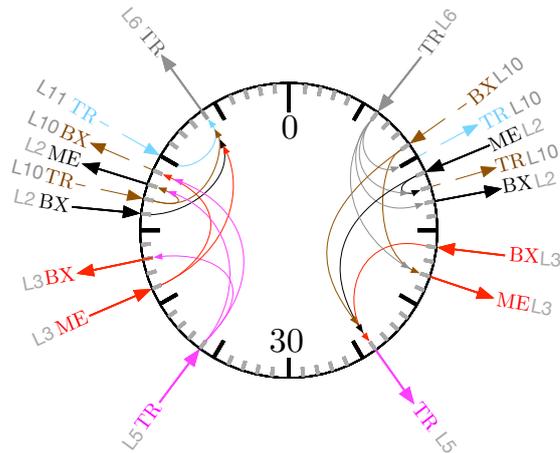


Abbildung 19: Bozen 2019 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'

Durch die Realisierung des BBT und kleinräumiger Infrastrukturvorhaben zwischen Bozen und Meran ergibt sich die Ausbaustufe-2026.

3. Ausbaustufe-2026

3.1. Infrastruktur

3.1.1. Strecken

Brennerbahn

Auf dem Abschnitt der Brennerbahn Innsbruck - Franzensfeste sind große Ausbaumaßnahmen realisiert worden. Dieser Streckenabschnitt ist mit Inbetriebnahme des BBT viergleisig ausgebaut. Dabei wird die bestehende Bergstrecke über den Brennerpass um den flachen Basistunnel ergänzt. Das Nordportal des Tunnels befindet sich an der südlichen Bahnhofsausfahrt Innsbruck. Der anschließende Tunnelabschnitt ist rund 56 km lang und steigt bis zur Staatsgrenze zwischen Italien und Österreich um rund 7 ‰ (BBT-SE, 2016) an. Ab diesem Punkt des Tunnels, der sich ca. 580 m (BBT-SE, 2016) unter des Brennerpasses und der Bestandsstrecke befindet, fällt die Strecke mit ca. 4 ‰ (BBT-SE, 2016) nach Franzensfeste ab. Nach der Unterquerung des Flusses Eisack steigt der Tunnel auf die Bestandsstrecke zum Bahnhof Franzensfeste an, wo sich das Südportal des BBT befindet. Südlich dieses Portals bleibt die Strecke der Brennerbahn bis Bozen unverändert. In Bozen wird durch den Bau des dreigleisigen Tunnels durch Virgl-Berg der bisher zweigleisige Streckenabschnitt aufgelassen und durch einen dreigleisigen ersetzt. Zwei Streckengleise in diesem Tunnel werden der Hauptstrecke zwischen Bozen und Verona P.N., das dritte, westlich gelegene Gleis der Strecke zwischen Bozen und Meran zugeordnet.

Bahnstrecke Bozen - Meran

Ab der Abzweigung von der Brennerbahn ist die Strecke nach Meran wie bisher bis zum Bahnhof Siegmundskron eingleisig. Es schließt ein zweigleisiger Streckenabschnitt an, der sich bis Meran-Untermals erstreckt. Der neue, zweigleisige Ausbau ist im Vergleich zum IST-Zustand-2019 (siehe Kapitel 2) begradigt worden. Aus der Begradigung der Strecke folgt eine Anhebung der Streckenhöchstgeschwindigkeit. Der Bahnhof Terlan ist um 400 m nach Süden verlegt worden (Prader, 2016a). Die Verlegung wurde wegen der Problematik des engen Bogenradius im Bahnhof erforderlich. Durch die Aufweitung des Radius wird die Strecke außerdem verkürzt. Auf dem Streckenabschnitt Meran Untermals - Meran ist die Strecke eingleisig, im IST-Zustand-2019.

Zusammengefasst ergeben die beschriebenen Ausbaumaßnahmen einen neuen Streckennetzplan (siehe Abbildung 20). Das neue Streckennetz der Ausbaustufe-2026 bedingt Änderungen in den Knotenpunkten.

3.1.2. Knoten

Knoten Bozen

Der Bahnhof Brixen bleibt auf der Ebene der Infrastruktur unverändert.

Angepasst wird jedoch der Knoten Bozen: Die Südausfahrt aus dem Bahnhof mit der Eisackflussüberquerung in Richtung Verona P.N. und Meran gestaltet sich im neuen, dreigleisigen Tunnel durch den Virgl-Berg konfliktfrei. Der Tunnel ermöglicht eine

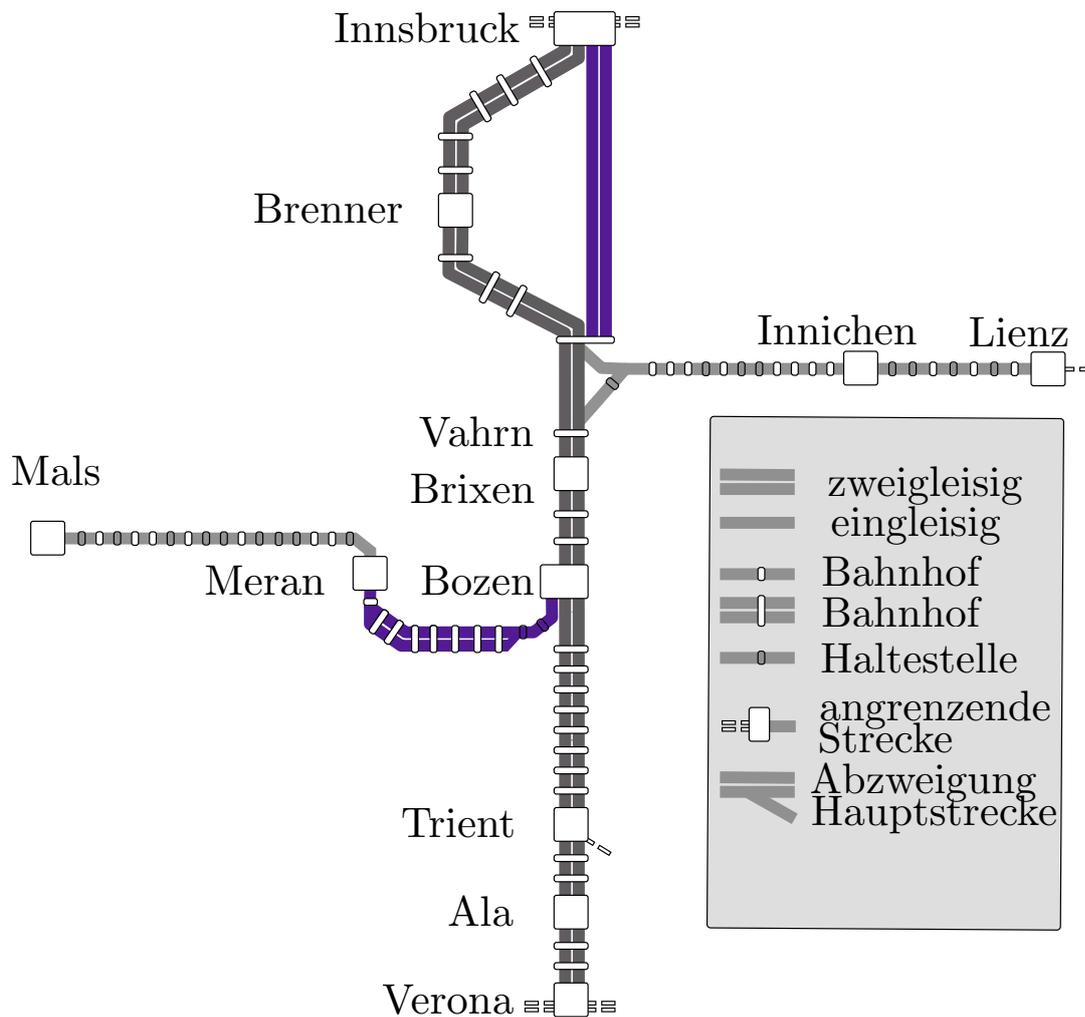


Abbildung 20: Infrastruktur Ausbaustufe-2026

unabhängige Betriebsführung sowohl auf der südlichen Brennerbahnlinie als auch der auf Bahnstrecke nach Meran. Anhand der beschriebenen Infrastruktur im Netzplan der Ausbaustufe-2026 kann die Analyse des Fahrplanangebotes erfolgen.

3.2. Liniplan

Das Fahrzeitenmodell der STA sieht für die Ausbaustufe-2026 keine Anpassung der bestehenden Linien über den Brenner durch den neu errichteten BBT vor. Der Liniplan in Abbildung 5 weicht daher zwischen Brixen und Innsbruck vom Fahrzeitenmodell-2026 der STA ab. Allerdings werden die Randbedingungen der Ankunfts- und Abfahrtszeiten im Knoten Brixen unverändert beibehalten. Unverändert bleibt auch die Bezeichnung aller Linien.

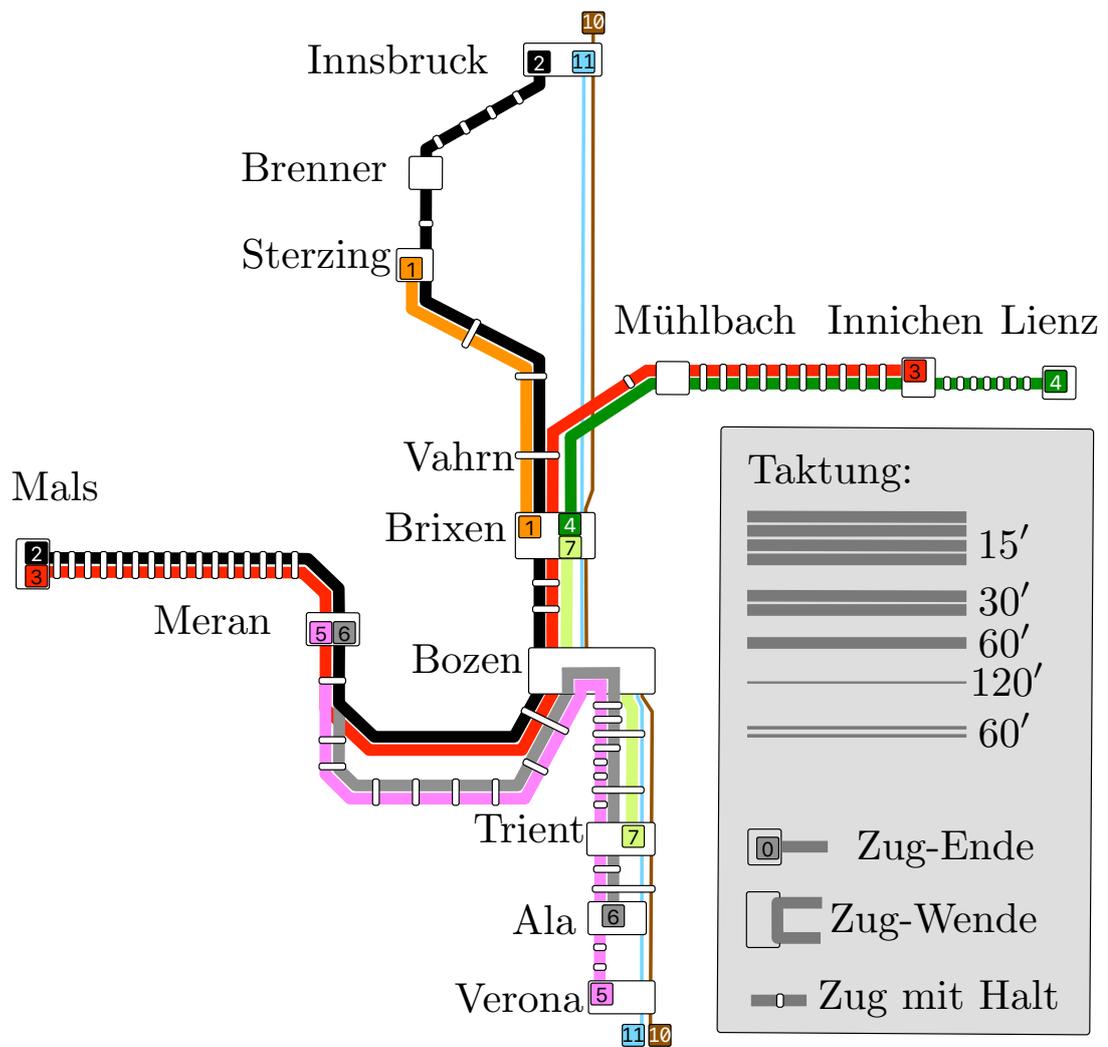


Abbildung 21: Liniplan Ausbaustufe-2026

Durch die erweiterte Infrastruktur ist eine Anpassung des Fahrplans an die Bedürfnisse der Pendler möglich. Zur Hauptverkehrszeit wird der Linientakt auf Strecken verdichtet, wo die Nachfrage besonders hoch ist. Einerseits ist die Verdichtung des Fahrplanangebots durch Einführung einer neuen Linie 7, andererseits durch Verlängerungen der Linien 5, 6, und 11 möglich. Die Hauptverkehrszeit ist jene Zeit, in der das höchste Verkehrsaufkommen im SPNV, i.d.R. am Morgen und am Nachmittag, zu erwarten ist (Wiedemann, 2006, S. 106).

	1	2	3	4	5	6	7	10	11
Innsbruck		0						0	0
Brenner		42							
Sterzing	0	18							
Brixen	30	30						30	40
Lienz				0					
Innichen			0	55					
Mühlbach			70	70					
Brixen			15	11					
Brixen		0	0				0	0	0
Bozen		30	30				30	28	30
Bozen		0	0		0	0			
Meran		32	32		42	42			
Mals		83	83						
Bozen					0	0	0	0	0
Trient					51	48	39	34	38
Ala					30	28			24
Verona P.N.					48			55	35

Tabelle 6: Knotenfahrzeit in Minuten ohne Haltezeiten in Ausbaustufe-2026

3.3. Fahrzeit und Takt der Linienabschnitte

Innsbruck - Brenner - Sterzing - Brixen

Auf dem Streckenabschnitt zwischen Innsbruck und Brixen verkehrt die stündlich betriebene Linie 2 mit zehn Zwischenhalten und einer Fahrzeit von 95'.

Die Linie 1 bedient im 60'-Takt die Strecke Sterzing - Brixen. Zusammen mit der Linie 2 verkehrt sie in einem Intervall von 25' und 35' und führt auf diesem Streckenabschnitt drei Halte durch. Die Linie ist somit zur Linie 21 nicht taksymmetrisch.

Innsbruck - Brixen (BBT)

Die Linie 10 verkehrt im Zweistundentakt durch den BBT. Ohne Zwischenhalt zwischen Innsbruck und Brixen bedarf diese Linie einer Fahrzeit von 30'. Fahrzeuge der Linie 10

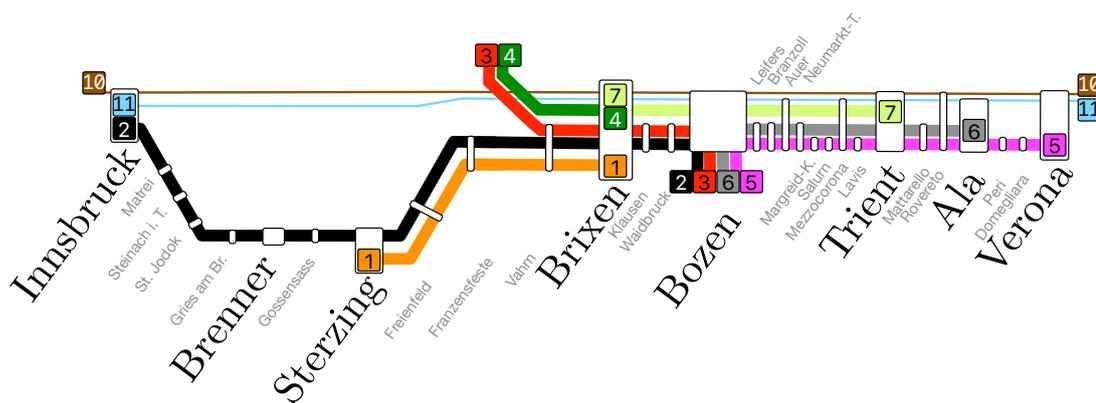


Abbildung 22: Linienplan Brenner in Ausbaustufe-2026

	1	2	3	4	5	6	7	10	11
Innsbruck		0						0	0
Brenner		42							
Sterzing	0	18							
Brixen	30	30	15	11			0	30	40
Bozen		30	30		42	42	30	28	30
Trient					52	47	39	34	39
Ala					30	28			24
Verona P.N.					48			55	35

Tabelle 7: Ausschnitt aus Tabelle 6: Knotenfahrzeit Brennerbahn in Minuten

erreichen eine Maximalgeschwindigkeit von 200 km/h. Die ebenfalls durch den Tunnel verkehrende Linie 11 hat auf demselben Streckenabschnitt von Innsbruck nach Brixen eine Fahrzeit von 40', aufgrund der reduzierten Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Die reduzierten Fahrgeschwindigkeiten sind auf Fahrzeugeigenschaften zurückzuführen, die sich von denen der Linie 10 unterscheiden. Die Abfahrten der Linien 2 und 10 ergeben im Bahnhof Innsbruck einen 30'-Takt einmal in zwei Stunden. Die Abfahrt der Linie 11 ist zu den Linien 10 und 2 nicht getaktet.

