



Martin Berger, BSc.

Kritikalität von Weichen

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium

Bauingenieurwissenschaften – Infrastruktur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

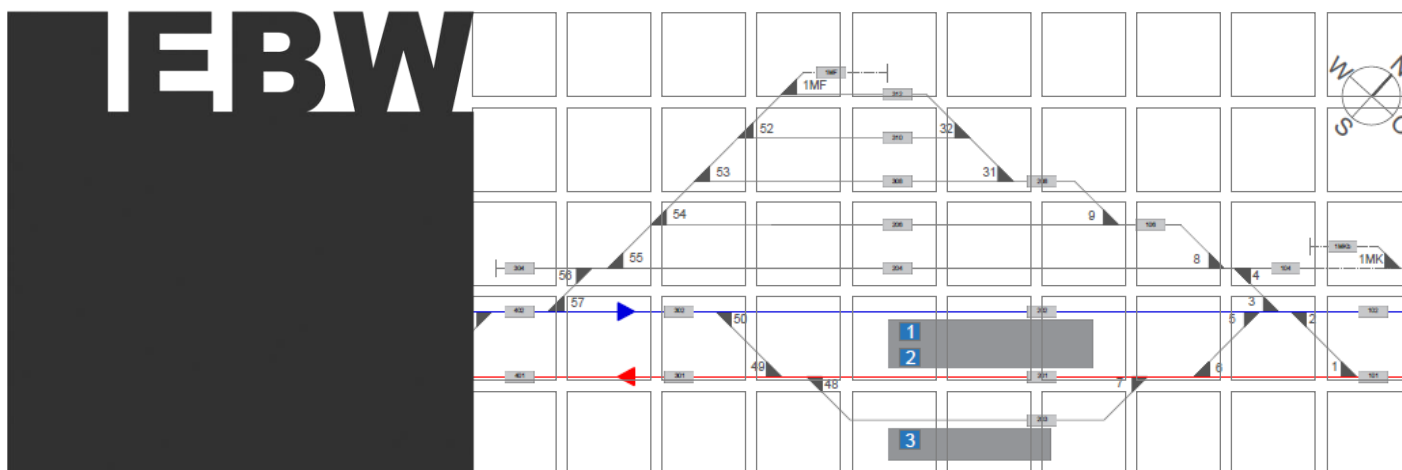
Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

Peter Veit

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

Graz, August 2024



Kritikalität von Weichen

Masterarbeit

Abgabedatum 28.08.2024

Martin Berger
BSc
11807531
martin.berger@tugraz.at

Betreuer:
Peter Veit
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
peter.veil@tugraz.at



Kurzfassung

Weichen sind essenzielle Komponenten des Eisenbahnsystems, die entscheidend für die Flexibilität und Effizienz des Zugbetriebs sind. Sie ermöglichen das Wechseln von Gleisen und somit die Führung der Züge auf andere Strecken. Eine Fehlfunktion oder Störung einer Weiche kann schwerwiegende Folgen in technischer als auch in betrieblicher Hinsicht haben.

Angesichts begrenzter Ressourcen für Wartung und Instandhaltung (IH) ist es unerlässlich, den Einsatz der zur Verfügung stehenden Mittel effizient zu planen und die verfügbaren Ressourcen dort einzusetzen, wo sie den größten Nutzen bringen.

Im Zuge dieser Arbeit wird eine neue Herangehensweise zur Bewertung von Weichen in der Region Süd 1 der Österreichischen Bundesbahnen erarbeitet, mit dem Ziel die kritischen Weichen im Netz festzustellen. Ebenfalls soll es möglich sein die als kritisch festgestellten Weichen über eine Prioritätenreihung zu unterscheiden.

Anfangs kategorisiert das Bewertungsschema dabei die Weichen anhand der Strecken. Dabei wird die Bedeutung jeder Strecke im Gesamtnetz berücksichtigt, um eine erste Einschätzung der Relevanz der Weichen zu erhalten. Anschließend werden die Weichen innerhalb dieser Streckentypen detailliert analysiert. In der technischen Betrachtung werden die Einwirkungen sowie verschiedene technischen Eigenschaften der Weichen näher untersucht. Darauf aufbauend werden in der betrieblichen Betrachtung die Konsequenzen der Nichtverfügbarkeit von Weichen innerhalb der Klassifikation berücksichtigt, um deren systemkritisches Potenzial zu bewerten.

Die Zusammenführung aus der Betrachtung über die Strecke und der Betrachtung über die Weichen wird mit einer Priorisierung ergänzt, welche eine detailliertere Betrachtung innerhalb der Einteilung ermöglicht. Dabei werden Aspekte berücksichtigt, die sich nicht auf die gesamte Region anwenden lassen.

Im Rahmen des Bewertungsschemas werden Grenzwerte definiert, anhand derer Weichen als nicht kritisch eingestuft werden. Das ermöglicht es am Ende die kritischen Weichen zu identifizieren und auszugeben.

Die Anwendung des Bewertungsschemas an ausgewählten Betriebsstellen zeigt, dass die Identifizierung kritischer Weichen sinnvolle und nachvollziehbare Ergebnisse liefert. Zudem ermöglicht es, Weichen im Detailbereich in verschiedene Klassifizierungen zu unterteilen.

Abstract

Switches are essential components of the railway system, crucial for the flexibility and efficiency of train operations. They enable the changing of tracks, allowing trains to be directed onto different routes. A malfunction or failure of a switch can have serious consequences, both technically and operationally.

Given the limited resources for maintenance and upkeep, it is essential to efficiently plan the use of available resources and deploy them where they will provide the greatest benefit.

In the course of this work, a new approach to evaluating switches in the South 1 region of the Austrian Federal Railways will be developed, with the goal of identifying the critical switches in the network and their locations. It should also be possible to distinguish the critically identified switches through a prioritization ranking.

Initially, the evaluation scheme categorizes the switches based on the tracks, taking into account the importance of each track within the overall network to obtain an initial assessment of the relevance of the switches. Subsequently, the switches within these track types are analysed in detail. In the technical assessment, the impacts and various technical properties of the switches are closely examined. Building on this, the operational assessment considers the consequences of the unavailability of switches within the classification to evaluate their system-critical potential.

The integration of the track assessment and the switch assessment is complemented by a prioritization, which allows for a more detailed examination within the classification. This takes into account aspects that cannot be applied to the entire region.

Within the evaluation scheme, threshold values are defined to classify switches as non-critical. This ultimately allows the identification and output of critical switches.

The application of the evaluation scheme at selected operating locations demonstrates that the identification of critical switches yields meaningful and understandable results. It also enables the classification of switches into different categories within the detailed analysis.

Danksagung

Im Rahmen meiner Masterarbeit möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Ausarbeitung der Arbeit unterstützt und motiviert haben und mir im Verlauf meines Studiums zu Hilfe standen.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit der mich als Betreuer mit seinen Ratschlägen und Denkansätzen bei der Ausarbeitung dieser Arbeit tatkräftig unterstützt hat.

Des Weiteren möchte ich Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig danken, für seine Initiative und Unterstützung bei der Auswahl und Bereitstellung dieses Masterarbeitsthemas sowie für die damit verbundenen Vorbereitungen und Bemühungen.

Ein weiter Dank geht an Dipl. Ing. Peter Dornig seitens der ÖBB, der mit dem bereitstellen der Aufgabenstellung und seiner Expertise aus der Praxis die Basis für diese Arbeit gelegt hat. In diesem Zuge war er stets hilfsbereit und um reibungslose Zusammenarbeit bemüht. Mein Dank gilt ebenso der ÖBB-Infrastruktur AG für die Freigabe der notwendigen Daten und Unterlagen, die für die Durchführung dieser Arbeit unerlässlich waren.

Darüber hinaus möchte ich mich beim gesamten Team des EBW-Institutes bedanken für deren Hilfsbereitschaft und freundlichen Umgang bei Fragen oder der Bereitstellung von Unterlagen.

Auch möchte ich meine Freunde und Studienkollegen des Verkehrswesen Zeichensaals danken, für die wundervollen Momente und Unterstützungen während meiner gesamten Studienzeit.

Ein besonderer Dank geht an meinen langjährigen Schulfreund und Studienkollegen Mario Wölflingseder, auf dessen Hilfe ich nicht nur im Zuge der Arbeit, sondern auch während meines gesamten Studiums zählen konnte. Ohne seine Hilfe würde diese Arbeit eine andere sein.

Zuletzt möchte ich noch meinen Eltern, meinem Bruder, meiner Tante, meinem Onkel und meinen Großeltern danken, welche mich während meiner gesamten Studienlaufbahn unterstützt und ermutigt haben. Ich freue mich mit Stolz sagen zu können so eine wundervolle Familie zu haben, welche mir diese Ausbildung ermöglicht hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Relevanz.....	8
1.2	Bestehende Bewertungsmodelle für Weichen	8
1.3	Forschungsfrage und Vorgehensweise	10
2	Allgemeines zu Weichen	11
2.1	Unterscheidung von Weichen	11
2.1.1	Einfache Weiche (EW)	11
2.1.2	Innenbogenweiche (IBW)	12
2.1.3	Außenbogenweiche (ABW).....	12
2.1.4	Gleiskreuzung (K)	12
2.1.5	Symmetrische Weichen (SW).....	13
2.1.6	Einfache- und Doppelte Kreuzungsweichen (EKW u. DKW).....	13
2.2	Abzweigradius	14
2.3	Umstellsystem.....	14
2.3.1	Gestänge	14
2.3.2	Hydrostar	15
2.3.3	Hydrolink	15
2.4	Weichenverschluss.....	16
2.4.1	Klammerverschluss	16
2.4.2	Wartungsarmer Klammerverschluss.....	17
2.4.3	Spherolock System.....	17
2.4.4	Klinkenverschluss.....	18
2.5	Endlageprüfer.....	18
3	Untersuchungsbereich.....	19
3.1	SAE-Regionen	19
4	Begrifflichkeiten	20
4.1	Streckenbezogene Bezeichnungen	20
4.1.1	Streckenabschnitt.....	20
4.1.2	Streckennummern	20
4.1.3	Oberbau ID	20
4.1.4	Ein- und Zweispurstrecken	21
4.1.5	Streckenrang	21
4.1.6	Gleisrang.....	22
4.1.7	Gleisverbindungen.....	22
4.2	Betriebliche Bezeichnungen.....	22
4.2.1	Kapazitätsauslastung	22
4.2.2	Einteilung der Gleise.....	23
4.2.3	Betriebsstellen	23
4.2.4	Gleispläne	24
4.2.5	Notfahrprogramm.....	24
4.2.6	Winterdienststufen	24
5	Störungen	26
5.1	Stördauer	26
5.2	Verspätungsminuten	26
5.3	Störart	26
5.4	Störungskategorien.....	27
6	Technische Eingangsparameter	28

6.1	Datengrundlage.....	28
6.2	Betrachtungen über die Störungshäufigkeit.....	28
6.3	Eingangsdaten der Belastung	28
6.3.1	Gegenüberstellung der Belastung aus Tonnage und Zugfahrten.....	29
6.4	Eingangsdaten Umstellungen	30
6.5	Eingangsdaten Verschlusstyp und Umstellsystem.....	30
6.6	Eingangsdaten Abzweigradius.....	30
6.7	Eingangsdaten Weichenbauart.....	30
6.8	Nutzungsdauer von Weichen	31
6.9	Alter der Weichen	32
6.10	Zusammenfassung Technischer Eingangsparameter	33
7	Betriebliche Eingangsparameter	34
7.1	Fahrzeitreserven.....	34
7.2	Pufferzeiten	34
7.3	Stördauer	34
7.4	Verspätungsminuten	34
7.5	Kapazitätsauslastung	35
8	Bewertungsschema.....	36
8.1	Bewertung der Strecke	36
8.1.1	Belastung der Strecke.....	36
8.1.2	Umfahrbarkeit.....	39
8.1.3	Kapazitätsauslastung	39
8.1.4	Streckenrang	40
8.1.5	Gleisrang.....	41
8.1.6	Streckentypen	42
8.2	Bewertung der Weiche.....	43
8.2.1	Technische Betrachtung	43
8.2.1.1	Einwirkungen.....	43
8.2.1.2	Einwirkungstypen	45
8.2.2	Abzweigradius.....	45
8.2.3	Betriebliche Betrachtung	47
8.2.3.1	Konsequenzen aus nicht Verfügbarkeit.....	47
8.3	Zusammenführen des Bewertungsschemas	49
8.4	Priorisierung innerhalb der Einteilungsklassen	50
8.4.1	Weichenbauart.....	50
8.4.2	Verschlusstyp	53
8.4.3	Störungskategorie	54
8.4.4	Bewertung der Lage - Umfahrbarkeit	55
8.4.5	Priorisierung des Bewertungsschemas.....	56
8.5	Übersicht Bewertungsschema	57
9	Anwendung des Bewertungsschemas	59
9.1	Anwendung in der Region Süd 1	59
9.2	Detaillierte Betrachtung von Betriebsstellen	64
9.2.1	Pernegg (Pn)	64
9.2.2	Frohnleiten (Fro)	66
9.2.3	Spielfeld-Straß (Sd).....	68
9.2.4	Peggau Deutschfeistritz (Pg).....	71
9.3	Diskussion	73
10	Resümee/Schlussbemerkungen	74

1 Einleitung

1.1 Relevanz

Im Netz der Eisenbahn haben Weichen eine besondere Stellung, sie werden für die Netzbildung benötigt und sind somit für das Verzweigen und das Zusammenführen von Gleisen notwendig. [3]

Die Wirtschaftlichen Herausforderungen der Infrastruktur setzen sich aus den Investitions- und Unterhaltungskosten zusammen. Die finanzielle Abbildung dieser Kosten erfolgt über die Life Cycle Costs (LCC) in dem alle Kosten von der Produktidee über Bau und Instandhaltung bis hin zur Entsorgung berücksichtigt werden. Der LCC dient somit als wichtige Entscheidungsgrundlage im Eisenbahnwesen. Zu den Hauptkostentreiber von Bahninfrastrukturen zählen unter anderem dem Verschleiß ausgesetzte Anlagenelemente wie Weichen, mit ihren Weichenzungen und Herzstücken. [1]

Hier setzt diese Arbeit an, um ein Ablaufschema zur Feststellung und Bewertung kritischer Weichen im Eisenbahnnetz zu erstellen. Somit können Weichen identifiziert werden, welche bei einer Störung hohe Kosten verursachen. Dieses Schema soll als Entscheidungsgrundlage für das Ressourcenmanagement verwendet werden.

Für eine zuverlässige und somit wirtschaftliche Bahnanlageninstandhaltung sind Störungen der Bahninfrastrukturanlagen so gering wie möglich zu halten. In Gleichem Maße soll die Lebensdauer der Gleiskomponenten maximiert werden, um die höchst mögliche Verfügbarkeit und somit Zuverlässigkeit zu gewährleisten. [40]

Um die Kosten und die Verfügbarkeit der Eisenbahninfrastruktur optimal gestalten zu können, ist es von entscheidender Bedeutung, mögliche Schwachstellen bzw. kritische Punkte festzustellen, die eine zentrale Rolle für die Netzstabilität spielen. Durch die gezielte Erfassung und Bewertung dieser kritischen Weichen sollen Instandhaltungsmaßnahmen präzise gesteuert werden können, wodurch die Verfügbarkeit dieser wichtigen Komponenten erhöht und die Systemstabilität insgesamt verbessert wird. Gleichzeitig kann durch eine effektive Zuweisung der Ressourcen der Mitteleinsatz wirtschaftlicher gestaltet werden.

1.2 Bestehende Bewertungsmodelle für Weichen

Diese Arbeit ist nicht die erste, welche sich der Herausforderung stellt die Weichen nach ihrer notwendigen Verfügbarkeit einzuteilen.

Seitens der ÖBB gibt es bereits ein Bewertungsschema zur Steuerung der Verfügbarkeit. Dabei werden die Strecken anhand Zugzahlen, Kapazitätsauslastung, Fahrplanpuffer und

Gleiswechsellmöglichkeiten in fünf verschiedene Streckenklassifikationen unterteilt. Zusätzlich erfolgt die Anlagenklassifikation der Weichen über Zugzahlen, Umfahrbarkeit, Weichenumstellungen und Tonnage, welche wiederum in 5 Kritikalitätsstufen eingeteilt werden. Die Einteilung der Strecke und der Anlagen wird zusammengeführt und teilt alle Weichen in 5 Baukastenklassen ein. Diese soll als Grundlage für ein RAM-Model (Reliability, Availability, Maintainability) zur Steuerung der Verfügbarkeit dienen. [4]

Der Grundgedanke dieser Arbeit basiert auf diesem bestehenden Schema der ÖBB und dem Entwickeln eines neuen Ablaufschemas zur Bewertung der Weichen, welches eine detailliertere Einteilung der Weichen ermöglicht. Dies soll durch einen alternativen Ansatz bzw. durch einbeziehen zusätzlicher Parameter verwirklicht werden. Ein direkter Vergleich mit dem Schema der ÖBB ist nicht möglich, da dieses keine öffentliche Freigabe besitzt und somit in dieser Arbeit nicht dargestellt werden kann.

Die DB Netz AG wendet für ein Kosten und Verfügbarkeitsorientierten Anlagenmanagement ein Verfahren an, welches ihnen erlaubt die wichtigsten Infrastrukturelemente im Fern und Ballungsnetz festzustellen. Dieses basiert auf der Leistungsuntersuchung von Knoten und Strecken, kurz LuKS, welches mit einer netzweiten Simulation umgesetzt wird. Als Eingangsparameter werden hierfür mikroskopische Infrastruktur- und Fahrplandaten verwendet. Dies ermöglicht es Fahrzeiten sowie Belegungszeiten der Gleise zu berechnen. Daraus ergeben sich genaue Laufwegbestimmungen, Nutzung der Fahrbahnelemente und Fahrzeitbelegungen. Aus der Berechnung werden 7 Faktoren für jede Weiche ermittelt, welche über das Maximalwertverfahren für jedes Kriterium einen Wert zwischen 1 und 10 vergibt. Über den Mittelwert dieser 7 Faktoren werden alle vorhandenen Weichen in 10 Betriebswichtigkeitsklassen (BWK) eingeteilt. Die Faktoren sind Anzahl der Zugüberfahrten, zulässige Geschwindigkeit, Leistungstonnen, Anzahl der Züge ohne Umfahrungsmöglichkeit, Anzahl der Umstellvorgänge inklusive der Flankenschutz-Umstellungen, Befahrungszeit und Belegungszeit. [39]

Auf das Verfahren, das im Netz der DB angewendet wird, gibt es ebenfalls eine RAM-Model-Erweiterung, die als Ansatz für ein Erneuerungs- und Instandhaltungskonzept dient. Des Weiteren gibt es eine Erweiterung der Bauteilbetrachtung hin zu einer gerichteten Punktbetrachtung, um ebenfalls quantitative gewerbeübergreifende Aussagen treffen zu können. [41]

Die Verfahren, die im Netz der ÖBB und im Netz der DB angewendet werden, haben unterschiedliche Ansätze für die Einteilung der Weichen, welche bei der Herangehensweise des Bewertungsschemas in Betracht gezogen und gegebenenfalls adaptiert wurden.

1.3 Forschungsfrage und Vorgehensweise

Die Zielsetzung der Arbeit liegt darin ein Bewertungsmodell für Weichen zu erstellen, welche ermöglicht die kritischen Weichen eines Eisenbahnnetzes festzustellen, sowie deren Lage im Netz eindeutig zuzuordnen. Des Weiteren soll das Bewertungsschema die als kritisch festgestellten Weichen in einer Priorisierungsreihung einordnen, sodass bei einer detaillierten Betrachtung zwischen den Weichen Unterschiede aufgezeigt werden können.

Ein weiteres Ziel ist es im Zuge der Ausarbeitung Parameter festzustellen, welche als relevant betrachtet werden können, jedoch aufgrund der vorliegenden Randbedingungen nicht verwendet werden können.

Zu Beginn wird im Kapitel 2 zu den Weichen grundlegende Informationen beschrieben, welche im Bewertungsschema aufgegriffen werden. Kapitel 3 beschreibt den Untersuchungsbereich auf dem die Arbeit basiert. In Kapitel 4 werden streckenbezogene und betrieblich relevante Definitionen erläutert, welche Anwendung im Bewertungsschema finden. Kapitel 5 erläutert die unterschiedlichen Informationen der Störungen in den Datensätzen, sowie der Kategorien für die Klassifizierung. Das Bewertungsschema klassifiziert Weichen aus technischer und betrieblicher Hinsicht. Daher wird in Kapitel 6 alle möglichen Parameter aufgezeigt welche über eine technische Bewertung herangezogen werden können und nicht brauchbare Parameter verworfen. Analog dazu wird in Kapitel 7 auf alle möglichen betrieblichen Parameter eingegangen und notwendige Beschreibungen für deren Anwendung. In Kapitel 8 wird das Bewertungsschema in allen Schritten von der Betrachtung der Strecke über die Weiche bis hin zur Priorisierung detailliert beschrieben. Dabei wird auch die Priorisierungs-Reihung der kritischen Weichen festgelegt. Anschließend wird im Kapitel 9 das Bewertungsschema einerseits auf die Region Süd 1 angewendet und andererseits im Detail auf ausgewählte Betriebsstellen. Kapitel 10 fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen.

2.1.2 Innenbogenweiche (IBW)

Bei Innenbogenweichen ist das Stammgleis gleich gekrümmt wie das Zweiggleis. Dabei ist der Zweiggleisradius geringer als der Stammgleisradius in der Grundform. In Abbildung 2 ist oben das gekrümmte Stammgleis und darunter das nach innen Abzweigende Zweiggleis dargestellt. [2]

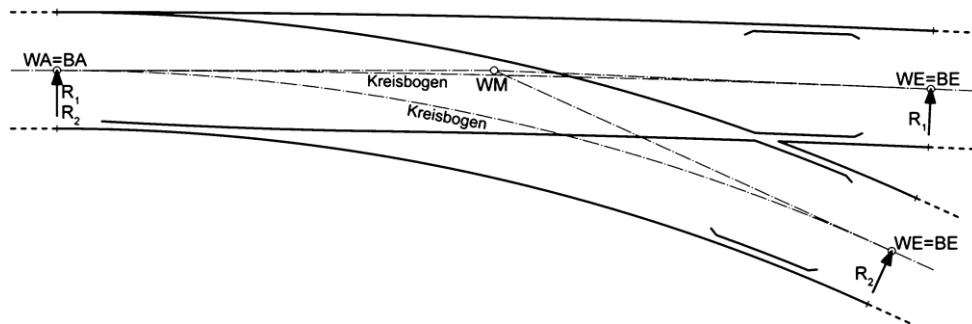


Abbildung 2 Fahrtenbild einer Innenbogenweiche [2]

2.1.3 Außenbogenweiche (ABW)

Bei Außenbogenweichen ist das Stammgleis entgegengesetzt des Zweiggleises gekrümmt. Somit liegen die beiden Bogenmittelpunkte des Stammgleises und des Zweiggleises auf unterschiedlichen Seiten der Weiche. In Abbildung 3 ist die ABW gut zu erkennen, durch die unterschiedlichen Krümmungen der beiden Gleise. [3]

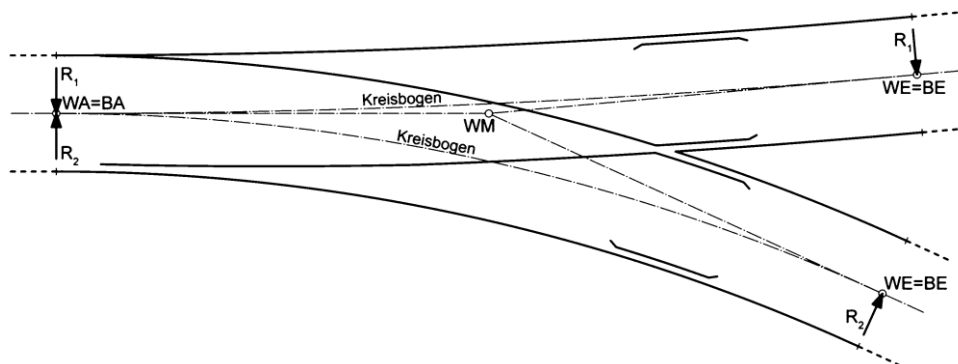


Abbildung 3 Fahrtenbild einer Außenbogenweiche [2]

2.1.4 Gleiskreuzung (K)

Die Gleiskreuzung oder auch gerade Kreuzung ist keine Weiche mit der ein Wechsel auf ein anderes Gleis stattfinden kann. Stattdessen handelt es sich hierbei um zwei gerade

Stränge, die sich schneiden. Gerade Kreuzungen besitzen zwei doppelte Herzstücke und ist in Abbildung 4 dargestellt. [30]

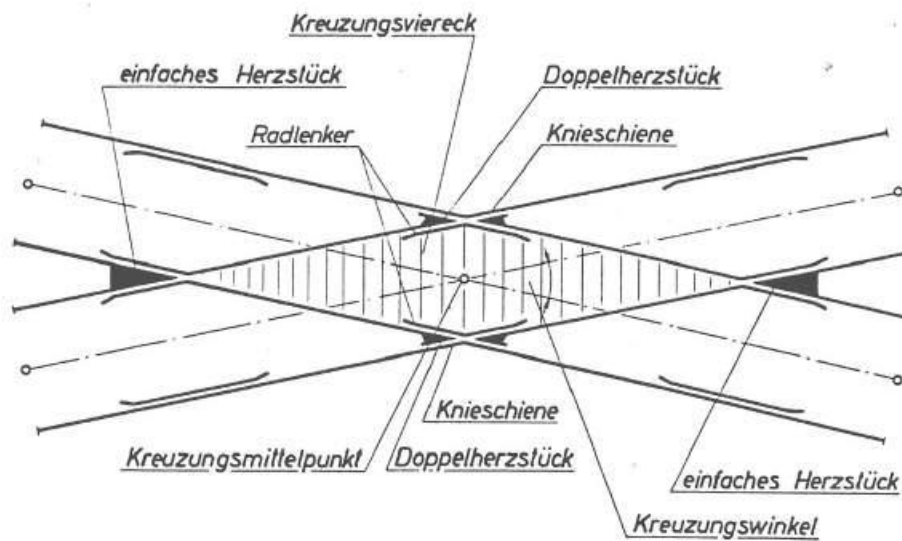


Abbildung 4 Gerade Kreuzung [30]

2.1.5 Symmetrische Weichen (SW)

Weichen werden als symmetrische Weichen bezeichnet, wenn beide Zweiggleise den gleichen Radius haben und somit die Zweiggleiskrümmung einer einfachen Weiche auf die beiden Stränge zur Hälfte aufgeteilt wird. Symmetrische Weichen eignen sich für symmetrische Streckenverzweigungen, wie z.B. im Übergang von einem eingleisigen zu einem zweigleisigen Streckenabschnitt. [2]

2.1.6 Einfache- und Doppelte Kreuzungsweichen (EKW u. DKW)

Einfache Doppelkreuzungen besitzen zwei gerade Stränge welche sich schneiden, sowie einen gekrümmten Verbindungsbogen. Diese können mit innerhalb oder außerhalb des Kreuzungsvierecks liegenden Zungen ausgeführt werden. [30]

Doppelte Kreuzungsweichen sind mit zwei gekrümmten Verbindungsbögen ausgeführt [30].

2.2 Abzweigradius

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal von Weichen ist der Weichenradius. Dieser bezieht sich auf den Radius des Zweiggleises. Häufige Radien sind 190 m, 300 m, 500 m, (760 m), 1200 m und 2600. Mit zunehmendem Radius des Zweiggleises, erhöht sich die maximale Geschwindigkeit mit welcher in die Auslenkung gefahren werden kann. [28]

2.3 Umstellsystem

Das Umstellsystem ist notwendig für die Übertragung der Kräfte vom Weichenantrieb zu dem dazugehörigen Verschluss. Die Kraftübertragung kann dabei mechanisch oder aber auch über hydraulische Systeme erfolgen. [2][22]

Durch immer länger und schwerer werdende Weichen gelangen konventionelle mechanische Weichenumstellsysteme an ihre Grenzen und es werden hydraulische Systeme benötigt. Hydraulische Systeme im Schienennetz der ÖBB sind der Hydrolink und der Hydrostar der Voestalpine (VAE AG), welche bei mehreren Verschlüssen das Doppelgestänge ersetzen. Die Umstellkräfte werden dabei hydraulisch an die anderen Verschlüsse übertragen. Hydraulische Systeme benötigen weniger Platz, Gewicht und mechanische Teile und ermöglichen einen leichteren Einbau und Wartung. [3]

2.3.1 Gestänge

Mechanische Umstellsysteme übertragen die Kraft für die Umstellung der Weiche mittels Einzel- oder Doppelgestänge. Wenn der Verschluss direkt neben dem Antrieb liegt, kann die Kraft über Schieberstangen erfolgen. Wenn dies nicht möglich ist, muss die Kraftübertragung mithilfe der Stellgestänge z.B. vom Antrieb des Spitzenverschlusses zu den Mittelverschlüssen übertragen werden. Solch ein Gestänge ist in Abbildung 5 dargestellt. [2]



Abbildung 5 Weiche mit Doppelgestänge (rechts) [2]

2.3.2 Hydrostar

Der Hydrostar ist nicht nur ein Umstellsystem, sondern eine Kombination aus Antriebs-, Verriegelungs- und Überwachungssystem und somit auch ein Verschlussystem, welches im Schienennetz der ÖBB verwendet wird. Der Antrieb erfolgt dabei über ein Hydraulikaggregat. Der Hydrostar zählt auch zu den Verschlusstypen, welche im ÖBB-Netz verbaut werden und ist in Abbildung 6 zu sehen. [24]

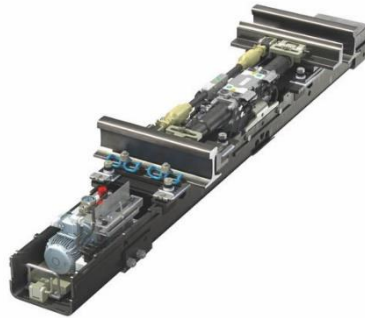


Abbildung 6 Hydrostar Stellsystem [24]

2.3.3 Hydrolink

Die Übertragung der Kräfte mittels Hydrolink erfolgt über ein geschlossenes hydraulisches System. Dabei wird ein Antriebszylinder mit dem ersten Verschluss verbunden, welcher bei einem Umstellvorgang Druck aufbaut und diesen über die hydraulischen Leitungen zu den anderen Verschlussebenen überträgt. In Abbildung 7 ist ein solches verbautes System zu sehen. [25]

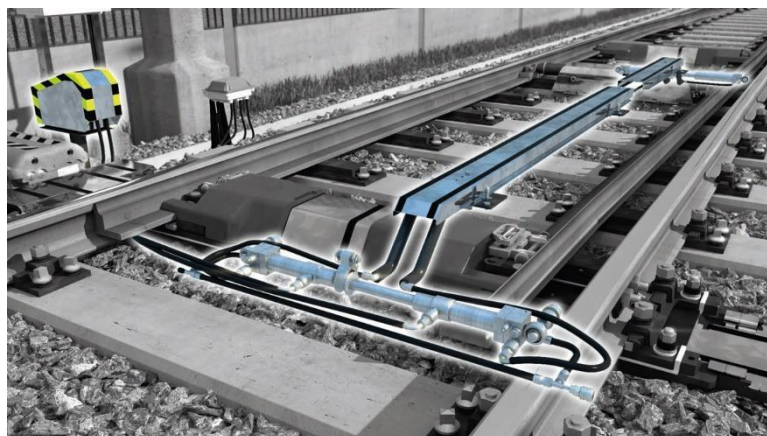


Abbildung 7 Hydrolink Kräfteübertragungssystem [25]

2.4 Weichenverschluss

Die Einrichtungen, die es ermöglichen die beweglichen Teile einer Weiche zu bewegen und sie anschließend in der Endlage zu fixieren, werden Weichenverschlüsse genannt [27].

Nach dem Umstellvorgang der Weiche muss garantiert werden, dass auf der einen Seite die Zungenschiene kraftschlüssig an der Backenschiene anliegen und an der gegenüberliegenden Seite die notwendige Lücke für die Durchfahrt des Spurkranzes gewährleistet ist. Dies erfolgt durch die sogenannten Weichenverschlüsse und wird durch Endlageprüfer überwacht. [22]

Abhängig von der Lage des Verschlusses gibt es bei Zungenvorrichtungen (ZV) an der Spitze einen Spitzenverschluss oder in der Mitte einen Mittelverschluss bzw. bei beweglichen Herzstückspitzen (HB) einen Herzstückverschluss. [2]

2.4.1 Klammerverschluss

Der Klammerverschluss mit Klammerverschlussdetektoren dient als Vorrichtung zur Weichenblockierung und -steuerung. Dieser wird paarweise an der Weichenbahnschwelle eingesetzt und ersetzt zwei Gleitstühle, um einen Körper mit der Weichen- und der Backenschiene zu bilden. Ein solcher Verschluss ist in Abbildung 8 dargestellt. [31]

Sonderformen des Klammerverschlusses sind unter anderem der Wartungsarme Klammerverschluss, sowie der Selbstregulierende Klammerverschluss.

