



Eva Dittmer BSc

Grundlagenanalyse der Ausbauentcheidung von Weichen

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Umwelt und Verkehr

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn., Stefan Marschnig

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

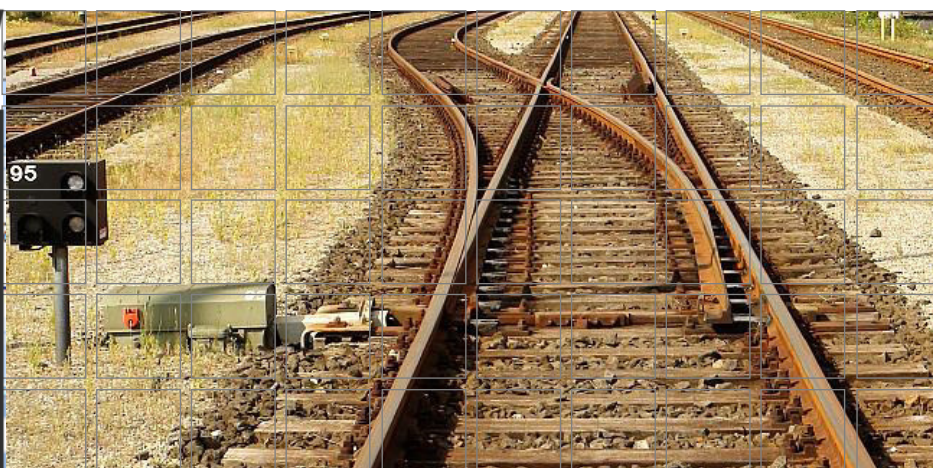
15.08.2018

Datum



Unterschrift

EBW



Grundlagenanalyse der Ausbauentcheidung von Weichen

Diplomarbeit

Abgabedatum 15.08.2018

Eva Dittmer
BSc.
1111214
dittmer@student.tugraz.at

Betreuer:
Stefan Marschnig
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
stefan.marschnig@tugraz.at



Kurzfassung

Die Ausbauentcheidung von Weichen basiert in der Praxis derzeit auf Inspektionen, unbelastet ermittelten Messwerten (Grenzwertüberschreitungen) und Erfahrungswerten. Das Wissen über die Nutzungsdauer begrenzenden Komponenten einer Weiche beeinflusst nicht nur die Entscheidung des Weichenausbaus sondern ermöglicht zudem eine gezieltere Instandhaltungsstrategie. Im Zuge dieser Arbeit wurden daher die Nutzungsdauer begrenzenden Komponenten einer einfachen Weiche im Hauptgleis des Kernnetzes aus Sicht der Praxis ermittelt.

Hierfür wurde eine Umfrage mittels Fragebögen sowohl national innerhalb der ÖBB mit Kompetenzträgern im Bereich Weichen als auch im internationalen Raum mit einer Auswahl von Fachexperten durchgeführt. Im Anschluss erfolgten Expertengespräche innerhalb der ÖBB, um die erhaltenen Ergebnisse zu ergänzen und näher zu erläutern.

Aus den Auswertungsergebnissen gehen für Weichen auf Holzschwellen der nicht mehr herstellbare Kraftschluss sowie die Holzschwellen im Zusammenhang mit dem Schwellenalter und -zustand als begrenzende Komponenten hervor. Dabei spielen die Materialeigenschaften der Holzschwellen eine entscheidende Rolle. Zur Verbesserung des Kraftschlusses hat sich daher die Schraublochanierung als kostengünstige Instandhaltungsmaßnahme zur Verlängerung der Nutzungsdauer etabliert. Wenn dieser auch durch Instandhaltungsmaßnahmen nicht mehr sichergestellt werden kann, ist ein Einzelschwellen- bzw. Schwellensatzwechsel erforderlich. Aufgrund der verhältnismäßig hohen Kosten dieser Instandhaltungsmaßnahme wird gegen Ende der Nutzungsdauer die Weichenneulage vorgezogen.^[11]

Der Trend geht aufgrund der steigenden Anforderungen des Eisenbahnbetriebes am Hauptgleis weg von Holzschwellen und hin zu schwereren, robusteren Oberbauformen auf Betonschwellen. Es kommt daher vermehrt zur Umrüstung des Weichenoberbaus.^[11]

Für Weichen auf Betonschwellen ist zusammenfassend festzuhalten, dass sich trotz geringer Erfahrungswerte im Weichenausbau die Schotterbettqualität bereits als Nutzungsdauer begrenzende Komponente erweist. Vor allem die Auswirkungen eines verschmutzten Schotterbettes auf die übrigen Weichenkomponenten sind dabei von entscheidender Relevanz. Laut den Kompetenzträgern gilt es daher der hohen Systemsteifigkeit entgegenzuwirken, weshalb bereits bevorzugt Betonschwellen mit Besohlung eingebaut werden.^[11]

Abstract

In praxis the decision of turnout renewals is currently based on inspections, unloaded measured values (limit value overruns) and long term experience. The knowledge about components limiting the service life of a turnout not only influences the renewal decision, but also enables a more targeted maintenance strategy. In this work the service life limiting components of a simple turnout in the main track of the core network are determined.

Therefore, a survey by using questionnaires was carried out, both nationally within the ÖBB, with specialists in the field of turnouts and in the international area with a selection of experts. Afterwards, expert discussions took place within the ÖBB in order to supplement and explain the obtained results.

From the evaluated results, the non-producible frictional connection of the rails and the sleepers as well as the wooden sleepers itself emerge as limiting components for the turnouts. The material properties of the sleepers play a crucial role in this. To improve the frictional connection, screwlock renewal has become established as a cost-effective maintenance measure for extending the service life. If the frictional connection can no longer be ensured by maintenance measures, the replacement of either a single or multiple sleepers is required. Towards the end of the service life, the renewal of the whole turnout is preferred over this maintenance measure, because of its relatively high cost.^[11]

Due to the increasing demands of railway operation on the main track, the trend is moving away from wooden sleepers and towards heavier, more robust superstructures on concrete sleepers. Therefore, the turnout superstructures are increasingly replaced.^[11]

For turnouts on concrete sleepers, it should be noted that despite low experience concerning turnout renewals, the ballast bed quality already proves to be a service life limiting component. In particular, the effects of a dirty ballast bed on the other turnout components play a decisive role. According to the experts in the field of turnouts, it is important to counteract the high system stiffness. That is the reason why concrete sleepers with elastic footing are already preferred.^[11]

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt Herrn Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig sowohl für die ausgezeichnete Betreuung der Masterarbeit als auch dafür, die Begeisterung für die Welt des Eisenbahnwesens in mir geweckt zu haben, welche mich schlussendlich zu dieser Arbeit inspiriert hat. Des Weiteren möchte ich meinen Dank an Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit für seinen fachlichen Rat im Zuge der Bearbeitung meiner Masterarbeit aussprechen.

Ein ebenso großer Dank gilt den Kompetenzträgern im Fachbereich Weichen. Ohne ihr aktives und interessiertes Mitwirken an der Umfrage sowie den Fachgesprächen wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Weiters möchte ich Herrn Dipl.-Ing. BSc Ing. Michael Fellingner für die fachliche Unterstützung und die motivierende Begleitung während der Masterarbeit danken.

Herzlich bedanken möchte ich mich ebenfalls bei meinem Freund Sebastian, der mich immer wieder ermutigt und mit nützlichen Tipps zu meiner Diplomarbeit beigetragen hat.

Mein besonderer Dank gilt abschließend meinen Eltern, Heidi und Edi, sowie meiner Schwester Lisa, für den tatkräftigen sowohl finanziellen als auch vor allem emotionalen Beistand während meiner gesamten Studienzzeit sowie für das in mich gesetzte Vertrauen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Der Weichenfahrweg	7
2.1	Die Weiche.....	7
2.1.1	Weichenfahrbahn	10
2.1.2	Schienenbefestigungen	14
2.1.3	Weichenschwellen	16
2.1.4	Weichenstellvorrichtungen.....	17
2.2	Schotterbett.....	18
2.3	Unterbau bzw. Untergrund	19
3	Instandhaltung.....	21
3.1	Instandsetzungsmaßnahmen von Weichen	21
3.2	Übergang von der Instandhaltung zum Weichenausbau	24
4	Nutzungsdauer.....	25
5	Ansatz zur Weichenausbauentcheidung über die Standardelemente des Anlagenmanagements.....	27
5.1	Definition von Standardelementen	27
5.2	Standardweiche.....	28
5.3	Arbeitszyklus der Standardelemente	30
5.4	Betrachtung der Standardweichen hinsichtlich des Weichenausbaus	31
5.4.1	Standardweiche auf Holzschwellen	31
5.4.2	Standardweichen auf Betonschwellen.....	33
6	Von der Theorie zur Praxis.....	35
7	Die Fragebögen.....	36
7.1	Fragebogen – Aufbau	36
8	Auswertung der Umfrage.....	39
8.1	Auswertung der Umfrage - Weichen auf Holzschwellen	39
8.1.1	Oberkategorienauswertung - Holzschwellen	39
8.1.2	Unterkategorienauswertung - Holzschwellen	44
8.1.3	Auswertung des Weichenausbaus im Zuge von Großprojekten - Holzschwellen.....	47
8.2	Auswertung der Umfrage - Weichen auf Betonschwellen	49
8.2.1	Oberkategorienauswertung - Betonschwellen	49
8.2.2	Unterkategorienauswertung - Betonschwellen	54
8.2.3	Auswertung des Weichenausbaus im Zuge von Großprojekten - Betonschwellen.....	59
9	Vergleich der Umfrageergebnisse mit den Tendenzen der Standardweichen	61
9.1	Vergleich - Weichen auf Holzschwellen	61
9.2	Vergleich - Weichen auf Betonschwellen	62
10	Fazit	63
11	Ausblick	64
	Abbildungsverzeichnis	65
	Tabellenverzeichnis.....	67
	Literaturverzeichnis	68

1 Einleitung

Die Weiche stellt eine unerlässliche Komponente für die Netzbildung des Eisenbahnfahrwegs dar.^[9] Sie ermöglicht den Übergang des Schienenfahrzeugs von einem Gleis auf das andere, ohne dass eine Unterbrechung der Fahrt erforderlich ist.^[5] Hierauf ist die konstruktive Gestaltung der Weiche durch den Einsatz spezieller Weichenbestandteile wie der Weichenzunge und dem Herzstück ausgelegt. Bei der Überfahrt kommt es in bestimmten Bereichen der Weiche durch die erzwungene Richtungsänderung des Radsatzes sowie der Unterbrechung der Radsatzführung zu erhöhten dynamischen Beanspruchungen. Daher ist die Weiche höheren Kräfteinwirkungen als das Streckengleis ausgesetzt. Dies wird vor allem in den kürzeren Nutzungsdauern und dem vermehrten Instandhaltungsaufwand ersichtlich.^[9] Durch die hohen Kosten in Bezug auf die Investition und die Instandhaltung von Weichen ist die Entscheidung zum Weichenausbau wohl überlegt und geprüft zu treffen. Diese stellt einen entscheidenden Faktor in der Wirtschaftlichkeit des Lebenszyklus der Weiche dar.