Brixen - Bozen

Die Linien 2 und 3 bedienen die Strecke Brixen - Bozen im 30'-Takt, mit einer Fahrzeit von 30' bei zwei Zwischenhalten. Ebenso verkehrt auf diesem Streckenabschnitt die Linie 4 im 60'-Takt. Zusammen mit der Linie 11 ergibt die Linie 4 einen 30'-Takt einmal in zwei Stunden. Weil die Linien 10 und 11 gemeinsam keinen exakten Stundentakt ergeben, ist ein vollständiger 30'-Takt nicht möglich. Die Linien 4 und 11 haben auf der Strecke Brixen - Bozen eine Fahrzeit von 30' ohne Zwischenhalte. Die Fahrzeit reduziert sich

aufgrund der höheren Fahrgeschwindigkeit der Linie 10, ebenfalls ohne Zwischenhalt, auf 28'.

Bozen - Verona P.N.

Auf dem Streckenabschnitt zwischen Bozen und Verona Porta Nuova verkehren fünf Linien. Wie im Liniennplan in Abbildung 21 dargestellt, fahren die Linien 5 und 6 aus Bozen in Richtung Ala im 30'-Takt ab. Beide Linien verkehren jeweils im Stundentakt. Die Linie 5 verkehrt weiter im 60'-Takt zwischen Ala und Verona P.N. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Zwischenhalte verkehren die Linien 5 und 6 zwischen Neumarkt und Ala nicht im exakten 30' Takt. Dennoch wird dieser Takt aus Gründen der Vereinfachung und Übersichtlichkeit als 30'-Takt beschrieben. Auf dem Streckenabschnitt Bozen und Verona P.N. verkehren, neben den Linien 5 und 6, die Linien 10 und 11 jeweils im 120'-Takt. Gemeinsam betrachtet, stellt sich der 120'-Takt als 60'-Takt dar. Stündlich verkehrt die Linie 7 um 30' versetzt zu 10 und 11 aus Brixen nach Trient. Somit ergibt sich bis Trient ein zusätzlicher 30'-Takt. Die fünf Linien ergeben gemeinsam betrachtet keinen 15'-Takt: Die Linien 10 und 11 verkehren zusammen einmal stündlich mit einem Abstand von rund 20' bzw. 10' zwischen den Linien 5 und 6. Die Fahrzeit der Linie 7 zwischen Bozen und Trient beträgt 39' (2 Zwischenhalte). Die Fahrzeit der Linie 5 beträgt zwischen Bozen und Ala 78' (8 Zwischenhalte), die der Linie 6 80' (11 Zwischenhalte) und jene der Linie 11 64' (5 Zwischenhalte).

Bozen - Meran - Mals

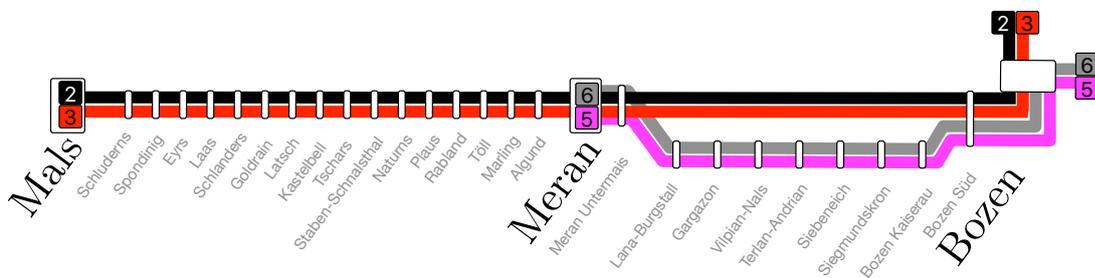


Abbildung 23: Liniennplan Bozen - Mals in Ausbaustufe-2026

	1	2	3	4	5	6	7	10	11
Bozen		0	0		0	0			
Meran		32	32		42	42			
Mals		83	83						

Tabelle 8: Ausschnitt aus Tabelle 6: Knotenfahrzeit Bozen - Mals in Minuten

Auf dem Streckenabschnitt von Bozen nach Meran verkehren vier Linien: 2, 3, 5 und 6 jeweils im 60'-Takt. Gemeinsam bilden die Linien zwischen Bozen und Bozen Süd einen 15'-Takt. Die Linien 5 und 6 verkehren gemeinsam im 30'-Takt und bedienen zwischen Bozen und Meran alle neun Zwischenhalte. Die Fahrt dauert 42'. Ab Bozen Süd verkehren die Linien 2 und 3 als Expresslinien ohne Zwischenhalt bis Meran Untermais. Die Expresslinien erreichen nach 32' Fahrzeit, mit zwei Zwischenhalten in Bozen Süd und Meran Untermais, den Bahnhof Meran. Die Linie 6 erreicht 3' vor dem Einfahren der Expresslinie 2 den Bahnhof Meran. Ebenso fährt die Linie 5 3' vor der Einfahrt der Expresslinie 3 in den Bahnhof Meran ein. Die Expresslinien werden von Bozen über Meran nach Mals weitergeführt, allerdings ab Meran nicht mehr als Expresslinie. Mit 16 Zwischenhalten dauert die Fahrt für die Linien 2 und 3 83'.

Brixen - Mühlbach - Innichen - Lienz

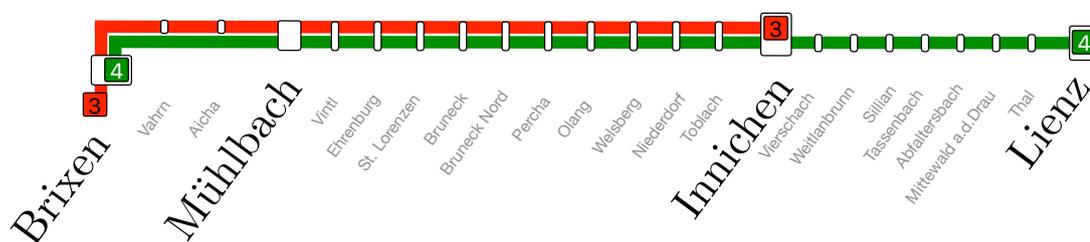


Abbildung 24: Linienplan Brixen - Lienz in Ausbaustufe-2026

Der Linienbetrieb auf der Strecke der Pustertalbahn bleibt im Vergleich zum IST-Zustand-2019 unverändert.

Nach Analyse der Linienfahrzeiten auf den einzelnen Streckenabschnitten im Gesamtnetz werden die Taktfrequenzen der einzelnen Streckenabschnitte beschrieben.

3.4. Linientakt

Wie in Abbildung 21 ersichtlich, verkehren die Linien 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 im 60'-Takt. Diese Linien sind in dicker Strichstärke dargestellt. Durch den 60'-Takt auf den genannten Linien ergibt sich auf den folgenden Streckenabschnitten durch die dazugehörigen Linien ein 30'-Takt:

- Brixen - Mals: 3 + 2
- Bozen - Ala: 5 + 6
- Brixen - Innichen: 3 + 4

Die Linien 10 und 11 verkehren jeweils im 120'-Takt und sind im Linienplan in dünner Strichstärke dargestellt. Im Abschnitt zwischen Verona P.N. und Bozen ergibt sich daraus ein 60'-Takt. Gemeinsam betrachtet, ergeben die Linien 7, 10 und 11 wiederum einen

30'-Takt. Auf dem Streckenabschnitt Bozen - Bozen Süd ergibt sich durch die Linien 2, 3, 5 und 6 ein 15'-Takt. Zwischen Bozen Süd und Meran wird für die Zwischenhalte ein 30'-Takt angeboten.

Zusammenfassend wird die Gesamtfahrzeit der einzelnen Linien durch das Untersuchungsgebiet aufgelistet:

Linie	Von	Nach	Fahrzeit [min]	Halte
1	Brixen	Sterzing	30	3
2	Mals	Innsbruck	260	33
3	Mals	Innichen	251	36
4	Brixen	Lienz	141	19
5	Meran	Verona P.N.	181	24
6	Meran	Ala	129	18
7	Brixen	Trient	72	5
10	Innsbruck (Linienfortführung)	Verona P.N. (Linienfortführung)	150	4
11	Innsbruck	Verona P.N. (Linienfortführung)	180	7

Tabelle 9: Fahrzeiten Ausbaustufe-2026

Ebenso wie im IST-Zustand-2019 sollen im folgenden die Knotenpunkte Brixen und Bozen der Ausbaustufe-2026 untersucht werden. In diese Analyse fließen der Linienplan und der Infrastrukturplan für die Ausbaustufe-2026 ein.

3.5. Knoten Brixen

3.5.1. Linienführung

Die Analyse der Ausbaustufe-2026 am Knoten Brixen erfolgt aufgrund von Änderungen des Linienplans und der Linienführung. Auf der Ebene der Infrastruktur ist der Bahnhof Brixen im Vergleich zum IST-Zustand-2019 unverändert. Die Linien 7 und 11 sind im Vergleich zum IST-Zustand-2019 zusätzlich im Linienangebot enthalten. Die Ankunfts- und Abfahrtszeiten, mit den dazugehörigen Taktzeiten, sind in der Abbildung 25 dargestellt.

In Abbildung 25(b) ist zu sehen, dass die im Vergleich zum IST-Zustand-2019 neuen Linien 7 und 11 eine Symmetrieachse in der Ankunftszeit ergeben: Diese ist um exakt 30' zeitversetzt. Ebenso um 30' zeitversetzt, ergibt die Abfahrt der Linien 7 und 11 eine Taktsymmetrie (siehe Abbildung 25(c)). Die Symmetrieachsen für Ankünfte und Abfahrten für Züge, welche nach Süden verkehren, sind in den Abbildungen 25(b) und 25(c) rot dargestellt.

Bei Betrachtung der roten Symmetrieachsen für die Abfahrten wird festgestellt, dass diese nicht senkrecht aufeinander stehen. Ein 15'-Takt wird daher nicht angeboten. Die Abfahrten der Linien 2 und 3 bzw. 7 und 11 sind um 10' zeitversetzt. Die Folge ist ein Takt der Abfahrten nach Bozen zu jeder zweiten Stunde zu den Minuten 10 und 20 (Abbildung 25(c)). Die Ankünfte im Knoten Brixen gestalten sich analog im 10' und 20'-Takt.

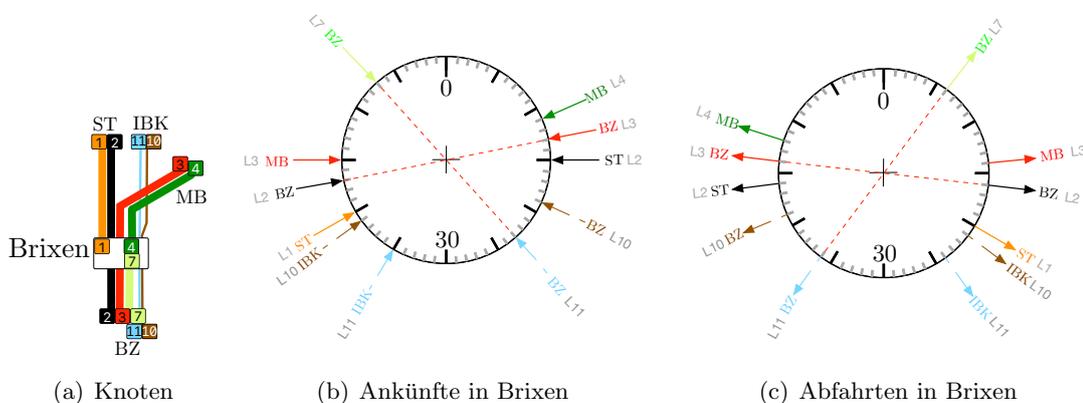


Abbildung 25: Brixen 2026 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachsen

Die Ankünfte und Abfahrten im Knoten Brixen sind in Abbildung 26 zusammengefasst. Die vier rot gekennzeichneten Symmetrieachsen ergeben sich durch die Bedienung der Strecke aus und nach Süden.

Durch die zusätzlichen Abfahrten der Linien 7 und 11 im Bahnhof Brixen ergeben sich neue Möglichkeiten für Umsteigebeziehungen.

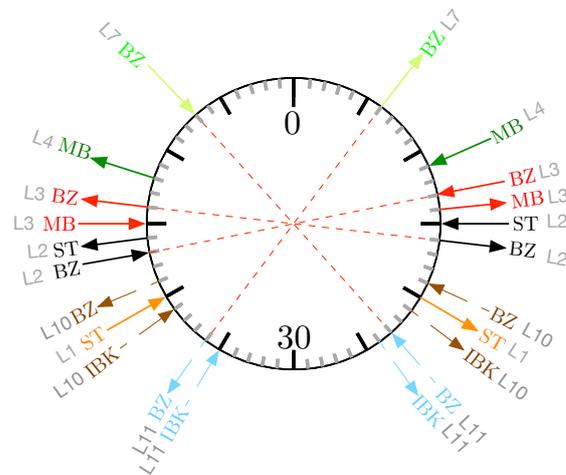
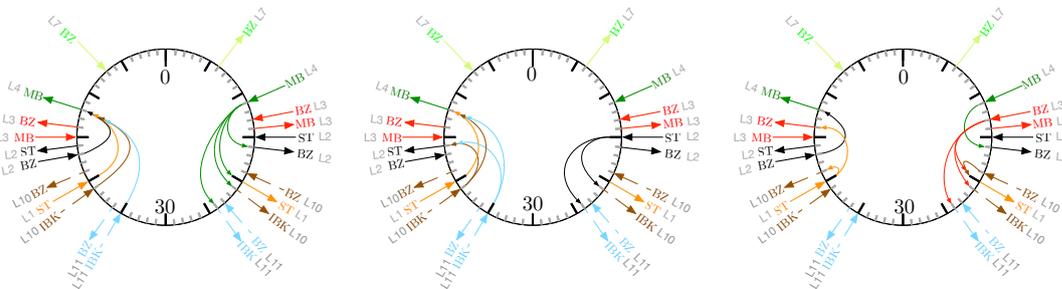


Abbildung 26: Brixen 2026 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten

3.5.2. Umsteigebeziehungen

Die Umsteigebeziehungen für den genannten Knoten werden in der Abbildung 27 richtungsbezogen aufgeteilt: von und nach Mühlbach (MB), von und nach Sterzing (ST) und Innsbruck (IBK) sowie von und nach Bozen. Sämtliche Umsteigebeziehungen für die verschiedenen Richtungen werden nur für eine maximale Umsteigezeit von 15' berücksichtigt.



(a) Von und nach MB

(b) Von und nach ST und IBK

(c) Von und nach BZ

Abbildung 27: Brixen 2026 - Umsteigebeziehungen je Richtung innerhalb 15'

Eine Überlagerung der Taktuhren für die Umsteigebeziehungen aus Abbildung 27 ergibt die Darstellung der Taktuhr in Abbildung 28. Erst die gemeinsame Betrachtung aller An- und Abfahrten sowie sämtlicher Umsteigebeziehungen lässt auf die Taktzeit des Knotens schließen. Weil Abfahrten mit Umsteigebeziehungen nur zwischen den Minuten 11 bis 24 und 35 bis 48 stattfinden, ergibt sich die gemittelte Knotentaktzeit zu den Minuten 17 und 43.