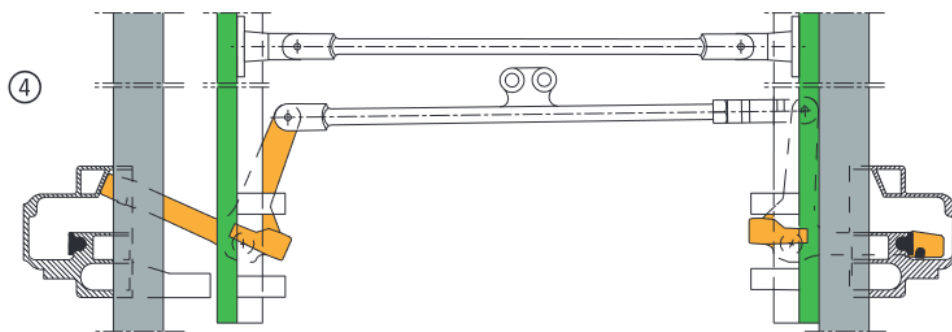


Abbildung 8 VCC-Klammerverschluss [32]

2.4.2 Wartungsarmer Klammerverschluss

Wartungsarme Weichenverschlüsse, wie in Abbildung 9 zu sehen, sollen wartungs- und schmierungsarm sein, um die Instandhaltungskosten von Weichen zu reduzieren. Bei diesen Verschlüssen werden Materialien mit besonderen Gleiteigenschaften verwendet, wodurch ein Nachfetten der Gleitflächen nur im Rahmen der Weicheninspektionen notwendig ist. [33]

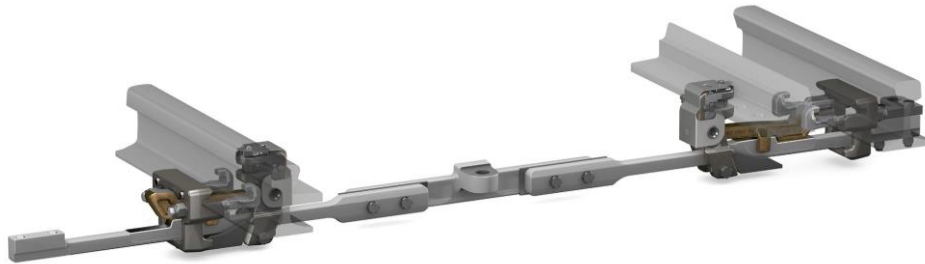


Abbildung 9 Wartungsarmer Weichenverschluss [33]

2.4.3 Spherolock System

Das Spherolock Verschlussssystem, der Firma Voestalpine, ist ein gekapseltes langzeitschmierendes Verschlussystem, bestehend aus einem speziellen zylindrischen modularem Verstellverschluss. Durch die kompakte Bauweise ist der Einsatz im Schwellenzwischenfach, wie in Abbildung 10 zu sehen, möglich. [34][35]

Eine weitere alternative Ausführung ist der Spherolock NG, welcher ebenfalls ein vollständig gekapseltes langschmierendes Verschlussystem ist, welches im Schwellenbereich situiert ist und den Umstellvorgang bewerkstelligen kann.[36]

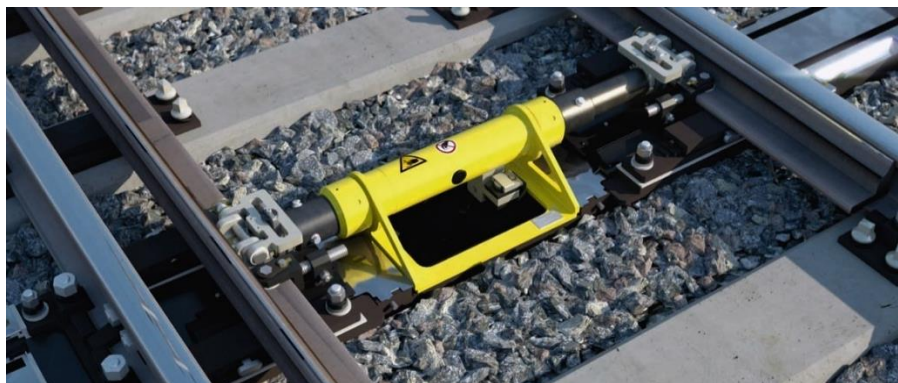


Abbildung 10 Spherolock-Classic [35]

2.4.4 Klinkenverschluss

Der Klinkenverschluss ist ein Außenverschluss und dient zur kraft- und formschlüssigen Verbindung zwischen Backenschiene und Weichenzunge. Beim in Abbildung 11 dargestellten Klinkenverschluss stellt die Verschlussklinke den mechanischen Formschluss her. Diese greift das Verschlussstück und wird mit der Schieberstange in der Lage fixiert. [37]



Abbildung 11 In eine Weiche installierter Klinkenverschluss [37]

2.5 Endlageprüfer

Nach dem Umstellvorgang hält der Verschluss die Weiche in der Endlage, um ein sicheres Durchfahren der Weiche zu gewährleisten. Um die Fahrstraße für den Betrieb freigeben zu können, wird die Endlage mit sogenannten Endlageprüfern festgestellt. [22]

Die Weichen im Schienennetz der ÖBB sind, abhängig von ihrer Bauart, mit Endlageprüfer ausgestattet. Diese werden auch LS-Komponenten bezeichnet. Weichen mit der Schienenform 60 E1 besitzen, abhängig von ihrem Weichenradius, unterschiedliche Anzahlen an Sensorebenen. Eine Sensorebene besteht dabei aus je zwei Zungenprüfer- und zwei Schlitzsensoren. Weichen mit einem Radius bis 500 Metern besitzen 1 Sensorebene, Weichen mit einem Radius vom 760 und 1200 Metern haben 2 Sensorebenen und Weichen mit einem Radius von 2600/1600 Metern besitzen 3 Sensorebenen. [8]

3 Untersuchungsbereich

3.1 SAE-Regionen

Die ÖBB unterteilt das Bundesweite Eisenbahnnetz in 8 Streckenmanagement und Anlagenentwicklungsregionen (SAE-Regionen). Diese Unterteilung legt die Regionalleitungsgrenzen und die damit geregelten Zuständigkeiten fest. [7]

Für die Ausarbeitung dieser Arbeit wurde die Region Süd 1 näher betrachtet. Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen dieser Arbeit stehen den zur Verfügung stehenden Daten dieser Region zu Grunde. Die Region Süd 1 ist in der Abbildung 12 dargestellt und erstreckt sich über die Anlagen Service Center Bereiche (ASC-Bereiche) ASC-Selzthal, ASC-Leoben und ASC-Graz. Das Bewertungsschema wird für die 1825 Weichen erstellt, welche sich in der Region Süd 1 im Betrieb befinden.

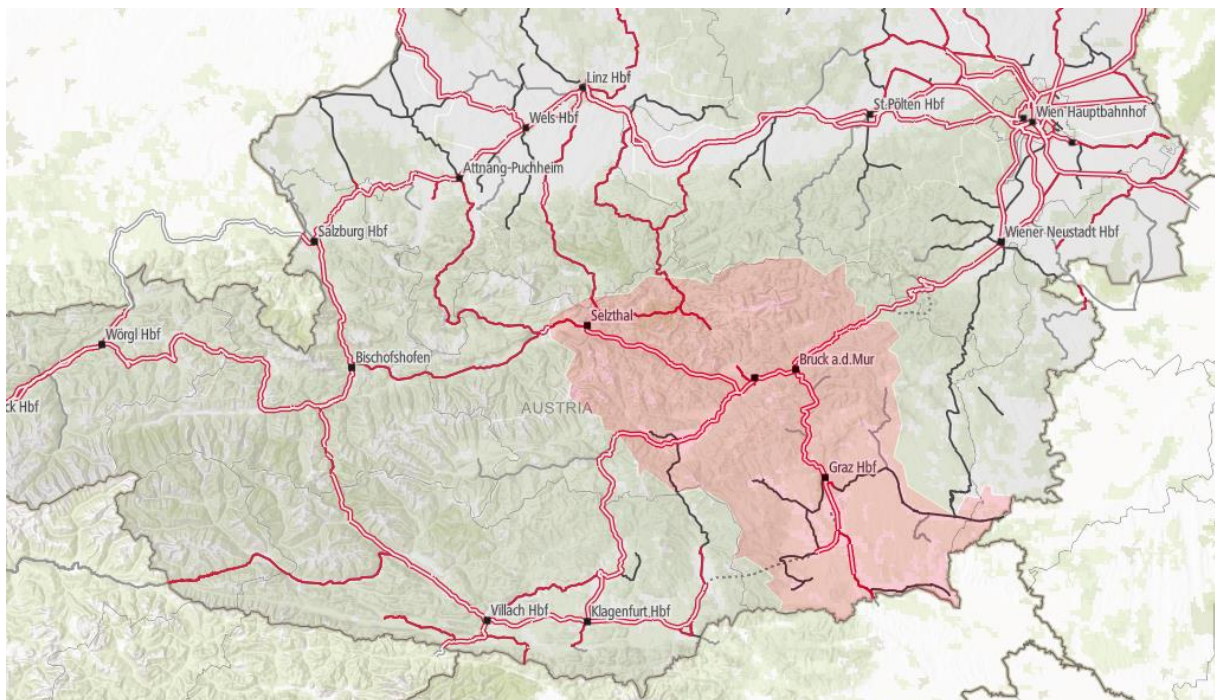


Abbildung 12 SAE Region Süd 1 (Rot schraffiert) [9]

4 Begrifflichkeiten

Im folgenden Kapitel werden notwendige Begrifflichkeiten beschrieben, welche für das Verständnis der Arbeit notwendig sind und in der Ausarbeitung des Bewertungsschemas Verwendung finden.

4.1 Streckenbezogene Bezeichnungen

4.1.1 Streckenabschnitt

Die DB776 Kennziffer ist eine Streckennummer in der für jeden Streckenabschnitt eine 6-stellige Ziffer vergeben wird. Die ersten 4 Ziffern sind die Streckennummer und getrennt durch einen Punkt folgt daran die 2-stellige Abschnittsnummer. Gerade Nummern bezeichnen einen Abschnitt der freien Strecke und ungerade Abschnittsnummern bezeichnen Abschnitte mit Weichen und Kreuzungen. Mithilfe dieser Einteilung ist es möglich jeden Streckenabschnitt im Netz der ÖBB eindeutig zuzuordnen. [16]

4.1.2 Streckennummern

Eine weitere Bezeichnung von Strecken ist die Einteilung über die VzG-Streckennummern (Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten). Die VzG-Streckennummer besteht aus 5 Ziffern und setzt sich zusammen aus einer einstelligen Streckennummer, die den Streckenbeginn bezeichnet, gefolgt von einer zweistelligen Streckennummer und einer zweistelligen Abschnittsnummer. [38]

4.1.3 Oberbau ID

Für eine eindeutige Zuordnung jeder einzelnen Weiche gibt es die Oberbau-ID. Diese besteht aus der DB776-Kennziffer, gefolgt von der Weichenbezeichnung. Jede Oberbau-ID ist individuell für jede Weiche und ermöglicht eine präzise Identifikation sowie eine effiziente Verwaltung.

4.1.4 Ein- und Zweispurstrecken

Bei Einspurstrecken ist ein wichtiger Faktor, der die Kapazität beeinflusst, die Lage der Kreuzungspunkte. Diese leiten sich aus der Fahrplandichte und der Zuggeschwindigkeit ab und erlauben nur eine geringe Flexibilität bei Betriebsunregelmäßigkeiten, der Möglichkeit zusätzlich Züge zu führen und Fahrplananpassungen vorzunehmen zu. [1]

Durchgehende Doppelspurstrecken hingegen erlauben eine maximale Flexibilität und Stabilität. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und der Funktionalität können Spurwechselstellen verbaut werden. Somit lassen sich bei üblichen Bedingungen auf Doppelspurstrecken 250-300 Züge pro Tag in beide Richtungen führen und bei einspurigen Strecken nur 80-100 Züge pro Tag in beide Richtungen. [1]

4.1.5 Streckenrang

Jeder Strecke im Netz der ÖBB ist ein Streckenrang zugeordnet. Die Zuteilung der Streckenränge wird als Basis für die Inspektion verwendet mit den daraus resultierenden Fristen, Intervallen sowie definierten technischen Maßnahmen. [7]

In Tabelle 1 sind die Streckenränge mit den jeweiligen Gleisbelastungen und der Art des Verkehrsaufkommens aufgezeigt nach welchen Strecken im Eisenbahnnetz der ÖBB eingeteilt werden.

Streckenrang	Mittlere tägliche Gleisbelastung (Tonnen/Tag)	Art des Verkehrs
S+	Jegliche	Alle Strecken(abschnitte) mit $V \geq 200$ km/h
S	Mehr als 30 000	PV und/oder GV
1	über 10 000 bis 30 000	PV und/oder GV
2	über 3 000 bis 10 000	PV und/oder GV
3	Bis 3 000 (mehr als 4 Züge/Tag)	PV und oder GV
3G	Bis 4 Züge/Tag	Nur GV oder fallweise Nostalgieverkehr

Tabelle 1 Rangeinteilung der Strecken (Streckenrang) [7]

4.1.6 Gleisrang

Die Gleise einer Strecke werden in 3 Gleisränge unterteilt [6][7].

- I Gleisrang a: Gleise im durchgehenden Hauptgleis
- I Gleisrang b: Jene Gleise, welche zu sonstigen Hauptgleisen zählen, und die Gleisverbindung zweier Weichen im Gleisrang a oder b
- I Gleisrang c: Nebengleise

Für die Festlegung der zu verbauenden Weichenform wird der vorhandene Gleisrang herangezogen [28].

4.1.7 Gleisverbindungen

Als Gleisverbindung wird die Verbindung zwischen zwei Weichen bezeichnet. Diese werden oft auch Gleisverbinder bezeichnet. Gleisverbindungen wird ebenfalls ein Gleisrang zugeordnet. [7]

4.2 Betriebliche Bezeichnungen

4.2.1 Kapazitätsauslastung

Für die Kapazitätsauslastung wird als Grundlage der Netzplan 2025 der ÖBB-Infrastruktur AG angewendet [10]. Dabei ist die Kapazitätsauslastung der voraussichtliche Auslastungsgrad einer betrachteten Strecke für das Jahr 2025. Dieser Wert wird für jeden Abschnitt durch Zusammenführen aller Belegungszeiten mit den möglichen Fahrwegkapazitäten über 24 Stunden ermittelt. [42]

Die Strecken werden anschließend in 3 Klassen eingeteilt.

- I Geringe bis mittlere Kapazitätsauslastung (Kapazitätsauslastung unter 80 %)
- I Strecken mit hoher Kapazitätsauslastung (Kapazitätsauslastung zwischen 80 und 100 %)
- I Überlastet erklärte Infrastruktur (Kapazitätsauslastung über 100 %)

4.2.2 Einteilung der Gleise

Die Gleise im Netz werden in Haupt- und Nebengleise eingeteilt. Auf Hauptgleisen dürfen planmäßig Züge fahren. Die Hauptgleise der freien Strecke verlängern sich in die Bahnhöfe und werden durchgehende Hauptgleise genannt. Zu Nebengleisen zählen jene Gleise auf denen nicht planmäßige Zugfahrten durchgeführt werden. Auf diesen Gleisen werden regelmäßig nur Rangierfahrten vorgenommen. Neben den Haupt- und Nebengleisen gibt es noch sonstige Hauptgleise. Diese haben entweder eine Verbindungs- oder eine Aufenthaltsfunktion. Für eine Aufenthaltsfunktion wird eine gewisse Mindestnutzlänge benötigt um zum Beispiel als Überholungs- und Kreuzungsgleise verwendet zu werden. Gleise ohne Mindestnutzlänge werden als Gleisverbindungen zwischen zwei Gleise verwendet.[2]

4.2.3 Betriebsstellen

Die Betriebliche Betrachtung erfolgt im Detail im abgegrenzten Bereich einer Betriebsstelle. Diese Abgrenzung ist speziell für die Anwendung der Umfahrbarkeit von Bedeutung.

Betriebsstellen werden in Bahnhöfe und Betriebsstellen der freien Strecke eingeteilt. Dabei wird eine Betriebsstelle als Bahnhof bezeichnet, wenn mindestens eine Weiche vorhanden ist, was folgende Prozesse in einem Hauptgleis des Bahnhofes ermöglicht. [2]

- ┆ Halte
- ┆ Beginn und Ende von Zügen
- ┆ Veränderung der Zusammensetzung von Zügen
- ┆ Durchführung von Rangierbewegungen
- ┆ Abstellen von Fahrzeugen

Betriebsstellen der freien Strecke sind unter anderem Abzweigstellen sowie Überleitstellen, welche auf Gleisen außerhalb der Einfahrtsignale der Bahnhöfe liegen. Abzweigstellen ermöglichen das Abzweigen eines Zuges auf eine andere Strecke und Überleitstellen ermöglichen dem Zug einen Wechsel auf ein anderes Gleis derselben Strecke.[2]

4.2.4 Gleispläne

Gleispläne sind Lageskizzen der Eisenbahninfrastruktur, welche von der ÖBB Infrastruktur AG für jede Betriebsstelle erstellt werden. In den Plänen sind alle vorhandenen Weichen und Gleise mit ihren Längen eingetragen und beschriftet. Des Weiteren befinden sich Signale, sonstige Infrastrukturanlagen, Lage der Bahnsteige sowie Notfallmanagement und Gefahrenstellen in den Plänen. [26]

Für die Anwendung im Bewertungsschema werden aus den Plänen die Grundskizzen mit deren Beschriftung, sowie das Notfahrprogramm und die Winterdienststufen verwendet. Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden die verwendeten Informationen in einem separaten Plan dargestellt und in den Auswertungen verwendet.

4.2.5 Notfahrprogramm

Das Notfahrprogramm ist ein Layer der Gleispläne in dem die Hauptfahrrichtungen mit der Betriebsrichtung in den Gleisen angezeigt wird. Die Fahrtrichtungen der Hauptgleise sind dabei farblich voneinander getrennt. [26]

4.2.6 Winterdienststufen

Die Einteilung der Winterdienststufen wird von der ÖBB intern für alle Betriebsstellen angewendet. Ziel der Winterdienststufen ist es, die Ausfallswahrscheinlichkeit innerhalb einer Betriebsstelle zu senken, durch eine im Vorhinein festgelegten und koordinierten Rückzug von Gleisen und Weichen. Somit werden die zur Verfügung stehenden Ressourcen der Räumkräfte auf die im Betrieb befindlichen Gleise und Weichen konzentriert. Verantwortlich sind hierfür der Geschäftsbereich Streckenmanagement und Anlagenentwicklung (SAE) sowie der Geschäftsbereich Betrieb (BE) der ÖBB. Diese Eskalationsstufen finden sich in den Eskalationsplänen der Betriebsstellen wieder und werden von den BE-Regionen für die Stufen C, D und E erstellt.[21]

Die Einteilung der Eskalationsstufen erfolgt auf der Basis der zu erwartenden Räumarbeiten sowie den betrieblichen Behinderungen für Personenfernverkehr (PVF), Personennahverkehr (PNV) und Güterverkehr (GV), welche aufgrund der Wettersituation entstehen und sind in der Tabelle 2 für jede einzelne Stufe beschrieben.

Diese Eskalationsstufen sind ein wegweisendes Indiz zur Feststellung betriebswichtiger Gleise und Weichen in Betriebsstellen, und werden somit für die Bearbeitung des Bewertungsschemas herangezogen.

Empfohlene Eskalationsstufe	Zu erwartende Auswirkungen auf die Betriebsqualität
A	PFV: keine PNV: keine GV: keine
B	Wegen etwaiger Schneeräumarbeiten: PFV: keine PNV: gering GV: gering
C	Wegen Schneeräumarbeiten und Verzicht auf Weichen, die nicht für die planmäßige Verkehrsabwicklung benötigt werden: PFV: gering PNV: merkbar GV: merkbar
D	Wegen eingeschränktem Fahrprogramm: PFV: merkbar PNV: erheblich GV: erheblich
E	Wegen stark eingeschränktem Fahrprogramm: PFV: erheblich PNV: erheblich und teilweise Ausfall GV: weitgehender Stillstand

Tabelle 2 Eskalationsstufen A bis E [21]

5 Störungen

Für die Bearbeitung der Arbeit wurden die Störungsdaten der Weichen seitens der ÖBB zur Verfügung gestellt. Die Daten der Störungen sind für die Jahre 2020, 2021 und 2022 bekannt. Jede Störung ist auf eine Weiche über die Oberbau-ID genau zuordbar.

5.1 Stördauer

Die Stördauer ist die Zeitspanne vom Eintritt der Störung bis zur Behebung der Störung und wird in Minuten angegeben. Die Stördauer ist für jede aufgetretene Störung bekannt.

5.2 Verspätungsminuten

In den Störungsdaten sind zu jedem Eintrag einer Weichenstörung die dazugehörigen Verspätungen in Minuten aufgelistet. Dabei handelt es sich um die tatsächlich anfallenden Verspätungsminuten der Züge, welche von der Störung betroffen sind.[23]

5.3 Störart

Die Art einer Störung kann in zwei Kategorien unterteilt werden. Zum einen in Fahrwegstörungen (FW) und in Leitungs- und Signaltechnik Störungen (LS). Die beiden Störungsarten unterscheiden sich dabei durch die Störungsursachen. Dabei haben Fahrwegstörungen einen Einfluss auf die Spurführung. Diese können z.B. ein Bruch des Herzstückes, starke Deformationen von Weichenbauteilen oder andere Defekte sein, welche das Durchfahren der Weiche nicht bzw. nur mit Einschränkungen erlaubt. Leitungs- und Signaltechnik Störungen hingegen sind unter anderem auf elektronische Defekte, Kontaktfehler, Flüssigkeitsverluste, mangelhafte Schmierung, mechanische Defekte, elektronisch wie auch mechanische Toleranzen oder Temperaturbedingte Störungen zurückzuführen. 95 % der Störungen sind LS-Störungen und treten damit deutlich häufiger auf als FW-Störungen.

5.4 Störungskategorien

Die Störungen der Weichen sind nicht alle als gleichwertig zu beurteilen. Sie unterscheiden sich dabei im Aufwand zur Wiederherstellung des Ausgangszustandes. Hierfür werden die Störungen in 3 Kategorien unterteilt. [23]

- I Störungen der Kategorie 1 (Kat 1)
- I Störungen der Kategorie 2 (Kat 2)
- I Störungen der Kategorie 3 (Kat 3)

Störungen der Kat 1 müssen umgehend behoben werden bzw. mit der Streckenspezifischen Reaktionszeit die Reparaturen begonnen werden. Grundsätzlich ist während der Arbeitszeit bis 30 Minuten und außerhalb der Arbeitszeit bis 90 Minuten mit den Reparaturen zu beginnen. Störungen der Kat 2 sind, wenn möglich am selben Tag zu beheben, jedoch spätestens am nächsten Werktag innerhalb der Arbeitszeit. Bei Störungen der Kat 3 handelt es sich um generelle Wartungsaufforderungen bzw. elektronische Störungsmeldungen und sind, wenn möglich, am selben Tag zu beheben, jedoch spätestens am nächsten Werktag innerhalb der Arbeitszeit. [23]

In den Störungsdaten ist jedem Eintrag die Information einer Kat 1 oder Kat 2 Störung zugeordnet.

6 Technische Eingangsparameter

Dieses Kapitel behandelt alle technischen Parameter, welche für das Bewertungsschema in Betracht gezogen werden.

6.1 Datengrundlage

Als Datengrundlage für diese Arbeit, wurden die Oberbaudaten aus dem Jahr 2022 verwendet, sowie die dazugehörige Belastung der Weichen aus dem Jahr 2022. Ebenfalls sind die Weichenumstellungen für die Region Süd 1 aus dem Jahre 2022 bekannt. Die aufgetretenen Störungen sind aus den Jahren 2020, 2021 und 2022 bekannt.

Für die Bearbeitung der Daten wurden die Datensätze mittels der Oberbau-ID der Weichen miteinander verknüpft. Dies ist notwendig um die Parameter aus den verschiedenen Datensätzen einer jeden Weiche eindeutig zuordnen zu können.

6.2 Betrachtungen über die Störungshäufigkeit

Eine Vielzahl der Auswertungen beziehen sich auf die Störungshäufigkeit der Weichen bezogen auf ein zu untersuchendes Kriterium. Dabei wird ein Mittelwert der angefallenen Störungen der Weiche aus den Jahren 2020, 2021 und 2022 genommen, welcher mit den vorhandenen Weichen in der zu untersuchenden Kategorie, verglichen wird. Die dabei entstehenden Werte werden in Prozent ausgegeben und sagen aus, mit welcher Häufigkeit eine untersuchte Weiche in einem Jahr ausfällt. Dabei können auch Häufigkeiten über 100 % auftreten, welche bedeuten, dass eine Weiche mehrmals pro Jahr gestört war.

6.3 Eingangsdaten der Belastung

Aus den Daten stehen die Belastung infolge Tonnage sowie Zugfahrten, aus dem Jahr 2022 zur Verfügung. Eine mögliche Betrachtung der Belastung infolge Fahrgastzahlen wurde nicht betrachtet, da hierfür keine Daten vorhanden sind.

Für die Belastungsdaten infolge der Tonnage sind für jede Weiche die durchschnittlichen täglichen Belastungen in Tonnen pro Tag, gemessen an der Weichenspitze, aus dem Jahr 2022, bekannt. Für die Belastungsdaten infolge der Zugüberfahrten sind für jede Weiche die durchschnittlichen täglichen Belastungen in Zugüberfahrten pro Tag, gemessen an der Weichenspitze, aus dem Jahr 2022, bekannt.

6.3.1 Gegenüberstellung der Belastung aus Tonnage und Zugfahrten

Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden die beiden Belastungen miteinander verglichen, um sich für eine der beiden Belastungstypen zu entscheiden. Hierfür wurden beide Belastungen normiert und mit den dazugehörigen Störungen für eine qualitative Aussage verglichen.

Wie in Abbildung 13 zu sehen ist, weisen beide Belastungen einen vergleichbaren Anstieg der Störungen mit zunehmender Belastung auf. Durch die Normierung zeigt sich, dass beide Belastungsbetrachtungen im ersten Drittel keine signifikanten Unterschiede aufweisen und einen ähnlich ausgeprägten Störungsanstieg bei ca. 30 % der Maximalbelastung aufweisen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass beide Belastungen als mögliche Grundlage für die weitere Bearbeitung verwendet werden können.

Für die Weiterbearbeitung der Arbeit wurde festgelegt, alle Betrachtungen infolge Belastung mit Tonnage zu führen, da auch andere Interpretationen sich auf Tonnen beziehen.

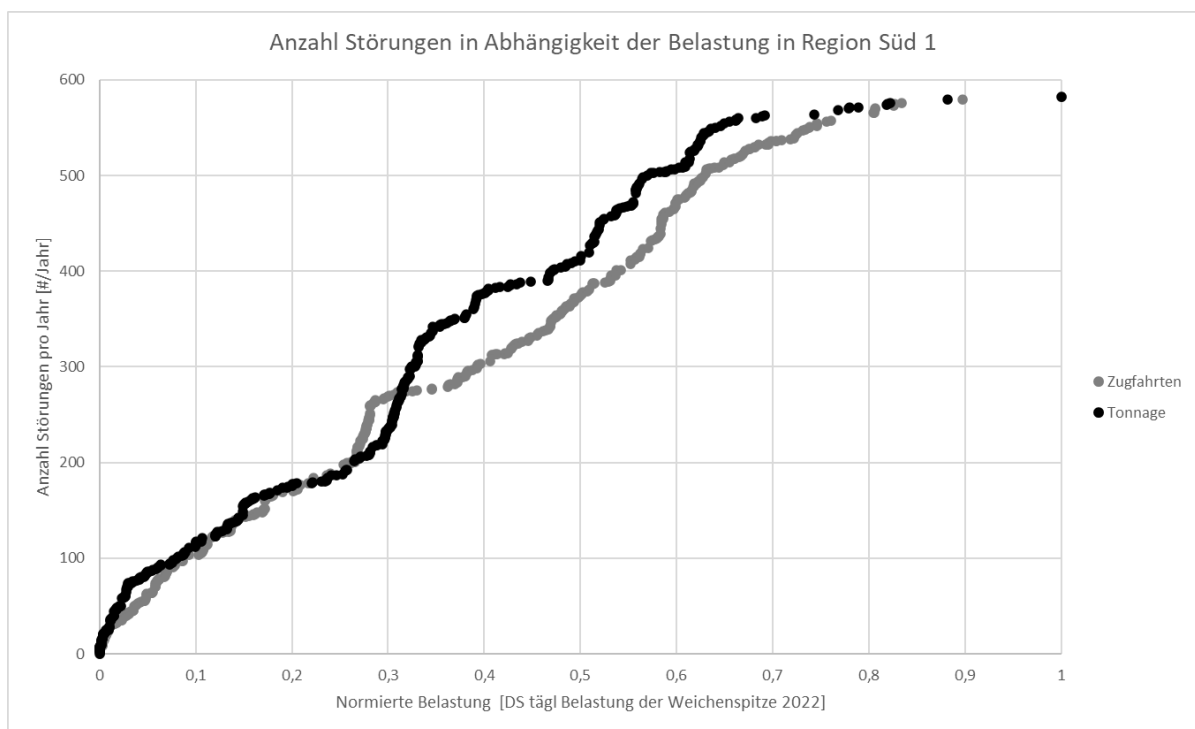


Abbildung 13 Anzahl Störungen in Abhängigkeit der Belastung in Region Süd 1

6.4 Eingangsdaten Umstellungen

Bei den Daten der Umstellungen handelt es sich um die Anzahl der Umstellvorgänge der Weichen pro Jahr. Diese Daten zeigen, welche Weichen häufig umgestellt werden. Weichen mit vielen Umstellungen sind wichtig, da ihre häufige Nutzung auf eine zentrale Rolle im Betriebsablauf hinweist. Diesbezüglich werden die Umstellungen untersucht um einen möglichen Zusammenhang zwischen Umstellungen und der Störungshäufigkeit zu finden.

Die Daten der Umstellungen sind nicht flächendeckend für alle Weichen im Betrachtungsbereich vorhanden.

6.5 Eingangsdaten Verschlusstyp und Umstellsystem

Ein weiteres technisches Merkmal der Weichen, welches untersucht wird, sind die unterschiedlichen Verschlusstypen. Da die Verschlusstypen eng mit den Umstellsystemen verbunden sind, wird untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen mechanischen oder hydraulischen Typen und dem Auftreten von Störungen gibt.

Der Datensatz zeigt 8 unterschiedliche verwendete Verschlusstypen, so wie 4 verschiedene Umstellsysteme. Weichen welche einen Spitzenverschluss besitzen und somit kein zusätzliches Umstellsystem benötigen sind ebenfalls im Datensatz vorhanden.

6.6 Eingangsdaten Abzweigradius

Jede Weiche besitzt ein Stammgleis und ein Zweiggleis mit einem gewissen Abzweigradius. Je größer der Abzweigradius ist, desto länger ist die Verschlussebene sowie deren Zungenschienen, welche sich aus den geometrischen Randbedingungen ergibt. Bei der Betrachtung der Daten über den Abzweigradius wird untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Abzweigradius und dem Eintreten von Störungen gibt.

6.7 Eingangsdaten Weichenbauart

In Tabelle 3 sind alle sich im Betrieb befindlichen Weichen nach ihrer Weichenbauart und Anzahl vorhandener Weichen der Region Süd 1 aufgelistet. Dabei haben die EW den größten Anteil mit ca. 66 %. Ebenso sind die ABW und IBW in einer relevanten Stückzahl vorhanden. Alle anderen Weichenbauarten sind nur in geringen Stückzahlen vertreten. Für eine Betrachtung der Weichen hinsichtlich der Weichenbauart können somit nur EW, ABW und IBW herangezogen werden, da für die übrigen Weichenbauarten eine zu geringe Datengrundlage besteht, um repräsentative Aussagen treffen zu können.