Aufgrund der Komplexität des Systems Weiche unterliegt die Ausbauentcheidung einer Vielzahl von Faktoren. Einen theoretischen Ansatz des Anlagenmanagement stellt hierfür der Einsatz von Standardelementen dar. Diese werden zur Entwicklung netzweiter Fahrwegstrategien verwendet.^[5]

In der Praxis wird die Ausbauentcheidung in der Regel auf Basis von Inspektionen vor Ort, Messwerten und Grenzwertüberschreitungen sowie Erfahrungswerten getroffen. Im Zuge dieser Arbeit wurden jene Weichenkomponenten bestimmt, die aus Sicht der Praxis für die Ausbauentcheidung hauptverantwortlich sind. Dafür wurden eine wissenschaftliche Umfrage sowie persönliche Gespräche mit Kompetenzträgern durchgeführt.

In weiterer Folge wurden die Ergebnisse analysiert und auf Synergien mit den Tendenzen der Standardelemente zur Ausbauentcheidung untersucht. Die Kompetenzerweiterung durch das Wissen über die Nutzungsdauer begrenzenden Komponenten einer Weiche beeinflusst nicht nur die Ausbauentcheidung sondern ermöglicht auch eine gezieltere Instandhaltungsstrategie.

2 Der Weichenfahrweg

Zu Beginn wird auf den Aufbau des Weichenfahrweges eingegangen. Im Hinblick auf die Analyse der Weichenkomponenten beschränkt sich die nachfolgende Beschreibung der Fahrwegsteile auf einfache, gerade Weichen mit Holz- oder Betonschwellen auf Schotterbettlagerung im Hauptgleis des Kernnetzes.

In Abbildung 1 ist schematisch der Ober- und Unterbau einer Weiche auf Schotterbettlagerung dargestellt. Die Belastungen des Fahrweges werden vom Oberbau zunächst über die Weiche (Schienen, Befestigung, Schwellen) in das Schotterbett geleitet, welches die Last anschließend weiter bis in den Unterbau leitet und verteilt. Der Unterbau übernimmt die weitere Lastabtragung bis in den Untergrund.

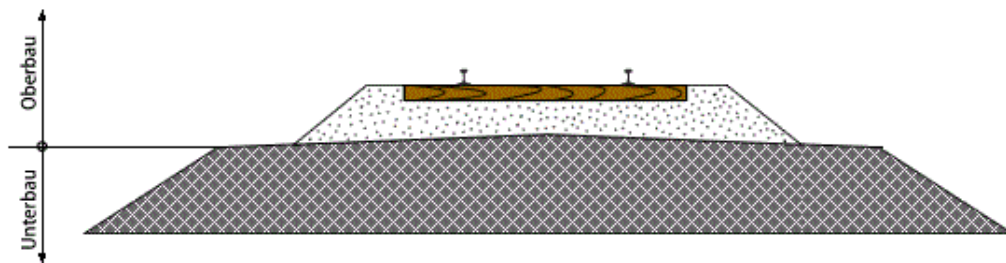


Abbildung 1 Querschnitt eines Gleiskörpers auf Schotterbett ^[15]

2.1 Die Weiche

Bei Weichen handelt es sich um Oberbaukonstruktionen, die es Schienenfahrzeugen erlauben, von einem Gleis auf ein anderes ohne Unterbrechung der Fahrt zu wechseln.^[5] Die Hauptbestandteile einer Weichenfahrbahn stellen dabei die Schienen mit ihren besonderen Elementen wie der Zungenschiene und dem Herzstück, die Schienenbefestigungen, die Weichenschwellen und die Weichenstellvorrichtungen dar. In Abbildung 2 ist eine einfache Weiche dargestellt.

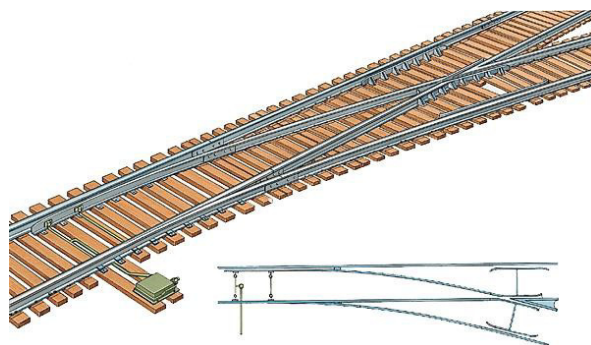


Abbildung 2 Einfache Weiche ^[16]

Der Weichenfahrweg

Einfache Weichen weisen ein gerades Stammgleis und ein gebogenes Zweiggleis auf. Der Anfang des Zweiggleisbogens, welcher zugleich den Weichenanfang (WA) bildet, ist als jener Punkt definiert, indem die Achse des Stammgleises als Tangente den Zweiggleisbogen berührt. Das Weichenende (WE) befindet sich an jener Stelle, an der eine Verbindungsschweißung bzw. Verlaschung durch einen ausreichend weiten Abstand der beiden Schienen hinter dem Herzstück möglich ist. Der Weichenwinkel wird zwischen der anliegenden Tangente des Zweiggleises am Bogenende und dem Stammgleis gemessen. Die Weichenneigung wird in weiterer Folge aus dem Tangens des Weichenwinkels gebildet.^[5]

Die Bezeichnung einer Weiche erfolgt wie anhand des in Abbildung 3 dargestellten Beispiels und wird in Tabelle 1 näher erläutert.

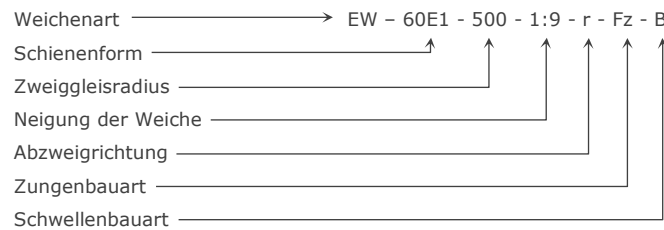


Abbildung 3 Weichenbezeichnung

Weichenbezeichnung	Bezeichnungsart	
Weichenart	gerade Weiche	EW einfache Weiche DW Doppelweiche
	Bogenweiche	ABW Außenbogenweiche IBW Innenbogenweiche
	sowie Kreuzung und Kreuzungsweiche	
Schienenform	49E1 54E2 61E1	
Zweiggleisradius	Radius [m]	
Neigung der Weiche	1:N	
Abzweigradius	L links R rechts	
Zungenbauart	GZ Gelenkszunge FZ Federzunge FSCH Federschienenzunge	
Schwellenbauart	H Holz B Beton ST Stahl FF Feste Fahrbahn	

Tabelle 1 Weichenbezeichnungstabelle

In Tabelle 1 sind die möglichen Bezeichnungen einer Weiche aufgelistet. Demnach bezieht sich die in Abbildung 3 angeführte Weichenbezeichnung auf eine einfache Weiche mit einem Schienenprofil 61E1 und einem Abzweigradius von 500m. Die Weichenneigung beträgt 1:9, wobei es sich um ein nach rechts abzweigendes Zweiggleis handelt. Die Zunge ist als Federzunge ausgeführt und die Lagerung der Weiche erfolgt auf Betonschwellen. Zusätzlich zu der angegebenen Weichenbezeichnung wäre es möglich, zusätzlich noch Informationen zur Bauart oder etwaiger Zusatzausstattung anzuführen.

Bezüglich ihrer Hauptbestandteile lässt sich eine einfache Weiche in das in Abbildung 4 dargestellte Organigramm unterteilen.

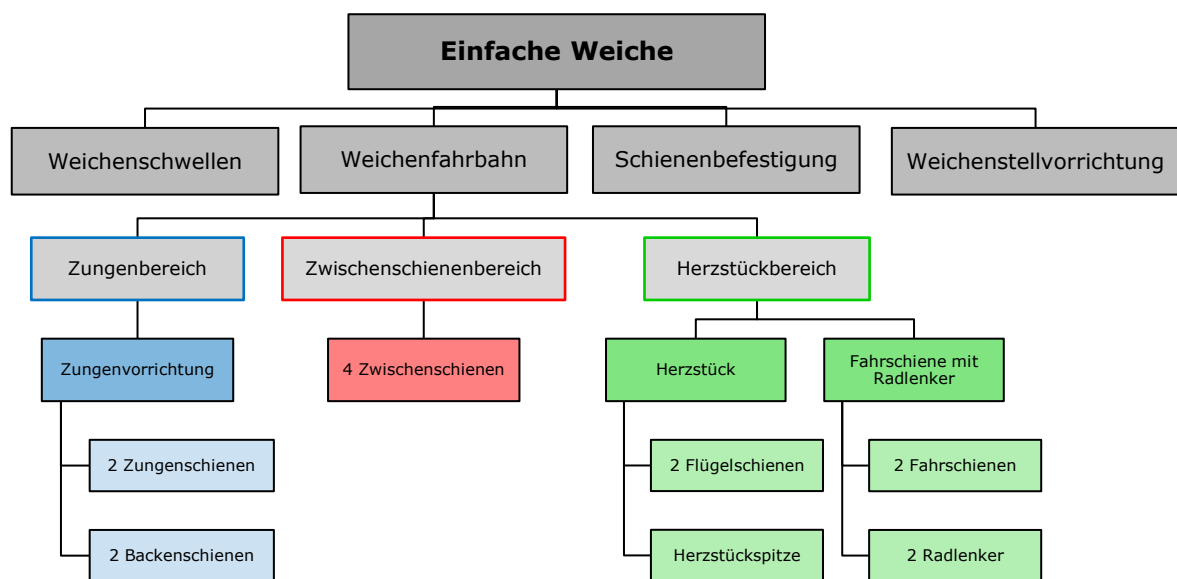


Abbildung 4 Organigramm der Einteilung einer einfachen Weiche ^[5]

Hierbei ist zu erkennen, dass sich die Weiche aus den Hauptkomponenten Weichenschwellen, Weichenfahrweg, Schienenbefestigung und Weichenstellvorrichtung zusammensetzt.

2.1.1 Weichenfahrbahn

Wie bereits in der hierarchischen Einteilung angeführt wird, gliedert sich die Weichfahrbahn in den Zungenbereich, den Zwischenbereich sowie den Herzbereich. In Abbildung 5 sind die Bereiche entlang der Weiche eingezeichnet.