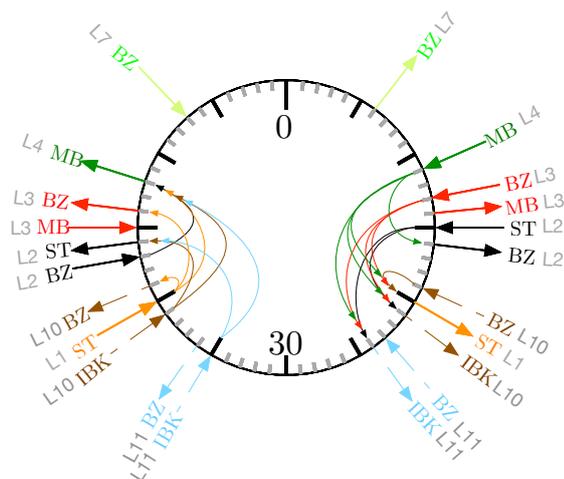


Abbildung 28: Brixen 2026 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'

Obwohl zusätzliche Fahrten der Linie 7 vorgesehen sind, bietet diese Linie keine geeigneten Umsteigebeziehungen an. Die genaue Betrachtung der Umsteigebeziehung der Linien 2 und 3 zeigt, dass Umsteigen von ST nach MB und umgekehrt in Brixen nicht möglich ist: Die Abfahrt der Linie 3 nach MB erfolgt eine Minute vor Ankunft der Linie 2 aus ST. Umsteigen von ST nach MB ist in Brixen nicht möglich. Ebenso ist die Abfahrt der Linie 2 nach ST zur Minute 44 1' vor Ankunft der Linie 3 aus MB festgesetzt. Der Umstieg innerhalb von 15' von MB nach ST ist am Knoten Brixen zur Taktzeit 45 nicht möglich. Die Umsteigebeziehung von ST nach MB ist jedoch in Vahrn gewährleistet: Die Fahrzeit von Brixen nach Vahrn beträgt 3'. In Vahrn beträgt die Umsteigezeit von der Linie 2 auf die Linie 4 7'. Aus diesem Grund kann die Umsteigebeziehung von Norden nach Osten dennoch ermöglicht werden.

3.6. Knoten Bozen

3.6.1. Linienführung

Etwa 30' südlich von Brixen befindet sich der Knoten Bozen. Aus Norden kommend, fahren die Linien 2, 3, 7, 10 und 11 in Bozen ein.

Durch umfangreiche Baumaßnahmen im Bahnhof Bozen ist der Knoten den gestiegenen Anforderungen aufgrund der höheren Anzahl an verkehrenden Linien angepasst worden. Die Errichtung des Virgl-Tunnels ermöglicht die getrennte Linienführung bei der Südausfahrt der Linien in Richtung Meran und der Linien in Richtung Trient.

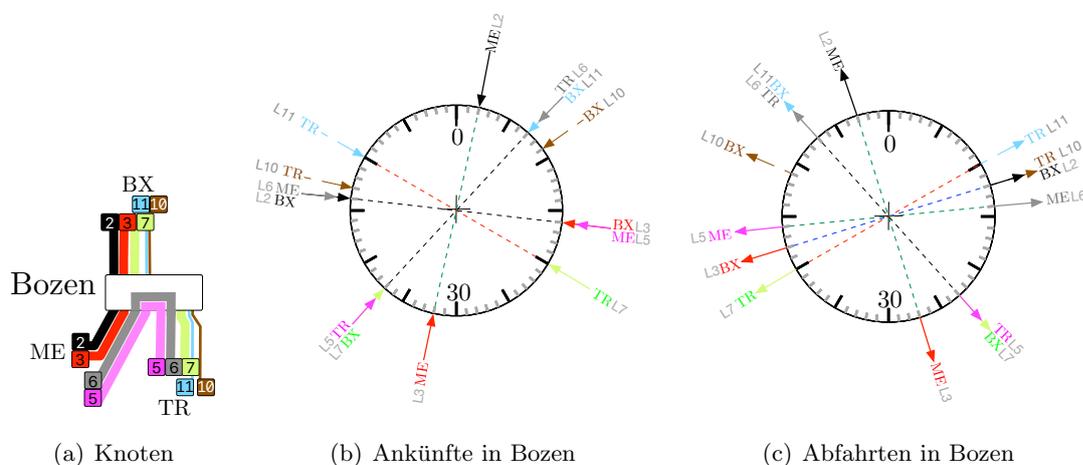


Abbildung 29: Bozen 2026 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachsen

Die Züge der Linien 5 und 6 werden in Bozen gewendet, weil sie aus Süden kommend, nach Meran verkehren und anschließend wieder in Richtung Süden ausfahren (siehe Darstellung in Abbildung 29(a)). Die Linien 7 und 11 führen in Bozen, im Gegensatz zum IST-Zustand-2019, einen Halt durch. Die Linien 2 und 3 führen in Bozen einen Verkehrshalt von 10' durch. Symmetrieachsen ergeben sich für alle Richtungen: nach Norden, Süden und für die Nebenstrecke nach Meran. Die Linie 10 weist aufgrund geringer zeitlicher Verschiebung zur Linie 11 keine Symmetrieachse zu den Abfahrten der Linie 7 auf. Den Taktuhren ist zu entnehmen, dass aus unterschiedlichen Richtungen sogar zeitgleiches Einfahren in den Bahnhof Bozen vorgesehen ist. Ein Abgleich der Taktuhr mit dem Knotenplan zeigt, dass die Züge aus unterschiedlichen Richtungen einfahren.

Die Abfahrten und Ankünfte aus Abbildung 29 sind in Abbildung 30 inklusive Symmetrieachsen zusammengefasst dargestellt. Der Abbildung der Superposition ist zu entnehmen, dass die Ankünfte und Abfahrten am Knoten Bozen über den Zeitraum einer Stunde verteilt sind und viele Zugbewegungen stattfinden.

Abschließend werden die Umsteigebeziehungen im Knoten Bozen untersucht.

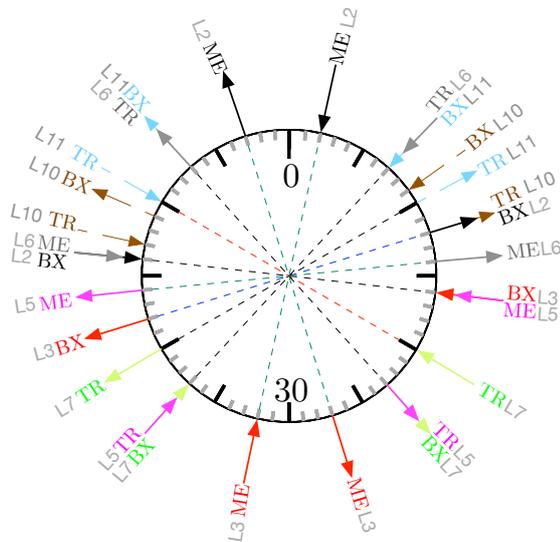
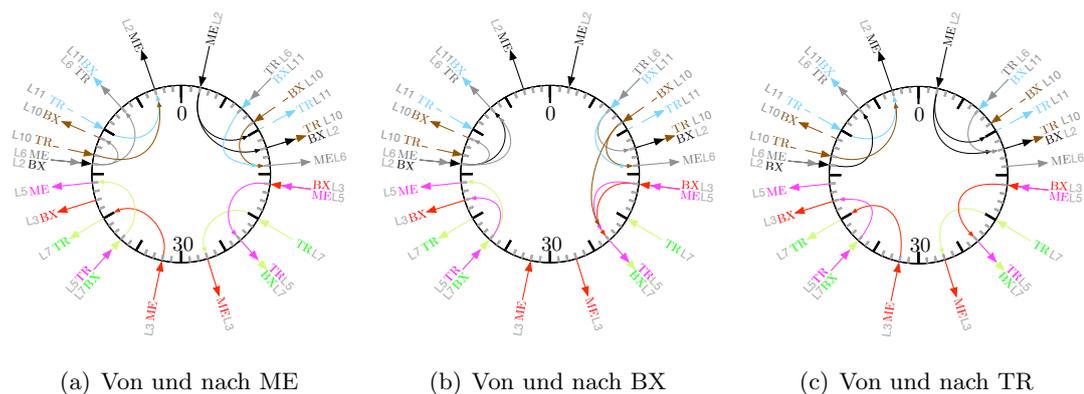


Abbildung 30: Bozen 2026 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten

3.6.2. Umsteigebeziehungen

Die für die verschiedenen Richtungen aufgeschlüsselte Analyse der Umsteigebeziehungen zeigt, dass die Mehrzahl der Umsteigepfeile eine Umsteigezeit von 5' bis 8' vorsehen. Die gemeinsame Betrachtung der Umstiege zeigt, dass innerhalb einer Stunde 4 Mal in jede Richtung umgestiegen werden kann. Und zwar zu den Minuten: 2-14, 16-27, 32-44 und 46-57. Diese vier Zeitfenster zu 15' werden als Sektoren bezeichnet. Eine Ausnahme bildet die Umsteigebeziehung der Linie 10 aus BX auf die Linie 5 nach TR: In einem Zeitabstand von 120' schneidet der Umsteigepfeil der Linie 10 zwei Sektoren mit einer Umsteigezeit von 14'.



(a) Von und nach ME

(b) Von und nach BX

(c) Von und nach TR

Abbildung 31: Bozen 2026 - Umsteigebeziehungen je Richtung innerhalb von 15'

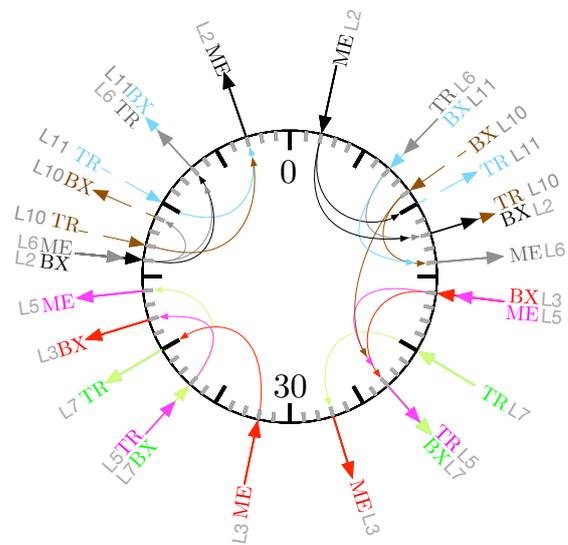


Abbildung 32: Bozen 2026 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'

Zusammenfassend werden die bisher durchgeführten Analysen der Ausbaumaßnahmen gegenübergestellt.

4. Zusammenfassung

4.1. Linienplan

Die Gegenüberstellung in Abbildung 33 zeigt den Linienplan für den IST-Zustand-2019 und für die Ausbaustufe-2026. Beiden Linienplänen liegen die Fahrzeitenmodelle für die Jahre 2019 und 2026 der STA zugrunde. Im Folgenden werden die Fahrzeiten der einzelnen Linienabschnitte für die Jahre 2019 und 2026 verglichen.

4.2. Fahrzeit und Takt der Linienabschnitte

Innsbruck - Brixen - Bozen

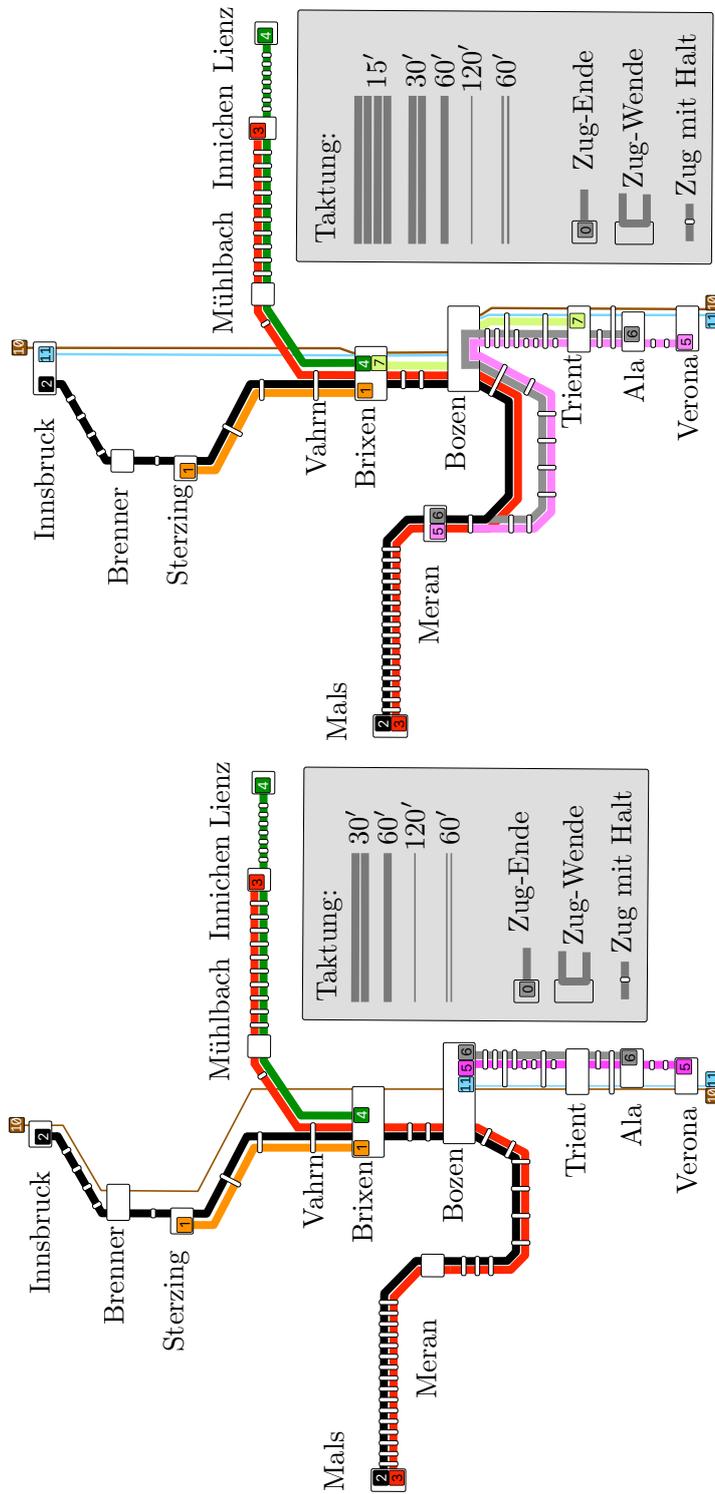
Durch die Verlegung der Linie 10 auf den Streckenabschnitt zwischen Innsbruck und Brixen in den BBT verkürzt sich die Fahrzeit auf der Strecke. Diese ergibt sich aus der Streckenverkürzung, höheren Geschwindigkeiten und dem Wegfall des Zwischenhaltes am Grenzbahnhof Brenner.

Der Endbahnhof der Linie 11 wird nach den Ausbaumaßnahmen von Bozen nach Innsbruck verschoben. Aus diesem Grund ist die Schnellverbindung Innsbruck - Brixen einmal pro Stunde mit den Linien 10 und 11 möglich. Durch die Linie 2 wird die genannte Verbindung zweimal stündlich angeboten. Gemeinsam betrachtet, ergeben die Linien 2, 10 und 11 keinen Taktfahrplan mit einer regelmäßigen Taktzeit. Keinen Taktfahrplan ergeben ebenfalls die auf dem Streckenabschnitt Brixen - Sterzing verkehrenden Linien 1 und 2. Zwei Verbindungen pro Stunde in beide Richtungen werden angeboten. Beide Verbindungen haben zwischen den beiden Städten eine Fahrzeit von 30'. Der Linientakt beträgt für die beiden Einzelverbindungen jeweils 60'.

Brixen - Bozen

Der Linienverkehr zwischen Brixen und Bozen wird durch die stündlich verkehrenden Linien 2 und 3 angeboten und infolge der Ausbaumaßnahmen um die Linie 7 erweitert.