Kurzbezeichnung	Weichenbauart	Anzahl Weichen
EW	Einfache Weiche	1210
ABW	Außenbogen Weiche	283
IBW	Innenbogen Weiche	208
DKW	Doppelte Kreuzungsweiche	77
EKW	Einfache Kreuzungsweiche	22
F	Flachkreuzung mit beweglichem Herzstück	2
K	Gleiskreuzung	2
Y	Symmetrische Weiche	1
-	Keine Aussage vorhanden	20

Tabelle 3 Anzahl vorhandener Weichen nach Weichenbauart in Region Süd 1 in Betrieb

6.8 Nutzungsdauer von Weichen

Als weiteres mögliches Kriterium wurde die Nutzungsdauer untersucht um einen möglichen Zusammenhang der Nutzungsdauer und dem Auftreten von Störungen festzustellen. Hierfür wurde die Nutzungsdauer der Weichen der Störungshäufigkeit in Abbildung 14 gegenübergestellt. Werte mit unzureichender Datengrundlage sind blass dargestellt und wurden nicht betrachtet. Aus den Daten zeigt sich kein Trend. Es zeigt sich kein Zusammenhang zwischen Nutzungsdauer und dem Störverhalten. Es wird vermutet, dass längere Nutzungsdauern kein erhöhtes Störungsaufkommen verursachen, da dem durch die angepassten Instandhaltungsarbeiten entgegengewirkt wird. Ebenfalls möglich ist, dass Weichen mit langen Nutzungsdauern im Netz an Stellen liegen, an denen keine hohe Priorität herrscht. Bei Betrachtung der Daten ist zu sehen, dass Weichen mit langen Nutzungsdauern vermehrt im Gleisrang c und b aufzufinden sind. Dabei sind Weichen mit einer Nutzungsdauer über 51 Jahren nur im Gleisrang c zu finden. Weichen im Gleisrang c weisen eine geringe Belastung auf, was ihre niedrige Störungshäufigkeit erklärt. Somit wird dieser Parameter im Bewertungsschema nicht berücksichtigt.

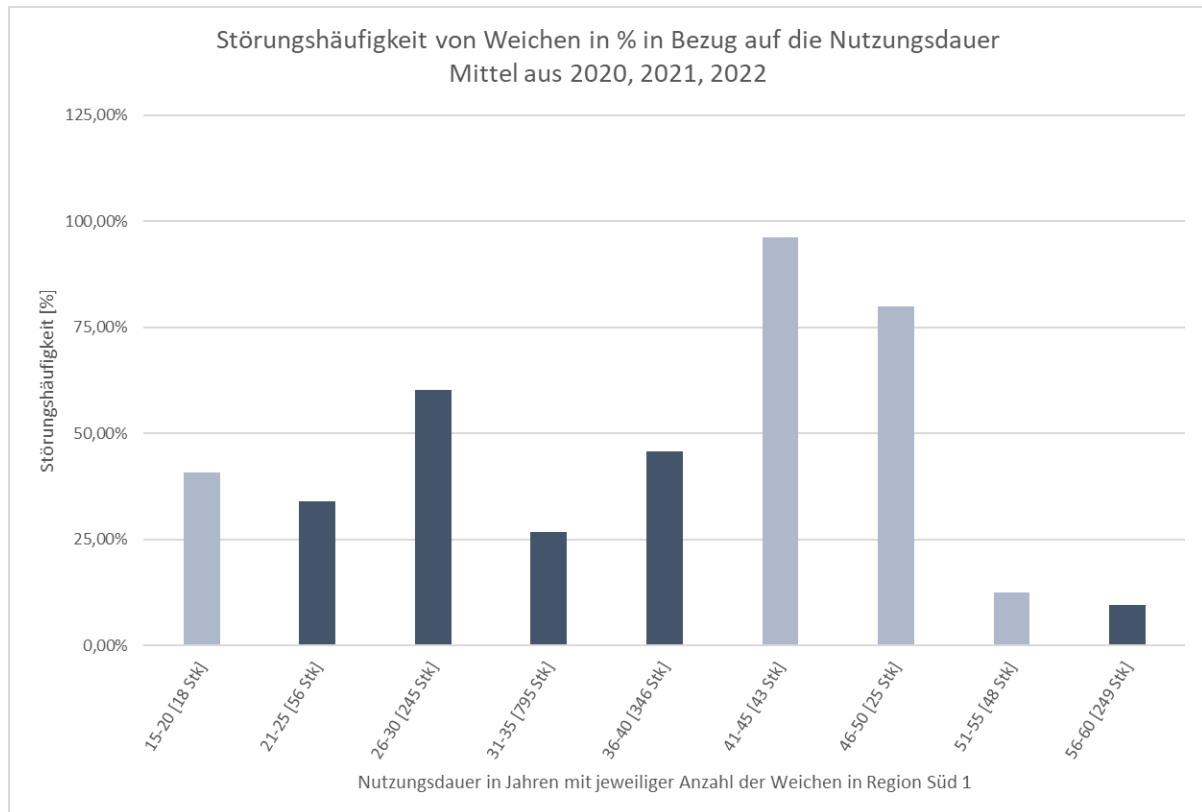


Abbildung 14 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Nutzungsdauer

6.9 Alter der Weichen

Analog zur Betrachtung über die Nutzungsdauer in 6.8, ergibt sich in der Abbildung 15 kein Trend. Es zeigt sich kein Zusammenhang zwischen dem Weichenalter und der Störungshäufigkeit. Es wird hier ebenfalls vermutet, dass aufgrund der Instandhaltungsarbeiten und der Lage von alten Weichen kein Trend ersichtlich ist. Aus den Daten geht hervor, dass Weichen mit einer langen Nutzungsdauer vermehrt im Gleisrang c und b aufzufinden sind, und somit einer geringen Belastung ausgesetzt sind. Dies erklärt die geringe Störungshäufigkeit von Weichen mit langer Nutzungsdauer. Somit wird dieser Parameter im Bewertungsschema nicht berücksichtigt.

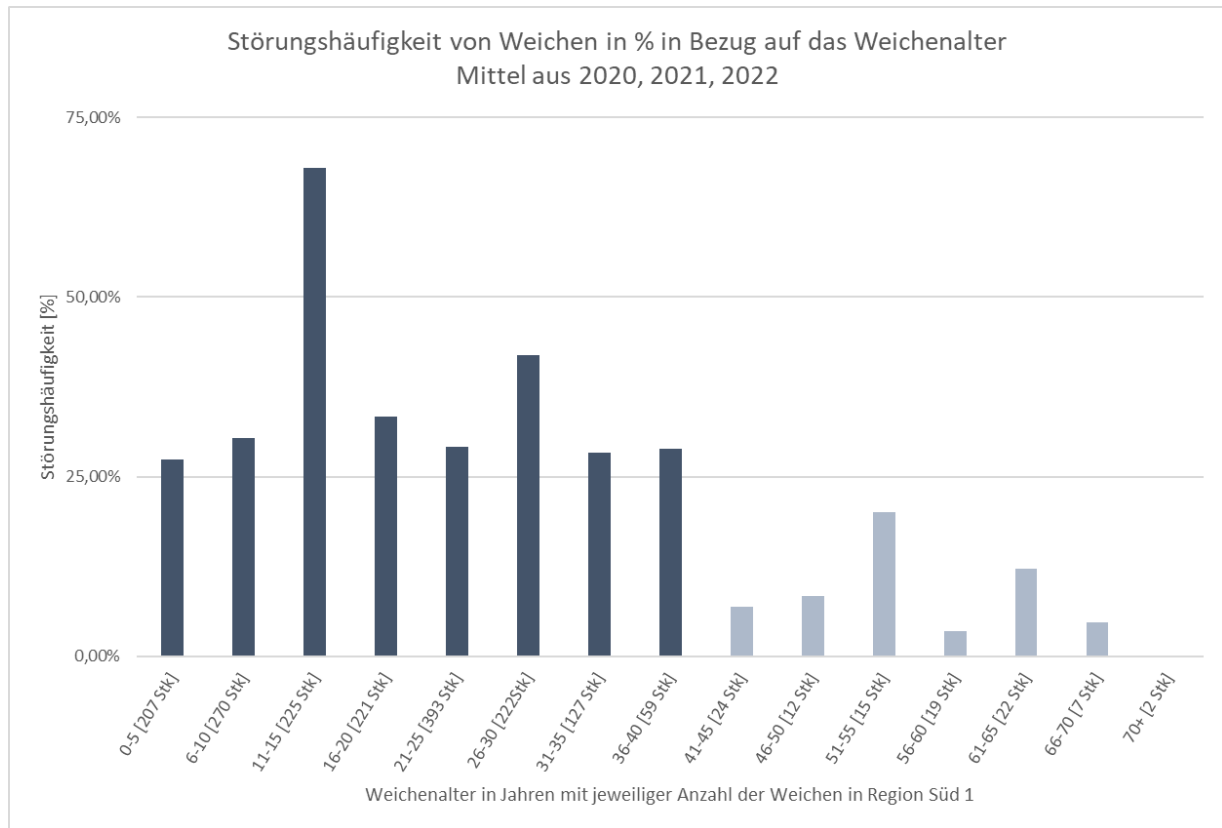


Abbildung 15 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf das Weichenalter

6.10 Zusammenfassung Technischer Eingangsparameter

In den technischen Eingangsparametern wurden alle für das Bewertungsschema möglichen Kriterien angeführt. Nach der Voruntersuchung werden für das Bewertungsschema die Belastungsdaten aus der Tonnage und nicht aus den Zugfahrten verwendet. Potenziell wichtige Faktoren, die in die Bewertung einfließen, sind die Anzahl der Umstellungen, die Art des Verschlusses mit den Umstellsystemen, die Weichenbauart sowie der Abzweigradius. Die Nutzungsdauer und das Weichenalter werden nicht berücksichtigt, da sie keinen signifikanten Einfluss auf das Störungsaufkommen zeigen.

7 Betriebliche Eingangsparameter

7.1 Fahrzeitreserven

Fahrzeitreserven werden in der Erstellung des Netzfahrplanes verwendet, um die Fahrwegkapazitäten zu ermitteln. Die Fahrzeitreserve ist ein Zuschlag zur technischen Fahrzeit, um die Qualitätserfordernisse des Netzfahrplanes sicherstellen zu können. Die Fahrzeitreserve kann ebenfalls auch Sonderzuschläge beinhalten, welche baulich bedingte Einschränkungen abdecken. [13]

Für die Bearbeitung standen keine Daten der Fahrzeitreserven zur Verfügung. Da sich die Fahrzeitreserve mit einem Fahrplanwechsel ändern kann, würde dies eine Umstufung der Kritikalitätsbetrachtung von Weichen hervorrufen, weshalb die Fahrzeitreserve nicht in das Bewertungsschema miteinbezogen wird.

7.2 Pufferzeiten

Pufferzeiten ermöglichen es Folgeverspätungen zu reduzieren oder komplett abzufangen, sodass sich Verspätungen eines vorherigen Zuges nicht weiter fortpflanzen können. Sie sind für einen robusten und zuverlässigen Fahrplan notwendig. [14]

Da keine Daten zur Pufferzeit vorlagen und sich diese zudem bei einer Neuberechnung des Fahrplans ändern würden, was wiederum die Kritikalitätsbewertung der Weichen beeinflussen könnte, werden die Pufferzeiten nicht im Bewertungsschema berücksichtigt.

7.3 Stördauer

Die Stördauer ist der Zeitabschnitt zwischen dem Eintreten einer Störung bis zur Behebung der Störung mit welcher die Weiche wieder betrieblich genutzt werden kann. Sie kann als Indikator für das Ausmaß einer auftretenden Störung herangezogen werden.

7.4 Verspätungsminuten

Ist eine Weiche gestört, ist man gezwungen diese zu Umfahren. Da die Umfahrung in der Regel meist ein Umweg ist, folgt daraus ein größerer Zeitbedarf, welcher zu einer Verspätung des Zuges führen kann. Des Weiteren sind in den Verspätungsminuten die anfallenden Verspätungen der Züge angeführt, welche durch Belegungen der außerplanmäßigen Trassen verursacht werden [23]. Diese Verspätungsminuten sind dabei der Störung einer einzelnen Weiche zuordenbar.

7.5 Kapazitätsauslastung

Für die Betriebliche Betrachtung wird die Kapazitätsauslastung aus der Betrachtung über die Strecke in 4.2.1 übernommen. Dies ist nur eine Annäherung, da es sich bei der Kapazitätsauslastung um einen prognostizierten Ausnutzungsgrad handelt.

8 Bewertungsschema

Das Bewertungsmodell dieser Arbeit kategorisiert die Weichen anhand ihrer systemkritischen Relevanz in unterschiedliche Blöcke, mit dem Ziel die wichtigsten Weichen festzustellen. Dies erfolgt in zwei großen Schritten. Zuerst wird die Strecke beurteilt auf der sich die Weichen befinden mit dem Hintergrund hochrangige Streckenabschnitte als systemkritischer zu bewerten als weniger wichtige Strecken mit geringem systemkritischen Potential. Im zweiten Schritt werden die Weichen auf diesen Strecken beurteilt. Hierbei wird einerseits technisch auf die Einwirkungen bzw. Randbedingungen eingegangen um im nächsten Abschnitt die Weichen betrieblich auf Konsequenzen der Nicht-Verfügbarkeit zu beurteilen. Die Bewertung der Kritikalität erfolgt im Anschluss durch das Zusammenführen der Streckenbeurteilung und der Weichenbeurteilung. Im letzten Schritt werden die als kritisch identifizierten Weichen anhand ihrer Priorität geordnet.

Alle Grenzen für das Bewerten und Ausschließen der Weichen, wurden seitens des Auftraggebers der ÖBB von Herrn Peter Dornig in Anwesenheit von Herrn Peter Veit diskutiert und bestätigt.

8.1 Bewertung der Strecke

In dem ausgearbeitetem Bewertungsmodell werden die Weichen zunächst über die Strecke bewertet. Hierbei werden die zu betrachtenden Weichen in Region Süd 1 anhand der jeweiligen Streckenabschnitte, auf dem Sie sich befinden, vorkategorisiert.

8.1.1 Belastung der Strecke

Um die jeweiligen Streckenabschnitte der Region Süd 1 hinsichtlich der Einwirkungen zu bewerten, wurden die Belastungstonnen aus dem Jahr 2022 herangezogen.

Die Belastung eines Streckenabschnittes ergibt sich aus den vorhandenen Belastungsdaten der Weichen, welche sich auf dem jeweiligen Streckenabschnitt (DB776-Kennziffer) befinden. Dabei ist die Weiche mit der höchsten Belastung ausschlaggebend für die Einteilung eines Streckenabschnittes.

In Abbildung 16 sind die Streckenabschnitte anhand ihrer Belastung in 5000er Schritten eingeteilt und der Störungshäufigkeit gegenübergestellt. Bei nicht Betrachtung der Daten mit zu geringer Datengrundlage (blass dargestellt), deutet sich ein Anstieg der Störungshäufigkeit mit zunehmender Belastung an. Durch die Ausreißer bei 15-20 k Tonnen pro Tag sowie bei 30-35 k Tonnen pro Tag und das unmittelbare Abfallen der Störungshäufigkeit danach, lässt sich kein eindeutiger Trend erkennen. Dies ist zurückzuführen auf das Vereinheitlichen aller Weichen eines Streckenabschnittes auf eine Belastungskategorie, wodurch einem Großteil der Weichen eine höhere Belastung zugeordnet wird, mit welcher diese Weichen nicht belastet werden. Da die Störungshäufigkeit in den jeweiligen Belastungskategorien auf die Anzahl der vorhandenen Weichen in der Region Süd 1 berechnet wird, steigt die Störungshäufigkeit in den oberen Belastungsklassen an, da die Anzahl der vorhandenen Weichen in den jeweiligen Belastungskategorien gleichbleibt. Dies bildet nicht die Realität ab, weshalb aus der Störungshäufigkeit, bezogen auf die Streckenbelastung, keine qualitativen Aussagen getroffen werden können. Stattdessen wird für die Bewertung der Strecke über die Belastung die Störungshäufigkeitsdaten aus den Weichen herangezogen.

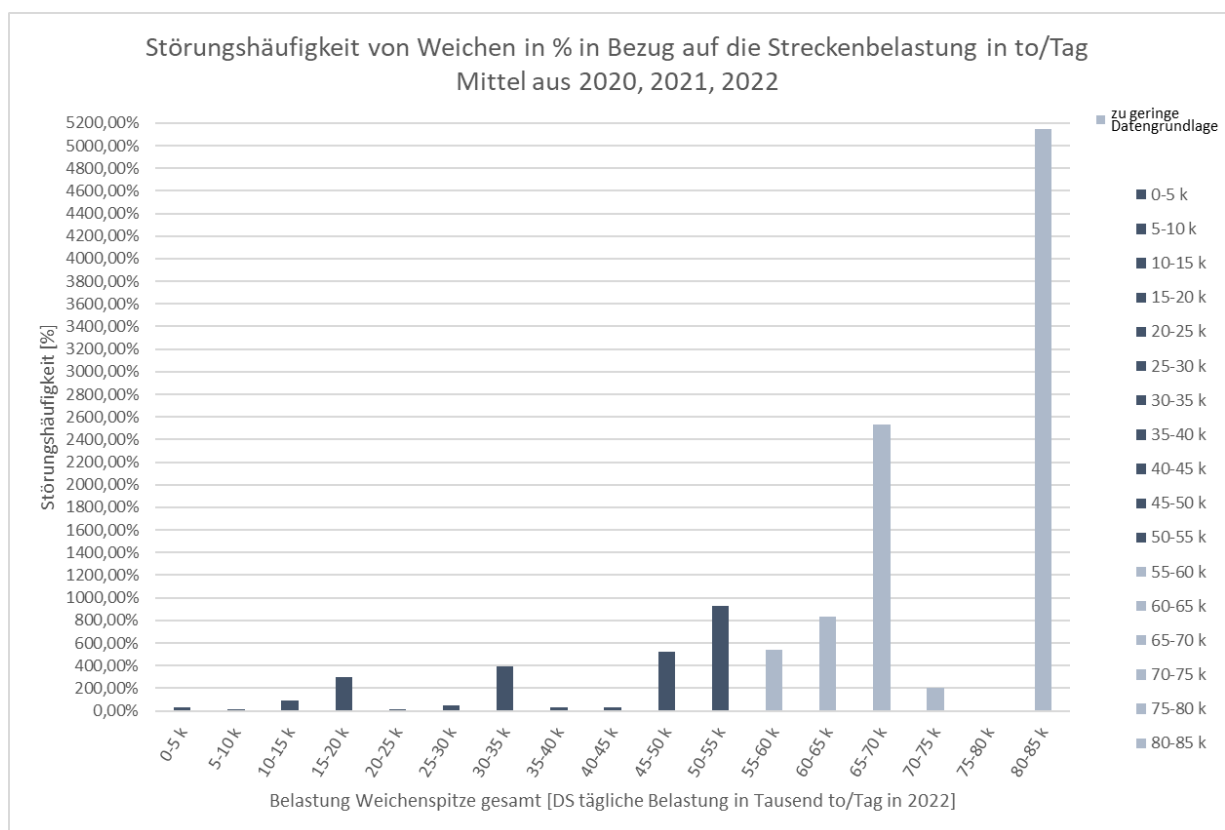


Abbildung 16 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Streckenbelastung in to pro Tag

Für die Abbildung 17 wurden die gleichen Daten wie für Abbildung 16 verwendet mit dem Unterschied, dass nun jeder Weiche ein individueller Belastungswert zugeordnet ist, welcher aus den Daten der Belastung aus dem Jahr 2022, stammen. Auch hier werden die Daten mit einer Belastung von über 55.000 Tonnen pro Tag aufgrund der zu geringen Datengrundlage nicht Berücksichtigt. Aus den Daten zeigt trotz der sinkenden Störungshäufigkeitsausreißer sich ein Trend im Anstieg der Störungshäufigkeit mit zunehmender Belastung der Weichen, bei 15-20 k Tonnen pro Tag sowie bei 30-40 k Tonnen pro Tag. Für das Bewertungsschema werden die Strecken und die darauf befindlichen Weichen in drei Streckenbelastungstypen unterteilt. Die Grenzen sind dabei an die Sprünge der Ausreißer angepasst. Daraus ergeben sich die folgenden Streckenbelastungstypen.

- I Belastung unter 20.000 Tonnen pro Tag
- I Belastung zwischen 20.000 und 40.000 Tonnen pro Tag
- I Belastung ab 40.000 Tonnen pro Tag

Strecken mit einer Belastung unter 20.000 Tonnen pro Tag werden aufgrund ihrer geringen Belastung als nicht kritisch angesehen und somit nicht weiter betrachtet. Die übrigen Strecken werden mit einer Belastung von 20.000 bis 40.000 Tonnen pro Tag als wichtig und ab 40 000 Tonnen pro Tag als sehr wichtig einkategorisiert.

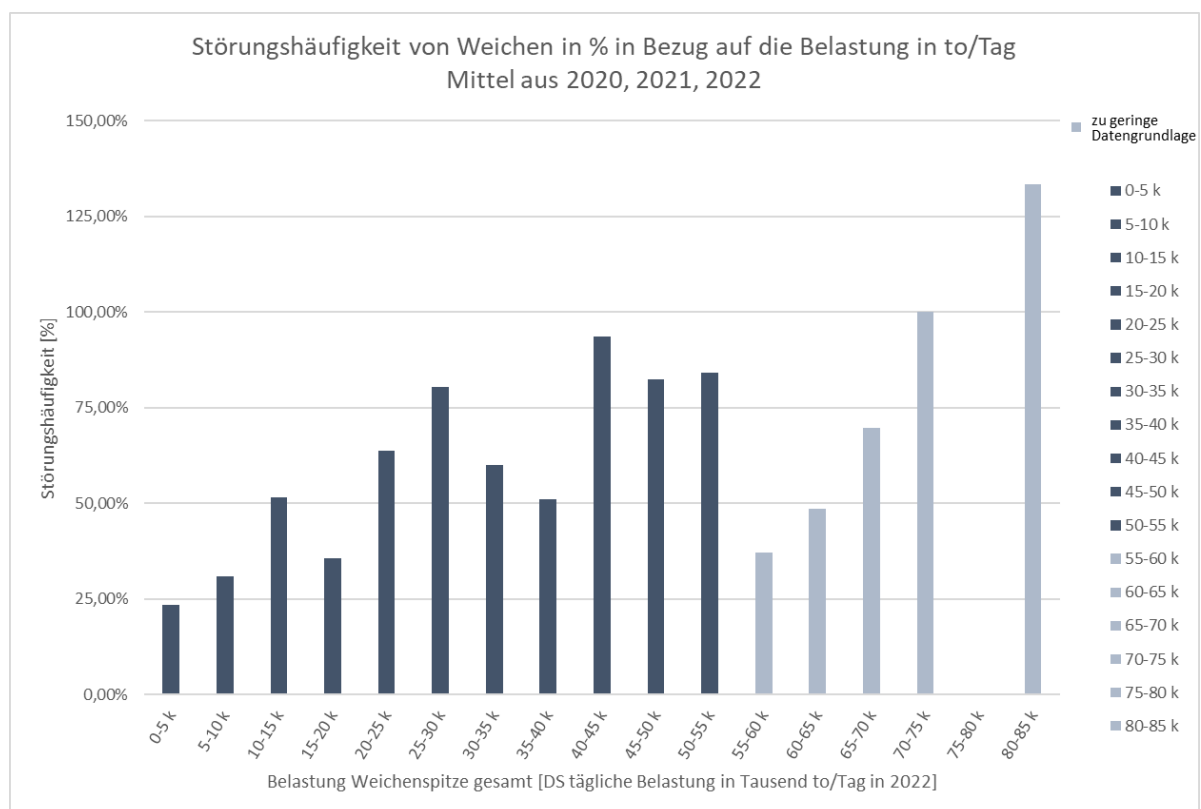


Abbildung 17 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Belastung in to pro Tag

8.1.2 Umfahrbarkeit

Bei Störungen auf der Strecke kann der Streckenabschnitt nicht mehr bzw. nur eingeschränkt verwendet werden. Um den Verkehr am Gleis dennoch gewährleisten zu können, gibt es eine Liste mit Umleitungsstrecken der ÖBB Infrastruktur AG, welche als Alternativ-Route für eine blockierte Strecke gewählt werden können. Diese Liste beinhaltet alle Stammstrecken mit den dazugehörigen Umleitungsstrecken. [5]

Für die Region Süd 1 gibt es, aufgrund der geographischen Randbedingungen in der Steiermark, nur die Strecke Linz-Selzthal, welche umgeleitet werden kann über die Strecke St. Valentin – Kleinreifling – Selzthal. Sowie in entgegengesetzter Richtung der beiden Strecken.

Da dies die einzige Strecke in der Region Süd 1 ist und sich der Großteil der Strecke nicht in der untersuchten Region befindet, wird die Umfahrbarkeit von Strecken nicht als Kriterium im Bewertungsmodell herangezogen.

8.1.3 Kapazitätsauslastung

Die Kapazitätsauslastung wird dem Modell entnommen, welches auf dem Infrastruktur Bestand 2010 und der Verkehrsprognose 2025+ der ÖBB basiert [10]. Die Kapazitätsauslastung der Strecken wurde mit den Störungen zusammengeführt. [11]

Wie in Abbildung 18 erkennbar ist, zeichnet sich kein Trend ab. Mit Zunahme der Kapazitätsauslastung steigt die Störungshäufigkeit nicht an. Daraus lässt sich ableiten, dass eine geringe Kapazitätsauslastung nicht zwingend bedeutet, dass eine Strecke unkritisch ist. Deshalb wird die Kapazitätsauslastung in der Bewertung der Strecke nicht als Ausscheidungskriterium verwendet.

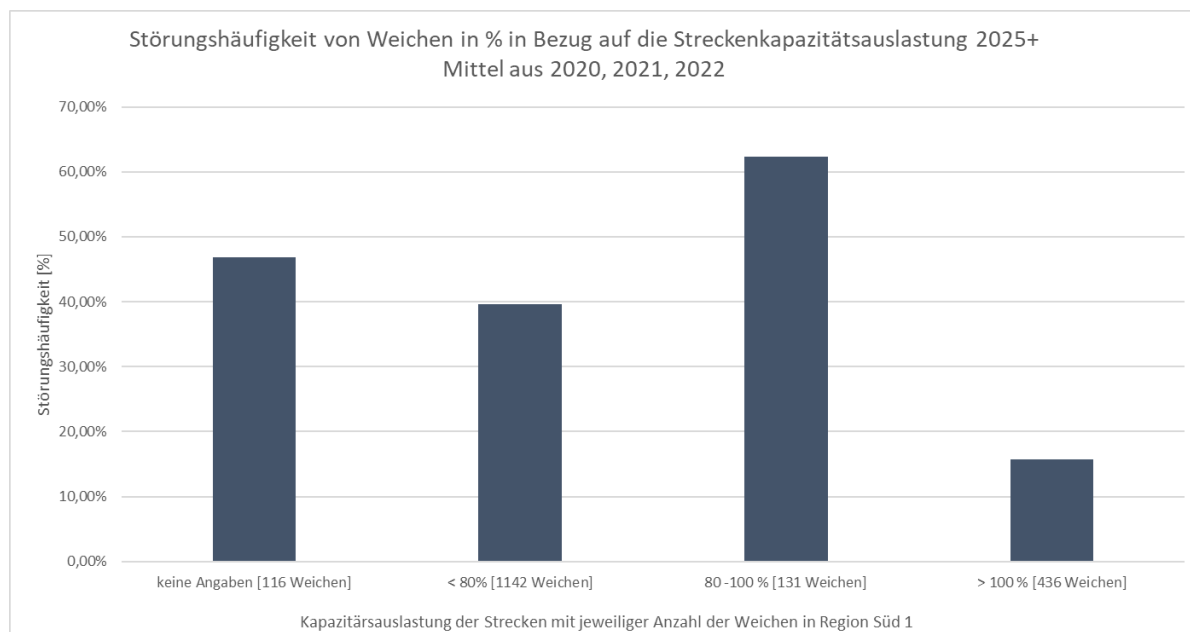


Abbildung 18 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Streckenkapazitätsauslastung 2025+

8.1.4 Streckenrang

Wie bereits in 4.1.5 beschrieben, ist der zugewiesene Streckenrang ein Maß für die Wichtigkeit einer Strecke, und somit ein wichtiges Kriterium der Kategorisierung nach der Kritikalität. Strecken ohne einem zugeordneten Streckenrang können über die Streckenrangkarte der ÖBB zugeordnet werden [43].

Wie in Abbildung 19 zu sehen, befindet sich der Großteil der Weichen im Streckenrang S sowie Streckenrang 1 mit jeweils Störungshäufigkeiten von mehr als 30 %. In der gesamten Region Süd 1 gibt es zum Zeitpunkt der Bearbeitung keine Strecken im Streckenrang S+. Für das Bewertungsschema werden Weichen unter dem Streckenrang 3 verworfen, da die Weichen im Streckenrang 3 und 3G, im Verhältnis zu den anderen Streckenrängen, nur in sehr geringen Anzahlen vorhanden sind, sowie nur mit sehr geringen Störungshäufigkeiten anfallen. Des Weiteren spielen Strecken im Streckenrang 3 und 3G in netzweiter Betrachtung eine untergeordnete Rolle. Darunter fallen Strecken, wie die Radkersburger Bahn von Radkersburg nach Spielfeld sowie die Erzbergbahn von Leoben nach Vordernberg, welche jeweils eine Belastung von unter 20.000 Tonnen pro Tag aufweisen.

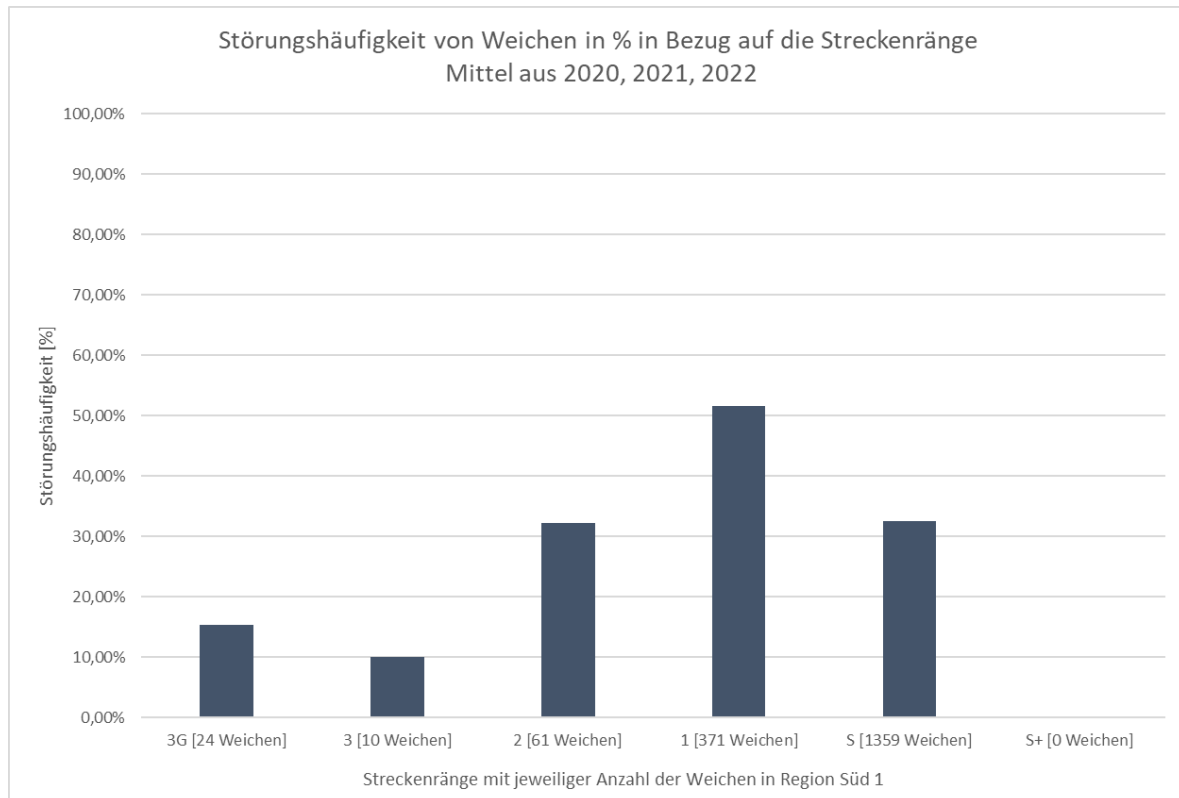


Abbildung 19 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Streckenränge

8.1.5 Gleisrang

Wie in 4.1.6 erläutert, kategorisiert der Gleisrang die Gleise in drei Unterteilungen auf. Im Gleisrang a sind es jene Gleise welche Streckengleise sind und sich im durchgehenden Hauptgleis befinden und somit für das Bewertungsschema mitbetrachtet werden. Sonstige Hauptgleise und Gleisverbindungen zweier Weichen im Gleisrang a und b werden im Gleisrang b eingeteilt und sind ebenfalls für die Bewertung als potenziell kritisch anzusehen. Gleisrang c umfasst alle Nebengleise, welche für die kritische Betrachtung nicht betrachtet werden. Wie in Abbildung 20 zu sehen, werden Weichen im Gleisrang c mit nicht mehr als 20.000 Tonnen pro Tag belastet und werden somit bereits über die Kriterien der Belastung ausgeschieden. Das Ausschließen von Weichen anhand des Gleisranges, wird bereits in der Betrachtung der Strecke vorgenommen, da es mehr einen Strecken- als einen Weichencharakter aufweist.