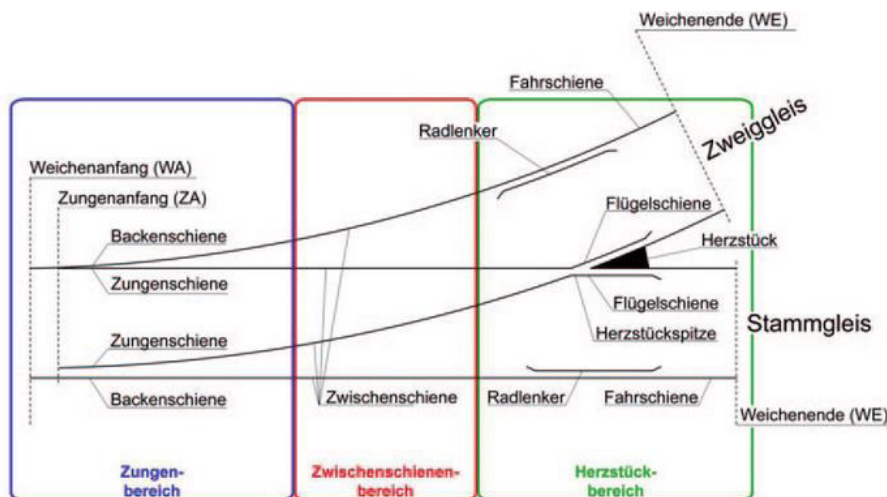


Abbildung 5 Weichenbereiche ^[5]

Grundsätzlich beträgt die Spurweite in Weichen wie am Streckengleis 1435 mm. Beim Regelschienenprofil wird ebenfalls zwischen 60E1, 54E2 und 40E1 unterschieden. Diese werden je nach Belastungs- und Systemanforderungen ausgewählt. Die ersten Ziffern beziehen sich dabei auf das Gewicht in Kilogramm von einem Meter Schiene. E1 bzw. E2 nimmt Bezug auf die Schienenfußform. Aufgrund der Anforderungen der Radführung an die Weiche kommt es entlang der Weiche jedoch zu Profilanpassungen des Regelschienenprofils. Die Stahlgüte der Schiene wird in Abhängigkeit des Radius und der Achslast gewählt und kann in die Regelgüte ($\leq R220$; Zugfestigkeit $\leq 850 \text{ N/mm}^2$), die verschleißfeste Güte ($R260$; Zugfestigkeit $= 880 \text{ N/mm}^2$) und die Sondergüte ($\geq R320$; Zugfestigkeit $\geq 1080 \text{ N/mm}^2$) eingeteilt werden. Mit der Schienengüte nimmt auch die Verschleißfestigkeit zu. Zur Steigerung des Verschleißwiderstandes können auch Anteile der im Stahl vorhandenen Bestandteile (Mangan, Silizium und Chrom) erhöht werden, wodurch die Sondergüten entstehen. Durch Legierungen und Thermobehandlungen lassen sich auch noch höhere Schienengüten wie zum Beispiel R350HT oder 370LHT erzielen.^[7]

In geraden Weichen wird in der Regel die Standardschienenstahlgüte R260 angewandt. Bei Bogenweichen sowie bei kleinen Radien von unter 500 m kommen zur Reduktion des Seitenverschleißes auch höhere Stahlgüten (R350 HT) zum Einsatz. Durch den positiven Einfluss auf die Reduktion der Rissbildung von Head Checks liegt der Einsatzbereich von kopfgehärteten Schienen auf Strecken mit hoher Gleisbelastung bei Radien von bis zu 3000 m. Auch für die Zungenschienen wird gegebenenfalls eine höhere Güteklasse (R350HT) verwendet. Für das Herzstück werden sowohl unterschiedliche Materialien als auch Stahlgüten genutzt.^[5]

I Zungenbereich (Zungenvorrichtung)

Die zwei Weichenzungen bilden gemeinsam mit den zwei Backenschienen die Zungenvorrichtung. Die gerade Backenschiene des Stammgleises und die zugehörige, gebogene Zunge des Zweiggleises bzw. die gebogene Backenschiene des Zweiggleises und die zugehörige, gerade Zunge des Stammgleises werden halbe Zungenvorrichtung (HZV) genannt. Beide Teile bilden eine Einheit und müssen gleichzeitig gewechselt werden. Die Backenschienen sind in ihrer Lage fixiert. Die Zungen sind dagegen beweglich ausgeführt und werden an den Enden eingespannt. Die Längsverschiebung zwischen Backenschiene und Zunge wird durch Wanderschutzgabeln und -zapfen verhindert.^[5]

Im Zungenbereich sind neben den Zungenvorrichtungen auch weitere Weichenbestandteile situiert, die inklusive Komponentenbeschriftung in Abbildung 6 angeführt sind.

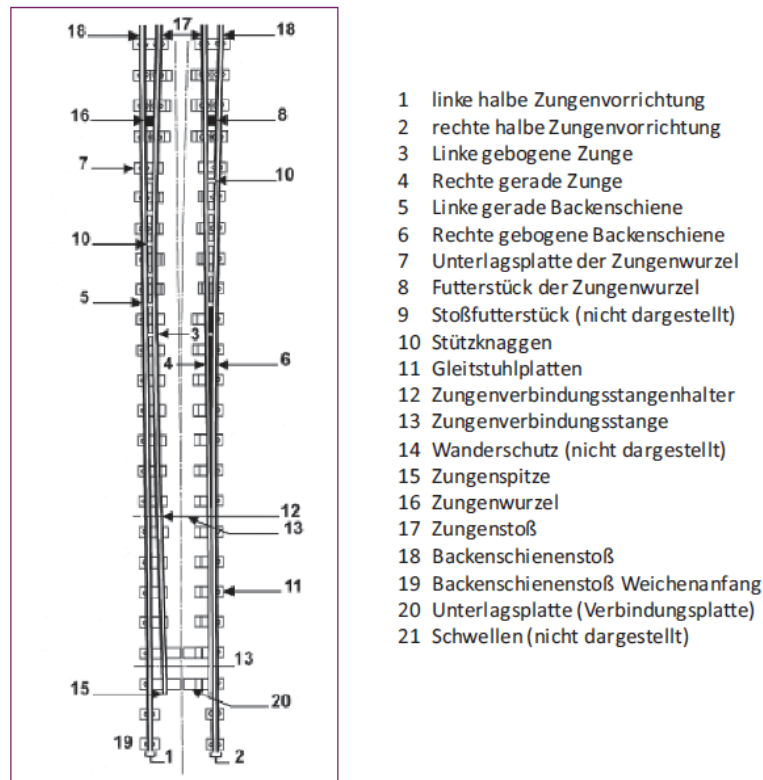


Abbildung 6 Zungenbereich ^[5]

Die an der Backenschiene anliegende Weichenzunge ermöglicht den Radüberlauf vom Stamm auf das Zweiggleis und damit die Weichenüberfahrt. Die Zungen bestehen dazu aus asymmetrischen Schienenprofilen, die schweißtechnisch an die Backenschienenprofile angepasst werden um ein ordnungsgemäßes Anliegen zu ermöglichen. Dies führt zu einer Absenkung der Zungenschienenspitze um 14 mm in Bezug auf die Backenschienenoberkante sowie der seitlichen Bearbeitung der Backenschiene. Die Zungenspitze beginnt nicht genau im Weichenanfang mit einer Breite von 0 mm sondern versetzt ab einer Breite von 5 mm.^[4] Die Profilanpassung ist in Abbildung 7 ersichtlich.



Abbildung 7 Profilanpassung der Zungenschiene ^[5]

Durch diese Adaption der Profilform ist die Zungenschiene von der Zungenspitze aus geschwächt. Im abgesenkten Bereich übernimmt diese daher nur die Führungsrolle und erst im späteren Verlauf gemeinsam mit der Backenschiene die Aufgabe der Lastabtragung der Radaufstandskräfte. ^[8]

Durch den Höhenunterschied wird der Einsatz von Gleitstühlen nötig, die als Gleitfläche für die Zunge beim Umstellvorgang dienen. Innerhalb des Gleitstuhls kann die innere Backenschienenverspannung untergebracht werden, deren Aufgabe in dem kraftschlüssigen Niederhalten des Schienenfußes der Backenschiene besteht. Da es sich bei den Zungen um bewegliche Bauteile handelt sind in diesen grundsätzlich keine Schweißungen erlaubt. Die Zungenprofile werden nahe dem Zungenende auf das Regelschienenprofil umgeschmiedet und erst dann mit der Zwischenschiene verschweißt. Am Zungenende befindet sich zudem ein Wanderschutz, welcher die Längsbewegung der Zunge durch die Ableitung der Längskräfte in die Backenschiene begrenzt. ^[5]

Die Zungenschiene stellt in ihrer Aufgabe der Richtungsänderung bei der Weichenüberfahrt in Verbindung mit der Profilschwächung und den wirkenden Umstellkräften einen der meist beanspruchten Komponenten einer Weiche dar. Im Laufe des Lebenszyklus kann es im Zungenbereich daher mehrmals zu Instandhaltungsmaßnahmen bis hin zum Austausch der Zungenvorrichtung kommen.

I Zwischenschienenbereich

Der Zwischenschienenbereich wird von vier Zwischenschienen gebildet, wovon zwei Schienen dem Zweigradius zufolge gebogen und zwei dem Stammgleis entsprechend gebogen oder gerade ausgeführt sind. Im Gegensatz zum Zungenbereich, in welchem auch profilmbearbeitete Schienen und besondere Ausführungen von Schienenbefestigungen zum Einsatz kommen, werden im Zwischenschienenbereich ausschließlich Regelschienen mit Regelschienenbefestigungen verwendet. Alle vier Schienen sind auf denselben Schwellen angeordnet. Sofern die Anordnung von Isolierstößen notwendig ist, erfolgt dies im Zwischenschienenbereich. ^[5]

I Herzstückbereich

Die Hauptkomponenten des Herzstückbereiches stellen das Herzstück mit der Herzstückspitze und den zwei Flügelschienen sowie die Fahrschiene mit den zwei Backenschienen und den zwei gegebenenfalls erforderlichen Radlenkern dar.^[5]

Um das Befahren der Ablenkung und damit den Übergang des Fahrzeuges vom Stamm auf das Zweiggleis zu ermöglichen, muss der gerade Schienenstrang zwischen der Zwischenschiene und der Herzstückspitze unterbrochen werden. Diese Fahrkantenunterbrechung wird Herzstücklücke genannt.^[9] Um die Führung des Spurkranzes in diesem Bereich zu gewährleisten, wird bei der konstruktiven Ausführung des Herzstückes zwischen dem starren und beweglichen Herzstück unterschieden (siehe Abbildung 8).