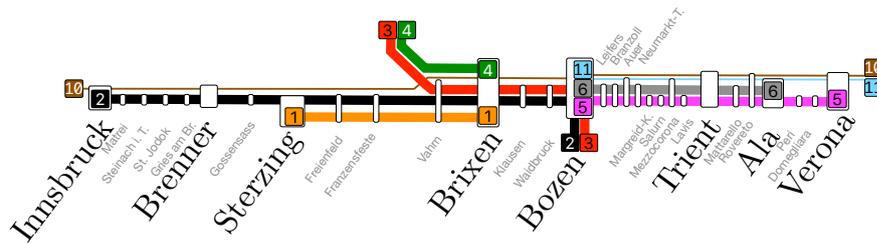
Der 120'-Takt der Linie 10 verändert sich durch die Ausbaumaßnahmen nicht. Durch die Verschiebung der Endstation der Linie 11 von Bozen nach Innsbruck wird der Lini-entakt der Linie 10 halbiert. Die Linien 10 und 11 ergeben auf dem Streckenabschnitt keinen vollständigen 60'-Takt. Grund für die Unvollständigkeit des Taktes ist die um 4' in Bozen und 5' in Brixen verschobene Abfahrtszeit. Die Linie 7 verkehrt im 60'-Takt mit einer Fahrzeit von 30' zwischen Brixen und Bozen. Ein 30'-Takt in der Abfahrt sowohl in Bozen als auch in Brixen ergibt sich zu jeder zweiten Stunde mit der Linie 11. Wie für den Linientakt der Linien 10 und 11 ergibt die gemeinsame Betrachtung der Linien 7, 10 und 11 keinen exakten 30'-Takt. Der Bahnhof Bozen ist vor den Ausbaumaßnahmen Endbahnhof für die Linien 5, 6 und 11. Die Linie 11 wird in der Ausbaustufe-2026 verlängert und verdichtet das Angebot auf dem Streckenabschnitt Bozen - Brixen und weiter nach Innsbruck zu einer Verbindung pro Stunde.



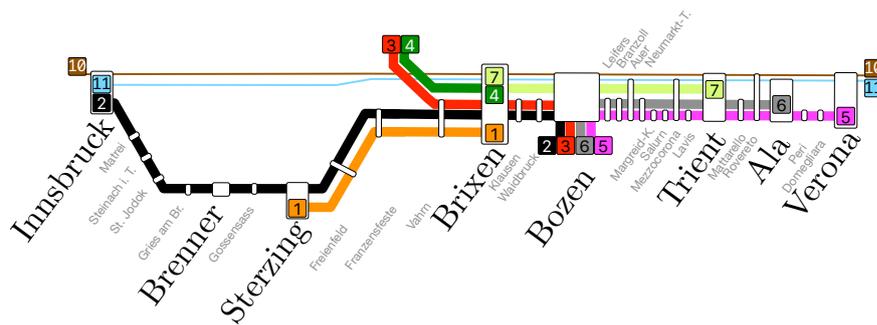
(b) Ausbaustufe-2026

(a) IST-Zustand-2019

Abbildung 33: Gegenüberstellung Linienplan vor und nach den Ausbaumaßnahmen



(a) IST-Zustand-2019



(b) Ausbaustufe-2026

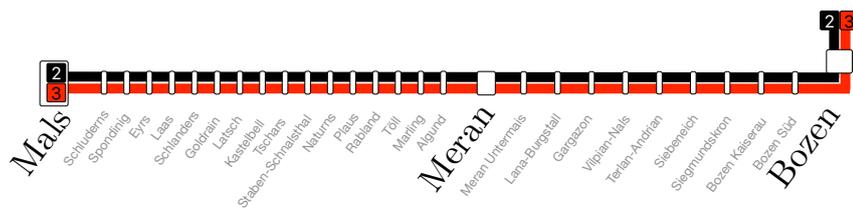
Abbildung 34: Linienplan Nord-Süd Achse

Bozen - Verona P.N.

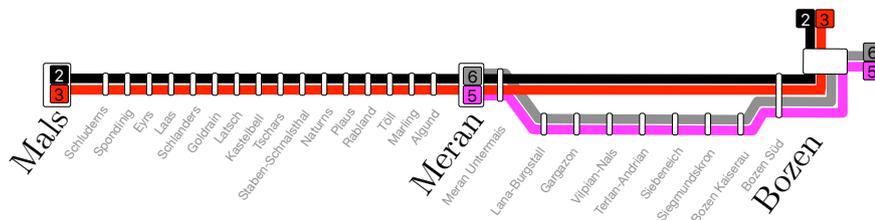
Nach den Ausbaumaßnahmen bildet der Knoten Bozen keinen Endbahnhof der Linien im SPNV. Die Linienführung der Linien 5 und 6 ist auf der Strecke zwischen Bozen - Ala und Verona P.N. unverändert. Das stündliche Angebot der Linien 5 und 6 ergibt gemeinsam eine Taktzeit von 30'. Die Linie 5 führt zwischen Bozen und Trient mehr Halte als die Linie 6 durch. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Zwischenhalte der beiden Linien auf dem Streckenabschnitt ergibt sich im Bahnhof Trient ein Fahrzeitunterschied von 5'. Der Fahrzeitunterschied von 5' reduziert sich von Bozen bis Ala auf 2'. Aufgrund des geringen Fahrzeitunterschiedes von 2' wird der Takt der Linien 5 und 6 auf diesem Streckenabschnitt als 30'-Takt bezeichnet und als solcher bewertet. Durch die Ausbaumaßnahmen wird das Angebot für einen exakten Stundentakt der Linien 10 und 11 auf der Strecke nördlich von Bozen in Richtung Innsbruck nicht angepasst. In Trient haben die Linien 10 und 11 bei der Abfahrt in Richtung Norden einen exakten Stundentakt. Bei der Ankunft in Bozen ist der Stundentakt aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Zwischenhalte nicht mehr gegeben. In die entgegengesetzte Richtung, nach Süden, ist ein exakter 60'-Takt in keinem der Knotenpunkte entlang der Brenner Eisenbahnstrecke möglich. Durch die Ausbaumaßnahmen wird die Linie 7 dem Linienplan hinzugefügt. Die Linie 7 verkehrt auf dem Streckenabschnitt Bozen - Trient im 60'-Takt. Die Linien 7 und 11 ergeben auf dieser Strecke einen 30'-Takt, einmal in 120', weil die Linie 10 nicht im 60'-Takt mit der Linie 11 verkehrt.

Bozen - Mals

Die Linien 5 und 6 aus südlicher Richtung werden durch die Ausbaumaßnahmen nach Meran verlängert. Aus Verona P.N. bzw. aus Ala erreichen die Züge dieser Linien 5 und 6 den Bahnhof Bozen im 30'-Takt. In der Ausbaustufe-2026 fahren sie nach einer Wendezeit von 7' erneut nach Süden aus dem Bahnhof aus. Die Ausfahrt gestaltet sich nach den Ausbaumaßnahmen kreuzungsfrei bis zur Abzweigung nach Meran. Die Linien 5 und 6 bedienen im exakten 30' Takt alle Haltestellen und Bahnhöfe bis Meran und bedürfen einer Fahrzeit von 42'. Nach den Ausbaumaßnahmen müssen die Linien 2 und 3 im Bahnhof Bozen einen Zwischenhalt von 10' einhalten. Der Zwischenhalt ist notwendig, um die Umsteigebeziehungen und die Abfahrt nach Meran mit den Linien 5 und 6 im 15'-Takt zu ermöglichen. Im Unterschied zu den Linien 5 und 6 bedienen die Linien 2 und 3 auf der Strecke Bozen - Meran nur zwei Zwischenhalte. Die zwei Zwischenhalte und der zweigleisige Ausbau des Streckenabschnittes ermöglichen eine Schnellverbindung von Bozen nach Meran mit einer Fahrzeit von 32'. Mit der Durchbindung der Linien 5 und 6 aus dem Süden wird die umsteigefreie Anbindung von Meran auch aus dem Süden angeboten.



(a) IST-Zustand-2019



(b) Ausbaustufe-2026

Abbildung 35: Linienplan Bozen - Mals

Brixen - Mühlbach - Innichen - Lienz

Die Strecke von Brixen über Mühlbach, Innichen nach Lienz wird nach den Ausbaumaßnahmen in der Ausbaustufe-2026 von den Linien 3 und 4 unverändert bedient. Der historische Streckenabschnitt zwischen Mühlbach und Franzensfeste wird im planmäßigen Linienverkehr weiterhin nicht befahren.

4.3. Linientakt

Abschließend werden die Fahrzeiten der einzelnen Streckenabschnitte gegenübergestellt und im Linientakt zusammengefasst.

Linie	Takt [min]	Von	Nach	Fahrzeit [min] 2019	Fahrzeit [min] 2026
1	60	Brixen	Sterzing	30	30
2	60	Mals	Innsbruck	255	260
3	60	Mals	Innichen	244	251
4	60	Brixen	Lienz	141	141
5	60	Bozen	Verona P.N.	130	130
5	60	Meran	Verona P.N.		181
6	60	Bozen	Ala	80	80
6	60	Meran	Ala		129
7	60	Brixen	Trient		72
10	120	Innsbruck (Linienfortführung)	Verona P.N. (Linienfortführung)	174	150
11	120	Bozen	Verona P.N. (Linienfortführung)	105	105
11	120	Innsbruck	Verona P.N. (Linienfortführung)		180

Tabelle 10: Fahrzeiten IST-Zustand-2019 und Ausbaustufe-2026

Die Fahrzeit der Linie 1 von Brixen nach Sterzing bleibt mit 30' unverändert. Die Verlängerung der Fahrzeit von Mals nach Innsbruck mit der Linie 2 bzw. von Mals nach Innichen mit der Linie 3 um 5' bzw. 7' ist folgendermaßen zu erklären: Trotz der Verkürzung der Fahrzeit auf dem Streckenabschnitt Meran - Bozen ist die Haltezeit von 10' bzw. 11' im Bahnhof Bozen Grund für die beschriebene Fahrzeitverlängerung. Die Fahrzeit der Linie 4 von Brixen nach Lienz ist vor und nach den Ausbaumaßnahmen unverändert. Durch die Linienverlängerung der Linien 5 und 6 nach Meran verlängert sich ebenfalls die Gesamtfahrzeit zwischen den beiden Linienenden. Die Fahrzeit auf den Abschnitten vor und nach den Ausbaumaßnahmen bleibt unverändert. Die Linie 7 bietet in der Ausbaustufe-2026 eine zusätzliche Schnellverbindung von Brixen über Bozen nach Trient. Die Fahrzeit auf diesem Streckenabschnitt ist identisch zu jener der Linie 11 auf der Strecke zwischen Brixen und Trient. Die Fahrzeit der Linie 10 verkürzt sich durch die Ausbaumaßnahmen des BBT zwischen Innsbruck und Verona P.N. um 24' auf 150'. Die Linie 11 wird nach der Linienverlängerung nach Innsbruck in der Ausbaustufe-2026 im Vergleich zur Linie 10 eine um 30' längere Fahrzeit haben. Der Grund dafür liegt in der verminderten Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge und in der Anzahl der Zwischenhalte.

4.4. Knotenfahrzeiten

Im Anhang geben die Tabellen 1 (Seite 25) und 6 (Seite 41) Aufschluss über die Fahrzeit der einzelnen Linien zwischen den Knotenpunkten. Die Knotenfahrzeiten wurden aufbauend auf die Linientakte der Streckenabschnitte vor und nach den Ausbaumaßnahmen erstellt.

Daraus wird ersichtlich, dass die reine Fahrzeit zwischen den Knoten Brixen und Bozen unverändert bleibt.

4.5. Knoten Brixen

4.5.1. Linienführung

Der Knotenpunkt Brixen bildet, wie schon mehrfach erwähnt, den Knotenpunkt zwischen der Bestandsstrecke der Brennerbahn und der Neubaustrecke Innsbruck - Brixen im Norden und der südlichen Brennerstrecke nach Bozen. Hinzu kommt noch der Anschluss der Pustertalbahn in den Osten über Innichen nach Lienz.

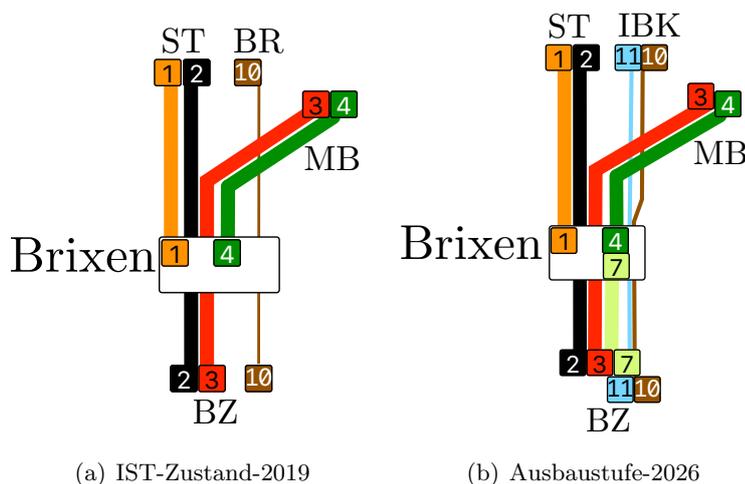


Abbildung 36: Knoten Brixen

Zunächst werden die Abfahrten im Knoten Brixen vor und nach den Ausbaumaßnahmen anhand der Taktuhren gegenübergestellt. Im direkten Vergleich ist ersichtlich, dass mit Einführung der neuen Linien 7 und 11 eine neue Symmetrieachse der Abfahrten in Richtung Bozen möglich ist. Die Symmetrieachse der Abfahrten der Linien 2 und 3 in Richtung Bozen bleibt durch die Ausbaumaßnahmen erhalten. Die um jeweils 30' versetzten Abfahrtszeiten weisen bei Betrachtung der rot dargestellten Symmetrieachsen nach Süden einen spitzen Winkel zueinander auf: Der spitze Winkel bedeutet, dass dieselbe Richtung nicht in einem Zeitabstand von 15' befahren wird. Im Knoten Bahnhof Brixen fährt die Linie 7 10' vor Abfahrt der Linie 2 in Richtung Bozen ab. 20' später erfolgt die Abfahrt der Linie 11 und weitere 10' später fährt die Linie 3 in Richtung Bozen ab. Nach Süden ergibt sich somit ein 10'- und 20'-Takt. Die beschriebene Abfolge der Abfahrten

erfolgt nur einmal innerhalb von zwei Stunden. Grund für diesen zweistündigen Zeitabstand sind die nicht im Takt verkehrenden Linien 10 und 11. In der darauffolgenden Stunde ergibt sich nach Süden in der Ausbaustufe-2026 dieselbe Abfahrtskonfiguration wie im IST-Zustand-2019. Einziger Unterschied durch die Ausbaumaßnahmen ist, dass die Linie 7 eine vierte Verbindungsmöglichkeit nach Bozen anbietet.