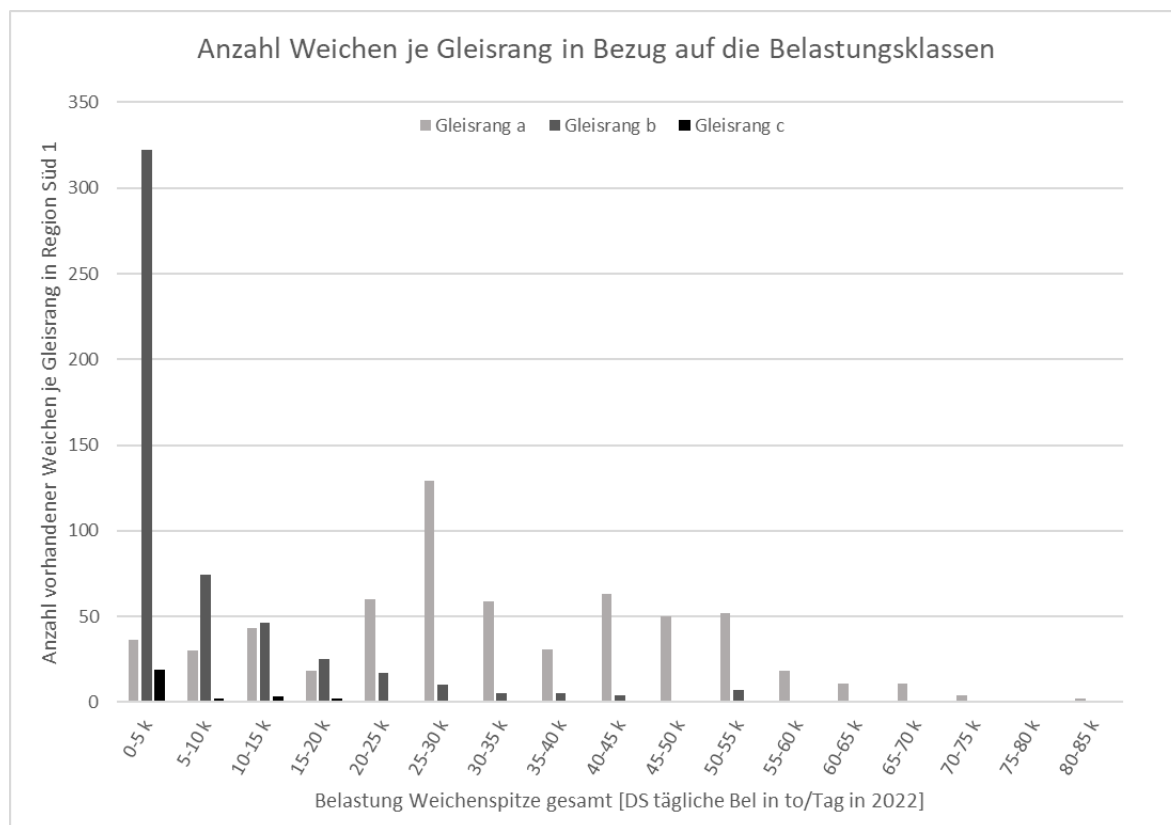


Abbildung 20 Anzahl Weichen je Gleisrang in Bezug auf die Belastungsklassen

8.1.6 Streckentypen

Die Bewertung der Strecke wird abgeschlossen durch die Vergabe der Streckentypen an die zu untersuchenden Streckenabschnitte. Die Streckentypen I bis III (mit I als sehr wichtig bis III als wichtig) werden dabei über den Streckenrang, sowie über die durchschnittliche tägliche Belastung der Strecke in Tonnen pro Tag, wie in Tabelle 4 beschrieben, vergeben. Dabei werden Weichen, welche sich im Gleisrang c befinden, nicht mitbetrachtet. Werden Weichen eines Streckenabschnittes in eine der drei Streckentypen kategorisiert, können Sie im weiteren Verlauf des Bewertungsschemas nicht in einen höheren oder niedrigeren Streckentyp umverteilt werden.

Streckentypen		Belastung der Strecke [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]		
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000
Streckenrang	S+	I	I	-
	S	I	II	-
	1	II	III	-
	2	III	-	-
	3	-	-	-
	3G	-	-	-

Tabelle 4 Einteilung der Strecke in die Streckentypen

8.2 Bewertung der Weiche

Nach der Beurteilung der Strecke werden die Weichen im Detail betrachtet. Dies erfolgt zunächst in technischer und im zweiten Schritt in betrieblicher Hinsicht.

8.2.1 Technische Betrachtung

8.2.1.1 Einwirkungen

Für die Einwirkungen der Weichen werden die Belastungen infolge Tonnage verwendet, wie bereits in der Beurteilung der Strecke (8.1.1). Hinzu kommt, dass für die einzelnen Weichen die Anzahl der Umstellungen pro Jahr betrachtet werden, welche ebenso als Einwirkung der Weichen in die Bewertung miteinbezogen werden.

Da die Beurteilung der Belastung in Tonnen pro Tag der Weichen, dieselbe Datengrundlage aufweist, wie die Beurteilung der Belastung der Strecke in 8.1.1, folgt daraus das gleiche Ergebnis für die Einteilung der Einwirkungstypen infolge Tonnage.

In Abbildung 17 ist die Störungshäufigkeit von allen vorhandenen Weichen in der Region Süd 1 über die durchschnittlich tägliche Belastung an der Weichenspitze aufgetragen. Für eine übersichtliche Darstellung wurde die Belastung in 5000er Schritten kategorisiert. Werte in den Belastungskategorien über 55 000 Tonnen pro Tag weisen eine zu geringe Datengrundlage auf, wodurch sie für die Bewertung nicht herangezogen werden und blass dargestellt sind. Generell lässt sich sagen, dass mit zunehmender Belastungskategorie die Störungshäufigkeit in den Weichen steigt. Für das Bewertungsschema werden die Weichen in drei Weichenbelastungstypen unterteilt. Die Grenzen sind dabei an die Sprünge der Ausreißer angepasst. Daraus ergeben sich die folgenden Weichenbelastungstypen.

- I Belastung unter 20.000 Tonnen pro Tag
- I Belastung zwischen 20.000 und 40.000 Tonnen pro Tag
- I Belastung ab 40 000 Tonnen pro Tag

Weichen mit einer Belastung unter 20.000 Tonnen pro Tag werden aufgrund ihrer geringen Belastung als nicht kritisch angesehen und somit nicht weiter betrachtet. Die übrigen Weichen werden mit einer Belastung von 20.000 bis 40.000 Tonnen pro Tag als wichtig und ab 40.000 Tonnen pro Tag als sehr wichtig einkategorisiert.

In Abbildung 21 ist die Störungshäufigkeit aller vorhandenen Weichen in der Region Süd 1 über die durchschnittlichen Umstellungen pro Jahr aus 2022 aufgetragen. Für eine übersichtliche Darstellung wurden die Umstellungen in 5000er Schritte kategorisiert. Die Umstellungskategorien über 25.000 Umstellungen pro Jahr weisen eine zu geringe Datengrundlage auf, wodurch sie für die Bewertung nicht herangezogen werden und bloss dargestellt sind. Des Weiteren sind in den Daten annähernd die Hälfte der Weichen in der Region Süd 1 nicht mit Umstellungsvorgängen hinterlegt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Umstellungen nur für die Streckenränge S und 1 bekannt sind und ebenfalls nicht vollständig sind. Da es sich in dem Bewertungsschema um die Feststellung der kritischen Weichen handelt und über die Belastung und den Streckenrang bereits weniger kritische Kategorien ausgeschlossen werden, sind die Daten aus den Umstellungen als relevant zu betrachten und weiter zu verwenden. Wie sich in der Darstellung zeigt, ist kein eindeutiger Trend in der Störungshäufigkeit mit Anstieg der Umstellungen zu sehen. Dies ist vermutlich auf die angepassten Instandhaltungsarbeiten und Wartungen infolge der Inspektionen zurückzuführen, welche einen möglichen Anstieg der Störungshäufigkeit bei mehr Umstellungen ausgleichen. Da keine eindeutige Aussage getroffen werden kann, werden über die Umstellungen keine Weichen ausgeschlossen. Dennoch werden die Weichen bei dem Sprung zwischen 15-20k Umstellungen pro Tag auf 20-25k Umstellungen pro Tag in eine Obere und eine Untere Kategorie eingeteilt, da davon ausgegangen werden kann, dass Weichen mit höheren Umstellungen stärker einem betrieblichen Zweck dienen und somit relevanter sind als Weichen mit geringeren Umstellungen.

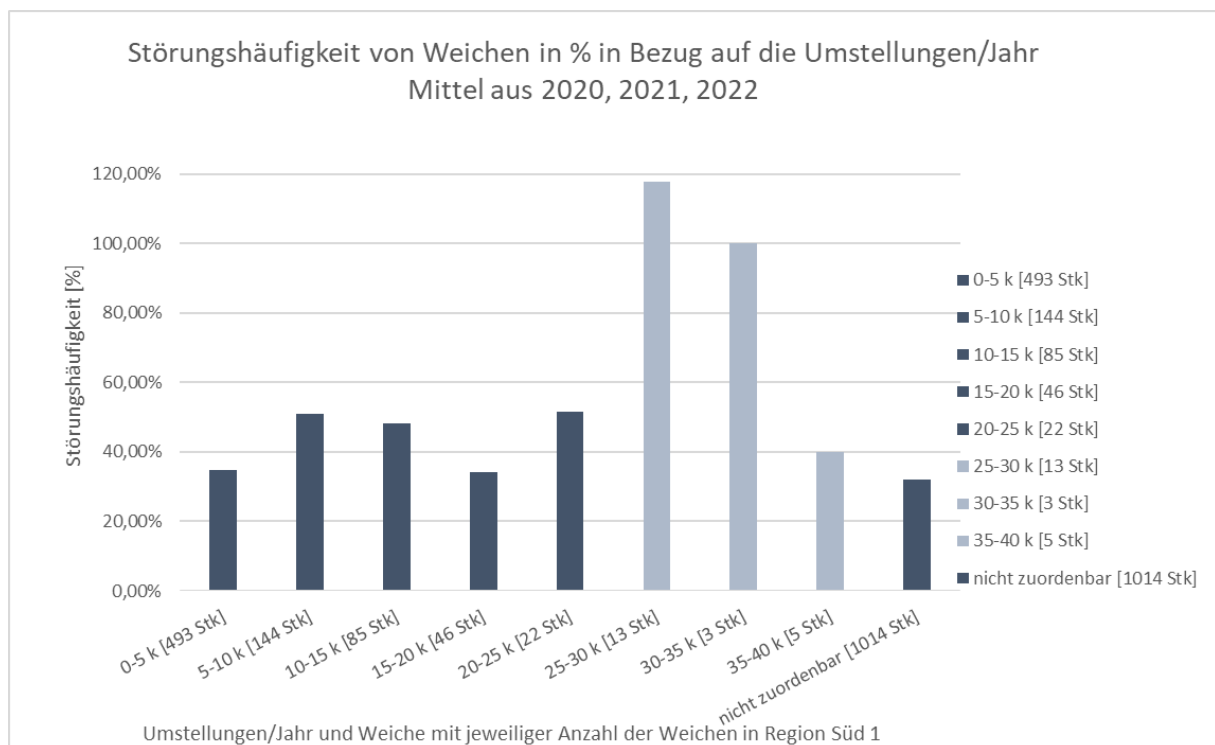


Abbildung 21 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Umstellungen pro Jahr

8.2.1.2 Einwirkungstypen

Für die Einwirkungstypen von Weichen, werden die Belastungen in Tonnen pro Tag und den Umstellungen pro Jahr wie in Tabelle 5 zusammengeführt. Hierfür werden die Einwirkungstypen von 1 (stärkste Einwirkung) bis 3 (geringste Einwirkung) vergeben. Weichen die nicht in eine der drei Einwirkungstypen eingeteilt werden, sind für die Kritikalitätsbetrachtung nicht relevant und werden nicht weiter betrachtet.

Einwirkungstypen - Weichen		Belastung der Weiche [DS tägl. Bel in to/Tag]		
		$\geq 40\,000$	20 000 - 40 000	$< 20\,000$
Umstellungen	$\geq 20\,000$	1	2	-
	$< 20\,000$	2	3	-

Tabelle 5 Einteilung der Weichen in die Einwirkungstypen

8.2.2 Abzweigradius

Als weiterer technischer Betrachtungspunkt für das Bewertungsschema werden Weichen hinsichtlich des Abzweigradius untersucht.

In Abbildung 22 wurden die Störungshäufigkeiten den Abzweigradien der Weichen in der Region Süd 1 gegenübergestellt. Weichenradien, welche mit einer zu geringen Anzahl in der Region Süd 1 vertreten sind, werden für die Bewertung nicht herangezogen und sind blass dargestellt. Wie in der Darstellung zu sehen, geht mit der Zunahme des Abzweigradien eine Steigerung der Störungshäufigkeit einher. Dies ist auf die Ausstattung der Weichen zurückzuführen. Mit zunehmendem Radius steigt die Anzahl der LS-Komponenten [8]. Dies ist deshalb ein Problem, weil der größte Anteil der Störungen LS-Störungen darstellen. Für das Festlegen von Grenzen im Bewertungsschema in Abhängigkeit des Abzweigradius wurden die Weichen mit Radius ab 190 Meter weiter untersucht.

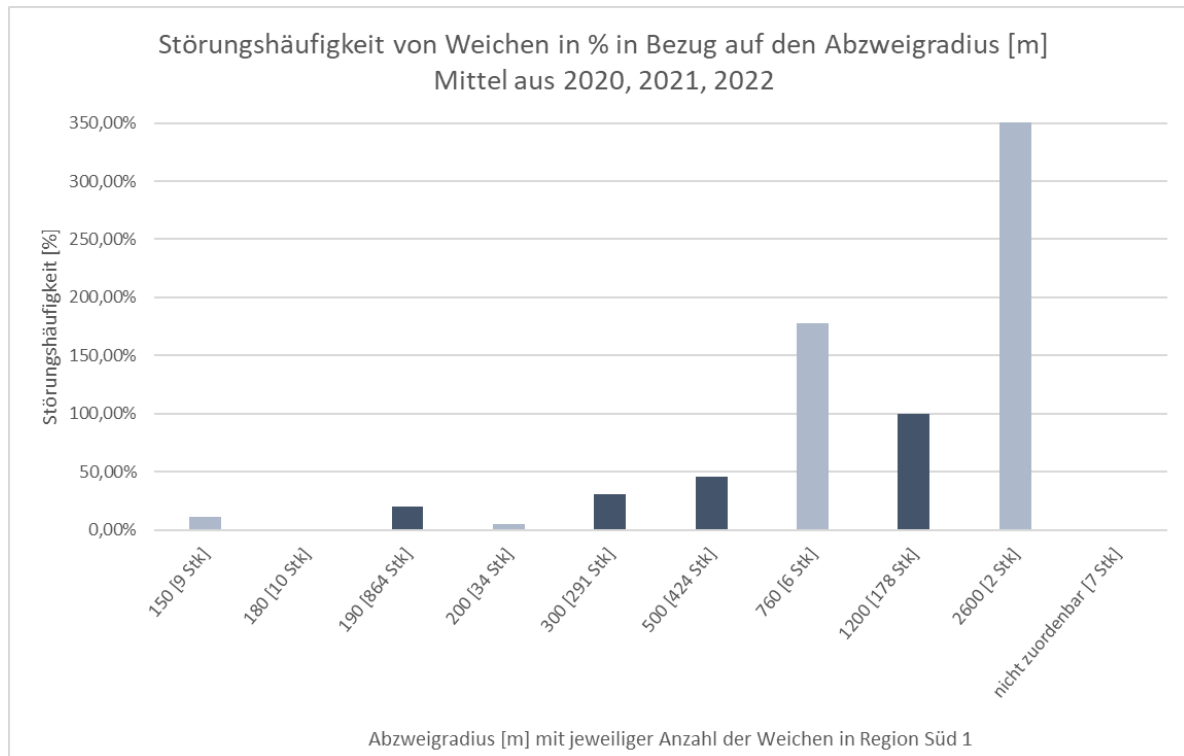


Abbildung 22 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf den Abzweigradius in Meter

Für ein mögliches ausschließen von Weichen mit einem Radius von 190 Metern im Bewertungsschema wurde die Anzahl der vorhanden Weichen in den beiden Streckenrängen S und 1 näher betrachtet. Dabei sind 63 Weichen mit Radius 190 Metern im Gleisrang a vorhanden. Durch Entfernen von Weichen, welche zu Anschlussbahnen führen, bleiben 51 Weichen in den Streckenrängen S und 1 und dem Gleisrang a in der Region Süd 1 über, welche potenziell als kritisch sein können. Die vorhanden Weichen sind in ihrer Anzahl nicht zu verwerfen, wodurch für das Bewertungsschema Weichen mit einem Radius von 190 Metern und größer weiter betrachtet und Weichen mit einem Radius kleiner 190 Meter nicht weiter betrachtet.

8.2.3 Betriebliche Betrachtung

Die Betriebliche Betrachtung besteht aus der Bewertung der Lage und aus den Konsequenzen der nicht Verfügbarkeit. Bei der Bewertung der Lage handelt es sich um eine Umfahrungsanalyse der einzelnen Weichen. Da dies individuell für jede Betriebsstelle durchgeführt werden muss, wird die Bewertung der Lage in der Priorisierung behandelt.

8.2.3.1 Konsequenzen aus nicht Verfügbarkeit

Neben der Bewertung der Lage als betriebliche Betrachtung wird die Konsequenz aus einer nicht Verfügbarkeit einer gestörten Weiche näher betrachtet. Als Ansatz wird hierfür die Verspätungen herangezogen, welche bei der Störung einer Weiche entstehen.

Für eine Vergleichbarkeit von Weichen hinsichtlich der Konsequenzen wird ein Verspätungsfaktor eingeführt. Dieser wird für jede Weiche einzeln berechnet und setzt sich aus den produzierten Verspätungsminuten einer Weiche je Stördauerminuten der Weiche zusammen. Die hierfür benötigten Daten sind in den Grundtabellen der jeweiligen Jahre mit den darin befindlichen Störungen entnommen. Somit ist es möglich, über diesen Wert Weichen, die eine kurze Störungszeit aufweisen und zugleich eine große Verspätung produzieren, stärker zu priorisieren, gegenüber Weichen, welche eine lange Störungszeit aufweisen, bei geringen produzierten Verspätungsminuten.

Die Störungseinträge aus den Jahren 2020, 2021 und 2022 sind in der Tabelle 6 aufgezeigt. Dabei sind die Einträge für die gesamte Region Süd 1, sowie dessen drei Unterregionen Graz, Leoben und dem Selzthal, aufgelistet. Bei Betrachtung der gesamten Region ist zu sehen, dass bei etwas über einem Drittel der vorhandenen Weichen eine Weichenstörung vorliegt. Für alle Weichen mit einer Weichenstörung sind die daraus entstandenen Verspätungsminuten vorhanden. Dabei ist zu sehen, dass ca. 17 % der Störungen Verspätungsminuten produzieren. Diese Anzahl an Weichenstörungen sind keine ausreichende flächendeckende Datengrundlage, wodurch die Verspätungsminuten in dem Bewertungsschema nicht verwendet werden und der Ansatz des Verspätungsfaktors verworfen wird.

Region	Weichen Anzahl [Stk]	Weichenstörungen /Jahr [Stk] (Mittel aus 2020,2021 und 2022)	Einträge mit Verspätungsminuten [Stk]
Graz	698	175	39
Leoben	812	247	33
Selzthal	315	178	29
Region Süd 1 Gesamt	1825	600	101

Tabelle 6 Störungsminuten Einträge je nach Regionsabschnitt in Region Süd 1

Als Alternative für den Verspätungsfaktor wird auf die Kapazitätsauslastung zurückgegriffen, welches in der Bewertung der Strecke nicht als Kriterium angewendet wurde. Gleich wie beim Ansatz mit dem Verspätungsfaktor werden als Maßstab der Bewertung für die Konsequenzen aus einer Nichtverfügbarkeit, die produzierten Verspätungsminuten, tragend. Als Infrastrukturbetreiber ist es möglich, Kapazitätsengpässe durch eine Optimierung der Betriebsführung oder über Investitionen in den Infrastrukturausbau, zu steuern [17]. Da eine Optimierung der Betriebsführung auf ein funktionierendes Infrastrukturnetz setzt, sind Weichen auf stärker ausgelasteten Strecken kritischer zu betrachten als Weichen in Abschnitten mit einer geringen Kapazitätsauslastung. Da eine hohe Kapazitätsauslastung geringe Zugfolgezeiten mit sich bringt und somit geringere Reserven, haben Störungen auf diesen Strecken ein größeres Potential häufiger Verspätungsminuten zu produzieren.

In Abbildung 23 ist die Kapazitätsauslastung des österreichischen Schienennetzes dargestellt. Dabei stellen rote Strecken eine Kapazitätsauslastung von über 100 %, gelbe Strecken eine Auslastung von >80 % bis <100 %, grüne Strecken eine Auslastung von weniger als 80 % dar. Für graue Strecken liegen keine Kapazitätsauswertungen vor. Strecken ohne Kapazitätsauswertung sind zum Teil Anschlussbahnen, Privatbahnen, nicht im Besitz der ÖBB oder besitzen ein zu geringes Verkehrsaufkommen für eine Berechnung der Kapazitätsauslastung [18][19][20]. Somit werden Weichen auf Strecken ohne Kapazitätsauswertung aufgrund des geringen Potentials Verspätungsminuten zu generieren, nicht weiter betrachtet.

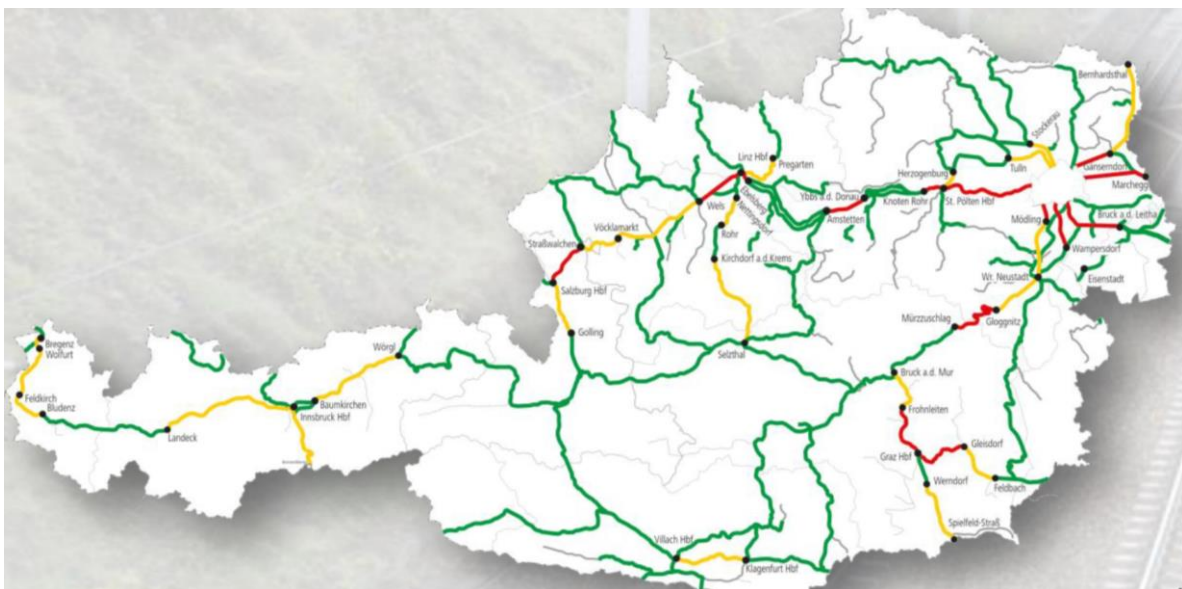


Abbildung 23 Überblick Kapazitätsauslastung mit Infrastrukturbestand 2010 und Verkehrsprognose 2025+ [17]

8.3 Zusammenführen des Bewertungsschemas

Nach der Einteilung der Weichen in die 3 Streckentypen und der Einteilung in die 3 Einwirkungstypen werden diese zusammengeführt. Dabei werden Weichen, die aufgrund der Ausschlusskriterien des Bewertungsschemas als nicht kritisch eingestuft werden, nicht berücksichtigt.

Wie in Abbildung 24 zu sehen, dienen die drei Streckentypen als übergeordnete Einteilung bei der Streckentyp I die höchste Priorität besitzt und Streckentyp III die geringste Priorität. Innerhalb jeden Streckentyps werden die Einwirkungstypen der Weichenbetrachtung für eine Unterkategorisierung angewendet, mit Einwirkungstyp 1 mit der höchsten Priorität und Einwirkungstyp 3 mit der geringsten Priorität.

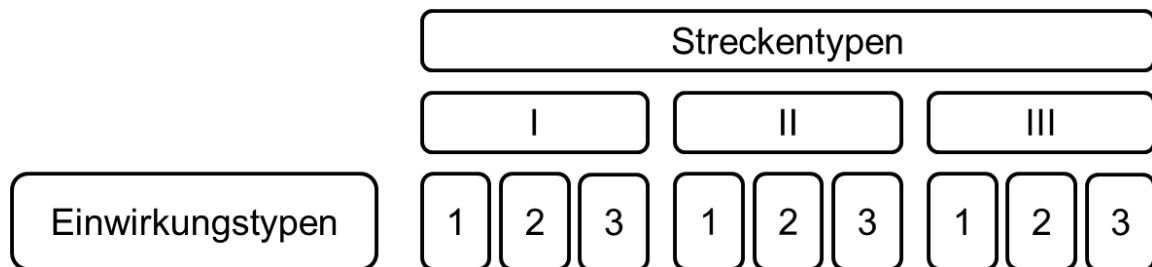


Abbildung 24 Bewertungsschema mit Strecken- und Einwirkungstypen

8.4 Priorisierung innerhalb der Einteilungsklassen

Über das Bewertungsschema werden nicht kritische Weichen ausgeschlossen und die übrigen mittels Streckentypen vorkategorisiert, um danach in Einwirkungstypen unterkategorisiert zu werden. Die meisten Weichen befinden sich im Streckenrang I, daher werden diese weiter unterteilt. Dies erfolgt mittels Weichenbauart, Verschlusstyp, Störungskategorie und Umfahrbarkeit.

8.4.1 Weichenbauart

In der Priorisierung wird zunächst bei der Weichenbauart betrachtet, ob sich die Weichengeometrie auf das Störungsaufkommen auswirkt. Im Detail wurden dafür EW, ABW und IBW näher betrachtet.

In Abbildung 25 ist die Belastung in 5000er Schritten unterteilt, in der mit einem Farbcode die Weichengeometrie dargestellt ist. Werte mit einer zu geringen Datengrundlage sind blass dargestellt und werden für eine qualitative Bewertung nicht mitberücksichtigt. Dabei ist zu sehen, dass sich die EW sowie die ABW ähnlich verhalten. Die Störungshäufigkeit steigt dabei bei beiden Weichengeometrien mit zunehmender Belastung, trotz einzelner Ausreißer bei ABW an. Die Ausreißer sind vermutlich darauf zurückzuführen, dass ABW etwa ein Viertel der Datengrundlage von EW besitzen. Bei Betrachtung der Störungshäufigkeit von IBW fällt auf, dass diese nicht dem Trend der anderen beiden Weichengeometrien folgen. IBW weisen stärkere Sprünge im unteren- als auch im oberen Belastungsbereich auf, welche eine vergleichbare Datengrundlagenmenge wie ABW besitzen. Für eine nähere Betrachtung wird der Anteil der Weichen in den Belastungsklassen der Weichengeometrien herangezogen.

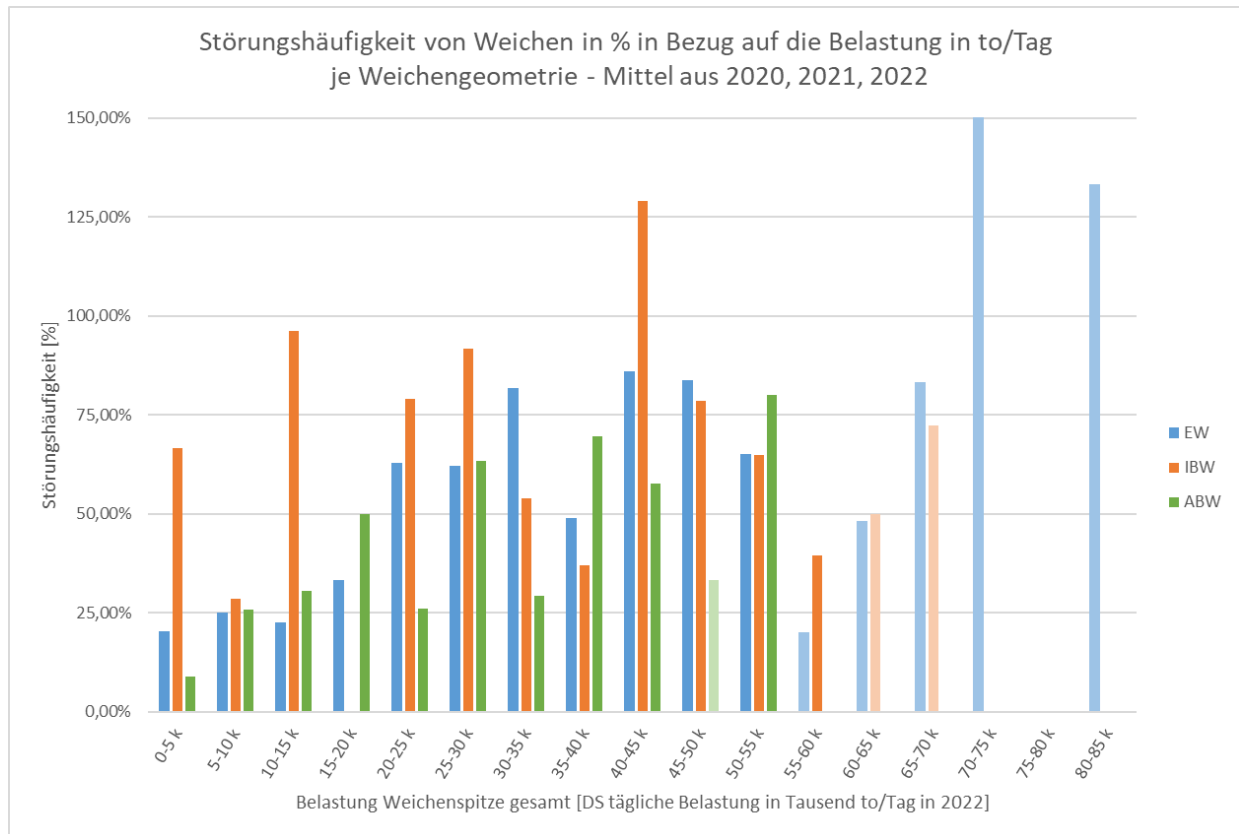


Abbildung 25 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Belastung in to pro Tag je Weichengeometrie

In der Abbildung 26 und Abbildung 27 sind die vorhandenen Weichen mit der Weichengeometrie je Belastung dargestellt. Somit ist die Verteilung über die Belastung klar ersichtlich. Dabei sind EW und ABW gesondert dargestellt, da diese beiden nahezu ident über die Belastung verteilt sind, was sich in der Störungshäufigkeit über die Belastung von EW und ABW in Abbildung 25 widerspiegelt. Bei der Verteilung der IBW ist zu sehen, dass diese im Vergleich zu den anderen beiden Geometrietypen höher belastet sind. 73 % der EW und 71 % der ABW liegen in dem Belastungsbereich 0 bis 30.000 Tonnen pro Tag. Bei IBW befinden sich 77 % der Weichen im Belastungsbereich von 25.000 bis 85.000 Tonnen pro Tag. Eine Priorisierung bzw. eine unterschiedliche Gewichtung nach der Weichengeometrie ist nicht möglich, weil nur die Belastung von EW und ABW ähnlich verteilt sind und somit keine idente Grundlage für die Betrachtung von IBW vorliegt.

Unter Berücksichtigung des in Kapitel 8.1.1 beschriebenen Zusammenhangs, dass die Störungshäufigkeit mit zunehmender Belastung ansteigt, erfordert die spezifische Belastungsverteilung der IBW eine gesonderte Betrachtung. Daher werden IBW in der Priorisierung mit einem Stern (IBW*) gekennzeichnet. Dies bedeutet nicht, dass IBW kritischer zu betrachten sind, sondern, dass diese tendenziell stärker belastet sind.