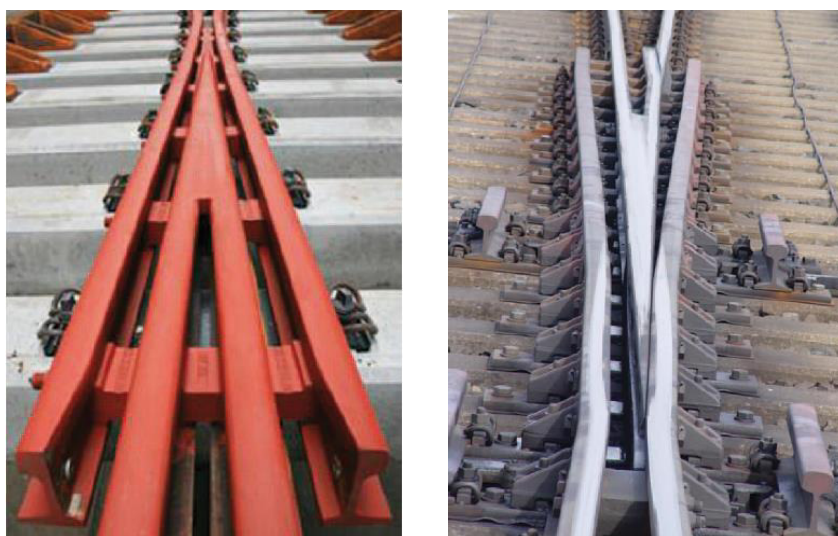


Abbildung 8 Starres Herzstück (links) bewegliches Herzstück (rechts) ^[5]

Starre Herzstücke weisen keine beweglichen Teile auf, weshalb es zur Fahrkantenunterbrechung zwischen Flügelschiene und Herzstückspitze kommt. Die Flügelschienen sind jeweils neben der Herzstückspitze angeordnet. Sie übernehmen im Anschluss an die Zwischenschienen die tragende Funktion des Radsatzes. Nach der Überwindung der Herzstücklücke schiebt sich die um 8 mm abgesenkte Herzstückspitze im weiteren Verlauf immer weiter zwischen Flügelschiene und Spurkranz. Sie übernimmt, zusätzlich zur Führung des Spurkranzes, zunehmend bis schlussendlich vollständig die Aufnahme der Radlast. Zur seitlichen Führung des Rades wird ein Radlenker auf der gegenüberliegenden Seite des Herzstückes neben der Backenschiene angeordnet. So wird die Spur in der Herzstücklücke gehalten und ein Anfahren der Herzstückspitze vermieden. Der Radlenker hat dabei einen ausschließlichen Führungscharakter und übernimmt keine vertikalen Lasten. Die Einsatzgrenze von starren Herzstücken liegt bei sehr flachen Weichenneigungen, bei denen die Herzstücklücke zu lange wird.^[5] Dies ist bei einer Geschwindigkeit von über 160 km/h der Fall, weshalb bewegliche Herzstücke zur Anwendung kommen.^[4]

Bei beweglichen Herzstücken liegt die Herzstückspitze kraftschlüssig an der Flügelschiene an. Daher kommt es zu keiner Unterbrechung der Fahrkante und man kann auf die Anordnung von Radlenkern verzichten. Für den Umstellvorgang sind dafür entsprechende Vorrichtungen mit Weichenverschlüssen und Stellmotoren vorzusehen. Das bewegliche Herzstück selbst kann entweder mittels beweglicher Flügelschienen oder mit einer federnd beweglichen oder gelenkig gelagerten Herzspitze ausgeführt werden. Von diesen Konstruktionsformen hat sich die federnd bewegliche Spitze im Bahnbetrieb als am vorteilhaftesten erwiesen.^[5]

Das Herzstück der Weiche ist bei der erzwungenen Richtungsänderung der Radachse durch große dynamische Kräfte und Stoßwirkungen beansprucht. Daher kommt es im Lebenszyklus der Weiche mehrmals zu Instandhaltungsmaßnahmen in diesem Bereich bis hin zum Austausch des Herzstückes.^[4]

2.1.2 Schienenbefestigungen

Die Schienenbefestigung hat die Aufgabe durch kraftschlüssiges Niederzuhalten der Schiene, deren Kräfte auf die Schwellen zu übertragen und zugleich deren Lage verdreh- und durchschubsicher zu halten, um die Spurweite zu gewährleisten. Für die nötige Elastizität werden Zwischenlagen angeordnet, die als dämpfendes Element von Vibrationen, zur Lastverteilung sowie zum Schutz der Befestigung dienen.^[4]

Man unterscheidet zwischen der unmittelbaren (direkten) und der mittelbaren (indirekten) Schienenbefestigung. Bei der unmittelbaren Befestigung ist entweder die Schiene direkt mit der Schwelle verbunden oder die Schiene und die Unterlagsplatte sind mit einem gemeinsamen Befestigungsmittel an der Schwelle montiert. Beispiele dafür sind die Pandrol- und die W-Befestigung, die bei Betonschwellen zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 9 links). Die Schiene wird dabei mittels Spannklemmen und Winkelführungsplatten, die in Ausnehmungen der Betonschwelle eingebettet sind, befestigt.^[7]



Abbildung 9 direkte Befestigung – W-Befestigung auf Betonschwelle (links)^[20]
indirekte Befestigung – K-Befestigung auf Holzschwelle (rechts)^[21]

Um eine mittelbare Schienenbefestigung handelt es sich, wenn die Schiene zunächst auf einer Unterlagsplatte befestigt wird und diese dann mit einer zusätzlichen Befestigung auf die Schwelle montiert wird. Ein Beispiel dafür ist die K-Befestigung, die vor allem bei Holzschwellen angewandt wird und in Abbildung 9 (rechts) dargestellt ist. Die Schiene wird durch eine Klemmplatte gehalten, die mit der Rippenplatte verschraubt ist. Diese wird wiederum mittels Schwellenschrauben an den Schwellen montiert.^[7] Trotz der Anordnung von elastischen Zwischenlagen stellt bei diesem System oftmals das Einarbeiten der Rippenplatte in die Schwelle ein Problem dar.

Entlang der Weiche kommen unterschiedliche Schienenbefestigungen auch in Form von Sonderkonstruktionen zum Einsatz:

I Zungenbereich

Hier kommt eine indirekte Schienenbefestigung zur Anwendung. Im Bereich der asymmetrischen Zungenschienen wird deren Höhenunterschied zur Backenschiene für die Anordnung von Gleitstühlen mit einer innerer Backenschienenverspannung ausgenutzt. Der Gleitstuhl ist dabei mit der Rippenplatte der Backenschiene verbunden. Der Gleitstuhl dient dabei als Auflagefläche für die bewegliche Weichenzunge und hält zugleich den inneren Fuß der Backenschiene nieder. Am Zungenende müssen mindestens drei Schienenbefestigungen angeordnet werden, um sowohl das asymmetrische Zungenprofil als auch die zum Regelprofil umgeschmiedete Schiene zu verspannen. Aufgrund des geringen Abstandes zwischen der Zungenschiene und der Backenschiene kommen in diesem Bereich Sonderkonstruktionen zur Schienenbefestigung zum Einsatz.^[9]

I Zwischenschienenbereich

Im Zwischenschienenbereich ist sowohl die Anordnung einer direkten als auch indirekten Schienenbefestigungen möglich.^[9]

I Herzstückbereich

Je nach Ausführungsart können unterschiedliche Arten der Schienenbefestigung sowie Sonderkonstruktionen zur Anwendung kommen. Grundsätzlich sind sowohl direkte als auch indirekte Schienenbefestigungen möglich.^[9]

2.1.3 Weichenschwellen

Die Schwelle stellt den Träger und gleichzeitig auch den Spurhalter der Schienen dar.^[9] Die auftretenden Belastungen der Fahrbahn werden von einer hohen Flächenpressung im Schiene-Schwellekontakt über die Kontaktflächen der Schwellen auf eine niedrigere Flächenlast in das Schotterbett eingeleitet.^[6] Die Schwellen werden grundsätzlich in einem Regelabstand von 60 cm angeordnet. Die Verschlüsse und Stellgestänge werden zwischen den Schwellen im sogenannten Schwellenfach untergebracht. In diesem Bereich sind die Schwellenabstände vergrößert, während die benachbarten Schwellenabstände entsprechend verkleinert werden. So wird das Grundraster des Schwellenabstandes möglichst beibehalten^[5].

Auch die Schwellenlänge ist über die Weiche hinweg nicht konstant. Sie steigt vom Weichenanfang mit 2,60 m beginnend um 10 cm (bzw. 7 cm bei Betonweichen) an. Im Langschwellenteil des Weichenendes kann sie bis zu 4 m betragen, bevor eine Schwellenaufteilung des Stamm- und Zweiggleises in Form von Kurzschwellen erfolgt.^[10] Mit Ausnahme der Schwellen am Weichenanfang und -ende ist jede Schwelle bei einfachen Weichen unterschiedlich. Dies hat vor allem Auswirkungen auf die Lastabtragung, die zu Problemen in der Lagestabilität führen kann. Als Materialien für die Schwellen kommen sowohl Holz, Beton als auch Stahl vor. Die Verwendung des passenden Schwellentyps hängt von den ortsspezifischen Gegebenheiten ab.

I Holzschwellen

Eine Holzschwelle wird aus Hartholz (Eiche oder Buche) hergestellt. Als organisches Material ist das Holz den Witterungsverhältnissen wie wechselnde Feuchtigkeit und Trockenheit und damit verbundener Zersetzung und Fäulnis sowie Schädlings- und Pilzbefall ausgesetzt. Um dem entgegenzuwirken, wird die Holzschwelle imprägniert. So kann eine Lebensdauer von 30 – 45 Jahren erzielt werden.^[9]

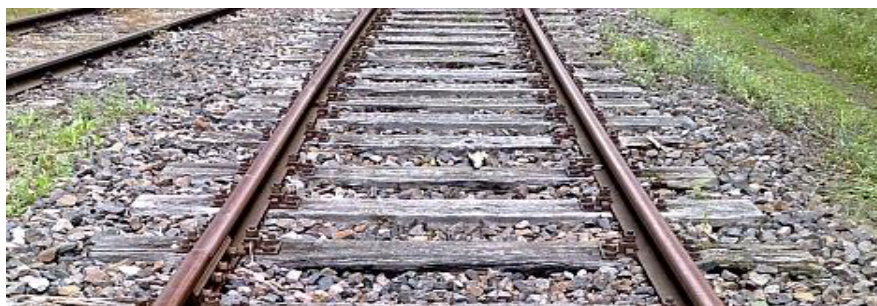


Abbildung 10 Holzschwellengleis ^[19]

Die großen Vorteile der Holzschwelle liegen in ihrem geringen Gewicht und ihrem guten elastischen Verhalten bei Beanspruchung. Dadurch wird die Schlagwirkung der Belastung abgeschwächt und sowohl die Befestigung als auch die Bettung geschont. Zudem wird

eine schwingungsdämpfende Wirkung erzielt. Die Kehrseite liegt dabei jedoch in der geringeren Lagestabilität durch das leichtere Gewicht und der Einpressung der Schienenbefestigung in das elastische Material. Nachteilig ist ebenfalls die Witterungsanfälligkeit. Im Vergleich zur Betonschwelle weist die Holzschwelle zudem einen höheren Preis bei geringerer Lebensdauer auf.^[7]

I Betonschwellen



Abbildung 11 Betonschwellengleis ^[18]

Betonschwellen werden mit Bewehrung ausgeführt, sodass bei Belastung von Zugkräften keine Rissbildung entsteht.^[9] Dies trägt zusätzlich zum hohen Gewicht dieses Schwellentyps bei, welches für eine hohe Lagestabilität und Querverschiebewiderstand sorgt. Weitere Materialvorteile zeigen sich in dem geringen Preis, der Witterungsunempfindlichkeit und der langen Lebensdauer von bis zu 50 Jahren. Das Material hat jedoch auch seine Nachteile. Bei unzureichenden Untergrundverhältnissen stellt das hohe Gewicht der Betonschwelle ein Problem dar und erschwert zudem den Einbau.^[6] Schäden an Betonschwellen sind kaum auf zu arbeiten und führen oftmals zum Schwellenaustausch, vor allem im Fall einer Entgleisung oder Rissbildung.^[9]