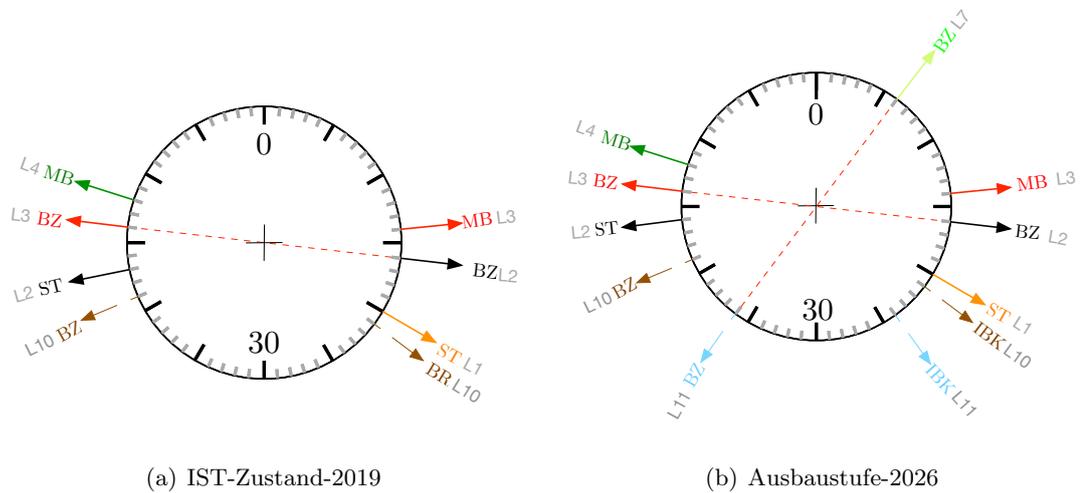


Abbildung 37: Abfahrten Brixen

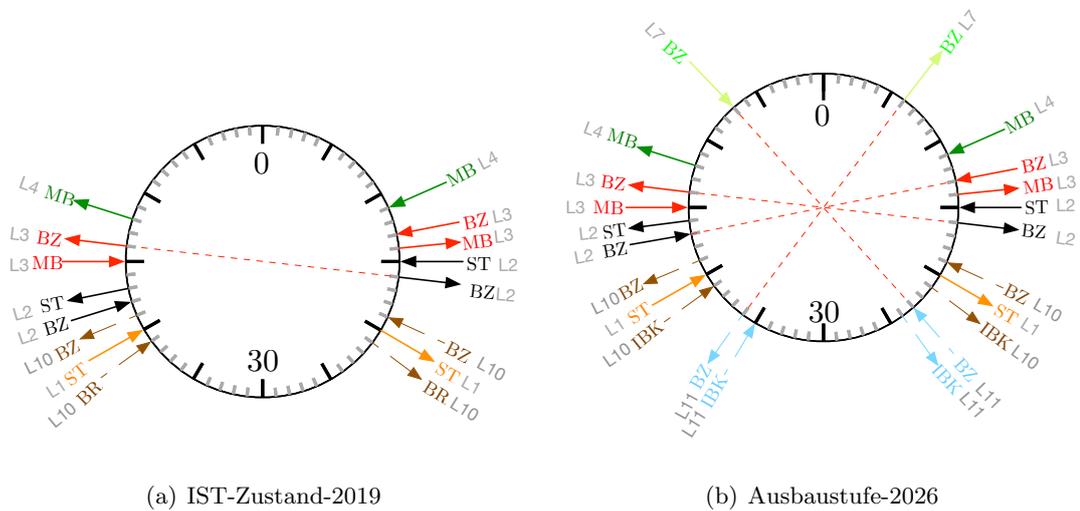


Abbildung 38: Superposition Brixen

Die Abfahrten nach Norden in Richtung Sterzing erfolgen vor den Ausbaumaßnahmen in einem Zeitabstand von 23' bzw. 37'. Der Zeitabstand verändert sich in der Ausbaustufe-2026 zu 24' bzw. 36'.

Die anschließende Gegenüberstellung der Superposition der Ankünfte und Abfahrten im Knoten Brixen ist in Abbildung 38 dargestellt. Darin ist zu erkennen, dass sich die Anzahl der Symmetrieachsen nach den Ausbaumaßnahmen erhöht hat: Die im IST-Zustand-2019 nicht vorhandene Symmetrieachse der Ankunft aus Bozen ist nach der Ausbaustufe-2026 vorhanden. Ebenfalls symmetrisch sind die Ankünfte nach den Ausbaumaßnahmen der Linien 7 und 11 aus Süden.

Bemerkenswert ist, dass sich für den Knoten Brixen sämtliche Symmetrieachsen ausschließlich für Ankünfte und Abfahrten in südliche Richtung ergeben. Diese Symmetrieachsen sind in den Taktuhren rot dargestellt.

Bei Betrachtung der Taktuhren der Superposition in Abbildung 38 fällt für den IST-Zustand-2019 auf, dass sich alle Ankünfte und Abfahrten rund um die Minuten 15 und 45 gruppieren. Die Gruppierung um Taktzeit 15 und 45 ist in der Ausbaustufe-2026 ebenfalls zu erkennen: Durch Hinzukommen der Abfahrten und Ankünfte der Linien 7 und 11 ändern sich durch die Ausbaumaßnahmen nur wenige Abfahrten.

Die Konzentration der Taktzeiten der Linien im Bahnhof Brixen zur Taktzeit 15 und 45 kehrt in der Darstellung der Umsteigebeziehungen wieder.

4.5.2. Umsteigebeziehungen

Die Gegenüberstellung der Umsteigebeziehungen im Knoten Brixen ist in Abbildung 39 dargestellt. Die jeweiligen Pfeile der Ankunft der Linien sind durch Pfeile mit jener Linie verbunden, in welche umgestiegen werden kann, sofern diese Verbindung innerhalb von 15' möglich ist. Die neu eingeführte Linie 7 kann keine ansprechende Umsteige Verbindung innerhalb von 15' anbieten. Die Abfahrt nach MB mit der Linie 3 zur Minute 14 ermöglicht keine Umsteigebeziehungen aus dem Norden, weder vor noch nach den Ausbaumaßnahmen, weil der Zug der Linie 2 aus Norden 1' nach Abfahrt der Linie 3 in Brixen eintrifft. Die Umsteigebeziehung von ST nach MB ist vor und nach den Ausbaumaßnahmen jedoch in Vahrn gewährleistet. Die Umsteigezeit in Vahrn beträgt 2019 und 2026 rund 7'.

Der IST-Zustand-2019 ermöglicht zur Minute 21 ein Umsteigen von allen Linien auf die Linie 10 in Richtung Brenner und Innsbruck einmal alle 120'. In der Ausbaustufe-2026 ist diese Umsteigebeziehung nach Norden in Richtung Innsbruck von allen Linien stündlich möglich. Ein Erreichen des Bahnhofs Brenner ist mit den Linien 10 und 11 nicht mehr möglich.

Eine Anschlussverbindung mit der Linie 11 ist nach den Ausbaumaßnahmen innerhalb von 15' nicht möglich. Möglich ist jedoch die Umsteigebeziehung von der Linie 1 aus ST auf die Linie 10 nach Süden mit einer Umsteigezeit von 1'. Diese Zeit ist sehr eng angesetzt und ein Umsteigen ist nur möglich, wenn die Züge pünktlich den Bahnhof Brixen erreichen und der Umsteigeweg kurz ist. Vor den Ausbaumaßnahmen ist in Richtung Norden nach Sterzing (Abfahrt Minute 43/44) ein Umsteigen auf die Linie 2 nur von der Linie 10 einmal in zwei Stunden möglich. Nach den Ausbaumaßnahmen ergibt sich die Möglichkeit des Umsteigens aus Innsbruck auf die Linie 2 einmal pro Stunde von der Linie 10 und 11. Ein Umsteigen aus MB ist in Brixen nicht möglich und muss in Vahrn erfolgen.

Umsteigebeziehungen auf die Linie 4 (Abfahrt Minute 48) in Richtung MB ist aus allen Richtungen stündlich von den Linien 1 und 2 möglich. Im Ausbaustufe-2026 ist der Umstieg von den Linien 10 und 11 stündlich möglich.

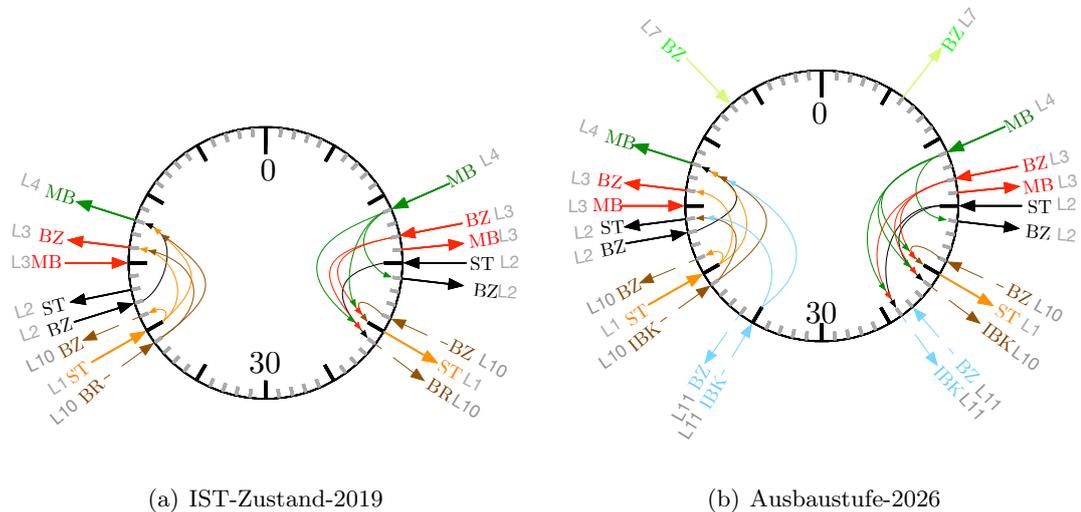


Abbildung 39: Umsteigemöglichkeiten Brixen

4.6. Knoten Bozen

4.6.1. Linienführung

Der Bahnhof Bozen bildet den Knotenpunkt zwischen der nördlichen Brennerbahn nach Brixen, der südlichen Brennerbahn nach Trient und Verona P.N. und der Eisenbahnstrecke nach Meran und Mals.

Für den Knoten Bozen werden analog zum Knoten Brixen die Abfahrten vor und nach den Ausbaumaßnahmen anhand der Taktuhren gegenübergestellt. Im direkten Vergleich ist ersichtlich, dass die Anzahl der Symmetrieachsen der Abfahrten von 3 im IST-Zustand-2019 auf 5 in der Ausbaustufe-2026 zunimmt. Vor den Ausbaumaßnahmen ist für die Richtungen BX, TR und ME je eine Symmetrieachse vorhanden. Ein 30'-Takt je Richtung ist angeboten und wird durch die drei Symmetrieachsen mit unterschiedlichen Farben gekennzeichnet. Die blau dargestellte Achse zeigt das Angebot durch die Linien 2 bzw. 3 nach Brixen. Der 30'-Takt nach Meran wird durch die grün dargestellte Symmetrieachse angeboten. Die Abfahrt der Linien 2 und 3 nach Meran erfolgt jeweils 5' nach der Abfahrt in Richtung Brixen. 6' nach der Abfahrt der Linie 3 nach Meran erfolgt die Abfahrt der Linie 5 nach Trient. Die Linie 5 weist die dritte, um 30' versetzte Abfahrt der Linie 6 nach Trient auf. Die Abfahrt der Linie 6 erfolgt 6' nach der Abfahrt der Linie 2 nach Meran.

Die schrittweise Aufschlüsselung der Abfahrten zeigt Folgendes: Durch die neu angebotene Linie 7 nach Trient ergibt sich mit der Linie 11 die erste Symmetrieachse nach

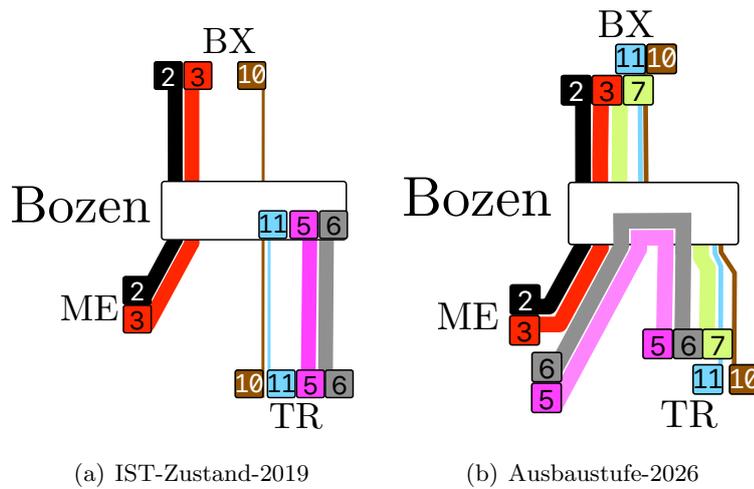


Abbildung 40: Knoten Bozen

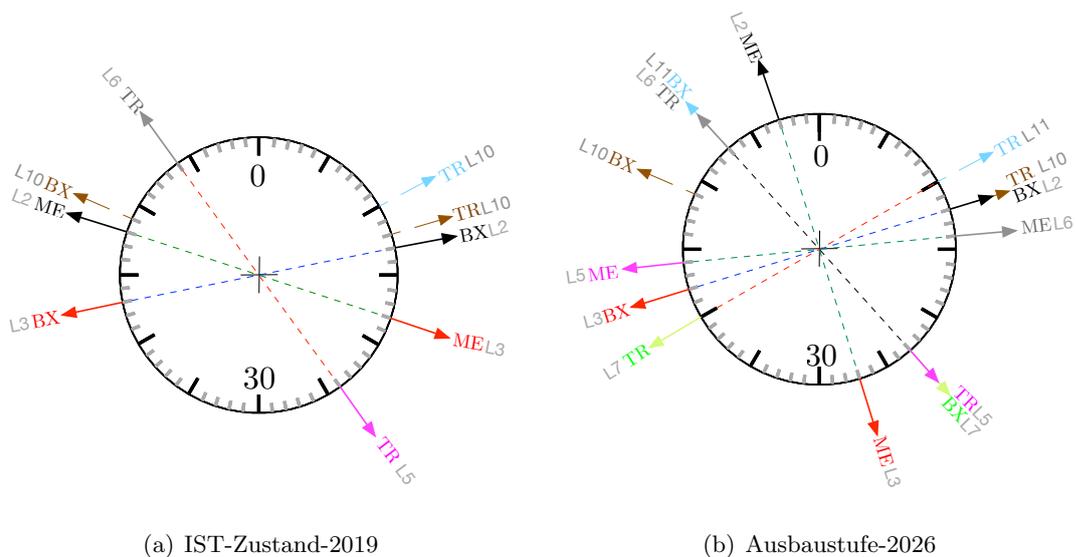


Abbildung 41: Abfahrten Bozen

Süden. Die Abfahrt der Linie 2 nach Brixen erfolgt zeitgleich (einmal in 120') mit der Linie 10 nach Trient. Diese Abfahrten stehen symmetrisch zur Abfahrt der Linie 3 nach Brixen. Die Überschneidung der Symmetrieachse mit der Abfahrt von Linie 10 nach Trient kommt aufgrund der um eine Minute verschobenen Abfahrten der Linien 2 und 3 zustande. Die Abfahrten der Linien 5 und 6 der neu angebotenen Verbindung nach Meran erfolgen im 30'-Takt und bilden eine Symmetrieachse. Beinahe senkrecht auf der Symmetrieachse der Linien 7 und 11 nach Trient und nicht im Zeitabstand von 15' steht die Symmetrieachse der Linien 5-6 nach Trient. Diese Abfahrten der Linien 5 und 6 nach

Süden finden zeitgleich mit den Abfahrten der Linien 7 und 11 nach Norden statt. Wegen der zeitgleich stattfindenden Abfahrt in unterschiedliche Richtungen ist die Symmetrieachse schwarz dargestellt, obwohl die Linie 11 einen 120'-Takt aufweist. Ebenso beinahe senkrecht aufeinander stehen die Symmetrieachsen der Abfahrten der Linien 2 und 3 bzw. 5 und 6 nach Meran. Die Abfahrten der Linien 2 und 3 nach Meran erfolgen nach den Ausbaumaßnahmen aufgrund der verlängerten Haltezeit im Bahnhof Bozen um 9' später. Die Abfahrt der Linie 10 ist von der Linie 11 sowohl im IST-Zustand-2019 als auch in der Ausbaustufe-2026 um 58' zeitversetzt. Ein vollständiger 60'-Takt ist nicht angeboten. Bei gemeinsamer Betrachtung der Symmetrieachsen im IST-Zustand-2019 erfolgt die Mehrzahl der Abfahrten in den Minuten 18 und 48. Erfolgt dieselbe Art der Betrachtung für die Symmetrieachsen im Knoten Bozen in der Ausbaustufe-2026, so ist die Häufung der Abfahrten in den Minuten 12 bis 42 und 25 bis 55 zu erkennen.