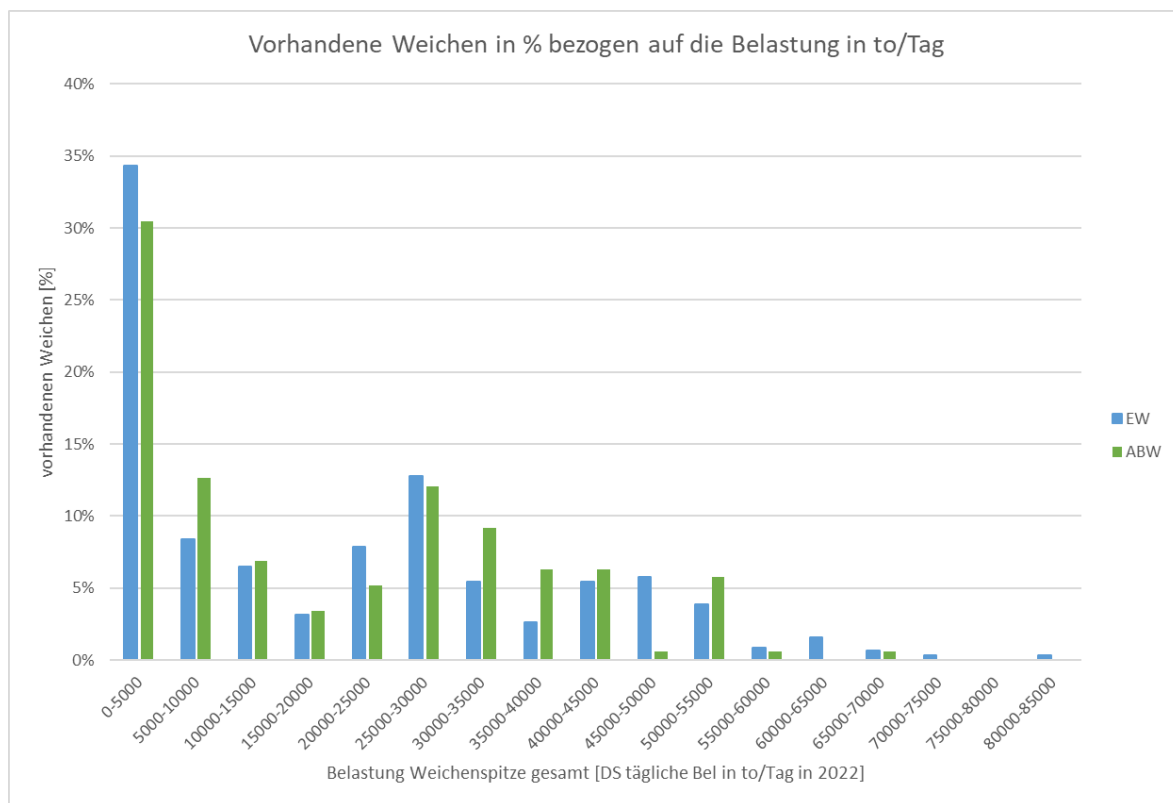


Abbildung 26 Anteil der vorhandenen Weichen in Prozent je Belastung von EW und ABW

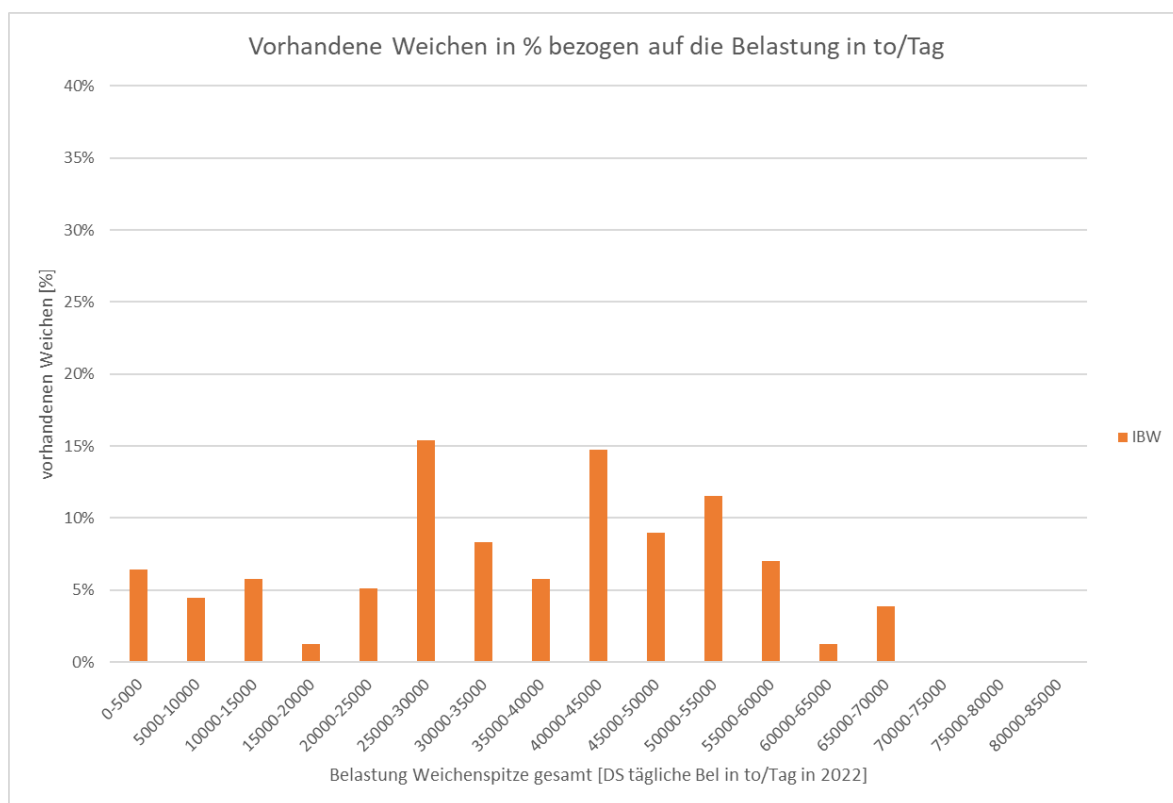


Abbildung 27 Anteil der vorhandenen Weichen in Prozent je Belastung von IBW

8.4.2 Verschlusstyp

Um die als kritisch festgestellten Weichen weiter zu unterteilen, wurden die Komponenten, die für die Umstellung der Weichen notwendig sind, näher betrachtet. Dabei wurde versucht, die Weichen anhand hydraulischer oder mechanischer Umstellungen zu kategorisieren und deren möglichen Zusammenhang mit dem Auftreten von Störungen in Verbindung zu bringen. Für die Umstellung einer Weiche wird die aufgebrachte Kraft des Antriebes über ein Umstellsystem zu den jeweiligen Verschlussebenen übertragen. Dabei gibt es Verschlüsse, welche mechanische und hydraulische Elemente verbaut haben. Bei den Umstellsystemen gibt es eine klare Trennung zwischen hydraulischen und mechanischen Typen, bei denen 25 % der Weichen ein Umstellsystem zugeordnet haben bzw. Weichen mit einem Abzweigradius von 190 Metern nur einen Spitzenverschluss besitzen (47 % Anteil) und kein Umstellsystem besitzen. Aus den Daten geht hervor, dass 28 % der Weichen keinem Umstellsystem zugeordnet sind.

Der Anteil an nicht zugeordneten Umstellsystemen wird als zu groß eingestuft. Ebenso ist die Einteilung der Verschlüsse und Umstellsysteme in hydraulisch oder mechanisch aufgrund der großen Varietät der Verschlüsse nicht eindeutig. Somit erfolgt keine Einteilung der Verschlüsse und Umstellsysteme in hydraulisch und mechanisch.

Stattdessen wird in der Priorisierung nur der Verschlusstyp für die Einteilung herangezogen. Diese sind für annähernd alle Weichen gegeben. In Abbildung 28 sind die Verschlusstypen, zusammen mit der Anzahl der verbauten Typen und der Störungshäufigkeit des jeweiligen Verschlusses dargestellt. Verschlusstypen mit einer zu geringen Datengrundlage sind blass dargestellt und sind in der Betrachtung nicht berücksichtigt. Die Verschlusstypen werden dabei anhand ihrer Störungshäufigkeit in zwei Verschlusskategorien eingeteilt. Verschlusskategorie A sind Verschlüsse mit einer Störungshäufigkeit von $\geq 40\%$ und Verschlusskategorie B haben eine Störungshäufigkeit von $< 40\%$. Verschlüsse die aufgrund zu geringer Datenmenge keine aussagekräftigen Störungshäufigkeiten produzieren werden in die Verschlusskategorie A eingeordnet.

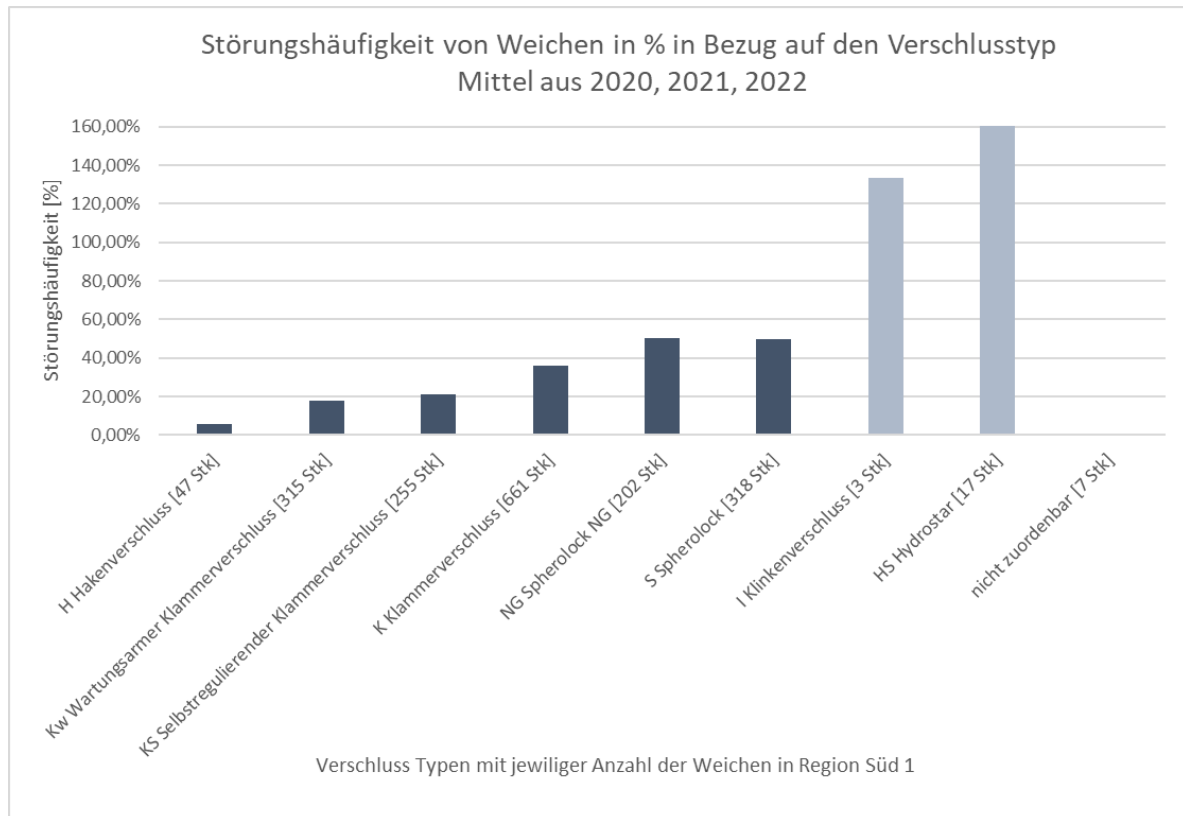


Abbildung 28 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf den Verschlusstyp

8.4.3 Störungskategorie

In den Störungsberichten der Störungsdaten ist auszulesen, dass Kat 1 Störungen größtenteils keine Endlage haben und Kat 2 Störungen meist Schwergang oder blockierte Antriebe aufweisen. Ebenso ist aus den Störungsdaten auszulesen, dass es im Mittel doppelt so viele Kat 1 wie Kat 2 Störungen gibt, wobei ca. 40 % der Kat 2 Störung eine Störungszeit von 0 Minuten aufweisen. Kat 2 Störungen treten beispielsweise bei einer Überschreitung der Umstellzeit auf. Kat 1 Störungen weisen immer eine Störungszeit größer Null auf. Der hohe Anteil an Kat 2 Störungen mit einer Störungszeit von 0 Min zeigt mit Berücksichtigung der Unterschiede im Aufwand zur Wiederherstellung des Ausgangszustandes, dass Kat 1 Störungen kritischer zu betrachten sind als Kat 2 Störungen.

Mit diesem Ansatz werden die noch übrigen Weichen im Bewertungsschema weiter unterteilt. Dabei wird jede Weiche einzeln betrachtet und verglichen, ob diese aus den Störungshistorie-Daten mehr Kat 1 oder Kat 2 Störungen aufweist. Sollte eine Weiche im Betrachtungszeitraum keine Störung aufweisen, wird für dieser Weiche die weniger kritische Kategorie 2 zugeordnet. Somit ist es möglich die Weichen innerhalb der drei Einwirkungstypen detaillierter zu unterscheiden.

8.4.4 Bewertung der Lage - Umfahrbarkeit

Die Bewertung der Lage erfolgt über die Umfahrbarkeit von Weichen. Im Gegensatz zur Umfahrbarkeit von Strecken, bei dem gesamte Streckenabschnitte umfahren werden, richtet sich dieses Kriterium auf die individuelle Betrachtung einzelner Weichen und deren Umfahrbarkeit in der jeweiligen Betriebsstelle. Die Bewertung der Umfahrbarkeit ist Teil der betrieblichen Betrachtung, jedoch durch die individuelle Herangehensweise über die Betriebsstellen, wird es in der Priorisierung angewendet.

Für die Umfahrbarkeit von Weichen werden die Lageskizzen der ÖBB Infrastruktur AG herangezogen. Dabei sind folgende Punkte für jede Betrachtung relevant.

- I Betriebsrichtung in der Betriebsstelle
- I Lage der Bahnsteige
- I Hierarchische Einteilung der Gleise in der Betriebsstelle

In jeder zu untersuchenden Betriebsstelle gibt es ein durchgehendes Hauptgleis, auf welcher eine Betriebsrichtung vorliegt. Die Feststellung der Fahrtrichtung in den Hauptgleisen ist notwendig um die Weichen hinsichtlich der Umfahrbarkeit korrekt bewerten zu können. Für die Bewertung der Umfahrbarkeit muss die Betriebsstelle am planmäßigen Gleis eingefahren werden, die Betriebsstelle durchfahren können und in Betriebsrichtung die Betriebsstelle am planmäßigen Hauptgleis verlassen können. Die Betriebsrichtung ist in den Lageskizzen, in den Notfahrprogrammen gekennzeichnet. Ergänzend können Fahrplanbilder herangezogen werden, in der zwei oder mehrere Strecken sich in der gleichen Betriebsstelle treffen, um die Abhängigkeiten zwischen Strecken zu erkennen [12].

In Betriebsstellen, in welchen ein planmäßiger Halt erfolgen kann, ist die Lage der Bahnsteige gekennzeichnet. Bedingung für die Umfahrbarkeit einer Weiche ist, dass in einer Betriebsstelle mit einem Halt, der planmäßige Bahnsteig, oder ein alternativer Bahnsteig angefahren werden kann, um einen reibungslosen Betriebsablauf gewährleisten zu können.

Je größer eine Betriebsstelle ist, desto mehr Gleise und Weichen befinden sich darin. Dies ermöglicht es, Weichen mit mehreren alternativen Routen zu umfahren. Da gewisse Gleise wichtiger für den betrieblichen Ablauf sind als andere, und somit priorisiert gehören, werden hierfür die Winterdienststufen für eine Einteilung herangezogen. Dies ermöglicht es Umfahrungen von Weichen auf niedrig priorisierten Gleisen auszuschließen.

Für die Umfahrbarkeit wird jede Weiche einzeln betrachtet und angenommen, dass nur diese Weiche eine Störung aufweist, wodurch ein Befahren der zu untersuchenden Weiche nicht möglich ist.

Betrachtung mithilfe der Gleispläne

- I die Betriebsstelle kann nicht durchfahren werden, kein Bahnsteig kann angefahren werden (Halt entfällt) → nicht umfahrbar, kritisch
- I die Betriebsstelle kann durch Winterstufe D und/oder E durchfahren werden, kein Bahnsteig kann angefahren werden (Halt entfällt) → umfahrbar, kritisch
- I Umfahrung innerhalb Winterdienststufe E inklusive Weichen von Gleisverbindungen zweier durchgehenden Hauptgleise (Weichen im Gleisrang a), gleicher oder alternativer Bahnsteig kann angefahren werden → umfahrbar, nicht kritisch

Weichen, welche anhand der Gleispläne als nicht kritisch über das Bewertungsschema eingestuft sind, werden nicht weiter betrachtet. Für die weitere Bewertung sind nur die Weichen aus der Bewertung der Lage zu verwenden, welche als kritisch eingestuft sind.

8.4.5 Priorisierung des Bewertungsschemas

Die Priorisierung wird für die drei Streckentypen aus dem Bewertungsschema angewendet, und erfolgt wie in Tabelle 7 dargestellt.

Priorisierung innerhalb der Streckenränge		Weichenstörungen		
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Verschlusskat B	Kat 2 Störung
Einwirkungstypen	1	Priorität 1.1	Priorität 1.2	Priorität 1.3
	2	Priorität 2.1	Priorität 2.2	Priorität 2.3
	3	Priorität 3.1	Priorität 3.2	Priorität 3.3

Tabelle 7 Priorisierung des Bewertungsschemas

8.5 Übersicht Bewertungsschema

In der Abbildung 29 ist ein Überblick des Bewertungsschemas dargestellt, mit allen relevanten Arbeitsschritten, welche im Kapitel 8 des Bewertungsschemas im Detail beschrieben sind.

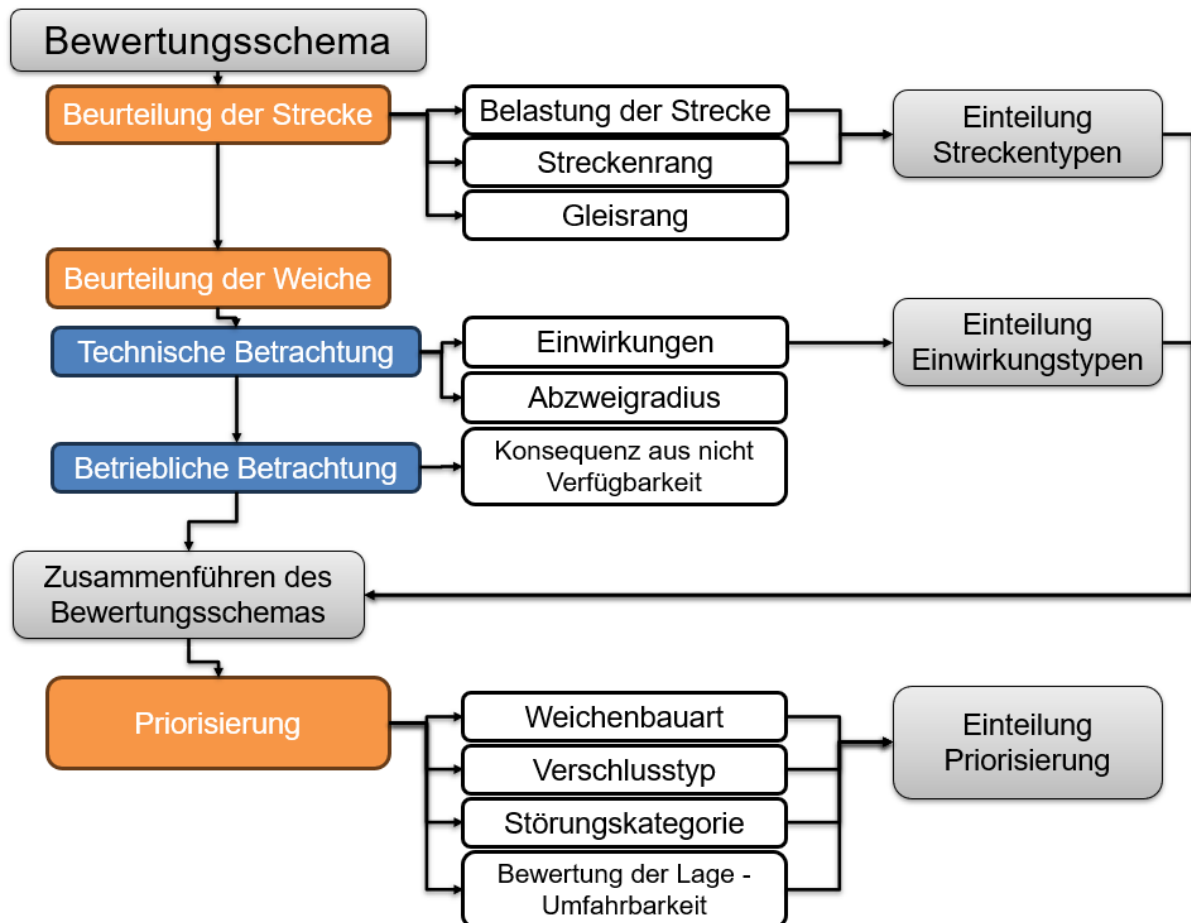


Abbildung 29 Überblick Bewertungsschema

Die Prioritätsreihenfolge der eingeteilten Weichen aus dem Bewertungsschema erfolgt wie in Tabelle 8 beschrieben. Für die Darstellung in den Plänen, erhalten die kritischen Weichen einen Farbcode laut Tabelle 9. Die Vergabe eines Farbcodes für das Bewertungsschema der Weichen ist entscheidend, um die Kritikalität und Priorität der Weichen visuell klar darzustellen. Durch die farbliche Unterscheidung können besonders kritische Weichen sofort erkannt werden.

Prioritätsreihung des Bewertungsschemas			Weichenstörungen		
			Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Verschlusskat B	Kat 2 Störung
Streckenrang I	Einwirkungstypen	1	Priorität 1.1.1	Priorität 1.1.2	Priorität 1.1.3
		2	Priorität 1.2.1	Priorität 1.2.2	Priorität 1.2.3
		3	Priorität 1.3.1	Priorität 1.3.2	Priorität 1.3.3
Streckenrang II	Einwirkungstypen	1	Priorität 2.1.1	Priorität 2.1.2	Priorität 2.1.3
		2	Priorität 2.2.1	Priorität 2.2.2	Priorität 2.2.3
		3	Priorität 2.3.1	Priorität 2.3.2	Priorität 2.3.3
Streckenrang III	Einwirkungstypen	1	Priorität 3.1.1	Priorität 3.1.2	Priorität 3.1.3
		2	Priorität 3.2.1	Priorität 3.2.2	Priorität 3.2.3
		3	Priorität 3.3.1	Priorität 3.3.2	Priorität 3.3.3

Tabelle 8 Prioritätsreihung des Bewertungsschemas

Priorität 1.1.1	Priorität 1.1.2	Priorität 1.1.3
Priorität 1.2.1	Priorität 1.2.2	Priorität 1.2.3
Priorität 1.3.1	Priorität 1.3.2	Priorität 1.3.3
Priorität 2.1.1	Priorität 2.1.2	Priorität 2.1.3
Priorität 2.2.1	Priorität 2.2.2	Priorität 2.2.3
Priorität 2.3.1	Priorität 2.3.2	Priorität 2.3.3
Priorität 3.1.1	Priorität 3.1.2	Priorität 3.1.3
Priorität 3.2.1	Priorität 3.2.2	Priorität 3.2.3
Priorität 3.3.1	Priorität 3.3.2	Priorität 3.3.3

Tabelle 9 Farbcode zur grafischen Darstellung der Prioritätsreihung

9 Anwendung des Bewertungsschemas

Im folgenden Kapitel wird das Bewertungsschema dieser Arbeit angewendet. Dabei wird das Schema für die gesamte Region Süd 1 angewendet, ohne Berücksichtigung der Umfahrbarkeit. Für eine detaillierte Anwendung mit Umfahrbarkeit wird das Bewertungsschema an vier ausgewählten Betriebsstellen durchgeführt, für die die Gleispläne vorliegen.

9.1 Anwendung in der Region Süd 1

Das Bewertungsschema wird auf die 1825 vorhandenen Weichen in der Region Süd 1 angewendet. Bei den Tabellen 10 – 17 sind die weiter zu betrachtenden Weichen rot hervorgehoben.

Beurteilung der Strecke

Im ersten Schritt werden dabei die Weichen über die Belastung der Strecke und den Streckenrang in drei Streckentypen kategorisiert, sowie Weichen auf Strecken mit zu geringer Belastung ausgeschieden. Aus Tabelle 10 folgt die Einteilung in die Streckentypen nach 8.1.6 wie folgt:

I	Streckentyp I	1130 Weichen
I	Streckentyp II	389 Weichen
I	Streckentyp II	70 Weichen
I	Nicht weiter betrachtet	236 Weichen

Bewertung der Strecke Streckentyp		Streckenbelastung [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]		
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000
Streckenrang	S+	0	0	0
	S	1130	206	23
	1	183	70	118
	2	0	8	53
	3	0	0	10
	3G	0	0	24

Tabelle 10 Region Süd 1, Beurteilung der Strecke, Streckentyp

Im nächsten Schritt werden 1589 Weichen über den Gleisrang weiterbetrachtet. Wie in Tabelle 11 ersichtlich, sind 306 Weichen im Gleisrang c und werden nicht weiter betrachtet. Aufgrund der Datengrundlage ist der Gleisrang für 202 Weichen nicht bekannt. Ein Großteil der Weichen ohne bekanntem Gleisrang befinden sich in Vershub-Bahnhöfen, somit ist dabei mit einem großen Anteil von Weichen im Gleisrang c zu rechnen. Nach Abzug der Weichen im Gleisrang c verbleiben 1283 Weichen.

Bewertung der Strecke Gleisrang		Gleisrang			
		a	b	c	Nicht bekannt
Streckentyp	I	370	347	253	160
	II	159	144	48	38
	III	33	28	5	4
Summe		562	519	306	202

Tabelle 11 Region Süd 1, Beurteilung der Strecke, Gleisrang

Beurteilung der Weiche – technische Betrachtung

Nach der Betrachtung über die Strecke werden die Weichen im Detail betrachtet. Hierfür werden die Einwirkungstypen der Weichen, über die Belastung sowie den Umstellungen der Weichen, nach 8.2.1.2, eingeteilt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12, Tabelle 13 und Tabelle 14 für jeden Streckentyp dargestellt.

Im Streckentyp I fallen 311 Weichen aufgrund zu geringer Belastung weg. Nach Abzug dieser sind aufgrund von Datenlücken bei den Umstellungen und Belastungen 225 Weichen nicht zuordenbar.

Im Streckentyp II fallen 163 Weichen aufgrund zu geringer Belastung weg. Nach Abzug dieser sind aufgrund von Datenlücken bei den Umstellungen und Belastungen 148 Weichen nicht zuordenbar.

Im Streckentyp III fallen 29 Weichen aufgrund zu geringer Belastung weg. Nach Abzug dieser sind aufgrund von Datenlücken bei den Umstellungen und Belastungen 36 Weichen nicht zuordenbar.

Bewertung der Weiche Einwirkungstypen Streckentyp I		Weichenbelastung [DS tägl. Bel in to/Tag]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Nicht bekannt
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	13	11	16	2
	< 20 000	175	142	281	32
	Nicht bekannt	22	25	14	144
Summe		210	178	311	178

Tabelle 12 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp I

Bewertung der Weiche Einwirkungstypen Streckentyp II		Weichenbelastung [DS tägl. Bel in to/Tag]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Nicht bekannt
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	2	0	0	0
	< 20 000	0	28	58	16
	Nicht bekannt	5	94	105	33
Summe		7	122	163	49

Tabelle 13 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp II

Bewertung der Weiche Einwirkungstypen Streckentyp III		Weichenbelastung [DS tägl. Bel in to/Tag]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Nicht bekannt
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	0	0	0	0
	< 20 000	0	0	11	0
	Nicht bekannt	0	4	18	32
Summe		0	4	29	32

Tabelle 14 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp III

Die Ergebnisse der einzelnen Streckentypen aus der Tabelle 12, Tabelle 13 und Tabelle 14 sind in Tabelle 15 zusammengefasst. Dabei ist ersichtlich, dass sich die meisten Weichen im Streckentyp I befinden, mit einer geringen Anzahl an Weichen mit Einwirkungstyp 1. Dem Streckentyp II sind nur eine geringe Anzahl an Weichen zugeordnet, was auf die Datengrundlage zurückzuführen ist. Dem Streckentyp III lassen sich keine Weichen zuordnen, da hier keine Daten der Einwirkungen aus Belastung und Umstellungen vorliegen. In Summe werden 780 Weichen weiter betrachtet.

Bewertung der Weiche Zusammenführung Bewertungsschema		Streckentypen		
		I	II	III
Einwirkungstypen	1	13	2	0
	2	186	0	0
	3	142	28	0
Nicht zuordenbar		225	148	36

Tabelle 15 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp I-III

Über den Abzweigradius werden in Tabelle 16 zwei Weichen mit Radius 150 m im Streckentyp II ohne bekannte Einwirkungsdaten nicht weiter betrachtet. Aufgrund des fortgeschrittenen Ablaufes des Bewertungsschemas sind in diesem Schritt nur eine geringe Anzahl von Weichen betroffen. In Summe werden 778 Weichen weiter betrachtet.

Bewertung der Weiche Abzweigradius		Streckentypen		
		I	II	III
Einwirkungstypen	1	13	2	0
	2	186	0	0
	3	142	28	0
Nicht zuordenbar		225	146	36

Tabelle 16 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Abzweigradius, Streckentyp I-III

Beurteilung der Weiche - betriebliche Betrachtung

Im letzten Schritt vor der Priorisierung werden die Weichen hinsichtlich der Konsequenz einer Nichtverfügbarkeit untersucht. Dabei werden Weichen mit einer Kapazitätsauslastung von „keine Angaben“ nicht weiter betrachtet. Die Auswertung liegt in Tabelle 17 vor und zeigt eine Reduzierung von 16 Weichen in den nicht zuordenbaren Weichen. In Summe werden 762 Weichen weiter betrachtet.

Bewertung der Weiche Kapazitätsauslastung		Streckentypen		
		I	II	III
Einwirkungstypen	1	13	2	0
	2	186	0	0
	3	142	28	0
Nicht zuordenbar		225	143	23

Tabelle 17 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Kapazitätsauslastung, Streckentyp I-III

Priorisierung

In der Priorisierung werden die 762 Weichen in den drei Streckentypen eingeteilt. Hierfür werden die Weichen in Tabelle 18, Tabelle 19 und Tabelle 20 über die Störungskategorie, der Verschlusskategorie sowie der Weichenbauart eingeteilt.

Die Umfahrbarkeit ist hierbei nicht berücksichtigt, da dies in der Detailbetrachtung der Betriebsstelle in der nachfolgenden Anwendung behandelt wird.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	2 + 3*	2 + 1*	2 + 3*	0
	2	43 + 32*	24 + 11*	53 + 23*	0
	3	33 + 5*	21 + 6*	65 + 12*	0
Nicht zuordenbar		24 + 5*	43 + 7*	133 + 12*	1

Tabelle 18 Region Süd 1, Priorisierung, Streckentyp I

Priorisierung Streckentyp II		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	2	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	7	5 + 1*	15	0
Nicht zuordenbar		9 + 3*	59 + 12*	54 + 6*	0

Tabelle 19 Region Süd 1, Priorisierung, Streckentyp II

Priorisierung Streckentyp III		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
Nicht zuordenbar		0 + 1*	1 + 2*	17 + 2*	0

Tabelle 20 Region Süd 1, Priorisierung, Streckentyp III

Ergebnis Region Süd 1

Das Ergebnis aus dem Bewertungsschema ist beispielhaft für die Bahnhöfe Kapfenberg, Bruck an der Mur, Pernegg, Mixnitz-Bärenschützklamm, Überleitstelle Mixnitz-Bärenschützklamm, Frohnleiten und Peggau mit der farblichen Kodierung, ohne Umfahrbarkeit, dargestellt. Alle Bahnhöfe befinden sich auf der Südbahnstrecke Wien Hbf - Spielfeld/Straß – Sentilj und sind mit dem Streckentyp I bewertet. Als Darstellung wird das Kartenmaterial aus Openrailwaymap verwendet, und liegen im Anhang A bei [29].

Am Beispiel Kapfenberg ist gut zu erkennen, dass sich die geringeren Einwirkungstypen (Grüntöne) im mehrgleisigen Bereich des Bahnhofes befinden, in dem sich viele Weichen zu Abstellgleisen befinden. Im Gegensatz dazu liegen die höheren Einwirkungstypen (Rot- und Orangetöne) im Bereich des durchgehenden Hauptgleises.

Ähnliche Ergebnisse sind in der Betriebsstelle Bruck an der Mur zu erkennen, in dem nördlich des Bahnhofes vor dem Verschub-Bahnhof, Weichen im mittleren Einwirkungstyp vorliegen. Weiter südlich vor dem Personenbahnhof teilen sich die Gleise für den Personenbahnhof auf. Hier sind drei der kritischsten Weichen (Einwirkungstyp I, Verschlusskategorie A, Kat 1-Störung) aufzufinden. In unmittelbarer Nähe zu diesen Weichen befinden sich Weichen in allen drei Einwirkungstypen und Priorisierungen. Dies zeigt, dass das Bewertungsmodell kritische Weichen auch im Detail-Bereich unterscheiden kann. Südlich des Personenbahnhofes befindet sich eine der kritischsten Weichen, sowie Weichen im mehrgleisigen Bereich mit geringeren Einwirkungstypen. Die Darstellung am Bahnhof Bruck an der Mur ist nicht vollständig, da 15 der 63 kritisch bewerteten Weichen des Bewertungsmodells kein Einwirkungstyp zugeordnet werden kann und diese somit nicht dargestellt sind.