2.1.4 Weichenstellvorrichtungen

Um die beweglichen Weichenteile, wie die Weichenzunge oder das bewegliche Herzstück, in die gewünschte Lage zu bringen sind Stellsysteme vorzusehen. Der Umstellvorgang erfolgt auf Hauptgleisen über ein Stellwerk mittels elektrisch fernbedienten Weichenantrieben. Dabei wird die Weiche mechanisch über eine Schieberstange oder hydraulisch durch Hydraulikzylinder umgestellt. Die Umstellwiderstände können mittels Umstellhilfen wie Rollvorrichtungen oder durch Schmierung der Gleitflächen minimiert werden. Nach dem Umstellvorgang wird die Endlage der Weiche mittels Weichenverschlüssen, wie Spitzen- und Mittelverschlüssen, sichergestellt und durch Endlagenprüfer überwacht. Damit auch in den Wintermonaten die einwandfreie Funktion der beweglichen Weichenteile gewährleistet ist, werden auf hochrangigen Gleisen Heizungsanlagen angebracht.^[5]

2.2 Schotterbett

Das Schotterbett gilt es als sauberes, elastisches und homogenes Schüttwerk zwischen Schwellen und Unterbau auszuführen^[6] (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12 Gleis auf Schotterbett ^[17]

Die Hauptfunktionen stellen sowohl die Lagesicherung der Schwellen als auch die gleichmäßige Lastverteilung bzw. –abtragung der durch den Fahrweg aufgenommenen Kräfte in den Unterbau dar. Zusätzlich soll durch die Wasserdurchlässigkeit des Schotters ein möglichst schnelles Abfließen des Oberflächenwassers gewährleistet werden. Falls die Drainagewirkung des Schotters, beispielsweise durch Feinteilantrag, nicht mehr gegeben ist, kann es zu stehendem Wasser im Oberbau und Folgebeschädigungen kommen. Als Schüttwerk zwischen Schwelle und Untergrund hängt die Qualität des Schotterbettes von der Gesteinsart, der Kornform und der Kantigkeit ab. Weiters ist die Sieblinie des Schotters selbst als auch dessen stabiler Lagezustand wichtig, welcher durch Stopfen und Stabilisieren verbessert werden kann.^[6] Die Ausführung des Schotterbettes richtet sich sowohl nach der Breite als auch dem Abstand der eingebauten Schwellen und dem Streckenrang. Der Abstand beträgt dabei mindestens 30 cm zwischen Schwellenunterkante und Unterbaukrone. Die Bettungsstärke muss gewährleisten, dass es zur Überschneidung der Druckverteilungslinien von benachbarten Schwellen über der Unterbauoberkante kommt. Denn dadurch wird das Hochpressen des Untergrundes in das Schotterbett verhindert.^[14]

2.3 Unterbau bzw. Untergrund

In Abbildung 13 ist der schichtenweise Aufbau des Bahnkörpers erkennbar.

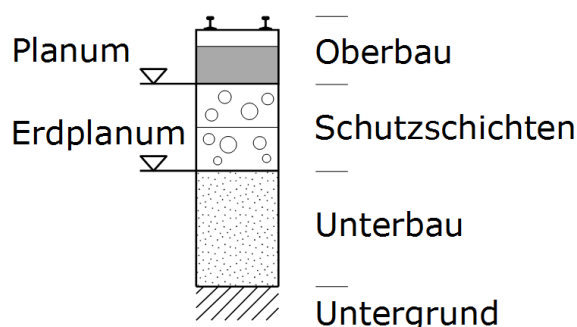


Abbildung 13 geschichteter Aufbau des Bahnkörpers ^[22]

Einwirkende Kräfte des Oberbaus werden vom Schotterbett auf den Unterbau übertragen und weiter in den Untergrund abgeleitet.^[9] Das Planum stellt dabei die Grenzschicht zwischen dem Schotterbett des Oberbaus und den gegebenenfalls einzubauenden Schutzschichten dar. Diese dienen im Falle der Tragschicht zur verbesserten Lastverteilung oder am Beispiel der Frostschutzschicht zum Schutz von frostempfindlichen Böden. Über das Erdplanum erfolgt die anschließende Angrenzung an den Unterbau. Dieser entspricht jenem Teil des Bahnkörpers zwischen Schotteroberbau und Untergrund, welcher durch bautechnische Maßnahmen in seinen Eigenschaften verändert wurde. Dazu zählen unter anderem Dammschüttungen und verbesserter Untergrund.^[4] Der Untergrund ist die letzte Ebene der Schichtung und nimmt schlussendlich die Lasten des Eisenbahnfahrwegs auf. Zusätzlich zu der Krafteinleitung wird der Untergrund auch durch Witterungseinflüsse beansprucht. Wasser im Boden, welches nicht abgeleitet werden kann, ändert das Tragverhalten. Dies kann vor allem in der Übergangszone zwischen Schotter und Unterbau zum Aufpumpen von Feinanteilen führen. Der Anstieg des Feinkornanteils im Schotterbett trägt zum Elastizitätsverlust und in weiterer Folge zur Abnahme der Tragfähigkeit des Gesamtsystems bei. Die Folgen von Unterbauproblemen sind oft erst erkennbar, wenn sie an der Oberfläche sichtbar werden, zum Beispiel in Form von Schlammstellen. Aufgrund der Auswirkungen des schlechten Unterbaus auf die anderen Komponenten der Gleisanlage ist eine Schotterbetteinigung meist nicht ausreichend sondern eine Untergrundsanie rungen erforderlich. Im Hinblick auf den Lebenszyklus erhöht ein schlechter Unterbau die Instandhaltung und führt zu einer Reduktion der Nutzungsdauer der Gleisanlage. So kommt es zu einer Entwertung der Investition.^[9] Weichen sowie alle Gleisanlagen sollten daher grundsätzlich auf einem guten Untergrund errichtet werden. Liegt dieser nicht vor, ist vor der Neulage im Zuge der nächsten Reinvestition eine Untergrundsanie rungen vorzunehmen. Eine gute Untergrundqualität erfordert jedoch nicht nur den Einbau einer Tragschicht sondern auch die Herstellung und Wartung einer funktionierenden Entwässerung.^[5]

Neben Böden mit zu geringer Tragfähigkeit sind auch besonders steife Untergründe eine Herausforderung. Diese führen zu einer zusätzlichen Beanspruchung des Schotteroberbaus. Dies spielt vor allem in Verbindung mit anderen Komponenten von hoher Steifigkeit wie zum Beispiel bei Betonschwellen eine Rolle. In diesem Fall kann durch die Anordnung von elastischen Elementen im Oberbau beispielweise durch eine Schwellenbesohlung, der Beanspruchung des Schotterbettes entgegengewirkt werden.^[9]

In Bezug auf die Einteilung des Untergrundes können dieselben Untergrundklassen wie für das Streckengleis herangezogen werden: ^[3]

- guter Untergrund: keine Instandhaltungsmaßnahmen sind auf Untergrundprobleme zurückzuführen
- Unterbau „3“: bis zu 50% verkürzter Stopfzyklus;
keine Langsamfahrstellen;
keine Reduktion der Liegedauer
- Unterbau „4“: trotz hoher Instandhaltungsintensität erfolgt eine Reduktion der Liegedauer um rund ein Drittel im Vergleich zu ident belasteten Weichen auf gutem Untergrund;
kein Auftreten von Langsamfahrstellen
- Unterbau „5“: entspricht dem Unterbau „4“, wobei es zusätzlich zum Auftreten von Langsamfahrstellen kommt

3 Instandhaltung

Um den sicheren Fahrbetrieb im Laufe der Liegedauer einer Gleisanlage gewährleisten zu können, muss nach dem Einbau auch instandgehalten werden. Eine hohe Anfangsqualität bei der Neulage schafft das Potential für eine möglichst lange Nutzungsdauer. Ob dieses Potenzial auch zur Gänze ausgeschöpft wird, hängt von der Durchführung der erforderlichen Instandhaltungstätigkeiten ab. Fehlende Instandhaltung führt daher zu einer Verkürzung der Nutzungsdauer und einer Entwertung der Anlage. Liegedauerreduktionen zufolge fehlender Instandhaltung können auch durch spätere wieder intensivierete Instandhaltung nicht mehr verhindert werden.^[5]

Instandhaltung umfasst vier Bereiche und ist in Abbildung 14 aufgegliedert.



Abbildung 14 Instandhaltungsgliederung ^[5]

Wartungsarbeiten haben die Bewahrung des Sollzustandes zur Aufgabe. Im Zuge von regelmäßigen, fristgerechten Inspektionen wird der IST-Zustand der Gleisanlage ermittelt. Nach dessen Beurteilung können bei Bedarf Instandsetzungsmaßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes geplant werden. Um die Gleisanlage an den neuesten Stand der Technik anzupassen, können Verbesserungen durchgeführt werden, wodurch die Qualität des Sollzustandes angehoben wird.^[9]

3.1 Instandsetzungsmaßnahmen von Weichen

In weiterer Folge sind die gängigsten Instandsetzungsmaßnahmen von Weichen zur Herstellung des Sollzustandes aufgelistet und näher erläutert.

I Stopfen

Durch diese Instandsetzungsmaßnahme wird die Gleislage korrigiert und langwellige Schienenfehler ausgebessert. Durch das Eindringen der vibrierenden Stopfpickel werden unter den Schwellen Auflager definiert, die die Lagestabilität sichern sollen. Mit diesem Verdichtungsvorgang geht auch eine Schotterbeanspruchung einher. Der Stopfvorgang

kann per Hand im Falle einer Einzelfehlerbehebung oder mittels Stopfmaschinen wie dem mechanisierten Durcharbeitungszug (MDZ) durchgeführt werden.^[6] Im Anschluss an das Stopfen ist es ratsam, eine Gleisstabilisation vorzunehmen, wobei durch eine horizontal eingebrachte Schwingung der Kraftschluss der Schotterkörner im Schotterbett verbessert wird.^[13]

I Schleiftechnische Instandsetzung

Durch das Erhaltungsschleifen werden kurzweilige Schienenfehler ausgebessert und Fahrflächenunebenheiten entfernt. Rotierende Schleifscheiben oder oszillierende Schleifsteine erzeugen einen Abrieb der Schienenoberfläche und stellen dadurch die gewünschte Oberflächenqualität wieder her. Ist zur Reprofilierung der Schiene ein Abtrag von mehr als 0,4 mm notwendig, kommt ein Schienenhobel zum Einsatz. Beim Schienenfräsen kann mittels rotierenden Schienenfräsköpfen sogar ein Materialabtrag von bis zu 1,5 mm erzielt werden.^[4]

I Entgraten

Im Zuge des Fahrbetriebes entstehen an der Schienenoberfläche Überwalzungen und Graten. Die Zungen- und Backenschienen der Weichen werden daher regelmäßig von diesen Verschleißerscheinungen durch schleiftechnisches Entgraten befreit.^[9]

I Schweißtechnische Instandsetzung

Beim sogenannten Auftragsschweißen werden Schienenfehler über einen aufgeschweißten Materialauftrag ausgeglichen. Durch anschließendes Schleifen bzw. Reprofilieren kann gegebenenfalls die gewünschte Bauteilform wiederhergestellt werden. Bei Weichen kommt das Auftragsschweißen vor allem in Bereich des Herzstückes zum Einsatz. Nach Schienenbrüchen oder zur Verbindung zweier Schienenstöße wird eine Verbindungsschweißung vorgenommen. Diese kann mit oder ohne Schweißzusätzen erfolgen, wie beispielsweise beim aluminothermischen Gießverfahren oder Abbrennstumpfschweißen.^[9]

I Schraublochsanierung

Durch die einwirkenden Kräfte des Fahrbetriebes kommt es vor allem bei Holzschwellen zum Einarbeiten der Rippenplatten in die Holzschwelle und zum Kraftschlussverlust zwischen Befestigungsschraube und Schwelle. Dies kann zu Fehlern in der Spurhaltung führen.^[9] Um den fehlenden Kraftschluss wiederherzustellen wird im Zuge der Schraublochsanierung das Schraubloch aufgebohrt und mit Kunstharz vergossen. Dadurch werden die durch die Krafteinwirkung entstandenen Zwischenräume sowohl im Schraubloch als auch unter und um die Rippenplatte hinterfüllt. Im Anschluss wird eine neue Schwellenschraube mit einem Federring eingedreht.