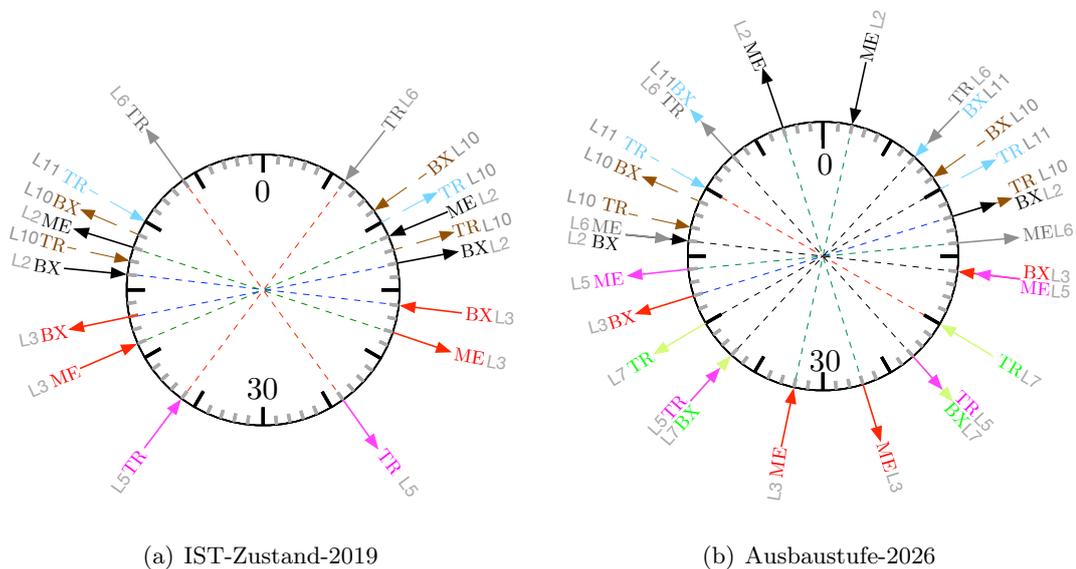


Abbildung 42: Superposition Bozen

Die Superposition der Abfahrts- und Ankunftsituationen im Knoten Bozen vor und nach den Ausbaumaßnahmen wird in Abbildung 42 gegenübergestellt. Im IST-Zustand-2019 ist für jede Symmetrieachse der Abfahrt eine zugehörige Achse für die Ankünfte vorhanden. Die gemeinsame Betrachtung der Symmetrieachsen zeigt eine Taktzeit des Knotens Bozen zu den Minuten 15 und 45. Die Identifikation einer Taktzeit ist bei Betrachtung der Taktuhr der Ausbaustufe-2026 nicht möglich. Die Darstellung der Ankünfte und Abfahrten (Abbildung 42(b)) zeigt die Bewegungen am Bahnhof Bozen, die über eine ganze Stunde verteilt, auftreten. Bis auf die Linie 10 treten alle Ereignisse in Symmetrie um 30' zeitversetzt zu einer anderen Zugbewegung auf. Den drei, zur gleichen Zeit stattfindenden Ankünften stehen drei gleichzeitig abfahrende Linien gegenüber. Die große Zahl der Zugbewegungen von Abbildung 42(b) lässt auf eine große Anzahl an Umsteigemöglichkeiten innerhalb von 15' schließen. Diese Umsteigebeziehungen sind durch

die Ausbaumaßnahmen verändert worden und in den Abbildungen 43(a) und 43(b) gegenübergestellt.

4.6.2. Umsteigebeziehungen

Die Abbildung 43(b) zeigt die angebotenen Umsteigebeziehungen am Knoten Bozen für die Ausbaustufe-2026. Durch die Pfeile werden Umsteigerelationen zwischen den einzelnen Linien innerhalb von 15' dargestellt. Obwohl die Zugbewegungen innerhalb einer Stunde durchgehend erfolgen, zeigt sich eine Konzentration der Umsteigemöglichkeiten in den Minuten 0-14, 16-27, 32-44 und 46-57. Pro Stunde kann viermal in jede Richtung aus jeder Richtung umgestiegen werden. Die Abbildung 43 zeigt, dass die Umsteigebeziehungen im IST-Zustand-2019 (Abbildung 43(a)) zu den Minuten 6-24 und 36-54 konzentriert sind. Daraus folgt, dass maximal zweimal pro Stunde innerhalb von 15' in jede Richtung umgestiegen werden kann.

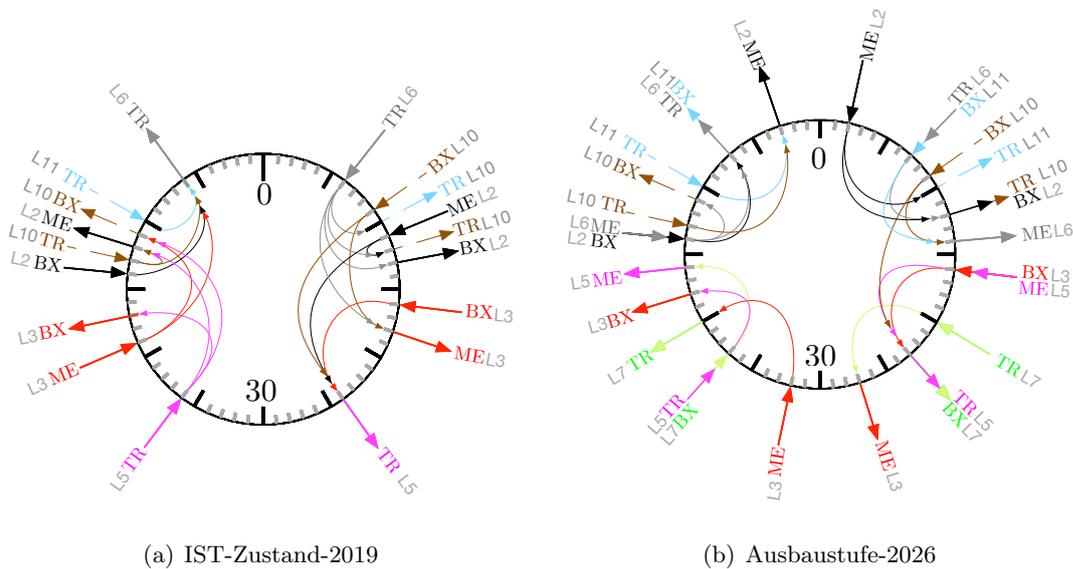


Abbildung 43: Umsteigemöglichkeiten Bozen

5. Fazit

In Kapitel 4 wurden die Fahrzeiten und Umsteigebeziehungen der Fahrzeitenmodelle vor und nach den Ausbaumaßnahmen hinsichtlich der in Kapitel 1.5 ermittelten Grundlagen analysiert. Anhand dieser Grundlagen wird der Zustand der Ausbaustufe-2026 mit den Hypothesen aus der Fragestellung (Kapitel 1.3) abgeglichen.

Die Überprüfung der Hypothesen erfolgt nur für die Ausbaustufe-2026, da der IST-Zustand-2019 die Ausgangssituation darstellt. Aufgrund bestätigter oder widerlegter Hypothesen können Maßnahmen für ein verbessertes Angebot nach den Ausbaumaßnahmen gezeigt werden.

Bei der Überprüfung der Hypothesen im Bezug auf die Region wird, wie in den vorangegangenen Kapiteln, von Norden nach Süden vorgegangen.

In der Ausbaustufe-2026 wird die Linie 11 nach Innsbruck verlängert. Die Linien 10 und 11 werden in den BBT verlegt. Aufgrund unterschiedlicher Höchstgeschwindigkeiten beider Linien im BBT ergibt sich eine unterschiedliche Fahrzeit auf dem Streckenabschnitt Innsbruck - Brixen. Infolge der unterschiedlich langen Fahrzeit ist entweder am Knoten Innsbruck oder am Knoten Brixen keine regelmäßige Ankunft und Abfahrt in einem festgelegten Intervall möglich. Außerdem ist ein 30'-Takt der Linien 2, 10 und 11 für die Ankunft und Abfahrt im Bahnhof Innsbruck nicht vorgesehen. Auf der parallelen Bestandsstrecke des BBT ist durch die Verlegung der Linie 10 in die Tunnel-Neubaustrecke das Angebot auf dem Abschnitt Innsbruck - Brenner - Brixen ausgedünnt worden. Auf der südlichen Seite des Brenners sind die Ankunft und die Abfahrt der Linien 1 und 2 im Bahnhof Sterzing nicht im 30'-Takt vorgesehen. Das Taktangebot der stündlich verkehrenden Linien 1 und 2 ist auf dem Streckenabschnitt Innsbruck - Brenner - Sterzing - Brixen durch die Ausbaumaßnahmen unverändert geblieben und nicht durch andere Linien verdichtet worden. Eine Verdichtung des Taktangebotes und eine Erhöhung der Bedienungshäufigkeit ist auf der parallelen Bestandsstrecke des BBT nicht festgestellt worden. Aus diesem Grund wird die HYPOTHESE 1 für diese Strecke über den Brennerpass widerlegt.

Die Einfahrt der Linien 1 und 10 erfolgt im Knoten Brixen in einem zeitlichen Abstand von 1'. Die Linien befahren, aus Norden kommend, denselben Streckenabschnitt. Die Linie 1 führt vor Erreichen des Knotens einen Zwischenhalt in Vahrn durch und soll 1' nach der Linie 10 in Brixen einfahren. Ein Konflikt auf dem Streckenabschnitt Franzensfeste - Vahrn - Brixen ist nicht ausgeschlossen, selbst dann nicht, wenn die Haltezeit in Vahrn auf wenige Sekunden begrenzt ist. Die Fahrplanstabilität der Linien 1 und 10 ist nicht gewährleistet, sowohl bei der Ankunft zu den Minuten 39 und 40 als auch zur Abfahrt nach Norden zu den Minuten 20 und 21. Die Umsteigebeziehung Sterzing (Linie 2) - Mühlbach (Linie 3) und umgekehrt ist in Brixen innerhalb von 15' nicht möglich. Umsteigen wird in Brixen verhindert, weil die Abfahrt der Linie 3 1' vor der Ankunft der Linie 2 erfolgt. Ebenso erfolgt die Abfahrt der Linie 2 1' vor Ankunft der Linie 3. Die genannten Umsteigebeziehungen der Linien 2 und 3 zwischen Sterzing und Mühlbach werden in der nahegelegenen Haltestelle Vahrn ermöglicht. Die Fahrzeit von 3' zwischen Vahrn und Brixen erlaubt nämlich ein Umsteigen innerhalb von 7'.

Die Linien 3 und 4 verkehren zwischen Brixen und Mühlbach nicht im 30'-Takt, weil sich die Anzahl der durchgeführten Halte auf der Strecke unterscheidet: Die 3 bedient zwei Haltestellen zwischen Brixen und Mühlbach, während Die Linie 4 ohne Halt auf derselben Strecke verkehrt. Aus diesem Grund ist eine Symmetrieachse der Ankunft und Abfahrt in Brixen nicht möglich.

In der Ausbaustufe-2026 ist für die Linien 10 und 11 ein 60'-Takt für die Ankunft und Abfahrt nach Innsbruck bzw. Bozen nicht vorgesehen. Der Stundentakt kommt aufgrund der unterschiedlichen Ankunfts- und Abfahrtszeiten beider Linien nicht zustande. Der Knotenpunkt Brixen wird von den Linien 10 und 11 in einem 64'- und 56'-Takt bedient. Grund für den unregelmäßigen Takt zwischen diesen beiden Linien sind die unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten und die variierende Anzahl der Haltepunkte zwischen Innsbruck und Brixen bzw. Bozen und Trient. Die Linie 11 führt eine größere Anzahl an Zwischenhalten durch, hat aber kürzere Aufenthaltszeiten in den Knotenpunkten.

Die Umsteigerelationen aller stündlich verkehrenden Linien zu den Linien 10 und 11 in Richtung Bozen sind aufgrund der langen Wartezeit am Knoten Brixen ungünstig: Fahrgäste der Linien 2 und 3 aus Sterzing und Mühlbach mit dem Ziel auf die Linien 10 und 11 umzusteigen, müssen mit Wartezeiten zwischen 20' und 24' rechnen. Die langen Wartezeiten übersteigen also die attraktiven 15'. Die Linie 7 weist zur Linie 11 eine Taktsymmetrie zu jeder zweiten Stunde auf. Die Symmetrie ist deshalb nicht zu jeder Stunde gegeben. Die Linie 7 ermöglicht in Brixen keine Umsteigebeziehungen zu anderen Linien innerhalb von 15'.

Brixen bildet nur gemeinsam mit Vahrn einen Taktknoten, der Umsteigerelationen innerhalb von 15' ermöglicht. Aufgrund der gefährdeten Fahrplanstabilität und der Unvollständigkeit der Umsteigebeziehungen wird die HYPOTHESE 3 für den Knoten Brixen nicht vollständig erfüllt.

Die Strecke zwischen Brixen und Bozen wird von Linien 2, 3 und 7 stündlich verkehrenden Linien bedient. Außerdem wird das Angebot durch die im 120'-Takt verkehrenden Linien 10 und 11 erweitert. Auf diesem zweigleisigen Streckenabschnitt verkehren fahrplanmäßig vier Linien pro Stunde und Richtung. Der zeitliche Abstand der Abfahrten aus dem Knoten Brixen in Richtung Süden variiert innerhalb von 120'. Deren Abfahrtsintervalle sind folgende: 5' - 20' - 10' - 20' - 10' - 20' - 10' - 25'.

Eine Taktverdichtung durch die Ausbaumaßnahmen ist ohne zusätzlich geplante Zulaufstrecken möglich. Die HYPOTHESE 2 wird damit widerlegt.

Durch die Ausbaumaßnahmen im Bahnhof Bozen ist eine Abfahrt in alle Richtungen vier Mal pro Stunde möglich. Zur genaueren Betrachtung der Abfahrtsintervalle wird eine volle Stunde in 4 Sektoren aufgeteilt. Jeder Sektor hat eine Zeitdauer von 15'. Die Intervalle der Abfahrten innerhalb eines Sektors unterscheiden sich von den Abfahrtsintervallen anderer Sektoren. Finden im ersten 15'-Sektor gleichzeitige Abfahrten nach Brixen und Trient statt, erfolgen die Abfahrten in die beiden genannten Richtungen im dritten 15'-Sektor in einem 2'-Intervall. Der Abfahrtsintervall für die Richtungen Trient und Brixen verlängert sich im zweiten Sektor auf 4'. Der Knoten Bozen besitzt pro Sektor eine Taktzeit. Daraus leitet sich ab, dass für den Knoten Bozen 4 Taktzeiten bestehen. Die Ankünfte im Bahnhof Bozen konzentrieren sich ebenfalls auf vier 15'-Sektoren. Im

Unterschied zu den 15'-Sektoren der Abfahrten sind die Ankunftsintervalle größer: Der maximale Intervall der ankommenden Züge innerhalb eines 15'-Sektors 5'. Im Knoten Bozen ist für alle Richtungen das Umsteigen innerhalb eines 15'-Sektors möglich. Durch die Ermöglichung aller Anschlussbedingungen und Umsteigebeziehungen der Linien in den Sektoren ist der Knotenpunkt Bozen als Intergraler- Knotenpunkt ausgebildet. Die HYPOTHESE 3 wird für den Knoten Bozen erfüllt.

Die Abfahrten der Linien 2, 3, 5 und 6 nach Meran erfolgen in der Knotentaktzeit jeweils am Ende eines 15'-Sektors. Die Linien erreichen trotz unterschiedlicher Fahrzeit den Bahnhof Meran zu dessen Knotentaktzeit in einem Abstand von 30'. Die Fahrzeiten auf der Fortführung der Linien 2 und 3 unterscheiden sich zwischen Meran und Mals nicht voneinander. Ebenso decken sich die Fahrzeiten der Linien 3 und 4 zwischen Innichen und Mühlbach. Die Linien auf der Pustertalstrecke verkehren ab Mühlbach im exakten 30'-Takt. Dagegen unterscheiden sich auf der südlichen Strecke der Brennerbahn die Fahrzeiten der Linien 5, 6, 7, 10 und 11 maßgeblich voneinander. Aufgrund der nicht im 60'-Takt verkehrenden Linien 10 und 11 sind unterschiedliche Ankunfts- und Abfahrtszeiten in den Knotenpunkten vorgesehen. Dadurch unterscheiden sich die stündlichen Umsteigebeziehungen.

In der Beantwortung der HYPOTHESEN 1, 2 und 3 kristallisierten sich auf manchen Streckenabschnitten Schwachstellen bei der Umsetzung eines ITF heraus. Diese Problematik fließt in die Beantwortung der HYPOTHESE 4 mit ein. Ein ITF sieht die Verknüpfung aller Linien zur Taktzeit eines Knotens vor. Die Verknüpfung am Knoten Brixen ist nicht mit allen Linien möglich, wie in Hypothese 3 angenommen.