Die kleineren Betriebsstellen Pernegg, Mixnitz-Bärenschützklamm und die Überleitstelle Mixnitz-Bärenschützklamm weisen alle den gleichen Einwirkungstyp auf. Die kritischen Weichen befinden sich hier auf den beiden durchgehenden Hauptgleisen und haben einen mittleren Einwirkungstyp (Orangetöne). Für die Betriebsstelle Mixnitz-Bärenschützklamm liegen keine Belastungen der Weichen vor, somit wurde in der Darstellung der Einwirkungstyp 2 angenommen. Diese Annahme erscheint sinnvoll, da in den Betriebsstellen davor und danach der Einwirkungstyp 2 vorliegt und auf der Strecke keine Abzweiger vorliegen, die eine Änderung der Belastung hervorrufen könnten.

In den Betriebsstellen Frohnleiten und Peggau-Deutschfeistritz liegen mittlere Belastungsklassen vor mit kritischen Weichen in den beiden durchgehenden Hauptgleisen. Geringfügig weniger kritisch bewertete Weichen liegen im mehrgleisigen Bahnhofsbereich und in Abzweigungen zu Abstellgleisen vor.

9.2 Detaillierte Betrachtung von Betriebsstellen

In der detaillierten Betrachtung wird das Bewertungsschema beispielhaft an vier ausgewählten Betriebsstellen angewendet. Für die Bewertung liegen die Gleispläne vor, wodurch die Anwendung der Priorisierung mittels Umfahrbarkeit möglich ist. Die Darstellung der Ergebnisse in den Gleisplänen liegen für alle Betriebsstellen im Anhang bei.

9.2.1 Pernegg (Pn)

Pernegg ist ein Unterwegs-Bahnhof mit zwei Abstellgleisen, im zweigleisigen Streckenabschnitt der Südbahnstrecke Wien Hbf - Spielfeld/Straß – Sentilj, auf dem Streckenabschnitt Bruck an der Mur - Frohnleiten. Pernegg besitzt einen Mittelbahnsteig, welcher von beiden Seiten bedient werden kann. Die Hauptverkehrsrichtung erfolgt über die beiden durchgehenden Hauptgleise im Linksverkehr. Die Pläne der Ausarbeitung liegen im Anhang B1 bei.

Beurteilung der Strecke

Aus Tabelle 21 ergibt sich für den Bahnhof Pernegg, dass alle Weichen weiterbetrachtet werden. Alle betrachteten Weichen befinden sich im Streckentyp I.

DB 776 Code	Belastung der Strecke [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]	Streckenrang	Gleisrang		
			a	b	c
8052.05	> 40 000	S	Weiche 1,2,3,4,52,53,54	Weiche 31,51	-

Tabelle 21 Pernegg, Beurteilung der Strecke

Beurteilung der Weiche – Technische Betrachtung

Aus Tabelle 22 ergibt sich der Einwirkungstyp 2 für die Weichen 1,2,3,4,52,53,54. Weiche 51 wird aufgrund der zu geringen Belastung nicht weiter betrachtet. Für die Weiche 31 liegen keine Daten vor, jedoch kann aufgrund der Lage der Weiche darauf geschlossen werden, dass die Belastung unter 20.000 Tonnen pro Tag liegt, und die Weiche somit nicht weiter betrachtet wird. Über den Abzweigradius werden am Bahnhof Pernegg keine Weichen ausgeschlossen.

Einwirkungstypen Pernegg		Weichenbelastung [DS tägl. Bel in to/Tag]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Nicht bekannt
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	-	-	-	-
	< 20 000	Weiche 1,2,3,4,52,53,54	-	Weiche 51	-
	Nicht bekannt	-	-	-	Weiche 31

Tabelle 22 Pernegg, Technische Beurteilung der Weichen

Beurteilung der Weiche – Betriebliche Betrachtung

Die Untersuchung der Konsequenzen aus nicht Verfügbarkeit zeigen eine Kapazitätsauslastung von 80-100 %. Somit werden alle noch vorhandenen Weichen weiter betrachtet.

Priorisierung

In der Tabelle 23 ist das Ergebnis des Bewertungsschemas mit Priorisierung, ohne Umfahrbarkeit, am Bahnhof Pernegg dargestellt.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Verschlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	-	-	-
	2	Weiche 2,52,54	-	Weiche 1,3,4,53	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 23 Pernegg, Priorisierung

Aus der Umfahrungsuntersuchung der Gleispläne, welche im Anhang B1 beiliegt, kann nur Weiche 4 umfahren werden die deshalb nicht weiter betrachtet wird. Somit wurden die Weichen der Betriebsstelle Pernegg mit dem Bewertungsschema und der Priorisierung wie in Tabelle 24 klassifiziert.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Verschlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	-	-	-
	2	Weiche 2,52,54	-	Weiche 1,3,53	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 24 Pernegg, Priorisierung, Umfahrbarkeit

Ergebnis Pernegg

In der im Anhang B1 beiliegenden Anwendung des Bewertungsschemas mit Umfahrbarkeit, ist zu sehen, dass sich die kritischen Weichen auf den durchgehenden Hauptgleisen befinden. Diese weisen den gleichen Einwirkungstyp auf und unterscheiden sich lediglich in der Priorisierung. Da es sich bei dem Bahnhof Pernegg um eine kleinere Betriebsstelle handelt, verhält sie sich wie die freie Strecke.

9.2.2 Frohnleiten (Fro)

Frohnleiten ist ein Unterwegs-Bahnhof mit mehreren Abstellgleisen, im zweigleisigen Streckenabschnitt der Südbahnstrecke Wien Hbf - Spielfeld/Straß – Sentilj, auf dem Streckenabschnitt Bruck an der Mur - Frohnleiten. Frohnleiten besitzt einen Mittelbahnsteig, welcher von beiden Seiten bedient werden kann, sowie einen einseitig bedienbaren Bahnsteig. Die Hauptverkehrsrichtung erfolgt über die beiden durchgehenden Hauptgleise im Linksverkehr. Die Pläne der Ausarbeitung liegen im Anhang B2 bei.

Beurteilung der Strecke

Der Gleisrang der beiden Weichen 1MF und 1MK ist nicht bekannt, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese sich im Gleisrang c befinden, da beide Weichen von Anschlussbahnen sind. Aus Tabelle 25 ergibt sich somit für den Bahnhof Frohnleiten, dass alle Weichen bis auf Weiche 1MF und 1MK, weiterbetrachtet werden. Alle betrachteten Weichen befinden sich im Streckentyp I.

DB 776 Code	Belastung der Strecke [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]	Streckenrang	Gleisrang			
			a	b	c	Nicht bekannt
8052.15	> 40 000	S	Weiche 1,2,3,5,6,7,48,49, 50,57,81,82,83,84	Weiche 4,8,9,31,32,52, 53,54,55,56	-	Weiche 1MF, 1MK

Tabelle 25 Frohnleiten, Beurteilung der Strecke

Beurteilung der Weiche – Technische Betrachtung

Aus Tabelle 26 ergibt sich der Einwirkungstyp 2 für die Weichen 1, 2, 3, 5, 6, 7, 48, 49, 50, 57, 81, 82, 83 und 84. Die Weichen 4, 8, 9, 31, 32, 52, 53, 54, 55 und 56 werden aufgrund ihrer geringen Einwirkung nicht weiter betrachtet. Über den Abzweigradius werden am Bahnhof Frohnleiten keine Weichen ausgeschlossen.

Einwirkungstypen Frohnleiten		Weichenbelastung [DS tägl. Bel in to/Tag]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Nicht bekannt
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	-	-	-	-
	< 20 000	Weiche 1,2,3,5,6,7,48,49, 50,57,81,82,83,84	-	Weiche 4,8,9,31,32,52, 53,54,55,56	-
	Nicht bekannt	-	-	-	-

Tabelle 26 Frohnleiten, Technische Beurteilung der Weichen

Beurteilung der Weiche – Betriebliche Betrachtung

Die Untersuchung der Konsequenzen aus nicht Verfügbarkeit zeigen eine Kapazitätsauslastung von 100 %. Somit werden alle noch vorhandenen Weichen weiter betrachtet.

Priorisierung

In der Tabelle 27 ist das Ergebnis des Bewertungsschemas mit Priorisierung, ohne Umfahrbarkeit, am Bahnhof Frohnleiten dargestellt.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	-	-	-
	2	Weiche 1*,2,3*,57,81,82,83	-	Weiche 5,6,7*,48,49,50,84	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 27 Frohnleiten, Priorisierung

Aus der Umfahrungsuntersuchung der Gleispläne, welche im Anhang beiliegt, können die Weichen 6, 7, 48, 49, 50, 57 und 81 umfahren werden und werden deshalb nicht weiter betrachtet. Somit wurden die Weichen der Betriebsstelle Frohnleiten mit dem Bewertungsschema und der Priorisierung wie in Tabelle 28 klassifiziert.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	-	-	-
	2	Weiche 1*,2,3*,82,83	-	Weiche 5,84	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 28 Frohnleiten, Priorisierung, Umfahrbarkeit

Ergebnis Frohnleiten

In der im Anhang B2 beiliegenden Anwendung des Bewertungsschemas mit Umfahrbarkeit, ist zu sehen, dass sich die kritischen Weichen auf den durchgehenden Hauptgleisen befinden. Diese weisen den gleichen Einwirkungstyp auf und unterscheiden sich lediglich in der Priorisierung. Der Bahnhof Frohnleiten besitzt mehrere Abstellgleise so wie Weichen zu Anschlussbahnen, welche als nicht kritisch dargestellt sind. Die nicht kritischen Weichen im durchgehenden Hauptgleis werden aufgrund der Umfahrbarkeit ausgeschlossen.

9.2.3 Spielfeld-Straß (Sd)

Spielfeld-Straß ist der Grenz-Bahnhof auf der Österreichischen Seite der Südbahnstrecke Wien Hbf - Spielfeld/Straß – Sentilj, im eingleisigen Streckenabschnitt. Aus Nordosten endet die eingleisige Radkersburger Bahn auf dem einseitig bedienten Bahnsteig 1. Spielfeld-Straß besitzt des Weiteren zwei Mittelbahnsteige, welcher von beiden Seiten bedient werden können. Die Hauptverkehrsrichtung erfolgt über das durchgehende Hauptgleis entlang der Südbahnstrecke im Wechselbetrieb. Die zweite Hauptverkehrsrichtung erfolgt über das durchgehende Hauptgleis der Radkersburger Bahn im Wechselbetrieb, welches am Bahnsteig 1 endet. Laut Fahrplandaten gibt es derzeit keinen Regelverkehr von der Radkersburger Bahn auf die Südbahnstrecke und in die Gegenrichtung. Die Pläne der Ausarbeitung liegen im Anhang B3 bei.

Beurteilung der Strecke

Wie in Tabelle 29 zu sehen, ist der Gleisrang der Weiche 1R nicht bekannt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese sich im Gleisrang a der Radkersburger Bahn befinden. Im Bahnhof Spielfeld-Straß werden alle Weichen weiterbetrachtet und sind im Streckentyp I eingeteilt.

DB 776 Code	Belastung der Strecke [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]	Strecken- rang	Gleisrang			
			a	b	c	Nicht bekannt
7054.25	> 40 000	S	Weiche 1,5,6,31,32,35,36,52,53	Weiche 2,3,4,21,23,24,25,33,34,51	-	Weiche 1R

Tabelle 29 Spielfeld-Straß, Beurteilung der Strecke

Beurteilung der Weiche – Technische Betrachtung

Aus der Tabelle 30 ergibt sich der Einwirkungstyp 1 für die Weiche 1, der Einwirkungstyp 2 für die Weiche 53 und der Einwirkungstyp 3 für die Weichen 5, 6 und 51. Die Weichen 2,3, 4, 21, 23, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35, 36 und 52 werden aufgrund ihrer geringen Einwirkung nicht betrachtet. Ebenso wird die Weiche 1R nicht weiter betrachtet, da diese sich auf der Radkersburger Bahn befindet, welche eine Streckenbelastung von weniger als 20.000 Tonnen pro Tag aufweist und sich im Streckenrang 3 befindet. Über den Abzweigradius werden am Bahnhof Frohnleiten keine Weichen ausgeschlossen.

Einwirkungstypen Spielfeld-Straß		Belastung [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Keine Daten
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	Weiche 1	Weiche 53	Weiche 2,52	-
	< 20 000	-	Weiche 5,6,51	Weiche 3,4,21,23,24,25,31,32,33,34,35,36	-
	Keine Daten	-	-	-	Weiche 1R

Tabelle 30 Spielfeld-Straß, Technische Beurteilung der Weichen

Beurteilung der Weiche – Betriebliche Betrachtung

Die Untersuchung der Konsequenzen aus nicht Verfügbarkeit zeigen eine Kapazitätsauslastung von 80-100 %. Somit werden alle noch vorhandenen Weichen weiter betrachtet.

Priorisierung

In der Tabelle 31 ist das Ergebnis des Bewertungsschemas mit Priorisierung, ohne Umfahrbarkeit, am Bahnhof Spielfeld-Straß dargestellt.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	Weiche 1	-	-
	2	-	-	Weiche 53*	-
	3	-	Weiche 5,51	Weiche 6	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 31 Spielfeld-Straß, Priorisierung

Aus der Umfahrungsuntersuchung der Gleispläne, welche im Anhang beiliegt, können die Weichen 5, 6 und 51 umfahren werden und werden deshalb nicht weiter betrachtet. Somit wurden die Weichen der Betriebsstelle Spielfeld-Straß mit dem Bewertungsschema und der Priorisierung wie in Tabelle 32 klassifiziert.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	Weiche 1	-	-
	2	-	-	Weiche 53*	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 32 Spielfeld-Straß, Priorisierung, Umfahrbarkeit

Ergebnis Spielfeld-Straß

In der im Anhang B3 beiliegenden Anwendung des Bewertungsschemas mit Umfahrbarkeit, ist zu sehen, dass sich die kritischen Weichen auf dem durchgehenden Hauptgleis befinden. Aufgrund der zahlreichen Umfahrungsmöglichkeiten der Weichen im Gleisrang a, so wie das Wegfallen der Weichen auf der Radkersburger Bahn, bleiben nur zwei Weichen aus dem Bewertungsschema über. Bei beiden Weichen handelt es sich um die Einfahrtsweichen in den Bahnhof, welche nicht umfahren werden können. Da es sich hier um einen Grenzbahnhof handelt, ist der geringere Einwirkungstyp der südlichen Weiche (in Richtung Slowenien) auf die geringere Anzahl an grenzüberschreitenden Fahrten zurückzuführen.

9.2.4 Peggau Deutschfeistritz (Pg)

Peggau Deutschfeistritz ist ein Bahnhof mit mehreren Abstellgleisen, im zweigleisigen Streckenabschnitt der Südbahnstrecke Wien Hbf - Spielfeld/Straß – Sentilj. Aus Südwesten endet die eingleisige Übelbacherbahn, welche nicht im Eigentum der ÖBB-Infrastruktur ist, auf dem beidseitig bedienbaren Bahnsteig [15]. Peggau Deutschfeistritz verfügt des Weiteren über einen einseitigen Bahnsteig. Die Hauptverkehrsrichtung erfolgt über die beiden durchgehenden Hauptgleise entlang der Südbahnstrecke im Wechselbetrieb. Die zweite Hauptverkehrsrichtung erfolgt über das durchgehende Hauptgleis aus Übelbach im Wechselbetrieb, welches am Bahnsteig 3 endet. Laut Fahrplandaten gibt es zwei Verbindungen pro Tag, von Graz über Peggau Deutschfeistritz nach Übelbach, ohne Umstieg und in die Gegenrichtung. Die Pläne der Ausarbeitung liegen im Anhang B4 bei.

Beurteilung der Strecke

Der Gleisrang der Weichen 2K, 3K und 3S ist nicht bekannt, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese sich im Gleisrang c befinden, da alle Weichen von Anschlussbahnen sind. Aus Tabelle 33 ergibt sich somit für den Bahnhof Peggau Deutschfeistritz, dass alle Weichen im Gleisrang c und mit unbekanntem Gleisrang nicht weiter betrachtet werden. Alle anderen Weichen, welche weiter betrachtet werden, befinden sich im Streckentyp I.

DB 776 Code	Belastung der Strecke [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]	Streckenrang	Gleisrang			
			a	b	c	Nicht bekannt
8052.17	> 40 000	S	Weiche 1,2,3,4,5,6,44, 53,54,55,56,57	Weiche 1F,5S,7,8,9,31,35, 43,51,52	Weiche 1K,Df1,Df2,2S 21,22,36,4S,41,42,6S	Weiche 2K,3K, 3S

Tabelle 33 Peggau Deutschfeistritz, Beurteilung der Strecke

Beurteilung der Weiche – Technische Betrachtung

Die Weichen, für welche keine Daten vorliegen, befinden sich alle auf demselben Gleis, welches über die Weichen 9 und 51 mit dem Bahnhof angebunden sind. Da die beiden Weichen 9 und 51 aufgrund ihrer zu geringen Belastung ausgeschlossen werden, wird angenommen, dass die Weichen ohne Belastungsdaten ebenfalls keine Belastung über 20.000 Tonnen pro Tag aufweisen. Aus der Tabelle 34 ergibt sich der Einwirkungstyp 2 für die Weichen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 44, 53, 54, 55, 56 und 57. Die übrigen Weichen werden aufgrund ihrer zu geringen Einwirkung nicht weiter betrachtet. Über den Abzweigradius werden am Bahnhof Peggau Deutschfeistritz keine Weichen ausgeschlossen.

Einwirkungstypen		Belastung [DS tägl. Bel in to/Tag in 2022]			
		≥ 40 000	20 000 - 40 000	< 20 000	Keine Daten
Umstellungen [Umstellungen /Jahr in 2022]	≥ 20 000	-	-	-	-
	< 20 000	Weiche 1,2,3,4,5,6,44,53, 54,55,56,57	-	Weiche 7,8,9,43,51,52	-
	Keine Daten	-	-	-	Weiche 1F,5S,31,35

Tabelle 34 Peggau Deutschfeistritz, Technische Beurteilung der Weichen

Beurteilung der Weiche – Betriebliche Betrachtung

Die Untersuchung der Konsequenzen aus nicht Verfügbarkeit zeigen eine Kapazitätsauslastung von 100 %. Somit werden alle noch vorhandenen Weichen weiter betrachtet.

Priorisierung

In der Tabelle 35 ist das Ergebnis des Bewertungsschemas mit Priorisierung, ohne Umfahrbarkeit, am Bahnhof Peggau Deutschfeistritz dargestellt.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	-	-	-
	2	-	Weiche 1,2,4,6,56*,57*	Weiche 3*,5,44,53,54,55*	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 35 Peggau Deutschfeistritz, Priorisierung

Aus der Umfahrungsuntersuchung der Gleispläne, welche im Anhang beiliegt, können die Weichen 4, 5, 6 und 44 umfahren werden und werden deshalb nicht weiter betrachtet. Somit wurden die Weichen der Betriebsstelle Peggau Deutschfeistritz mit dem Bewertungsschema und der Priorisierung wie in Tabelle 36 kategorisiert.

Priorisierung Streckentyp I		Weichenstörungen			
		Kat 1 Störung + Verschlusskat A	Kat 1 Störung + Ver- schlusskat B	Kat 2 Störung	Nicht zuordenbar
Einwirkungstypen	1	-	-	-	-
	2	-	Weiche 1,2,56*,57*	Weiche 3*,53,54,55*	-
	3	-	-	-	-
Nicht zuordenbar		-	-	-	-

Tabelle 36 Peggau Deutschfeistritz, Priorisierung, Umfahrbarkeit

Ergebnis Peggau Deutschfeistritz

In der im Anhang B4 enthaltenen Anwendung des Bewertungsschemas mit Umfahrbarkeit ist zu erkennen, dass sich die kritischen Weichen auf dem durchgehenden Hauptgleis befinden. Peggau-Deutschfeistritz verfügt über mehrere Abstellgleise sowie zahlreiche Weichen zu Anschlussbahnen. Aufgrund der geringen Belastung fallen diese, ebenso wie die Weichen auf der Strecke nach Übelbach, weg. Daher bleiben nur die Weichen im durchgehenden Hauptgleis als kritische Weichen übrig. Aus diesen hoch belasteten Weichen werden die zu umfahrenden Weichen herausgenommen. Die verbleibenden Weichen befinden sich im Einfahrtsbereich des Bahnhofs sowie im Übergang zu den Bahnsteigen 2 und 3.

9.3 Diskussion

In allen Auswertungen ist zu sehen, dass sich Weichen mit einer hohen kritischen Bewertung im Bereich der Hauptgleise befinden sowie an Stellen mit einer hoch frequentierten Auslastung. Die Priorisierung der Weichen nimmt im mehrgleisigen Bereich, aufgrund der dadurch ermöglichten Aufteilung der Belastung, ab. In kleineren Betriebsstellen zeigt sich aufgrund der Ähnlichkeit zu Weichen der freien Strecke, dass sich die kritischen Weichen ausschließlich im durchgehenden Hauptgleis befinden.

Über die Auswertung der Umfahrbarkeit ist es möglich, Weichen auszuschließen, bei deren Störung eine alternative Route zum Durchfahren von Betriebsstellen gewählt werden kann, bei der keine Einschränkungen des Betriebsablaufes entstehen. Somit können diese Weichen vernachlässigt werden.

Die Auswertung zeigt, dass bei der detaillierten Betrachtung Weichen mit dem gleichen Einwirkungstyp über die Priorisierung unterschieden werden können. Dies erlaubt eine noch genauere Einteilung der Weichen.

Durch die vorangestellte Einteilung der Weichen über die Strecke wird sichergestellt, dass Ausreißer-Weichen auf weniger relevanten Strecken nicht fälschlicherweise eine hohe kritische Priorität zugeteilt bekommen.

Generell lässt sich sagen, dass das Bewertungsmodell, mit dem Ausschließen der nicht kritischen Weichen, der Einteilung der kritischen Weichen in Strecken- und Einwirkungstypen sowie der Priorisierung ein gutes Ergebnis zeigt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit entspricht daher weitgehend dem in [4] aufgezeigten Ergebnis für den Bahnhof Peggau-Deutschfeistritz. Ein Vergleich mit anderen Bahnhöfen ist nicht möglich, da die zur Verfügung stehenden Ergebnisse der ÖBB nicht veröffentlicht sind.

10 Resümee/Schlussbemerkungen

Die Entwicklung eines Bewertungsschemas zur Feststellung kritischer Weichen ist aus wirtschaftlichen Gründen wichtig um Ressourcen und Mittel optimal einzusetzen. Es ermöglicht eine präzise Identifizierung der kritischen Weichen im Schienennetz und soll als Grundlage für das zielgerichtete Vorgehen bei der Instandhaltung und Wartung dienen.

Der Ansatz, im Bewertungsschema zunächst die Strecken und anschließend die darauf liegenden Weichen zu klassifizieren, ist sinnvoll, da die Strecken die grundlegende Infrastruktur bilden, auf der die Weichen angeordnet sind. Durch die Klassifizierung der Strecken erhält man eine klare Übersicht über die Hauptverbindungen was die Grundlage für die Bewertung der darauf befindlichen Weichen bildet.

Ein weiterer Vorteil dieses Bewertungsschemas liegt darin, dass Ausreißer-Weichen auf einer weniger relevanten Strecke nicht fälschlicherweise als hoch systemkritisch eingestuft werden. Weichen auf einer Nebenstrecke mit geringem Verkehrsaufkommen und niedriger strategischer Relevanz werden entsprechend ihrer tatsächlichen Bedeutung bewertet und dadurch nicht überbewertet. Dies erhöht die Effizienz und die Genauigkeit des Bewertungsschemas.

Das Ergebnis des Bewertungsschemas zeigt in den Bahnhofsbildern, dass die kritischen Weichen aufgrund ihrer Lage auf den Einfahrtsweichen höher eingestuft sind als die Weichen innerhalb des Bahnhofs, wo sich die Belastung auf mehrere Gleise verteilt. Einfahrtsweichen sind entscheidend für den reibungslosen und sicheren Betrieb, da sie den Zugang zu den Bahnhöfen steuern und somit eine höhere Frequenz und Belastung aufweisen. Weichen innerhalb des Bahnhofs, die durch mehrere Gleise entlastet werden, sind weniger systemkritisch. Zudem wird in der weiteren Bewertung durch die Priorisierung deutlich, dass Weichen die umfahren werden können, nicht als kritisch gelten. Ihre Umfahrbarkeit reduziert ihre Bedeutung, da bei einer Störung der Weiche, alternative Routen genutzt werden können. Dies unterstützt die realistische Einstufung der Weichen nach ihrer Relevanz.

Es sind natürlich nicht nur die kritischen Weichen, welche über das Bewertungsschema festgestellt und eingestuft werden, instand zu halten. Durch den gezielten Mitteleinsatz mithilfe der kritisch festgestellten Weichen des Bewertungsschemas soll die Zuverlässigkeit und Effizienz des Netzes erhöht werden. Kritische Weichen werden eher eine stärker präventive Instandhaltung erhalten, wodurch die IH-Planung als Ganzes von der Kritikalität der Weiche beeinflusst wird.

Das entwickelte Modell wurde speziell für die Anwendung in der Region Süd 1 konzipiert. Für den Einsatz in anderen Regionen müssen Faktoren angepasst werden bzw. berücksichtigt werden, die im Entscheidungsprozess ausgeschlossen wurden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Feststellung der kritischen Weichen plausible Ergebnisse liefert und den realen Gegebenheiten gut entspricht. Ein direkter Vergleich mit dem vorhandenen Bewertungsschema der ÖBB ist aufgrund einer nicht ausreichenden Freigabe nicht möglich. Das Bewertungsmodell ermöglicht eine eindeutige Zuordnung der als kritisch festgestellten Weichen. Dies ist ersichtlich durch die eindeutige Kennzeichnung in den Plänen. Ebenfalls ist es bei einer detaillierten Betrachtung möglich, die kritischen Weichen eines Betrachtungsbereiches unterschiedlichen Prioritäten zuzuordnen.

Zu den relevanten Parametern, welche nicht verwendet wurden zählen Verspätungsminuten, Stördauer und die Umfahrbarkeit von Strecken. Aufgrund der geografischen Randbedingungen in der Region Süd 1 ist eine Bewertung der Strecke über die Umfahrbarkeit von Strecken nicht zielführend und wird somit nicht miteinbezogen. Dennoch ist anzumerken, dass dies ein relevanter Einflussparameter ist, welcher für die Anwendung des Bewertungsschemas in einer anderen Region angepasst werden muss.

Das Bewertungsschema kann weiter optimiert werden, indem die Konsequenzen einer nicht Verfügbarkeit präziser ausgeführt werden. Statt wie in dieser Arbeit vorgestellten Schema die Kapazitätsauslastung zu verwenden, wäre es sinnvoller, die tatsächlichen Verspätungsminuten über den Verspätungsfaktor heranzuziehen, die durch Weichenstörungen verursacht werden. Dies würde eine noch genauere Einstufung der Weichen nach ihrer Kritikalität ermöglichen, da die direkte Auswirkung auf den Betriebsablauf und die Pünktlichkeit des Zugverkehrs besser abgebildet werden würden. Dies war in der vorliegenden Bewertung nicht möglich, da die notwendigen Daten zu Verspätungsminuten nicht ausreichend zur Verfügung standen und eine Simulation aufgrund der komplexen Randbedingungen nicht durchführbar war. Dennoch sollte dieser Schritt für eine weitere Betrachtung herangezogen werden.

Als mögliche Erweiterung könnte die Umfahrbarkeit als Bewertungskriterium eingeführt werden und nicht als Ausschlusskriterium. Dies würde insbesondere in Betriebsstellen eine umfassende Übersicht der kritischen Weichen ermöglichen. Dabei wäre es möglich die Belegung des Umfahungsweges mit zu berücksichtigen und diese mit den Verspätungsminuten zu kombinieren.

Abschließend ist noch zu sagen, dass das vorgeschlagene Bewertungsschema in der Region Süd 1 zu plausiblen Ergebnissen führt und es als Basis für weiterführende Arbeiten verwendet werden kann.