I Weichenkomponentenwechsel

Hierbei kommt es zum Austausch einzelner beschädigter bzw. fehlerhafter Weichenbestandteile. Dies kann von einem Zwischenlagenwechsel über einen Herzstück-, Radlenker oder HZV-Wechsel bis hin zu einem Einzelschwellen- oder Schwellensatzwechsel reichen. Bei einem intakten Gesamtsystem ist es oftmals wirtschaftlicher, einzelne Bauteile zu ersetzen als den ganzen Gleisrost zu erneuern.

I Schotterbettreinigung bzw. Schotterbettaustausch

Es kommt eine Bettungsreinigungsmaschine (RM) zum Einsatz. Hiermit wird der verschmutzte Schotter bis zu einer Schotterbetthöhe von 29 cm mittels einer Räumkette entfernt. Anschließend kommt der Schotter in eine Siebanlage, um Unterkorn und Verschmutzungen auszusieben. Stark verschmutzter Schotter wird nicht versiebt sondern abtransportiert. Der nach der Siebung verbliebene Schotter kann zusätzlich zum ergänzenden Neuschotter wieder eingebaut werden. Vor Inbetriebnahme des Gleises muss dieses noch gestopft werden.^[6]

I Sonstige Instandsetzungsmaßnahmen

Unter sonstige Instandsetzungsmaßnahmen fallen all jene meist manuell auszuführenden Maßnahmen bzw. Mängelbehebungen, die zuvor nicht genauer erläutert wurden. Als Beispiele für sonstige Instandsetzungsmaßnahmen von Weichen werden an dieser Stelle das Ausfuttern der Weichenzungen oder das Aufsatteln der Weichenschwellen genannt. Unter Ausfuttern versteht man das Korrigieren der Fehlstellung der Weichenzunge durch Einlegen von Zwischenlagen, um die gewünschte Endlage zu erzielen. Der Begriff Aufsatteln steht für das Ausgleichen der mittigen Schwelleneinsenkung von gebogenen Beton- und Holzschwellen mittels Zwischenlagen, um deren Lage zu berichtigen.

I Unterbausanierung

Bei der Unterbausanierung erfolgt ein Materialaushub mittels zweier Räumketten. Die erste trägt 20 cm des weniger verschmutzten Schotterbettes ab. Dieses Material wird durch waschen, sieben und brechen aufbereitet und kann in einem späteren Schritt wieder eingebaut werden. Die zweite Räumkette entfernt weitere 20-40 cm Material, welches abtransportiert wird. Auf das neue Erdplanum kann ein Vlies oder Geotextil aufgebracht werden, bevor der recycelte Altschotter unter Zugabe von Ergänzungsmaterial als Tragschicht eingebaut wird. Der gesamte Vorgang wird von einer Unterbausanierungsmaschine (AHM) übernommen. Es ist kein Abbau des Gleisrostes erforderlich, denn dieser wird während des gesamten Prozesses von der AHM gehalten.^[6]

Eine Unterbausanierung sollte falls erforderlich vor dem Weicheneinbau im Zuge der nächsten Reinvestitionsmaßnahme erfolgen, sodass bei der Neulage eine gute Unterbau-

qualität gegeben ist. Ein schlechter Unterbau macht sich durch sichtbare Auswirkungen auf die einzelnen Komponenten der Gleisanlage bemerkbar. Ein zu spätes Eingreifen kann nicht nur zu einer erforderlichen Unterbausanierung sondern zum Ausbau der gesamten Weiche führen.

3.2 Übergang von der Instandhaltung zum Weichenausbau

Der rechtzeitige Einsatz von Instandhaltungsmaßnahmen ist ausschlaggebend für die Qualität sowie die Verschlechterungsrate der Gleisanlage und damit für die erreichbare Nutzungsdauer.^[1]

Damit es nicht zu Sicherheitsproblemen kommen kann, gibt es Eingriffsschwellen. Diese beziehen sich auf sicherheitskritische Zustände im Qualitätsverlauf der Gleisanlagen.^[6] Ein Instandhaltungsprogramm, welches nur auf zyklischen Inspektionsplänen und dem reinen Einhalten der Sicherheitsgrenzen basiert, erweist sich jedoch nicht als wirtschaftlich. Beim Erreichen von sicherheitskritischen Grenzwerten (Soforteingriffsschwelle) ist ein unverzügliches Handeln nötig. Dies schränkt die zeitlichen Ressourcen für Kostenvergleiche bzw. Variantenstudien erheblich ein. Deshalb ist diese Vorgehensweise für Gleisanlagen im Hauptgleis des Kernnetzes als unwirtschaftlich anzusehen. Prognosen des Gleisverhaltens basierend auf Zeitreihendaten und Erfahrungswerte machen den Qualitätsverlauf der Gleisanlagen erkenn- bzw. abschätzbar. So werden Instandhaltungsprogramme planbar und wirtschaftlich umsetzbar.

Auch die Entscheidung zum Ausbau der Weiche, also der Verzicht auf weitere Instandhaltungsmaßnahmen, sollte geplant und wohl überlegt festgesetzt werden. Als Entscheidungsgrundlage für ein wirtschaftliches Handeln sollte die technisch wirtschaftliche Nutzungsdauer der Weiche herangezogen werden mit dem Ziel, diese bestmöglich auszunutzen bzw. zu erreichen.

4 Nutzungsdauer

Der Ausbau von Weichen richtet sich nach der erreichten, technisch wirtschaftlichen Nutzungsdauer. Da sich der Begriff der Nutzungsdauer selbst sowohl auf technische, wirtschaftliche oder auch buchhalterische Komponenten beziehen kann, wird auf diese Aspekte in weiterer Folge näher eingegangen.

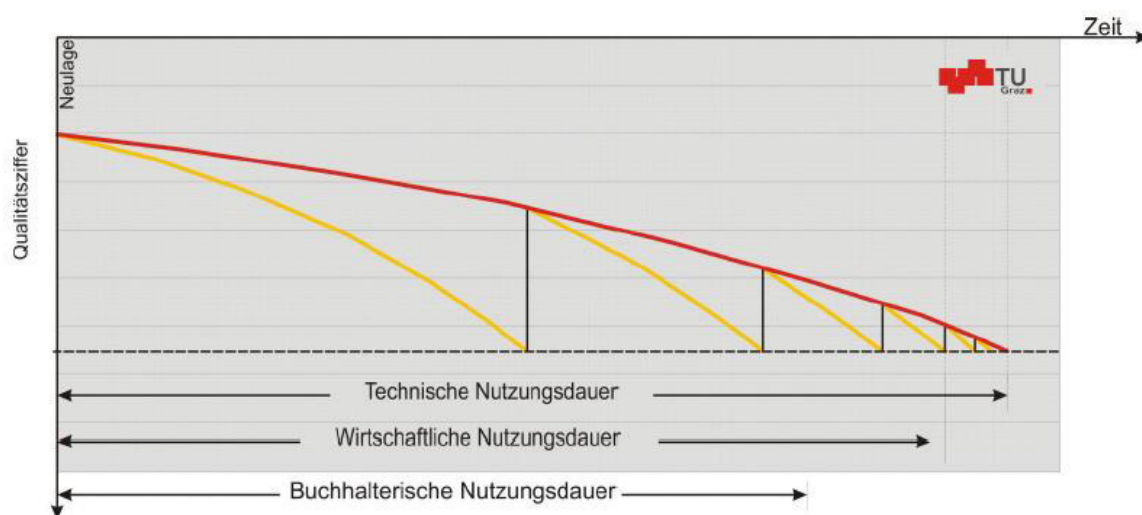


Abbildung 15 Nutzungsdauerdarstellung anhand der Qualitätsverhaltenskurve einer Gleisanlage ^[1]

Abbildung 15 stellt die Zeiträume, die von der jeweiligen Nutzungsdauer umfasst werden anhand der Qualitätsverhaltenskurve einer Gleisanlage grafisch dar. Nachfolgend werden die Begriffe näher erläutert.

I Buchhalterische Nutzungsdauer

Bei der buchhalterischen Nutzungsdauer handelt es sich um einen Mittelwert, der eine zeitliche Dauer von ca. 30 Jahren für Weichen umfasst. Für Nebengleise ist diese Annahme jedoch häufig zu kurz und auf stark befahrenen Hauptstrecken zu lange.^[1] Hat eine Weiche ihre buchhalterische Nutzungsdauer erreicht, kann diese aus buchhalterischer Sicht schon ausgebaut werden, da sie bereits zur Gänze abgeschrieben ist. Wenn der Ausbau einer Gleisanlage jedoch vor Ablauf der buchhalterischen Liegedauer notwendig ist, sollten Instandhaltungsmaßnahmen zum Erreichen der Nutzungsdauer gesetzt werden, da sich die Weiche noch nicht rentiert hat. Oftmals zahlen sich die zusätzlichen Maßnahmen zum Erzwingen der buchhalterischen Nutzungsdauer nicht aus und ein vorzeitiger Ausbau wäre sinnvoller. Der Zustand der Weiche bleibt von der Buchhaltung zur Gänze unberücksichtigt. Für eine technische Betrachtung ist eine buchhalterische Sichtweise daher ungeeignet.

I Technische Nutzungsdauer

Diese bezieht sich auf die technisch maximal realisierbare Nutzungsdauer und stellt damit die längste Zeitspanne dar.^[1] Durch den vermehrten Instandsetzungsbedarf gegen Ende der technischen Nutzungsdauer, nehmen die Kosten stark zu. Aufgrund dieser Mehrkosten im Instandhaltungssektor wird die Anlage unwirtschaftlich.

I Technisch wirtschaftliche Nutzungsdauer

Die technisch wirtschaftliche Nutzungsdauer umfasst jene Zeitspanne des technischen Qualitätsverhaltens, in welcher sich die Anlage als wirtschaftlich erweist. Durch eine Verlängerung der Nutzungsdauer kann die Abschreibung verringert werden. Da diese die größte Kostenposition darstellt, ist eine Nutzungsdauerverlängerung grundsätzlich anzustreben. Es kommt jedoch der Zeitpunkt, an dem sich die Durchführung einer Instandhaltungsmaßnahme zur zusätzlichen Verlängerung der Nutzungsdauer nicht mehr als wirtschaftlich erweist. Dies ist dann der Fall, wenn der Gewinn, welcher durch die Abschreibungsreduktion erzielt wird, kleiner als die Kosten der benötigten Instandhaltung ist. Unter diesen Umständen ist eine Reinvestition als unwirtschaftlich anzusehen. Die Anwendung dieses Prinzips bildet die Grundlage für das Annuitätenmonitoring, durch welches der richtige Zeitpunkt für die Anlagenerneuerung bestimmt werden kann.^[1]

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Betrachtung der technischen Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten einer Gleisanlage durchaus sinnvoll ist. Im Hinblick auf die Ausbauentcheidung sollte jedoch die technisch wirtschaftliche Nutzungsdauer der Gesamtanlage die Entscheidungsbasis darstellen und diese auch angestrebt werden.