Die Fahrzeiten der Linien unterscheiden sich auf der Strecke Innsbruck - Brixen, ebenso die der Linien zwischen Bozen, Trient, Ala und Verona P.N. Daher ist eine Verknüpfung der Linien zu anderen Linien in den Knotenpunkten Innsbruck, Trient und Verona P.N. nicht möglich. Ein ITF ist auf einzelnen Streckenabschnitten möglich, unter den gegebenen Voraussetzungen aber nicht für die gesamte Region. Somit wird HYPOTHESE 4 nicht erfüllt.

In Anbetracht der festgestellten Schwachstellen und der Notwendigkeit einiger Verbesserungen in der Ausbaustufe-2026, werden im Folgenden Maßnahmen gezeigt, um das Angebot im SPNV nach Inbetriebnahme des BBT durch einen ITF in der Region zu erweitern. Die gezeigten Maßnahmen werden nach organisatorischen, baulichen und betrieblichen Aspekten eingeteilt.

6. Ausblick

6.1. Organisatorische Maßnahmen

Die in Kapitel 5 identifizierten Schwachstellen im Angebot des SPNV in Südtirol nach Inbetriebnahme des BBT bilden die Arbeitsgrundlage für die weiteren Modelle der Fahrzeiten bilden. Im Folgenden werden Maßnahmen gezeigt, die eine Verbesserung der Attraktivität des Angebots im SPNV bewirken sollen. Sämtliche Maßnahmen beziehen sich auf die Ausbaustufe-2026.

Eine Fahrgaststromanalyse kann darüber Aufschluss geben, ob Fahrgäste, die aus nördlich von Bozen gelegenen Bahnhöfen abfahren, zwischen den Knoten Bozen und Meran liegende Ziele anfahren. Deshalb sollte die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die Linien 2 und 3 zwischen Bozen und Meran alle Haltestellen bedienen und in Meran enden. Dagegen werden die Linien 5 und 6 in eine Expresslinie umgewandelt und nach Mals fortgeführt.

Eine Verkürzung der Haltezeit im Bahnhof Bozen reduziert die Wendezeit der Linien 5 und 6 die mit 7' festgesetzt ist und gefährdet damit die Fahrplanstabilität. Um die Fahrplanstabilität zu erhöhen, erscheint eine Trennung der Linienführung der Linien 5 und 6 zwischen Bozen und Meran, sowie zwischen Bozen und Ala bzw. Verona P.N. als empfehlenswert. Sie hat allerdings den Nachteil, dass die direkte Verbindung aus dem Süden nach Meran nicht mehr angeboten werden kann. Ein Vorteil der getrennten Linienführung ist die Verkürzung der Gesamtreisezeit mit Umstieg in Bozen, vorausgesetzt, dass auch im Bahnhof Bozen bahnsteiggleiches Umsteigen erfolgen kann.

Bei der Erstellung eines ITF für die Region muss der Schienengüterverkehr berücksichtigt werden. Es bedarf weiterer wissenschaftlicher Arbeit, um die Möglichkeit der Taktverdichtung des SPNV unter Berücksichtigung des Schienengüterverkehrs auf den Streckenabschnitten zu überprüfen. Die Festlegung der Abfahrten im Bahnhof Brixen zur Schaffung einer attraktiven Umsteigemöglichkeit aus dem Osten auf die Linien 10 und 11 nach Süden muss ebenso Gegenstand weiteren wissenschaftlichen Arbeitens sein.

Ziel eines neuen Fahrzeitenmodells für die gesamte Region muss es sein, die Nachfrage des SPNV mit der Nachfrage des touristischen Verkehrs zu verbinden, was einer Verknüpfung mit Linien außerhalb der Region bedarf. Eine solche Verknüpfung muss ein neues, bedarfsgerechtes Angebot schaffen und die Bedürfnisse der Pendler wie auch die touristische Nachfrage decken. Die Behebung der festgestellten Schwachstellen und die Verbesserung des Fahrzeitenmodells wurden in der Analyse nur angerissen. Damit aber für den Fahrgast ein attraktives Angebot geschaffen werden kann, ist weiteres wissenschaftliches Arbeiten vonnöten.

6.2. Bauliche Maßnahmen

Eine notwendige Baumaßnahme zur Sicherung der Fahrplanstabilität ist das Bauwerk der Pustertalbahn zur Unterführung der Brennerbahn. Dieses Verknüpfungsbauwerk aus der Mittellage der Brennerbahn mit der Riggertalschleife der Pustertalbahn ist insbesondere in der Zeit zwischen der Inbetriebnahme des BBT und der Inbetriebnahme der südlichen Zulaufstrecke des BBT notwendig, um die betriebliche Einschränkung der Nord-Süd-

Achse der Brennerbahn bei ein- und ausmündenden Zügen der Pustertalbahn kurz zu halten.

Weitere bauliche Maßnahmen im Bahnhof Brixen sehen die Umgestaltung der Bahnsteige und den Bau eines Mittelgleises mit zwei Bahnsteigen vor, um innerhalb kurzer Zeit das niveaufreie Umsteigen zu ermöglichen. Durch das Wegfallen von langen Umsteigewegen durch Unterführungen können im Fahrplan kürzere Umsteigebeziehungen vorgesehen werden.

Der Bau eines Mittelgleises mit zwei Bahnsteigen kann auch in Bozen zur Anwendung kommen und somit die Umsteigezeiten und Umsteigewege minimieren. Zur besseren Orientierung der Fahrgäste im Bahnhof und um kürzere Umsteigezeiten zu erzielen, ist eine richtungsbezogene Führung der Linien am Bahnsteig vorteilhafter als linienbezogene Bahnsteige. Durch die Schaffung eines richtungsbezogenen Bahnsteiges kann in mindestens eine Richtung niveaufrei umstiegen werden. Durch die Kreuzungsfreie Ein- und Ausfahrt im Bahnhof Bozen von und nach Süden mit dem dreigleisigen Ausbau im Abschnitt des Virgl-Tunnels ist eine höhere Fahrplanstabilität erreichbar.

6.3. Betriebliche Maßnahmen

Eine Taktverschiebung der Linie 10 in Brixen um 4' soll einen reinen 60'-Takt der Linien 10 und 11 ermöglichen. Durch die Taktverschiebung ergibt sich folglich auch für den Knoten Bozen ein reiner Stundentakt. Die Taktverschiebung der Linie 10 entschärft auch die Problematik der zeitlich eng bemessenen Abfahrten der Linien 1 und 10 nach Norden.

Eine Verkürzung der Aufenthaltszeit der Linie 2 im Bahnhof Brenner bewirkt eine Verkürzung der Fahrzeit von Innsbruck nach Brixen und ist daher vorteilhaft. Einen weiteren Vorteil bringt die Haltezeitverkürzung für die Umsteigebeziehungen im Knoten Brixen. Die Ankunft der Linie 2 in Brixen kann damit wenige Minuten früher erfolgen. Durch die frühere Ankunft ist eine längere Aufenthaltszeit in Brixen möglich. Die frühere Ankunft der Linie 2 aus Norden ermöglicht das Umsteigen zur Linie 3 nach Osten, ins Pustertal. In Brixen kann der Umstieg von der Linie 3 aus dem Pustertal auf die Linie 2 nach Norden ermöglicht werden, wenn die Abfahrt der Linie 2 wenige Minuten später erfolgt. Die Verschiebung der Abfahrt ist durch eine längere Aufenthaltszeit im Bahnhof Brixen möglich und beeinflusst die Ankunft in Innsbruck nicht, wenn die Haltezeit im Bahnhof Brenner reduziert wird. Durch die Verlängerung der Haltezeit der Linie 2 in Brixen von und nach Norden wird die Reisezeit zwischen Brixen und Bozen nicht beeinflusst. Durch die baulichen Maßnahmen in Brixen (siehe 6.2) ist eine vorzeitige Abfahrt der Linie 1 nach Sterzing möglich. Durch die Vorverlegung der Abfahrtszeit kann ein 30'-Takt auf der Strecke Sterzing - Brixen ermöglicht werden.

Im Bahnhof Bozen führt die Aufenthaltszeit von 10' der Linien 2 und 3, sowohl in Richtung Meran als auch in Richtung Brixen, zu einer Verlängerung der Gesamtfahrzeit der Linie. Die Gesamtfahrzeit verlängert sich selbst dann, wenn durch Ausbaumaßnahmen zwischen Bozen und Meran die Streckenhöchstgeschwindigkeit erhöht wird. Die Verminderung der Haltezeit im Bahnhof Bozen ist durch eine Taktverschiebung auf der Strecke Bozen - Meran - Mals denkbar. Durch eine Taktverschiebung der Abfahrten der Linien 2 und 3 nach Meran kann die Gesamtfahrzeit dieser Linien vermindert werden.

Durch die Taktverschiebung der Linien 2 und 3 wird es notwendig sein, für die Linien 5 und 6 ebenfalls eine Taktverschiebung vorzusehen, um für die Abfahrt aus Bozen einen 15'-Takt anzubieten. Eine vorverlegte Abfahrt der Linien 5 und 6 durch die Taktverschiebung, verkürzt die Haltezeiten im Bahnhof Bozen.

Oberstes Ziel soll es sein, für die ganze Region ein Angebot zu schaffen, das die Nachfrage deckt und die Attraktivität des SPNV nicht nur beibehält, sondern stetig erhöht. Für ein attraktives Angebot haben kurze Fahrzeiten oberste Priorität. Nicht weniger wichtig sind die Umsteigerelationen, die für den Fahrgast ungehindert und ohne lange Aufenthaltszeiten in Knotenpunkten sein müssen. Das Angebot muss es möglich machen, von den Nebenstrecken ungehindert auf die Hauptstrecke umzusteigen oder von der Hauptstrecke die Knotenpunkte der Nebenstrecken rasch zu erreichen.

Abbildungsverzeichnis

1.	Übersichtsplan (OSM, 2016)	12
2.	Taktzeit	16
3.	Taktuhr	17
4.	Infrastruktur IST-Zustand-2019	20
5.	Linienplan IST-Zustand-2019	24
6.	Linienplan Brennerbahn im IST-Zustand-2019	25
7.	Linienplan Bozen - Mals im IST-Zustand-2019	27
8.	Linienplan Brixen - Lienz im IST-Zustand-2019	27
9.	Knoten X mit liegendem Fahrplan (Pachl, 2013, S. 171)	29
10.	Taktuhren am Beispiel Knoten X mit Symmetrieachsen	30
11.	Taktuhr Knoten X mit Umsteigebeziehungen	31
12.	Brixen 2019 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachse	32
13.	Brixen 2019 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten	33
14.	Brixen 2019 - Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'	33
15.	Brixen 2019 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'	34
16.	Bozen 2019 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachsen	35
17.	Bozen 2019 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten	36
18.	Bozen 2019 - Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'	36
19.	Bozen 2019 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'	37
20.	Infrastruktur Ausbaustufe-2026	39
21.	Linienplan Ausbaustufe-2026	40
22.	Linienplan Brenner in Ausbaustufe-2026	42
23.	Linienplan Bozen - Mals in Ausbaustufe-2026	43
24.	Linienplan Brixen - Lienz in Ausbaustufe-2026	44
25.	Brixen 2026 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachsen	46
26.	Brixen 2026 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten	47
27.	Brixen 2026 - Umsteigebeziehungen je Richtung innerhalb 15'	47
28.	Brixen 2026 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'	48
29.	Bozen 2026 - Knoten und Taktuhren mit Symmetrieachsen	49
30.	Bozen 2026 - Superposition der Ankünfte und Abfahrten	50
31.	Bozen 2026 - Umsteigebeziehungen je Richtung innerhalb von 15'	50
32.	Bozen 2026 - Alle Umsteigebeziehungen innerhalb von 15'	51
33.	Gegenüberstellung Linienplan vor und nach den Ausbaumaßnahmen	53
34.	Linienplan Nord-Süd Achse	54
35.	Linienplan Bozen - Mals	55
36.	Knoten Brixen	57
37.	Abfahrten Brixen	58
38.	Superposition Brixen	58
39.	Umsteigemöglichkeiten Brixen	60
40.	Knoten Bozen	61
41.	Abfahrten Bozen	61
42.	Superposition Bozen	62
43.	Umsteigemöglichkeiten Bozen	63

Tabellenverzeichnis

1.	Knotenfahrzeit in Minuten ohne Haltezeiten im IST-Zustand-2019	25
2.	Ausschnitt aus Tabelle 1: Knotenfahrzeiten Brennerbahn in Minuten . . .	26
3.	Ausschnitt aus Tabelle 1: Knotenfahrzeiten Bozen - Mals in Minuten . . .	27
4.	Ausschnitt aus Tabelle 1: Knotenfahrzeiten Pustertal in Minuten	27
5.	Fahrzeiten IST-Zustand-2019	28
6.	Knotenfahrzeit in Minuten ohne Haltezeiten in Ausbaustufe-2026	41
7.	Ausschnitt aus Tabelle 6: Knotenfahrzeit Brennerbahn in Minuten	42
8.	Ausschnitt aus Tabelle 6: Knotenfahrzeit Bozen - Mals in Minuten	43
9.	Fahrzeiten Ausbaustufe-2026	45
10.	Fahrzeiten IST-Zustand-2019 und Ausbaustufe-2026	56
11.	Fahrzeit Innsbruck - Brixen IST-Zustand-2019	78
12.	Fahrzeit Sterzing - Brixen IST-Zustand-2019	78
13.	Fahrzeit Brixen - Bozen IST-Zustand-2019	78
14.	Fahrzeit Bozen - Trient - Ala IST-Zustand-2019	78
15.	Fahrzeit Bozen - Verona P.N. IST-Zustand-2019	78
16.	Fahrzeit Bozen - Meran - Mals IST-Zustand-2019	79
17.	Fahrzeit Brixen - Innichen IST-Zustand-2019	79
18.	Fahrzeit Innichen - Lienz IST-Zustand-2019	79
19.	Fahrzeit Innsbruck - Brixen Ausbaustufe-2026	79
20.	Fahrzeit Sterzing - Brixen Ausbaustufe-2026	79
21.	Fahrzeit mit BBT zwischen Innsbruck - Brixen Ausbaustufe-2026	79
22.	Fahrzeit Brixen - Bozen Ausbaustufe-2026	80
23.	Fahrzeit Bozen - Trient - Ala Ausbaustufe-2026	80
24.	Fahrzeit Bozen - Verona P.N. Ausbaustufe-2026	80
25.	Fahrzeit Bozen - Meran - Mals Ausbaustufe-2026	80

Glossar

ÖPNV öffentlicher Personennahverkehr

BBT Brenner Basistunnel

ITF Integraler Taktfahrplan

SPNV Schienenpersonennahverkehr

STA Südtiroler Transportstrukturen AG

Literatur

Die Literaturangaben sind alphabetisch nach den Namen der Autoren sortiert. Bei mehreren Autoren wird nach dem ersten Autor sortiert.