Literaturverzeichnis

- [1] Ulrich, Weidmann: *Bahninfrastrukturen*, vdf Hochschulverlag AG, 2020, ETH Zürich
- [2] Lothar, Fendrich; Wolfgang, Fengler: *Handbuch Eisenbahninfrastruktur*, Springer Vieweg, 2019, Berlin
- [3] Bernhard, Lichtberger: *Handbuch Gleis*, Tetzlaff Verlag, 2003, Hamburg
- [4] ÖBB-Infrastruktur AG: *Steuerung der Verfügbarkeit | Asset Management Methodik Statusupdate*, 2021
- [5] ÖBB-Infrastruktur AG: SNNB 2025_Umleitungsstrecken, 2023, Wien
- [6] ÖBB-Infrastruktur AG: Netzzustandsbericht 2022 Version 1.0, 2023, Wien
- [7] ÖBB-Infrastruktur AG: Instandhaltungsplan Oberbauanlagen RW 06.01.01, 2022, Wien
- [8] ÖBB-Infrastruktur AG: Weichenbau Allgemein RW 13.02.01, 2021, Wien
- [9] <https://www.oebb.at/infrastruktur/gis/projekte/regionen/regionen-sae.html?lang=de>, entnommen am 17.05.2024
- [10] ÖBB-Infrastruktur AG: TTR-Kapazitätsmodell 2025, 2023; Wien
- [11] ÖBB-Infrastruktur AG: Schritt für Schritt zum Zielnetz 2025+ Neue Möglichkeiten und Chancen für den schienengebundenen ÖPNV in Ballungsräumen, 2013, Wien
- [12] <https://www.oebb.at/de/fahrplan/fahrplanbilder>, entnommen am 20.05.2024
- [13] ÖBB-Infrastruktur AG: Schienennetz-Nutzungsbedingungen 2024, 2023, Wien
- [14] Rob M. P., Goverde; Ingo A. Hansen: Performance indicators for railway timetables, IEEE, 2013, Beijing
- [15] ÖBB-Infrastruktur AG: Netzkarte, 2022, Wien
- [16] ÖBB-Infrastruktur AG: Nummerierung der Streckenabschnitte für oberbautechnische Belange RW 07.01.00.01, 2017, Wien
- [17] ÖBB-Infrastruktur AG: Schritt für Schritt zum Zielnetz 2025+, 2013, Wien
- [18] <https://www.erzbergbahn.at/unsere-bahn/geschichte-der-erzbergbahn/>, entnommen am 16.06.2024

- [19] <https://www.gkb.at/index.php/unternehmen/die-geschichte-der-gkb?showall=1>, entnommen am 16.06.2024
- [20] <https://www.steiermarkbahn.at/wir-ueber-uns/>, entnommen am 16.06.2024
- [21] ÖBB-Infrastruktur AG: Winterdienst, Maßnahmen bei Frost und Schnee RW 06.02, 2021, Wien
- [22] <https://www.trackopedia.com/lexikon/infrastruktur/weiche/stell-und-verschluss-systeme>, entnommen am 01.07.2024
- [23] Peter, Dornig: Mitarbeiter Österreichische Bundesbahn ÖBB, SAE Leiter ASC A Graz, elektronischer Schriftverkehr, 19.06.2024
- [24] Voestalpine Railway Systems: Hydrostar Stellsystem, Factsheet, 2021
- [25] <https://www.voestalpine.com/railway-systems/de/produkte/hydrolink-kraef-teuebertragungssystem/>, entnommen am 04.07.2024
- [26] ÖBB-Infrastruktur AG: Gleisplan Lageskizze - Frohnleiten Fro, Alfred Hanser BM BFZ Villach, 2022, Villach
- [27] Berg, Günter; Henker Horst: Weichen, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, 1978, Berlin
- [28] ÖBB-Infrastruktur AG: Planung und konstruktive Ausführung von Weichen, Kreuzungen und SAZ, RW 07.03.01, 2016, Wien
- [29] <https://www.openrailwaymap.org/>, entnommen am 28.07.2024
- [30] Dieter, Jussel: Vorlesungsskriptum Spurführung, 2023, Graz
- [31] https://www.vossloh.com/de/produkte-und-loesungen/produktfinder/produkt_11525.php, entnommen am 30.07.2024
- [32] Vossloh Cogifer SA: VCC Clamp Lock, Informationsblatt, Frankreich
- [33] <https://www.cdp-railsystems.com/de/produkte/wartungsarme-weichenverschluss>, entnommen am 30.07.2024
- [34] https://www-rynek--kolejowy-pl.translate.google.com/wiadomosci/zamkniecie-sphero-lock-na-sieci-kolejowej-pkp-plk--technika-historia-terazniejszosc-81676.html?x_tr_sl=auto&x_tr_tl=de&x_tr_hl=de, entnommen am 30.07.2024

- [35] <https://www.voestalpine.com/railway-systems/de/produkte/spherolock-classic-verschlussystem/>, entnommen am 30.07.2024
- [36] <https://www.voestalpine.com/railway-systems/de/produkte/spherolock-ng-verschlussystem/>, entnommen am 30.07.2024
- [37] Siemens Mobility AG: Switchguard Klinkenverschluss CKA – Weichen für die Zukunft, Broschüre, 2022, Schweiz
- [38] ÖBB-Infrastruktur AG: VzG-Fahrplanunterlage (Streckennummern), 2023, Wien
- [39] Holger, Koriath; Alexander, Kuckelberg: Bestimmung der Betriebswichtigkeit von Infrastrukturelementen, Der Eisenbahningenieur, Dezember 2016
- [40] Thomas, Landskron: Vorausschauende Instandhaltung von Bahninfrastrukturanlagen, Der Nahverkehr, Mai 2020
- [41] Susanne, Lange; Holger, Koriath; Thomas, Hempe: RAM Weiche - ein verfügbarkeitsorientierter Ansatz, Eisenbahn Ingenieur Kompendium, Jänner 2018
- [42] Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie: Zielnetz 2040 Das Bahnnetz der Zukunft – Fachentwurf, 2024, Wien
- [43] ÖBB-Infrastruktur AG: Rangeinteilung der Strecken nach oberbautechnischen Gesichtspunkten, 2023

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
ASC	Anlagen Service Center
BE	Betrieb
BWK	Betriebswichtigkeitsklassen
DB-Netz	Deutsche Bahn Netz
EisbG	Eisenbahngesetz
FW	Fahrweg
GV	Güter Verkehr
HB	Bewegliches Herzstück
IH	Instandhaltung
LCC	(engl.: Life Cycle Cost) Lebenszykluskosten
LuKS	Leistungsuntersuchung von Knoten und Strecke
LS	Leitungs- und Signaltechnik
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PFV	Personen Fern Verkehr
PV	Personen Verkehr
RAM	(engl.: Reliability, Availability, Maintainability) Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit
SAE	Streckenmanagement und Anlagenentwicklung
VAE AG	Voestalpine Aktiengesellschaft
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten
ZV	Zungenvorrichtung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Fahrtenbild einer einfachen Weiche [2]	11
Abbildung 2 Fahrtenbild einer Innenbogenweiche [2]	12
Abbildung 3 Fahrtenbild einer Außenbogenweiche [2]	12
Abbildung 4 Gerade Kreuzung [30]	13
Abbildung 5 Weiche mit Doppelgestänge (rechts) [2]	14
Abbildung 6 Hydrostar Stellsystem [24]	15
Abbildung 7 Hydrolink Kräfteübertragungssystem [25]	15
Abbildung 8 VCC-Klammerverschluss [32]	16
Abbildung 9 Wartungsarmer Weichenverschluss [33]	17
Abbildung 10 Sherolock-Classic [35]	17
Abbildung 11 In eine Weiche installierter Klinkenverschluss [37]	18
Abbildung 12 SAE Region Süd 1 (Rot schraffiert) [9]	19
Abbildung 13 Anzahl Störungen in Abhängigkeit der Belastung in Region Süd 1	29
Abbildung 14 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Nutzungsdauer	32
Abbildung 15 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf das Weichenalter	33
Abbildung 16 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Streckenbelastung in to pro Tag	37
Abbildung 17 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Belastung in to pro Tag	38
Abbildung 18 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Streckenkapazitätsauslastung 2025+	40
Abbildung 19 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Streckenränge	41
Abbildung 20 Anzahl Weichen je Gleisrang in Bezug auf die Belastungsklassen	42
Abbildung 21 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Umstellungen pro Jahr	44
Abbildung 22 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf den Abzweigradius in Meter	46
Abbildung 23 Überblick Kapazitätsauslastung mit Infrastrukturbestand 2010 und Verkehrsprognose 2025+ [17]	48
Abbildung 24 Bewertungsschema mit Strecken- und Einwirkungstypen	49
Abbildung 25 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf die Belastung in to pro Tag je Weichengeometrie	51
Abbildung 26 Anteil der vorhandenen Weichen in Prozent je Belastung von EW und ABW	52
Abbildung 27 Anteil der vorhandenen Weichen in Prozent je Belastung von IBW	52
Abbildung 28 Störungshäufigkeit von Weichen in % in Bezug auf den Verschlusstyp	54
Abbildung 29 Überblick Bewertungsschema	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Rangeinteilung der Strecken (Streckenrang) [7]	21
Tabelle 2 Eskalationsstufen A bis E [21]	25
Tabelle 3 Anzahl vorhandener Weichen nach Weichenbauart in Region Süd 1 in Betrieb	31
Tabelle 4 Einteilung der Strecke in die Streckentypen	42
Tabelle 5 Einteilung der Weichen in die Einwirkungstypen	45
Tabelle 6 Störungsminuten Einträge je nach Regionsabschnitt in Region Süd 1	47
Tabelle 7 Priorisierung des Bewertungsschemas	56
Tabelle 8 Prioritätsreihung des Bewertungsschemas	58
Tabelle 9 Farbcode zur grafischen Darstellung der Prioritätsreihung	58
Tabelle 10 Region Süd 1, Beurteilung der Strecke, Streckentyp	59
Tabelle 11 Region Süd 1, Beurteilung der Strecke, Gleisrang	60
Tabelle 12 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp I	60
Tabelle 13 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp II	60
Tabelle 14 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp III ...	61
Tabelle 15 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Einwirkungstypen, Streckentyp I-III.	61
Tabelle 16 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Abzweigradius, Streckentyp I-III	61
Tabelle 17 Region Süd 1, Beurteilung der Weiche, Kapazitätsauslastung, Streckentyp I-III	62
Tabelle 18 Region Süd 1, Priorisierung, Streckentyp I	62
Tabelle 19 Region Süd 1, Priorisierung, Streckentyp II	62
Tabelle 20 Region Süd 1, Priorisierung, Streckentyp III	62
Tabelle 21 Pernegg, Beurteilung der Strecke	64
Tabelle 22 Pernegg, Technische Beurteilung der Weichen	64
Tabelle 23 Pernegg, Priorisierung	65
Tabelle 24 Pernegg, Priorisierung, Umfahrbarkeit	65
Tabelle 25 Frohnleiten, Beurteilung der Strecke	66
Tabelle 26 Frohnleiten, Technische Beurteilung der Weichen	66
Tabelle 27 Frohnleiten, Priorisierung	67
Tabelle 28 Frohnleiten, Priorisierung, Umfahrbarkeit	67
Tabelle 29 Spielfeld-Straß, Beurteilung der Strecke	68
Tabelle 30 Spielfeld-Straß, Technische Beurteilung der Weichen	69
Tabelle 31 Spielfeld-Straß, Priorisierung	69
Tabelle 32 Spielfeld-Straß, Priorisierung, Umfahrbarkeit	69
Tabelle 33 Peggau Deutschfeistritz, Beurteilung der Strecke	71
Tabelle 34 Peggau Deutschfeistritz, Technische Beurteilung der Weichen	72
Tabelle 35 Peggau Deutschfeistritz, Priorisierung	72
Tabelle 36 Peggau Deutschfeistritz, Priorisierung, Umfahrbarkeit	72

Anhang A

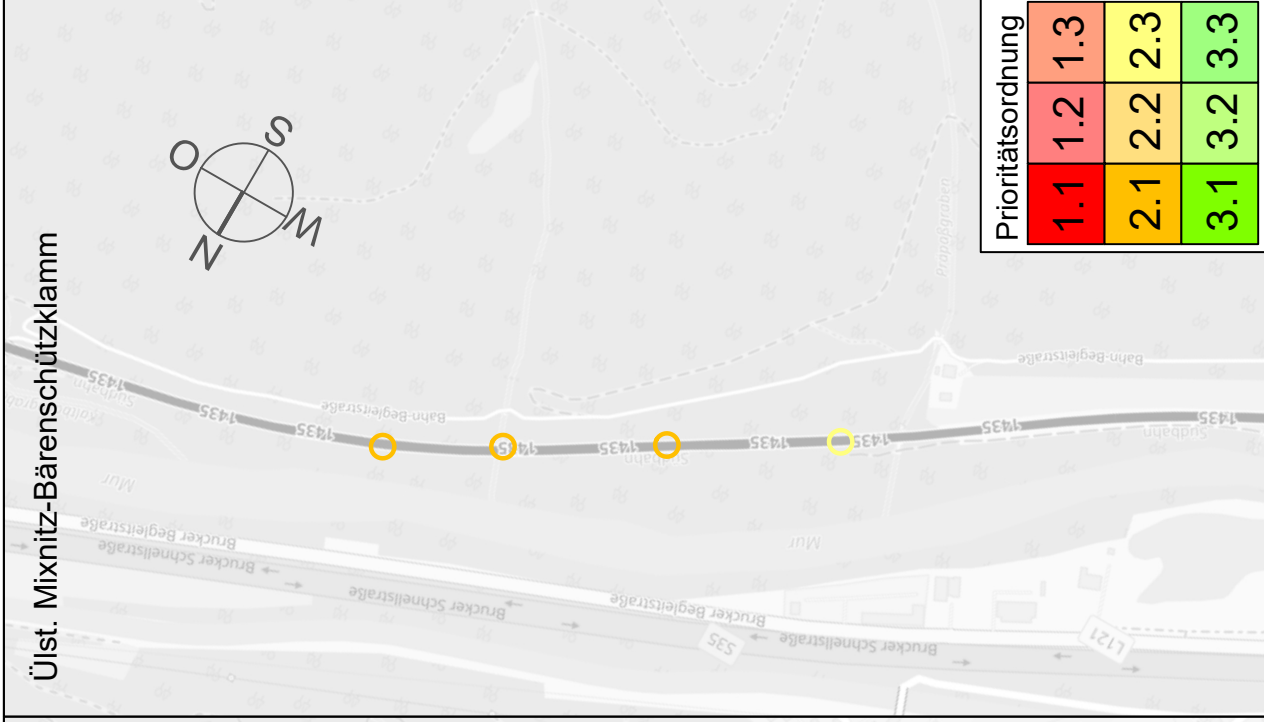
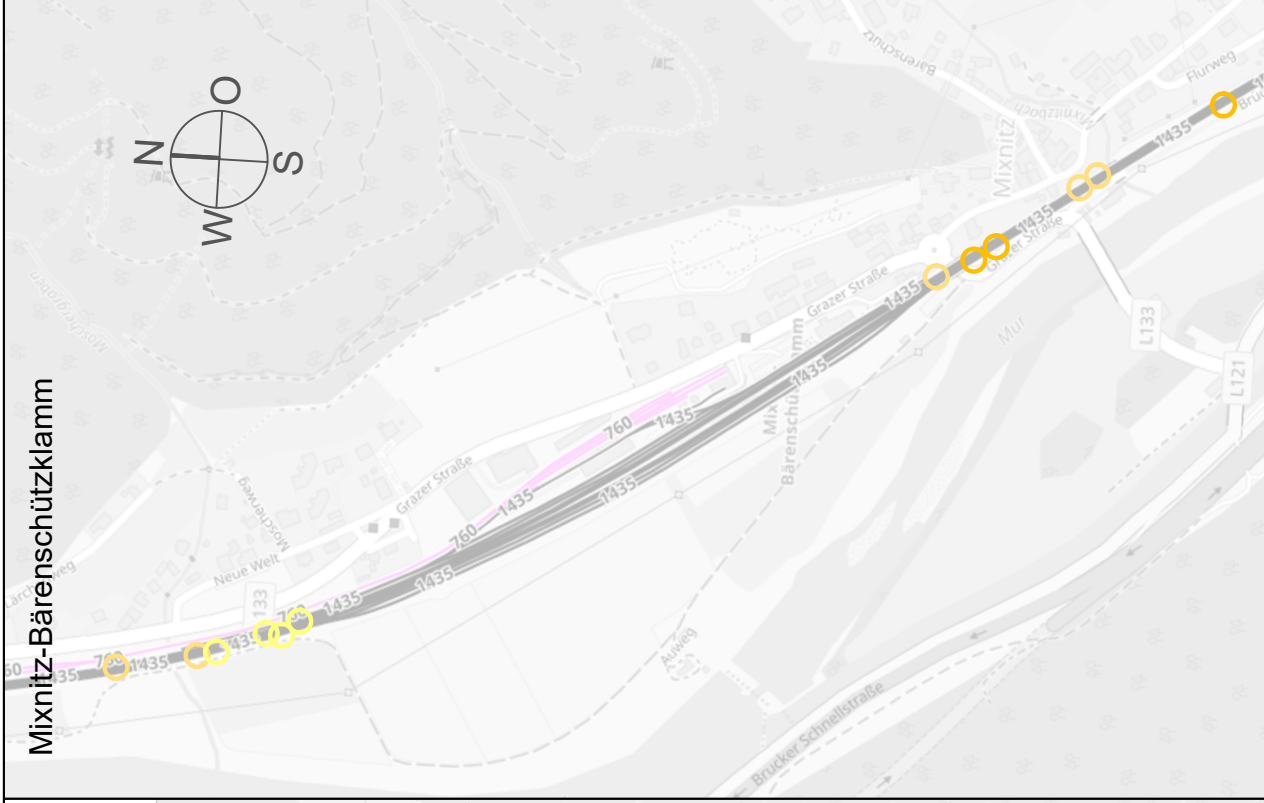


Prioritätsordnung			
1.1	1.2	1.3	
2.1	2.2	2.3	
3.1	3.2	3.3	

Betriebsstelle	Frohnleiten, Peggau-Deutschfeistritz		
	Anwendung des Bewertungsschemas - Streckentyp I		
	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung		



	Betriebsstelle	Kapfenberg
	Darstellung	Anwendung des Bewertungsschemas - Streckentyp I
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung



Prioritätsordnung			
1.1	1.2	1.3	
2.1	2.2	2.3	
3.1	3.2	3.3	

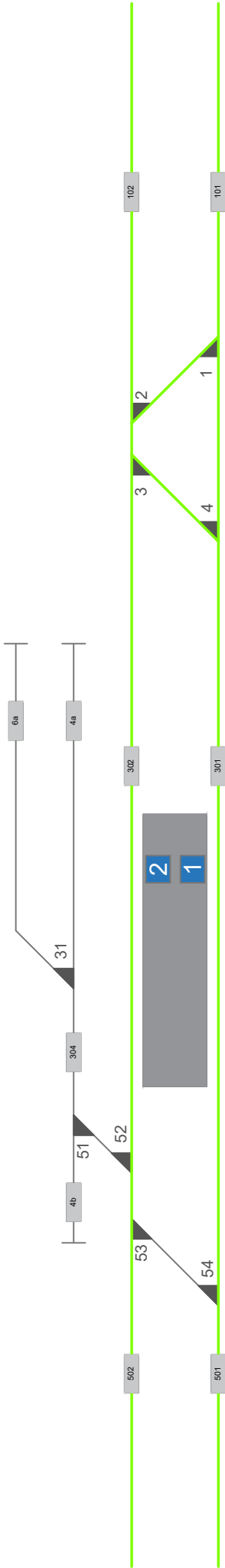
Betriebsstelle	Pernegg, Mixnitz-Bärenschützklamm, Üst. Mixnitz-BK
Darstellung	Anwendung des Bewertungsschemas - Streckentyp I
Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

Anhang B1

← Mixnitz-Bärenschützklamm

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Bruck an der Mur

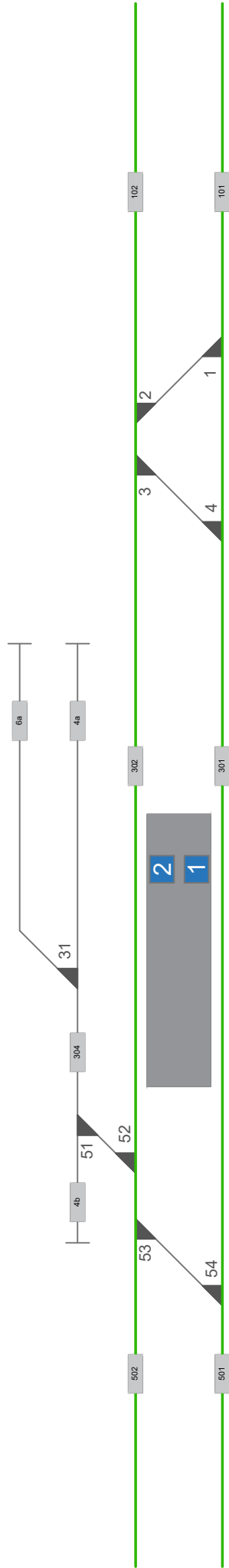


Daten aus Lageskizze_Pernegg_Pn von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 12.12.2021	Betriebsstelle		Pernegg (Pn)
	Darstellung		Winterdienststufe D
	Maßstab		Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

← Mixnitz-Bärenschützklamm

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Bruck an der Mur

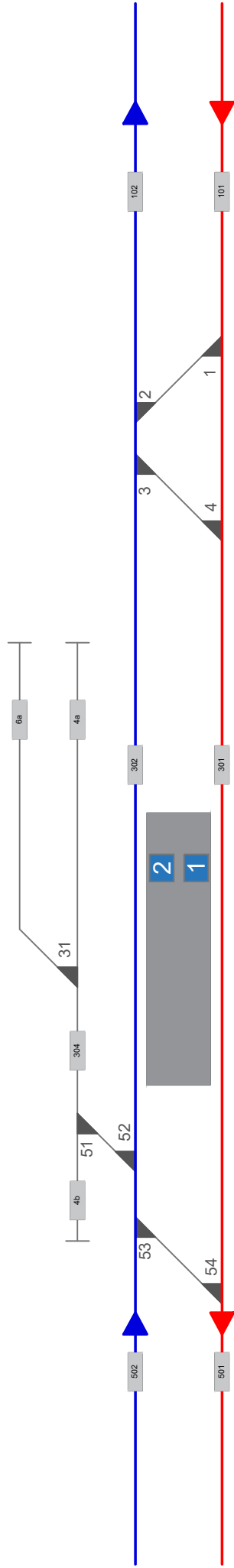


Daten aus Lageskizze_Pernegg_Pn von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 12.12.2021	Betriebsstelle		Pernegg (Pn)
	Darstellung		Winterdienststufe E
	Maßstab		Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

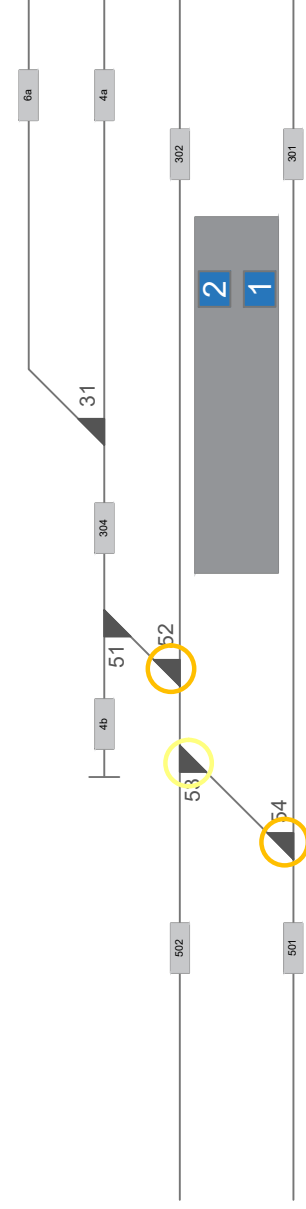
← Mixnitz-Bärenschützklamm

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Bruck an der Mur



Daten aus Lageskizze_Pernegg_Pn von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 12.12.2021	Betriebsstelle		Pernegg (Pn)
	Darstellung		Notfahrprogramm
	Maßstab		Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung



Prioritätsordnung	1.1	1.2	1.3
	2.1	2.2	2.3
	3.1	3.2	3.3

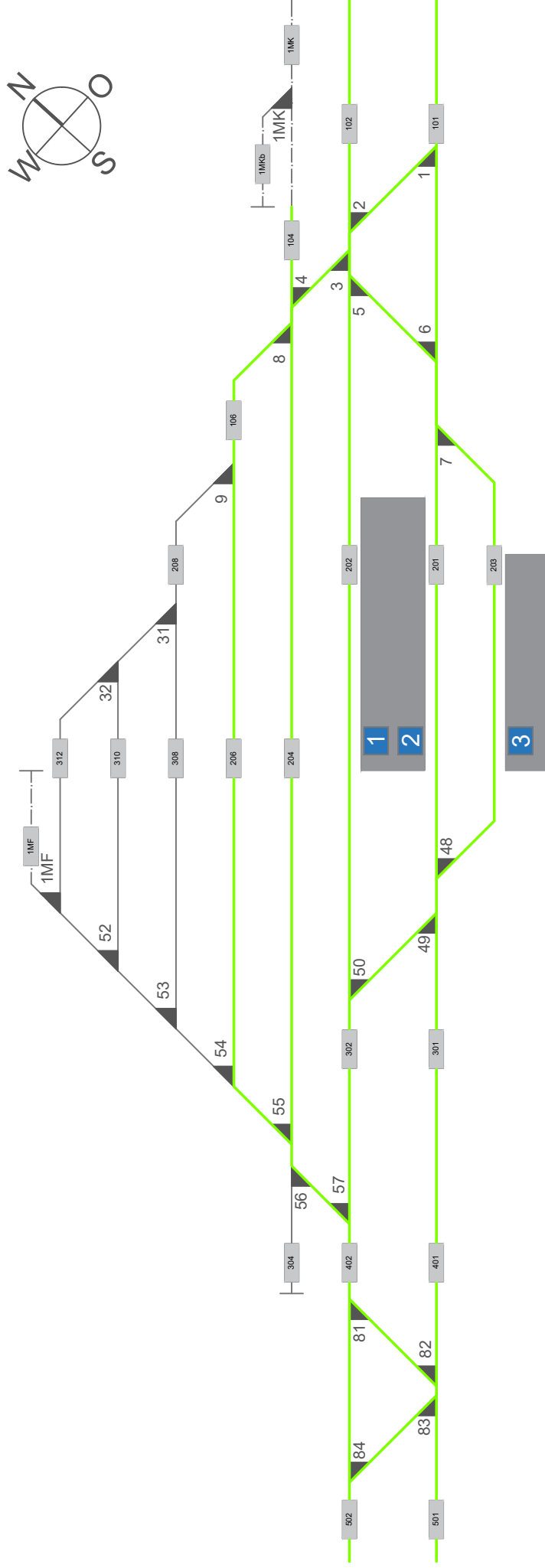
Daten aus Lageskizze_Pernegg_Pn von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 12.12.2021	<table border="1"> <tr> <td>Betriebsstelle</td> <td>Pernegg (Pn)</td> </tr> <tr> <td>Darstellung</td> <td>Bewertungsschema mit Umfahrbarkeit</td> </tr> <tr> <td>Maßstab</td> <td>Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung</td> </tr> </table>	Betriebsstelle	Pernegg (Pn)	Darstellung	Bewertungsschema mit Umfahrbarkeit	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung
Betriebsstelle	Pernegg (Pn)						
Darstellung	Bewertungsschema mit Umfahrbarkeit						
Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung						

Anhang B2

← Peggau - Deutschfeistritz

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Mixnitz-Bärenschützklamm

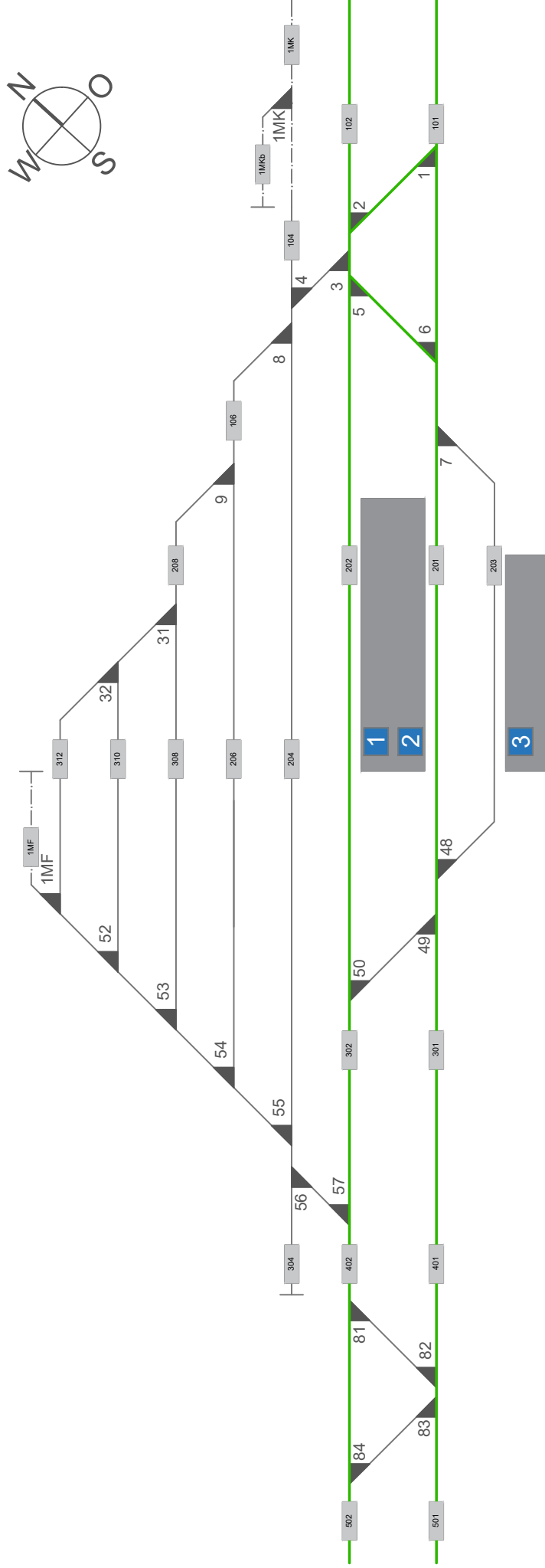


Daten aus Lageskizze_Frohnleiten_Fro von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 11.12.2022	Betriebsstelle		Frohnleiten (Fro)	
	Darstellung		Winterdienststufe D	
	Maßstab		Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung	

← Peggau - Deutschfeistritz

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Mixnitz-Bärenschützklamm



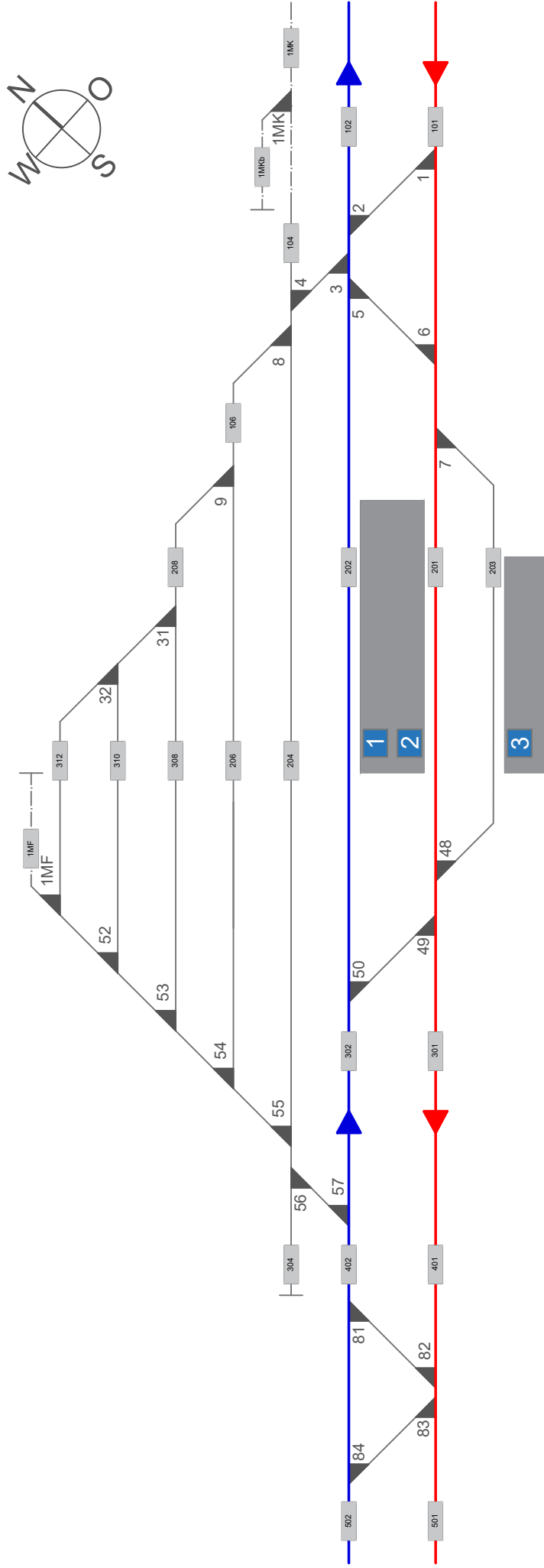
Daten aus Lageskizze_Frohnleiten_Fro
von Alfred Hanser, BM BFZ Villach
Gültig ab 11.12.2022

Betriebsstelle	Frohnleiten (Fro)
Darstellung	Winterdienststufe E
Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

← Peggau - Deutschfeistritz

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Mixnitz-Bärenschützklamm

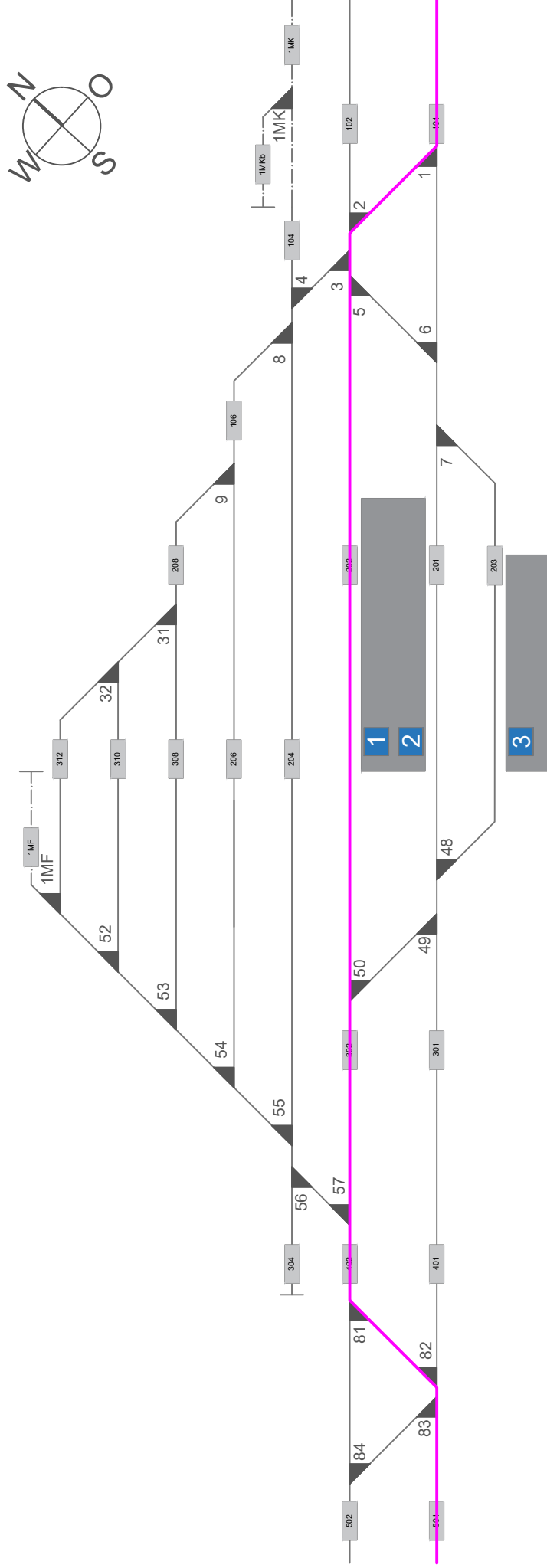


Daten aus Lageskizze_Frohnleiten_Fro von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 11.12.2022	Betriebsstelle	Frohnleiten (Fro)
	Darstellung	Notfahrprogramm
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