5 Ansatz zur Weichenausbauentcheidung über die Standardelemente des Anlagenmanagements

Im Zuge des Anlagenmanagements werden Fahrwegstrategien entwickelt, die sowohl Investitions- als auch Instandsetzungsstrategien umfassen. Grundlage dafür stellen vorhandene Messdaten dar, durch deren Zeitreihenauswertung Prognosen über das Gleisverhalten gebildet und Trendanalysen abgeleitet werden. Dies ermöglicht Aussagen über Qualität, Instandsetzung und Nutzungsdauer der Anlagen. In weiterer Folge lassen sich aus diesem Wissen die durchschnittlich anfallenden Lebenszykluskosten ableiten. Durch die monetäre Umlegung dieser Kosten werden Zahlungsströme über die Nutzungsdauer hinweg generiert, die für wirtschaftliche Bewertungen herangezogen werden. Anhand der Zahlungsströme kann beispielsweise auf die anfallenden Reinvestitionen im Netz sowie der durchschnittlichen Nutzungsdauer der Anlagen geschlossen werden.^[5]

5.1 Definition von Standardelementen

Um netzweite Fahrwegstrategien entwickeln zu können, muss das Netz über charakteristische Standardsituationen beschrieben werden. Dies erfolgt in Form von Standardelementen. Diese bilden typische, im Netz vorhandene Situationen von Gleisanlagen ab, die von lagebezogenen Randbedingungen abhängen.^[5] Zur Erfassung der Standardsituation sind Parameter festzulegen, die das Verhalten der Gleisanlage beeinflussen. Die einzelnen Standardelemente unterscheiden sich durch ihren jeweiligen Parametermix. Es ist damit möglich, für Streckenabschnitte oder Sonderbauten, Standardelemente zu erstellen, wie z.B. Standardgleiskilometer oder Standardweichen. Diese können in weiterer Folge über ihre jeweils im Netz vorhandene Länge bzw. Anzahl umgelegt werden. Dadurch kann jeder Teil des Gesamtnetzes auf Standardelemente zurückgeführt werden, wodurch Aussagen über netzweite Basisstrategien ermöglicht werden.^[1]

Um ein Standardelement zu erstellen, gilt es zunächst den Querschnitt eines Standardelementes festzulegen, welcher eine im Netz vorhandene Situation widerspiegelt. Der Querschnitt wird dabei über das Gleisverhalten bestimmende Parameter definiert. Beispiele für solche Parameter sind Radius, Oberbauform und Verkehrsbelastung. Nachdem durch den erstellten Querschnitt die Situation ausreichend abgebildet wurde, kann dieser nun auf seine im Netz vorhandene Länge umgelegt werden. Dadurch wird erfasst, auf wie vielen Kilometern des Gesamtnetzes der Standardquerschnitt auftritt. Daraus resultiert ein Standardstreckenkilometer, welcher aus dem Standardquerschnitt mit seinem bestimmten Parametermix aufgebaut ist. Über solch homogene Abschnitte mit gleichem Parametermix werden auch Standardelemente für Weichen erstellt.^[1]

5.2 Standardweiche

Eine Standardweiche ist eine Anwendungsart des Standardelementes. Die typische Situation einer im Netz vorhandenen Weiche ist auch hier wieder von dem gewählten Parametermix abhängig. Laut Definition können nur jene Weichen Standardweichen zugeordnet werden, die maximal zu 20% in ihrer Ablenkung befahren werden (siehe Abbildung 16).^[2]

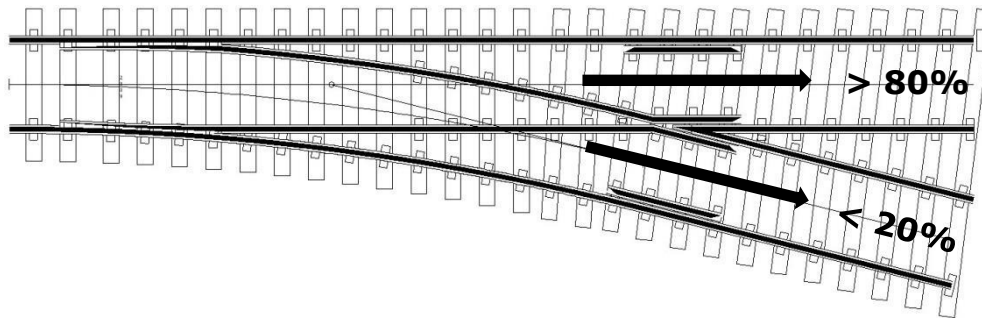


Abbildung 16 Weichenskizze Standardweiche

Dies trifft oftmals nicht auf Weichen in Bahnhöfen oder Haltestellen zu. Zudem sind die Belastungswerte für diese Weichen meist nicht vorhanden. Standardweichen sind daher Weichen am freien Streckengleis.

Aufgrund ihres Einflusses auf das Weichenverhalten werden folgende Parameter für die Standardweichenbeschreibung herangezogen:

I Verkehrsbelastung ^[2]

Die Verkehrsbelastung hängt von dem Einbauort und der damit verbundenen Belastungsintensität des Streckenabschnittes ab. Die Standardweichen werden in die in Tabelle 2 angeführten Belastungsklassen unterteilt.

Belastungsklassen	Belastungsspektrum [GesBt/Tag]
Belastungsklasse I	> 70.000
Belastungsklasse II	45.000 – 70.000
Belastungsklasse III	30.000 – 45.000
Belastungsklasse IV	15.000 – 30.000
Belastungsklasse V	8.000 – 15.000

Tabelle 2 Belastungsklassen [GesBt/Tag]

Diese Einteilung können die Weichen im Hauptnetz der ÖBB, ab einer Belastung von 12500 GesBt/Tag zugeordnet werden. Die Belastung hat entscheidende Auswirkungen auf das Weichen- und das Verschleißverhalten und daraus resultierend auch auf die Nutzungsdauer. Diese nimmt im Regelfall mit zunehmender Belastung ab.

I Bauart

In Bezug auf die Bauart wird zwischen einfachen Weichen (EW) und Bogenweichen (BW) unterschieden. Bei den Bogenweichen wird zusätzlich einerseits zwischen Innenbogen- (IBW) und Außenbogenweichen (ABW) und andererseits zwischen leicht verbogene Bogenweiche (BWlv) oder eine stark verbogene Bogenweiche (BWst) differenziert. Andere Bauformen wie beispielsweise Kreuzungsweichen werden nicht berücksichtigt.^[2]

I Abzweigradius

Die Einteilung der Abzweigradien erfolgt in die Radienklassen (z.B: R190, R300, R500).^[5] Die Wahl der Abzweigradien basiert auf der Geschwindigkeit, mit welcher die Weiche befahren werden soll sowie auf den einhergehenden Arbeiten und Kosten.

I Oberbauform ^[2]

Die Form des Oberbaues wird bestimmt durch

- das Schienenprofil 60E1, 54E2, 49E1
- den Schwellentyp Holz, Beton (besohlt und unbesohlt)
- die Herzstückart starres bzw. bewegliches Manganherzstück, FVC-Herzstück

I Unterbausituation

Der Untergrund ist der wichtigste Einflussfaktor bezüglich des Weichenverhaltens und den damit verbundenen Kosten. Bei einer Neulage wird für den Fall, dass nicht bereits ein guter Untergrund vorhanden ist, zuvor eine Untergrundsanie rung vorgenommen. Daher wird bei Standardweichen von einem guten Untergrund ausgegangen. Bei schlechten Untergrundverhältnissen wird im Weichenbereich ansonsten auf dieselben Untergrundklassen wie beim Streckengleis, siehe Kapitel 2.3, zurückgegriffen.^[5]

5.3 Arbeitszyklus der Standardelemente

Aufgrund der gewählten Parameter kann in weiterer Folge ein Arbeitszyklus für ein Standardelement erstellt werden. Dieser bildet die anfallenden Arbeiten über den gesamten Lebenszyklus einer Gleisanlage hinweg ab. Die Anzahl der gewählten Parameter muss für die Beschreibung der im Laufe der Nutzungsdauer anfallenden Instandhaltungsmaßnahmen ausreichend sein. Er darf jedoch nicht zu detailliert ausfallen, sodass mehrere Standardelemente mit nahezu identen Arbeitszyklen entstehen. Eine Weiche stellt ein komplexeres System als das Streckengleis dar. Dies ist auf die besonderen Bestandteile, wie das Herzstück und die asymmetrischen Schwellen, sowie die sich stetig ändernde Steifigkeit über die gesamte Weiche zurückzuführen. Daraus lässt sich auch eine weitreichendere Parameterabhängigkeit der Weiche im Gegensatz zu Streckengleis ableiten.^[1]

Investition		Charakteristik des Standartelementes										Nutzungsdauer															
Südbahn ABS <200km/h	BWlv R=500	zweigleisig	Herzstück		Unterbau		Befestigung																				
GesBT/Tag, Gleis	Profil	Schwellen	Mn / starr	gut	indirekt																						
55.000	54E2	Holz																									
Nutzungsdauer	Jahre	25,0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Neulage		1,0	1																								
Stopfen	alle x Jahre	4,2					1				1				1				1				1				1
Erhaltungsschleifen	Anzahl in ND	4,0							1						1						1						1
HZV-Wechsel	Anzahl in ND	1,0															1										
Herzwechsel	Anzahl in ND	2,0											1										1				
Radlenkerwechsel	Anzahl in ND	1,0													1												
Auftragsschweißen	Anzahl in ND	2,0									1										1						
Entgraten	Anzahl in ND	16,0		1	1			1	1				1	1		1	1		1	1		1	1		1	1	
Sonstige Instandsetzung	Anzahl in ND	37,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Schottertausch	Anzahl in ND	0,0																									
Zwischenlagenwechsel	Anzahl in ND	0,0																									
Schraubblochanierung	Anzahl in ND	0,0																									
Schwellensatzwechsel	Anzahl in ND	0,0																									
Einzelwellenwechsel	Anzahl in ND	0,0																									

Instandhaltungsmaßnahmen in der gesamten Nutzungsdauer

Abbildung 17 Arbeitszyklus einer Standardweiche

Die Abbildung 17 zeigt den Arbeitszyklus einer Standardweiche. Zu Beginn stehen die Basisdaten der Gleisanlage, die die Charakteristik sowie den Parameternmix beinhalten. Diese umfassen in der ersten Zeile den Ort und die Geschwindigkeit, die Bauart und den Radius sowie den Streckentyp (ein- bzw. zweigleisig). Darunter werden anschließend die Belastung in GesBT/Tag, das Schienenprofil, der Schwellen- und Herzstücktyp sowie die Unterbauqualität und die Befestigungsart angeführt. In der nächsten Zeile befindet sich eine Zeitleiste in Jahren, die bei 0 (Neulage) startet und bei der erreichten technisch wirtschaftlichen Nutzungsdauer endet. Darunter befindet sich eine Auflistung aller planbaren Arbeiten im Lebenszyklus der Gleisanlage. In Tabellenform werden dabei die Ausführungszeitpunkte und die Häufigkeit der anfallenden Arbeiten abgebildet.