- ASTAT (2007). *Allgemeine Volkszählung 2001 Pendlerströme aus Berufs- und Studiengründen*, Band Band 6. Autonome Provinz Bozen-Südtirol. Landesinstitut für Statistik - ASTAT.
- ASTAT (2015a). *Statistisches Jahrbuch 2015 - Bevölkerung - 3*. Autonome Provinz Bozen-Südtirol. Landesinstitut für Statistik - ASTAT.
- ASTAT (2015b). *Statistisches Jahrbuch 2015 - Raum und Meteorologie - 1*. Autonome Provinz Bozen-Südtirol. Landesinstitut für Statistik - ASTAT.
- ASTAT (2016). *Mobilität und Verkehr in Südtirol 2014*. Autonome Provinz Bozen-Südtirol. Landesinstitut für Statistik - ASTAT.
- BBT-SE (2016). <https://www.bbt-se.com/tunnel/projektueberblick/>.
- Moroder, H., Hubatschek, R., und Weiss, L. (01/2009). Das Projekt Vinschger Bahn - Wiedergeburt einer Regionalbahn. *EIK - Eisenbahningenieurkalender*, (01):205–220.
- ÖBB (2008a). *Verzeichnis örtlich zulässiger Geschwindigkeiten; Strecke:30202 / Innsbruck Hbf (in I)=Staatsgrenze nächst Steinach in Tirol - (Brennero/Brenner)*. Infrastruktur Betrieb; Netztechnik Netzentwicklung.
- ÖBB (2008b). *Verzeichnis örtlich zulässiger Geschwindigkeiten; Strecke:40701 / San Candido/I - Staatsgrenze nächst Sillian=Abzw.* Infrastruktur Betrieb; Netztechnik Netzentwicklung.
- OSM (2016). <https://www.openstreetmap.com>.
- Ostermann, N. und Rollinger, W. (2016). *Handbuch ÖPNV Schwerpunkt Österreich*, Band 1. Hamburg : DVV Media Group.
- Pachl, J. (2013). *Systemtechnik des Schienenverkehrs*, Band 7. Springer Vieweg.
- Petrovitsch, H. (2008). *Schienentransit Brenner - Betrieb und Technik Kufstein-Bozen*. Alba Publikation Alf Teloeken.
- Prader, M. (2016a). *Meranese Fiancata step obiettivo finale*. STA - Südtiroler Transportstrukturen, Gerbergasse 60, I-39100 Bozen.
- Prader, M. (2016b). *Reticolare Piano: Val Riga 2019*. STA-Südtiroler Transportstrukturen, Gerbergasse 60, I-39100 Bozen.
- RFI (2009a). *Fascicolo Linea 43 Bolzano Verona*. Rete Ferroviaria Italiana; Gruppo Ferrovie dello Stato, Verona.

- RFI (2009b). *Fascicolo Linea 44 Pusteria*. Rete Ferroviaria Italiana; Gruppo Ferrovie dello Stato, Verona.
- RFI (2010a). *Fascicolo Linea 42 Brennero Bolzano*. Rete Ferroviaria Italiana; Gruppo Ferrovie dello Stato, Verona.
- RFI (2010b). *Fascicolo Linea 45 Bolzano Merano*. Rete Ferroviaria Italiana; Gruppo Ferrovie dello Stato, Verona.
- Wiedemann, T. (2006). *Das Fachwort im Verkehr*. Alba Fachverlag.

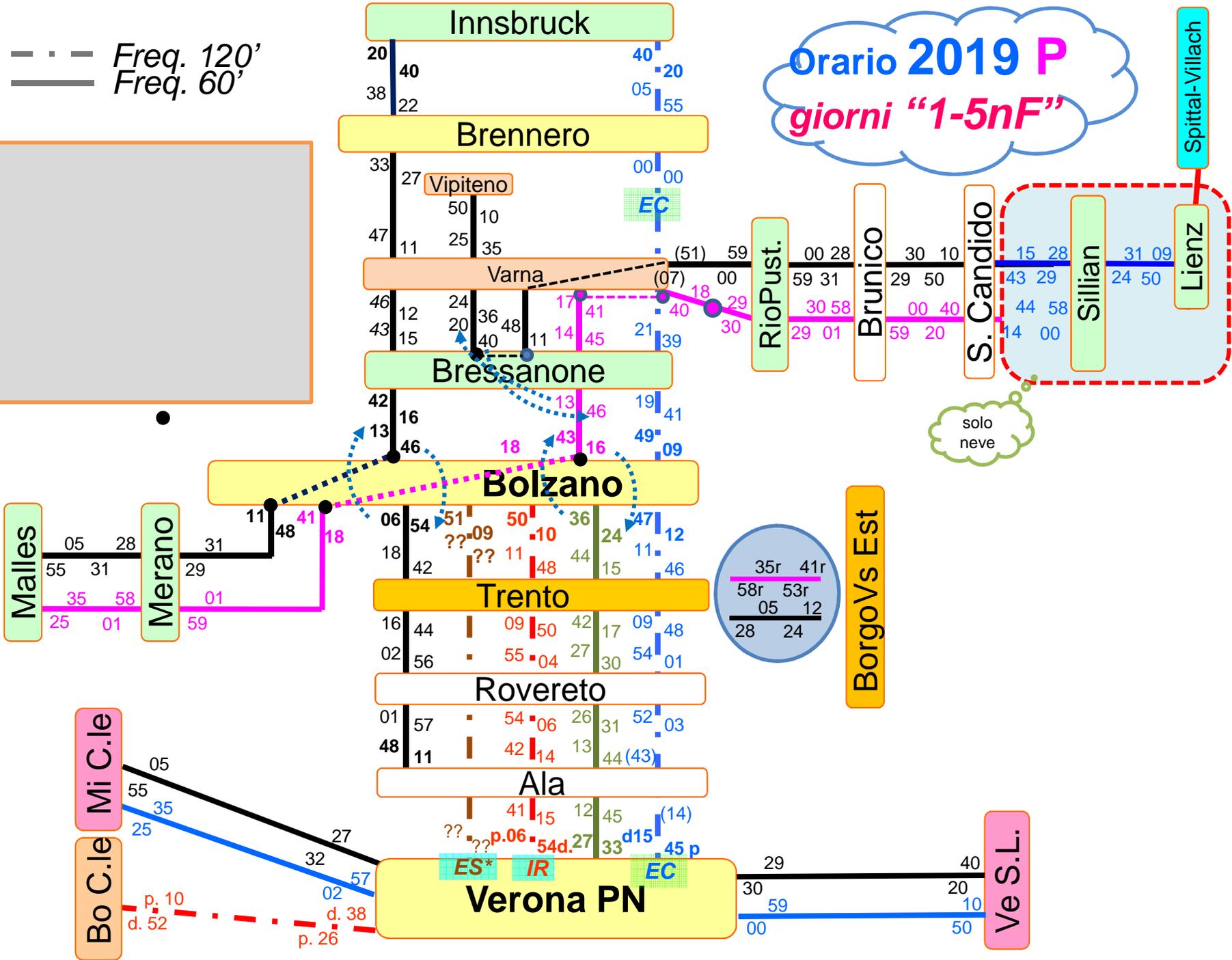
Anhang

A. Eingangsdaten

Auf den folgenden zwei Seiten sind die Fahrzeitenmodelle 2019 und 2026 dargestellt. Die Fahrzeitenmodelle wurden von der STA zur Verfügung gestellt und dienen als Eingangsdaten für die Analyse der Fahrzeiten und Umsteigebeziehungen. Das Fahrzeitenmodell 2019 stellt die Grundlage für den IST-Zustand-2019. Die Ausbaustufe-2026 baut auf das Fahrzeitenmodell 2026 auf.

--- Freq. 120'
 == Freq. 60'

Orario 2019 P
 giorni "1-5nF"



solo neve

35r 41r
 58r 53r
 05 12
 28 24

BorgoVs Est

Ve S.L.

Spittal-Villach

Mi C.le

Bo C.le

Malles

Merano

Innsbruck

Brennero

Vipiteno

Varna

Bressanone

Bolzano

Trento

Rovereto

Ala

Verona PN

RioPust.

Brunico

S. Candido

Sillian

Lienz

ES*

IR

EC

p. 10
 d. 52

p. 26
 d. 38

ES* IR EC

15 12 45 (14)
 33 d15 45 p

41 15 12 45 (14)
 ?? ?? p.06 54d.27 33 d15 45 p

01 57 54 06 26 31 52 03
 48 11 42 14 13 44 (43)

16 44 09 50 42 17 09 48
 02 56 55 04 27 30 54 01

06 54 51 09 50 36 24 47 12
 18 42 ?? ?? 11 48 44 15 11 46

42 16 13 46 13 46 19 41
 13 46 13 46 19 41

46 12 24 36 48 17 41 40 29 30
 43 15 20 40 11 14 45 21 39

47 11 25 35 (51) 59 00 28 30 10
 33 27 50 10 00 00

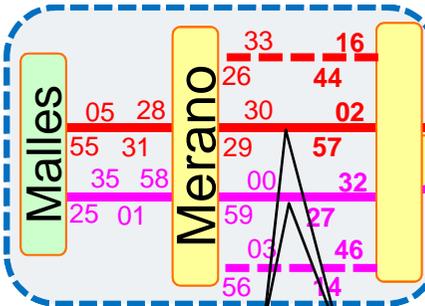
38 22 40 20 05 55

20 40 40 20

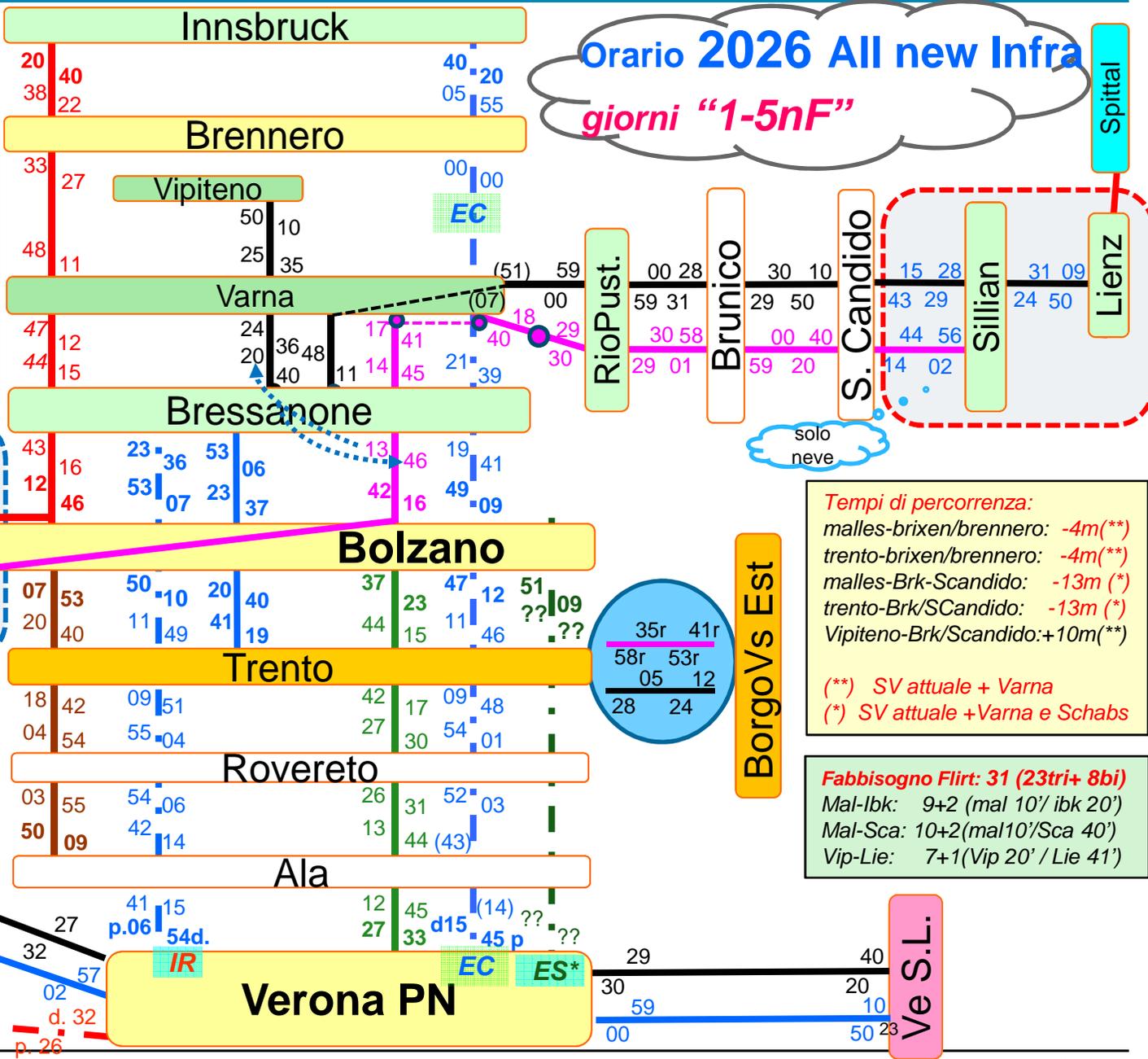
Orario obiettivo 2026: All_new_Infra(1)STA

--- Freq. 120'
 — Freq. 60'

Coincidenze a Bolzano:
 da Malles/Merano per BAtesina:
 7 minuti (16/23 – 46/53)
 da BAtesina per Merano/Malles:
 7 minuti (07/14 – 37/44)
 da BAtesina per Nord:
 5 minuti (07/12–37/42)
 da Nord per BAtesina:
 7 minuti (46/53–16/23)

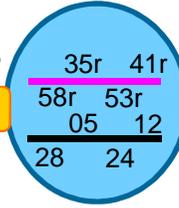


ferma a Mbassa-BzSud



Orario 2026 All new Infra
 giorni "1-5nF"

solo neve



Tempi di percorrenza:
 malles-brixen/brennero: -4m(**)
 trento-brixen/brennero: -4m(**)
 malles-Brk-Scandido: -13m (*)
 trento-Brk/SCandido: -13m (*)
 Vipiteno-Brk/Scandido:+10m(**)
 (**) SV attuale + Varna
 (*) SV attuale +Varna e Schabs

Fabbisogno Flirt: 31 (23tri+ 8bi)
 Mal-Ibk: 9+2 (mal 10'/ ibk 20')
 Mal-Sca: 10+2(mal10'/Sca 40')
 Vip-Lie: 7+1(Vip 20' / Lie 41')

B. Tabellen - Fahrzeiten

IST-Zustand 2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
2	60	95	10
10	120	80	1

Tabelle 11: Fahrzeit Innsbruck - Brixen IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
1	60	30	3

Tabelle 12: Fahrzeit Sterzing - Brixen IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
2	60	30	2
3	60	30	2
10	120	28	0

Tabelle 13: Fahrzeit Brixen - Bozen IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit bis Trient [min]	Zwischenhalte bis Trient	Fahrzeit bis Ala [min]	Zwischenhalte bis Ala
5	60	51	8	80	11
6	60	48	5	78	8
11	120	38	2	65	4
10	120	34	0		

Tabelle 14: Fahrzeit Bozen - Trient - Ala IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
5	60	130	14
10	120	90	2
11	120	105	5

Tabelle 15: Fahrzeit Bozen - Verona P.N. IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit bis Meran [min]	Zwischenhalte bis Meran	Fahrzeit bis Mals [min]	Zwischenhalte bis Mals
2	60	40	9	126	26
3	60	40	9	126	26

Tabelle 16: Fahrzeit Bozen - Meran - Mals IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
3	60	85	13
4	60	81	11

Tabelle 17: Fahrzeit Brixen - Innichen IST-Zustand-2019

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
4	60	55	7

Tabelle 18: Fahrzeit Innichen - Lienz IST-Zustand-2019

Ausbaustufe 2026

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
2	60	95	10

Tabelle 19: Fahrzeit Innsbruck - Brixen Ausbaustufe-2026

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
1	60	30	3

Tabelle 20: Fahrzeit Sterzing - Brixen Ausbaustufe-2026

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
10	120	30	0
11	120	40	0

Tabelle 21: Fahrzeit mit BBT zwischen Innsbruck - Brixen Ausbaustufe-2026

Die Gesamtfahrzeit von Bozen nach Verona P.N. ergibt sich folgendermaßen:

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
2	60	30	2
3	60	30	2
7	60	30	0
10	120	28	0
11	120	30	0

Tabelle 22: Fahrzeit Brixen - Bozen Ausbaustufe-2026

Linie	Takt [min]	Fahrzeit bis Trient [min]	Zwischenhalte bis Trient	Fahrzeit bis Ala [min]	Zwischenhalte bis Ala
5	60	52	8	80	11
6	60	47	5	78	8
7	60	39	2		
10	120	34	0		
11	120	39	2	65	4

Tabelle 23: Fahrzeit Bozen - Trient - Ala Ausbaustufe-2026

Linie	Takt [min]	Fahrzeit [min]	Zwischenhalte
5	60	130	14
10	120	90	2
11	120	105	5

Tabelle 24: Fahrzeit Bozen - Verona P.N. Ausbaustufe-2026

Linie	Takt [min]	Fahrzeit bis Meran [min]	Zwischenhalte bis Meran	Fahrzeit bis Mals [min]	Zwischenhalte bis Mals
2	60	32	2	125	19
3	60	32	2	125	19
5	60	42	9		
6	60	42	9		

Tabelle 25: Fahrzeit Bozen - Meran - Mals Ausbaustufe-2026