← Peggau - Deutschfeistritz

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Mixnitz-Bärenschützklamm

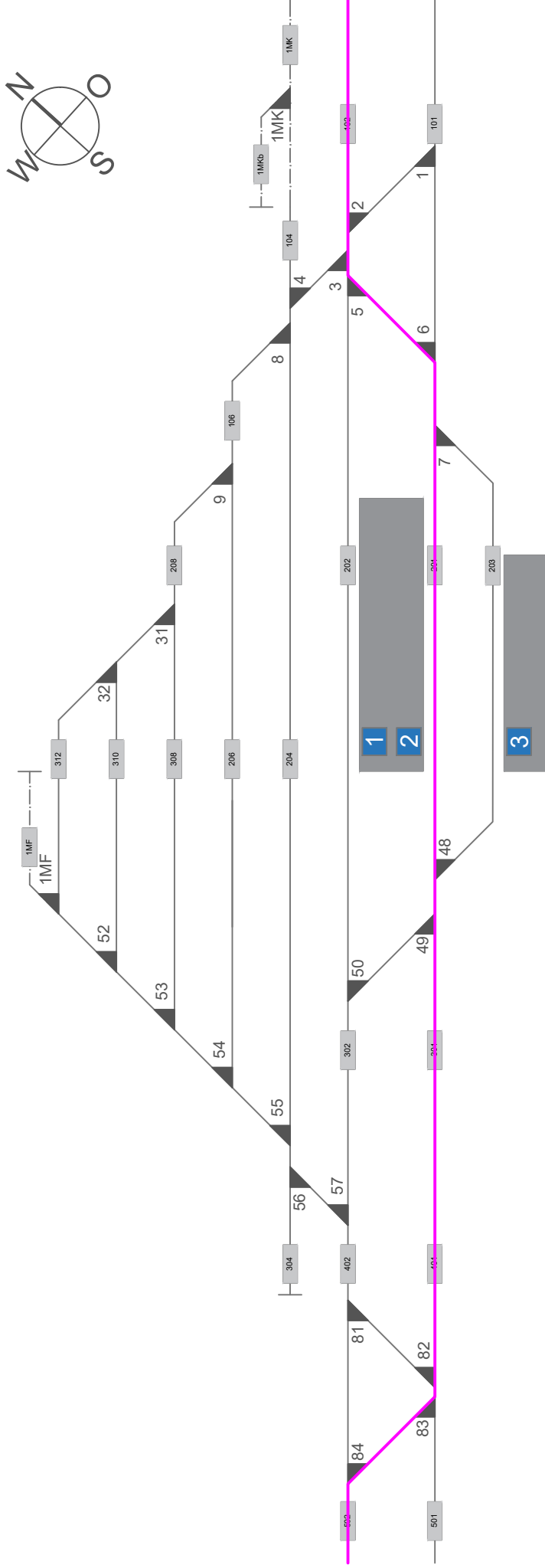


Daten aus Lageskizze_Frohnleiten_Fro von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 11.12.2022	Betriebsstelle	Frohnleiten (Fro)
	Darstellung	Umfahrung W6, W7, W48, W49
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

← Peggau - Deutschfeistritz

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

→ Mixnitz-Bärenschützklamm

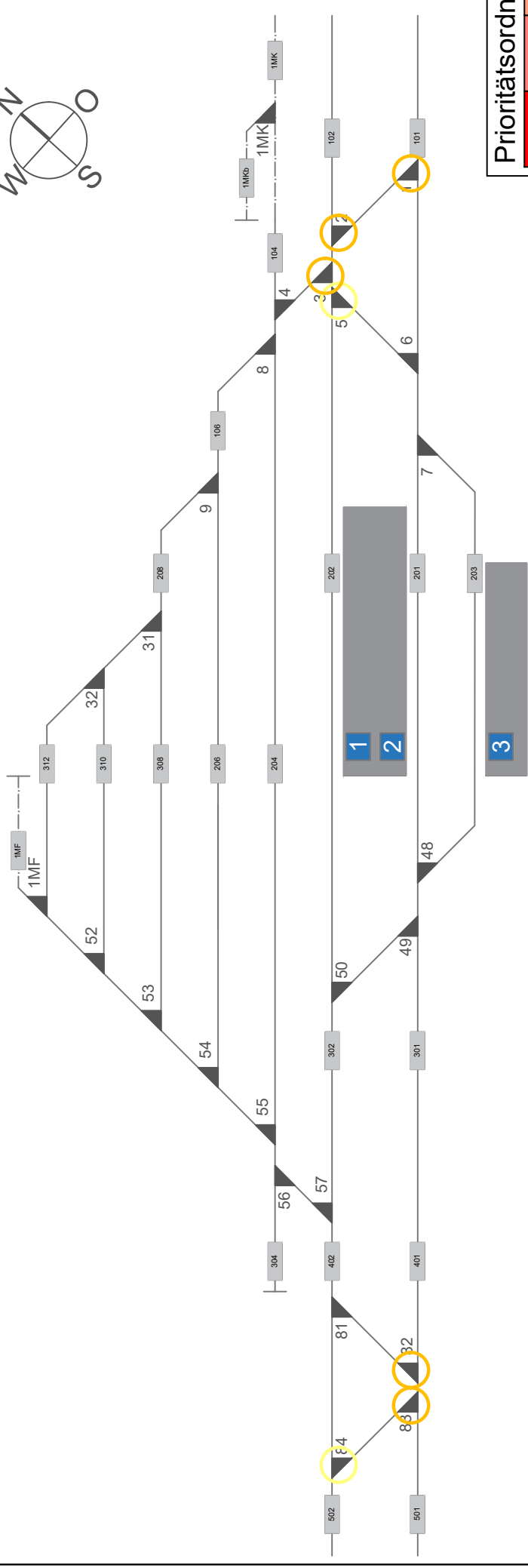


Daten aus Lageskizze_Frohnleiten_Fro von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 11.12.2022	Betriebsstelle	Frohnleiten (Fro)
	Darstellung	Umfahrung W50, W57, W81
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

← Peggau - Deutschfeistritz

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

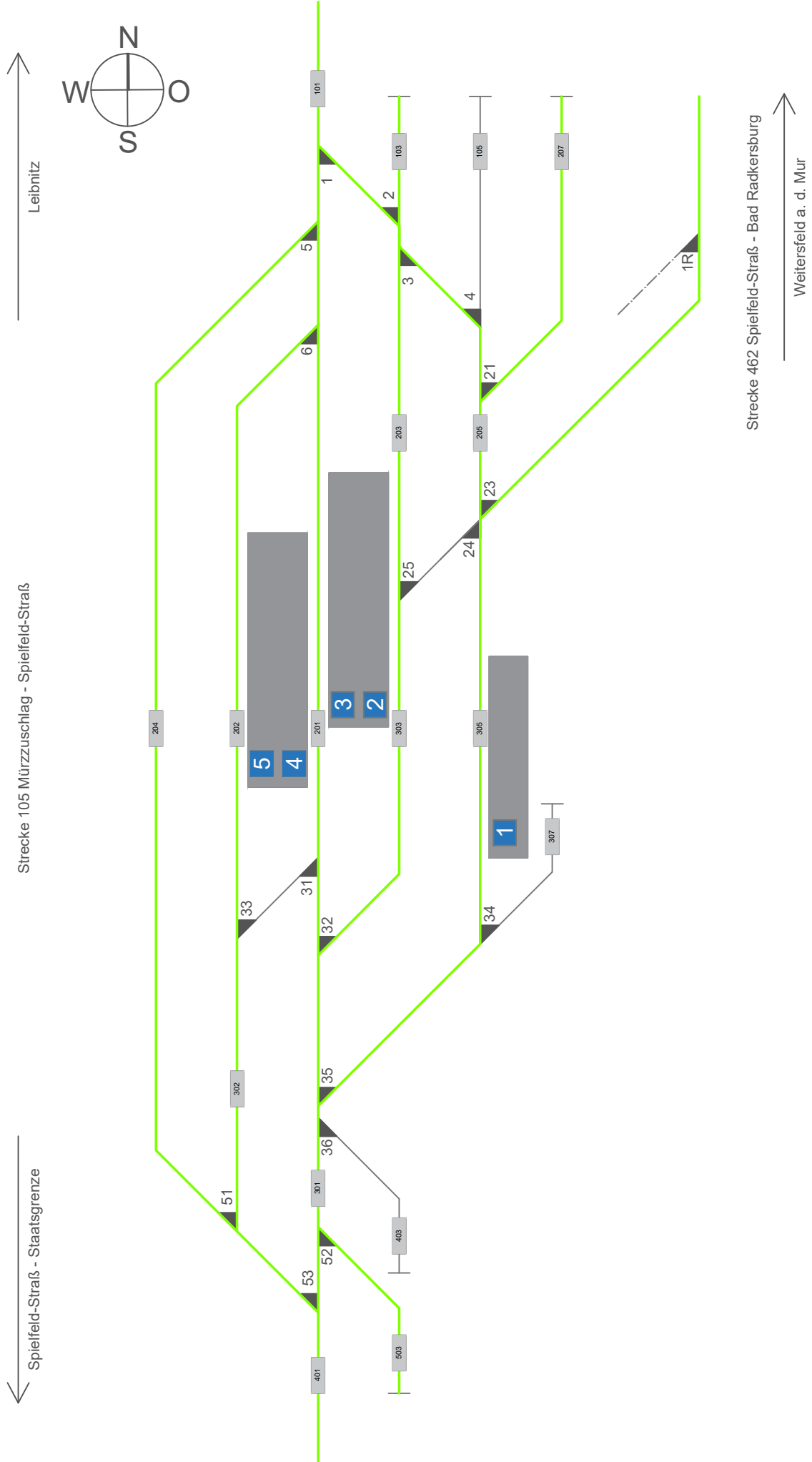
→ Mixnitz-Bärenschützklamm



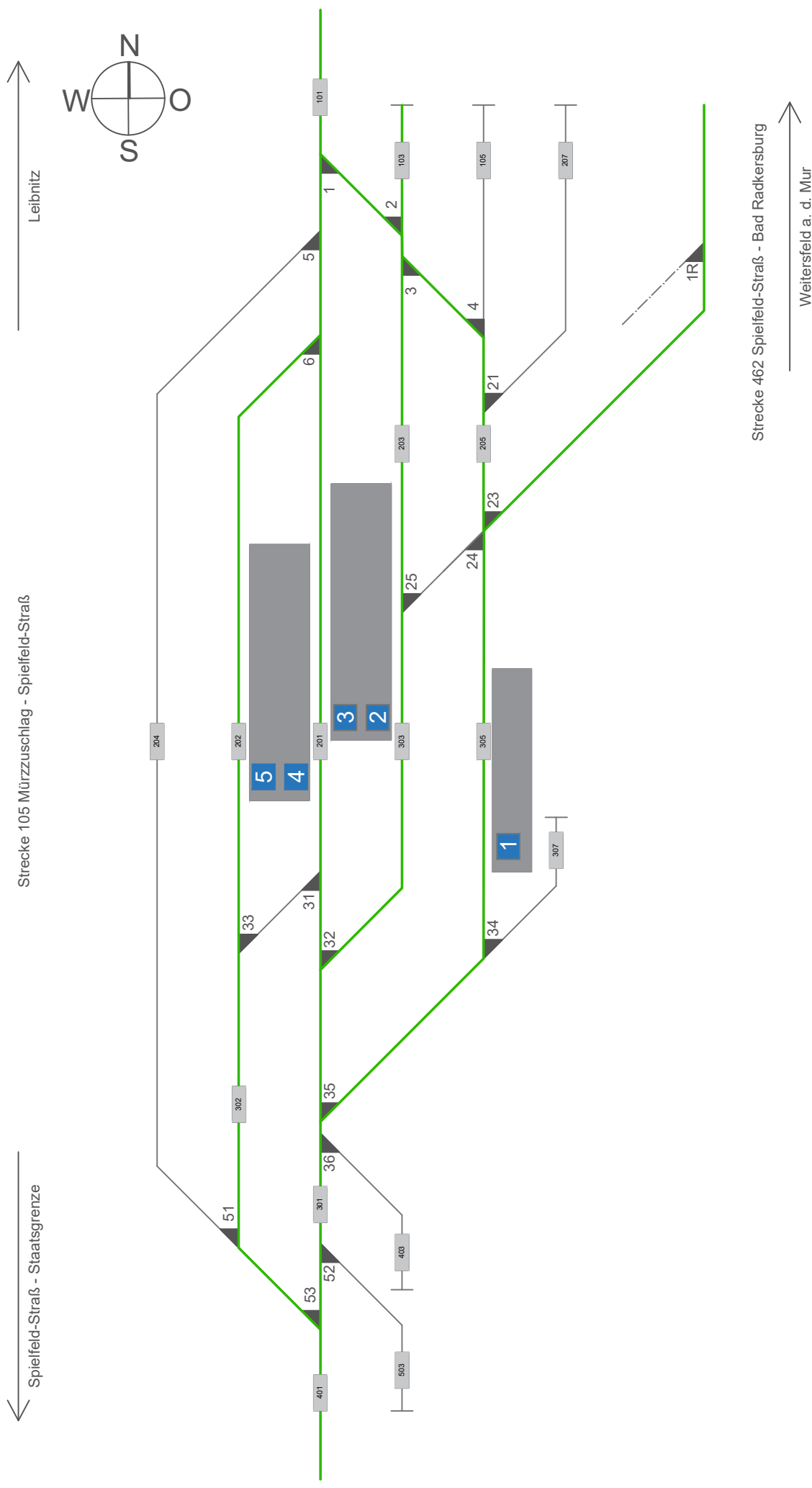
Prioritätsordnung			
1.1	1.2	1.3	
2.1	2.2	2.3	
3.1	3.2	3.3	

Daten aus Lageskizze_Frohnleiten_Fro von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 11.12.2022	Betriebsstelle	Frohnleiten (Fro)	
	Darstellung	Bewertungsschema mit Umfahrbarkeit	
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung	

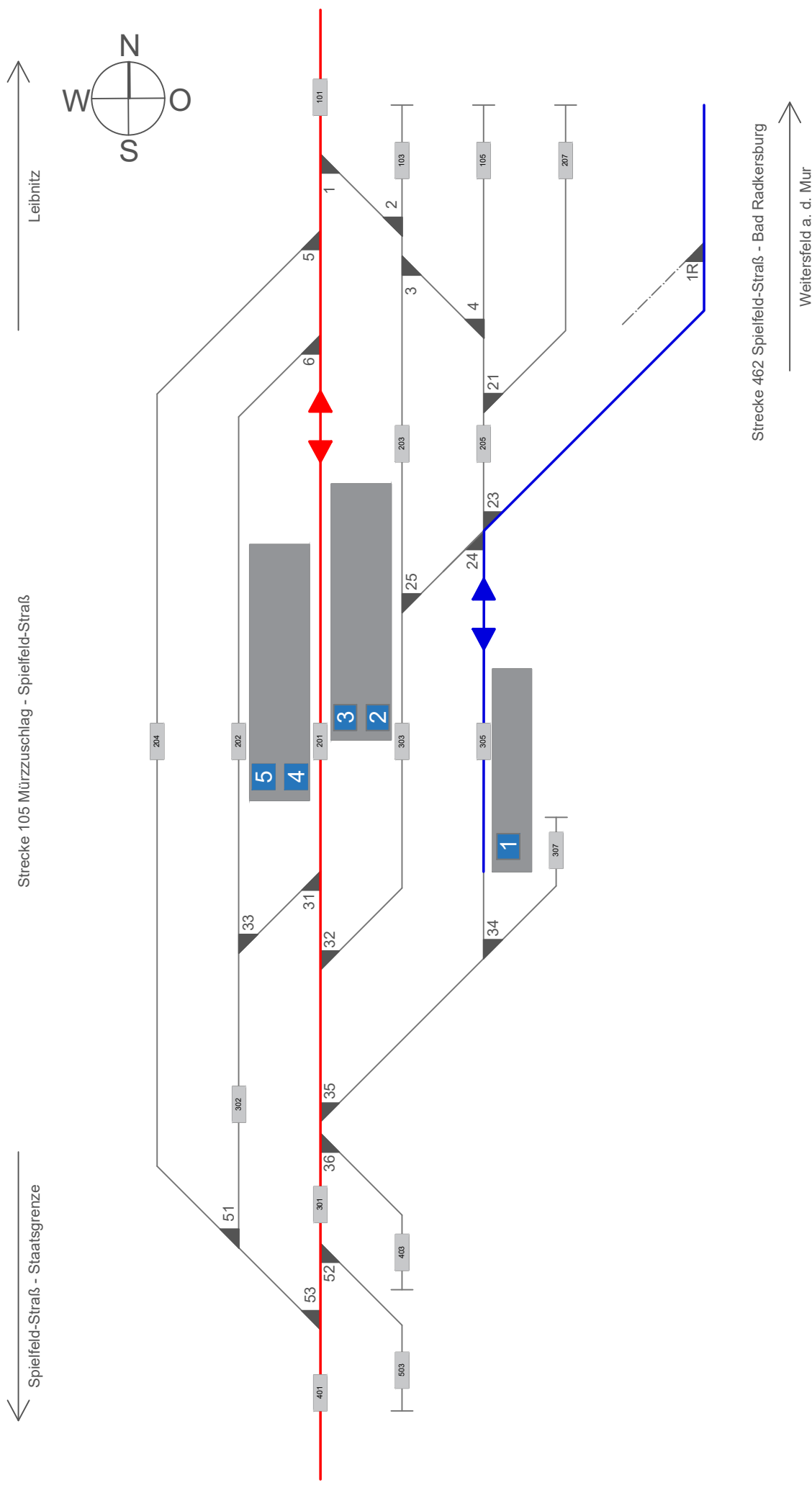
Anhang B3



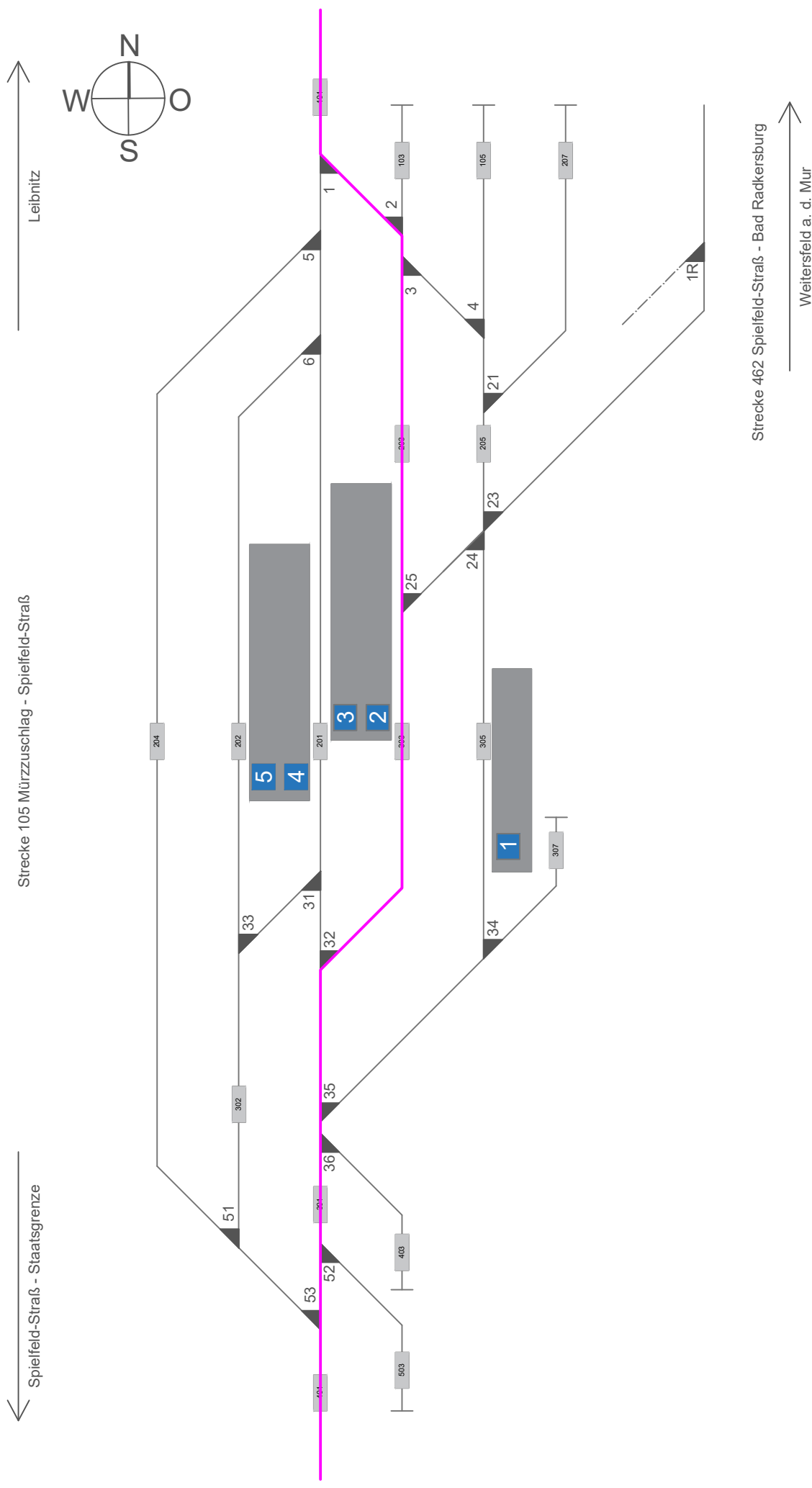
Daten aus Lageskizze_Spielfeld_Straß_Sd von Josef Trink, BE Region Süd, BM Graz Süd Gültig ab 11.06.2023	Betriebsstelle	Spielfeld-Straß (Sd)
	Darstellung	Winterdienststufe D
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung



Daten aus Lageskizze_Spielfeld_Straß_Sd von Josef Trink, BE Region Süd, BM Graz Süd Gültig ab 11.06.2023	Betriebsstelle	Spießfeld-Straß (Sd)
	Darstellung	Winterdienststufe E
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung



Daten aus Lageskizze_Spielfeld_Straß_Sd von Josef Trink, BE Region Süd, BM Graz Süd Gültig ab 11.06.2023	Betriebsstelle	Spielfeld-Straß (Sd)
	Darstellung	Notfahrprogramm
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

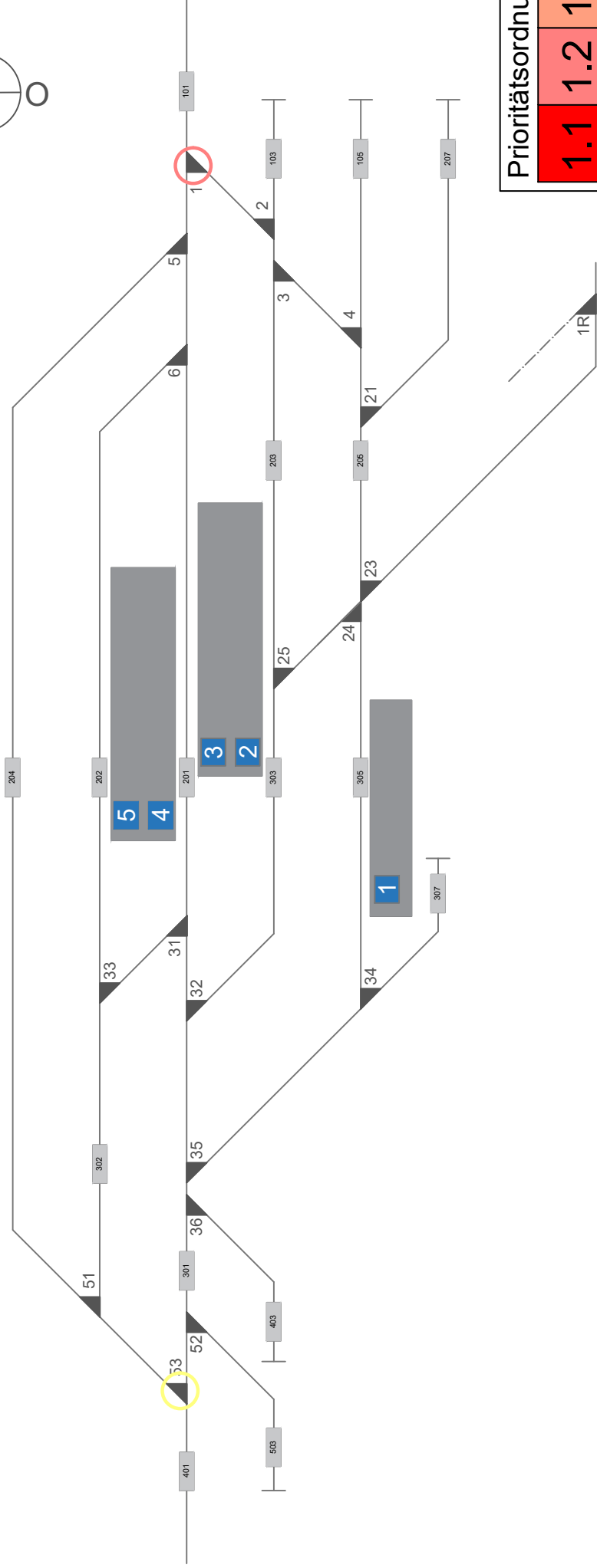
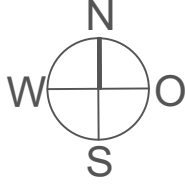


Daten aus Lageskizze_Spielfeld_Straß_Sd von Josef Trink, BE Region Süd, BM Graz Süd Gültig ab 11.06.2023	Betriebsstelle	Spielfeld-Straß (Sd)
	Darstellung	Umfahrung W5, W6, W51
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

← Spielfeld-Straß - Staatsgrenze

Strecke 105 Mürzzuschlag - Spielfeld-Straß

→ Leibnitz



Strecke 462 Spielfeld-Straß - Bad Radkersburg

→ Weisersfeld a. d. Mur

Prioritätsordnung		
1.1	1.2	1.3
2.1	2.2	2.3
3.1	3.2	3.3

Daten aus Lageskizze_Spielfeld_Straß_Sd von Josef Trink, BE Region Süd, BM Graz Süd Gültig ab 11.06.2023	Betriebsstelle	Spielfeld-Straß (Sd)
	Darstellung	Bewertungsschema mit Umfahrbarkeit
	Maßstab	Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

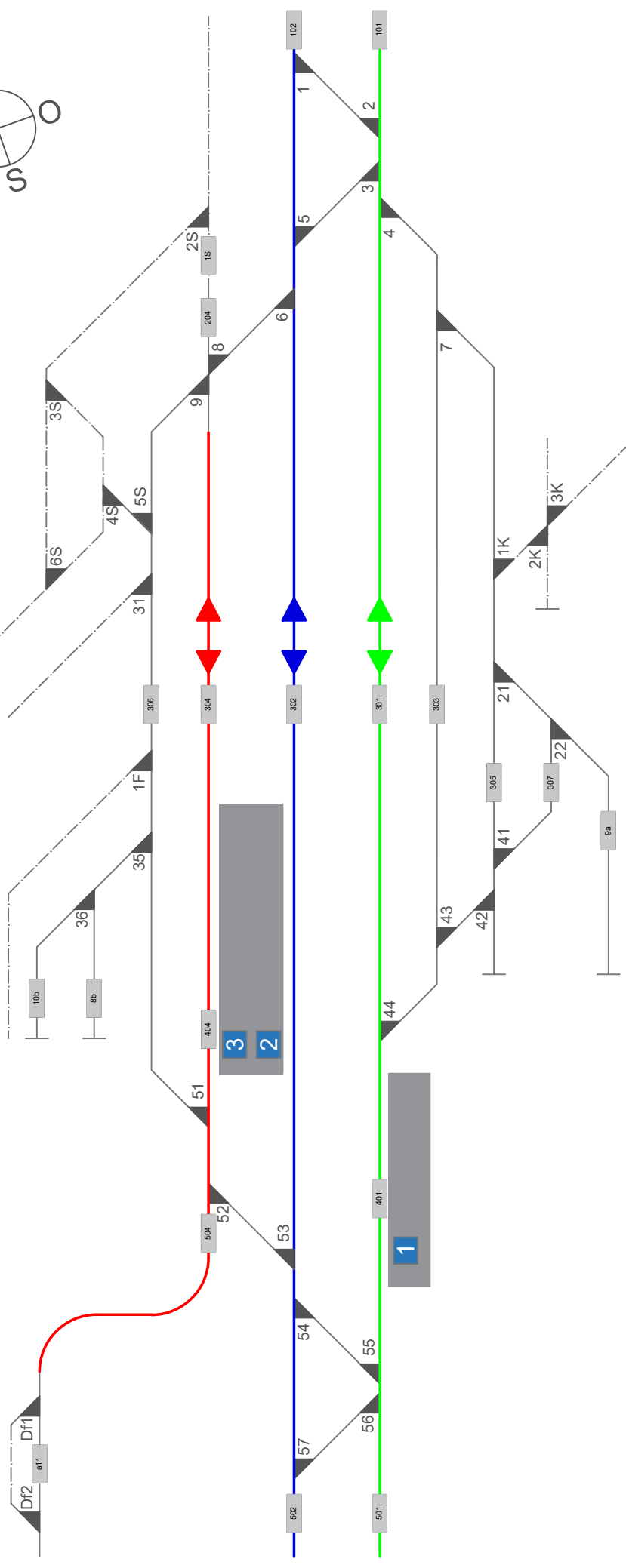
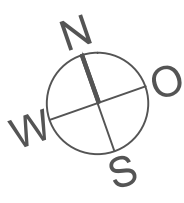
Anhang B4

← Gratwein Gratkorn

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentijl)

→ Frohnleiten

Steiermärkische Landesbahn Peggau Deutschfeistritz - Übelbach



Daten aus Lageskizze_Peggau_Deutschfeistritz_Pg von Alfred Hanser, BM BFZ Villach Gültig ab 11.06.2023	Betriebsstelle		Peggau-Deutschfeistritz (Pg)
	Darstellung		Notfahrprogramm
	Maßstab		Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung



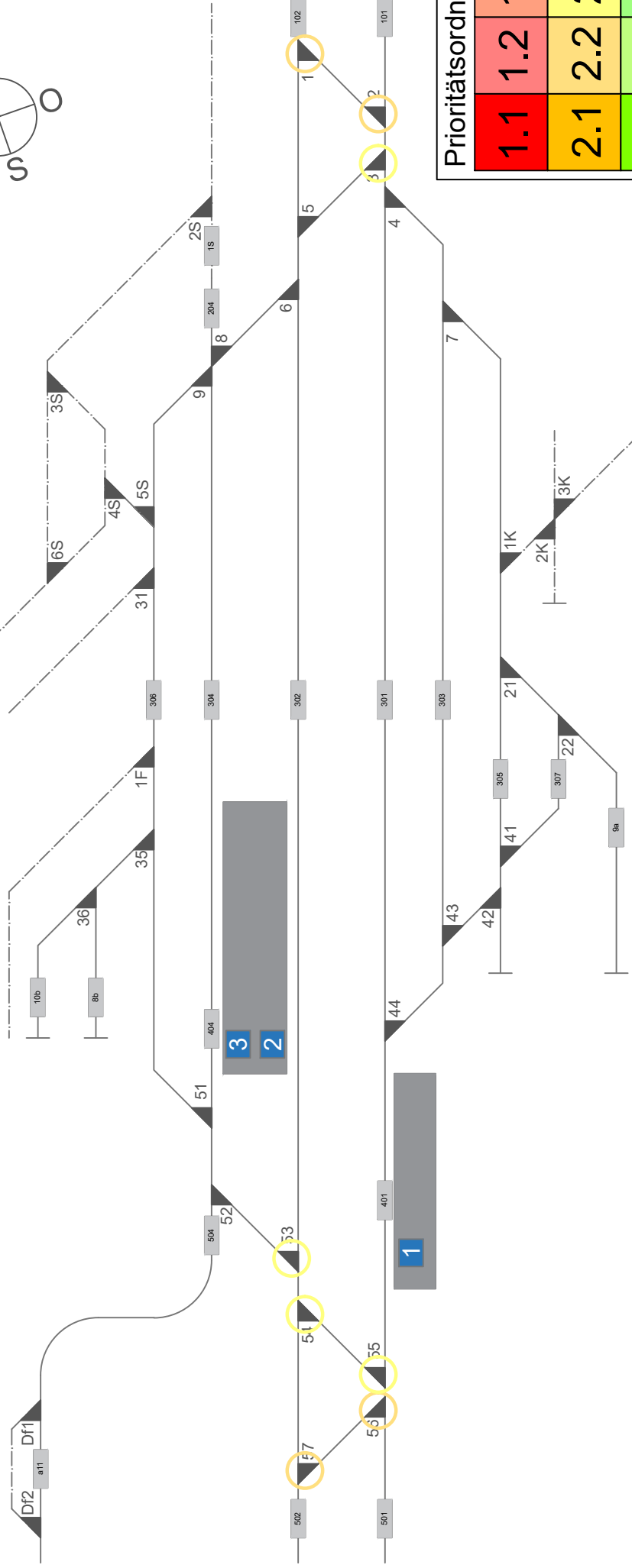
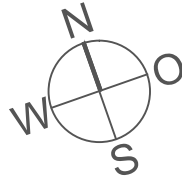
Gratwein Gratkorn



Frohnleiten

Strecke 10501 Wien Südbf - Staatsgrenze n. Spielfeld Strass - (Sentilj)

Steiermärkische Landesbahn Peggau Deutschfeistritz - Übelbach



Prioritätsordnung

1.1	1.2	1.3
2.1	2.2	2.3
3.1	3.2	3.3

Daten aus Lageskizze_Peggau_Deutschfeistritz_Pg
von Alfred Hanser, BM BFZ Villach
Gültig ab 11.06.2023

Betriebsstelle
Darstellung
Maßstab

Peggau-Deutschfeistritz (Pg)
Bewertungsschema mit Umfahrbarkeit
Lageskizze - keine maßstäbliche Darstellung

WISSEN ▪ TECHNIK ▪ LEIDENSCHAFT



Institut für Eisenbahnwesen
und Verkehrswirtschaft
Technische Universität Graz
Rechbauerstrasse 12/II
8010 Graz
+43 316 873 6216
office.ebw@tugraz.at
▶ www.ebw.tugraz.at