Anhand der bekannten, durchschnittlichen Kosten, können die entstehenden Zahlungsströme über den gesamten Lebenszyklus abgeleitet werden. Zusätzlich werden auch Betriebserschwerungskosten im Zuge von (Re-)Investitionen und anfallenden sowie auch

jenigen für Weichen mit durchgeführter Schotterbettreinigung. In beiden Standardweichen ist daher ein Schotter austausch zwei Jahre nach der halben Nutzungsdauer eingetragen.

Bei Betrachtung der Stopfzyklen wird ersichtlich, dass die Stopfungen bei der Belastungsklasse 90.000 GesBT/T ca. in einem 3 Jahresrhythmus erfolgen und nach der Schotterbettreinigung ca. alle 2 Jahre durchgeführt werden. Im Falle der Belastungsklasse 55.000 GesBT/T beträgt das Stopfintervall zunächst ca. 4 Jahre und nach der erfolgten Schotterbettreinigung ca. 3 Jahre.

Die höhere Steifigkeit im Weichenoberbau ist auf die Materialeigenschaften der Betonschwellen zurückzuführen. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass im Gegensatz zu Weichen auf Holzschwellen eine stärkere Beanspruchung des Schotters erfolgt und vermehrte Instandhaltungsmaßnahmen resultieren. Es besteht daher die Tendenz, dass das Schotterbett von hoher Relevanz im Hinblick auf die Nutzungsdauer ist und diese desweiteren bei steigender Verkehrsbelastung zunimmt.

Der fehlende Eintrag eines Einzel- und Schwellensatzwechsels in der Instandhaltungstabelle könnte ebenfalls in der Verwendung der Betonschwellen begründet sein. Durch das robuste, witterungsbeständige Material weisen diese Lebensdauern von bis zu 50 Jahren auf und erfordern daher keinen altersbedingten Wechsel^[6]. Hinzu kommt, dass bei starker Verkehrsbelastung zum Zeitpunkt des erforderlichen Wechsels die Weichenfahrbahn keine ausreichenden Verschleißreserven mehr aufweist und daher ein reiner Schwellensatzwechsel nicht ausreichend wäre^[5]. In Einzelfällen können Einzelschwellen- bzw. Schwellensatzwechsel jedoch durch Rissbildung oder nach Eisenbahntgleisungen notwendig werden^[6].

6 Von der Theorie zur Praxis

Eine ortsspezifische Gleisanlage weist eine Vielzahl von Parametern auf, die durch ein Standardelement nicht alle abgedeckt werden. Die Arbeitszyklen der realen Gleisanlagen und jene der Standardelemente sind daher nicht ident. Die durchschnittlich erreichte Nutzungsdauer sollte sich jedoch im Mittel decken. Dies bedeutet, dass sich die Nutzungsdauern der einzelnen Projektweichen von jenen der zugewiesenen Standardweichen unterscheiden können. Der Durchschnitt entspricht jedoch den Nutzungsdauern der Standardweichen.^[1] Projektentscheidungen sollten daher zwar im Sinne der Standardelemente strategiekonform sein, aber auf Basis der ortsspezifischen Situation im Netz und den daraus resultierenden Daten getroffen werden.^[5]

In der Praxis basiert die Entscheidung zum Weichenausbau auf Inspektionen, unbelastet ermittelten Messwerten (Grenzwertüberschreitungen) und Erfahrungswerten. Anhand einer Umfrage mittels Fragebögen und persönlichen Gesprächen mit Kompetenzträgern werden in weiterer Folge die Nutzungsdauer begrenzenden Komponenten einer einfachen Weiche im Hauptgleis aus Sicht der Praxis ermittelt. Durch die Auswertung der Ergebnisse sollen die begrenzenden Komponenten und ihre Zusammenhänge festgestellt und folglich eine Brücke zu den Tendenzen der Standardweichen hinsichtlich des Weichenausbaus geschlagen werden.

7 Die Fragebögen

Ziel der Fragebögen ist es, jene Komponenten zu erfassen, die aus Sicht der Experten für die Ausbauentcheidung verantwortlich sind. Die Fragestellungen beziehen sich dabei ausschließlich auf gerade einfache Weichen im Hauptgleis des Kernnetzes. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen wurden zwei Befragungen verfasst. Eine ist auf Weichen mit Holzschwellen und die andere auf Weichen mit Betonschwellen ausgerichtet. Die Fragebögen befinden sich zur vollständigen Einsicht im Anhang.

Diese Fragebögen wurden sowohl an nationale Kompetenzträger im Bereich Weichen innerhalb der ÖBB als auch im internationalen Raum an eine Auswahl von Fachexperten versendet. Zusätzlich dazu wurden im Anschluss Expertengespräche innerhalb der ÖBB durchgeführt, um die erhaltenen Ergebnisse zu ergänzen und näher zu erläutern.

7.1 Fragebogen – Aufbau

Die Fragebögen sowohl für Holz- als auch Betonschwellenweichen weisen denselben Aufbau auf. Zu Beginn gilt es unter Punkt 1) als Oberkategorien jene Komponenten auszuwählen, die für die Ausbauentcheidung verantwortlich sind und diesen ihren prozentualen Anteil an der Entscheidung zuzuordnen (siehe Abbildung 22 und Abbildung 23).

1. Oberkategorie:
a) Auswahl der Entscheidungsgründe

Welche der angeführten, technischen Kategorien stellen den endgültigen Entscheidungsgrund für den Weichenausbau dar?

Bitte geben Sie für jede der gewählten Kategorien den Prozentsatz an, mit welchem dieser für den Weichenausbau verantwortlich ist. Achten Sie bitte darauf, dass die Summe aller vergebenen Prozente 100 ergibt.

SCHIENE _____%	HOLZSCHWELLEN _____%	KRAFTSCHLUSS ZWISCHEN SCHIENE UND SCHWELLE _____%
ZUNGENVORRICHTUNG _____%	HERZBEREICH _____%	SCHOTTER / SCHOTTERBETT _____%
UNTERGRUND _____%	SONSTIGES: _____%	

Anmerkungen:

.....

.....

Abbildung 22 Oberkategorien für Weichen auf Holzschwellen

1. Oberkategorie:
a) Auswahl der Entscheidungsgründe

Welche der angeführten, technischen Kategorien stellen den endgültigen Entscheidungsgrund für den Weichenausbau dar?

Bitte geben Sie für jede der gewählten Kategorien den Prozentsatz an, mit welchem dieser für den Weichenausbau verantwortlich ist. Achten Sie bitte darauf, dass die Summe aller vergebenen Prozente 100 ergibt.

SCHIENE _____%	BETONSCHELLEN _____%	BEFESTIGUNG _____%
ZUNGENVORRICHTUNG _____%	HERZBEREICH _____%	SCHOTTER / SCHOTTERBETT _____%
UNTERGRUND _____%	SONSTIGES: _____%	

Anmerkungen:

.....

.....

Abbildung 23 Oberkategorien für Weichen auf Betonschwellen

Zur Auswahl stehen Schiene, Schwellentyp, Befestigung bzw. Kraftschluss, Zungenvorrichtung, Herzbereich, Schotter und Untergrund. Die beiden Fragebögen unterscheiden sich in zwei Oberkategorien. Der Fragebogen für Weichen auf Holzschwellen hat den Kraftschluss zwischen Schiene und Schwelle als mögliches Auswahlkriterium sowie als Schwellentyp Holzschwellen angeführt. Im Fragebogen bezogen auf Betonschwellen ist die Befestigung als Oberkategorie wählbar, zudem entspricht die Oberkategorie Schwellentyp den Betonschwellen. Dies ist auf das Materialverhalten der Schwellen zurückzuführen. Da Holzschwellen aus einem weicheren und witterungsunbeständigen Material sind, stellt der Kraftschluss im Auflagebereich der Schiene ein Problem dar. Für die steifen, witterungsbeständigen Betonschwellen ist hingegen die Befestigung entscheidender.

Zusätzlich zu den vorgegebenen Komponenten ist es möglich unter „Sonstiges“ eine Oberkategorie zu ergänzen sowie unter Anmerkungen seine Auswahl zu begründen. In einer anschließenden Fragestellung kann angegeben werden, worauf die getätigte Auswahl basiert. Es stehen Inspektion, Messwerte, Erfahrungswerte oder Sonstiges zur Auswahl.

Im Anschluss gilt es unter Punkt 2) für die gewählte Oberkategorie die entsprechende Unterkategorie auszufüllen. Die jeweiligen Unterkategorien sind dabei in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil unter Punkt 2a) sind jene Maßnahmen anzugeben, die für die ausgewählte Oberkategorie nötig wären, falls diese den alleinigen Grund für die Ausbaumaßnahme darstellt. Diese sind auszuwählen und im Anschluss zu begründen.

Im zweiten Teil unter Punkt 2b) sind jene Weichenkomponenten zu wählen, die ebenfalls an der Ausbauentcheidung beteiligt sind, falls die ausgewählte Oberkategorie nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt. Die Auswahl kann im Anschluss wieder begründet sowie in der darauffolgenden Frage nach den alternativen Instandhaltungsmaßnahmen zum Ausbau ergänzt werden. Exemplarisch ist die Unterkategorie für die Oberkategorie Holzschwelle in Abbildung 24 dargestellt.

HOLZSCHWELLEN:

a) Wenn die Holzschwellen den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellen:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

<input type="checkbox"/> Einzelschwellenwechsel	<input type="checkbox"/> Schwellensatzwechsel
<input type="checkbox"/> Schraublochanierung	<input type="checkbox"/> _____

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Holzschwellen nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellen:

Welche Faktoren haben die Ausbauentcheidung ebenfalls beeinflusst?

<input type="checkbox"/> Schiene	→ Holzschwellen
<input type="checkbox"/> Kraftschluss (Schiene und Schwelle)	<input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung
<input type="checkbox"/> Herzstück	<input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett
<input type="checkbox"/> Untergrund	<input type="checkbox"/> _____

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____

Abbildung 24 Unterkategorie Holzschwellen

Die Instandhaltungsmaßnahmen der Unterkategorien sind passend auf die jeweilige Oberkategorie abgestimmt.

Im Anschluss an die Unterkategorien folgt eine Abschlussfrage unter Punkt 3). Hierbei gilt es jenen Prozentsatz anzugeben, mit welchem Weichen im Zuge von Großprojekten (z.B. Bahnhofkopferneuerung) ausgebaut werden, obwohl ihre technisch wirtschaftliche Nutzungsdauer noch nicht erreicht ist (siehe Abbildung 25).

<p>3. Weichenausbau im Zuge von Großprojekten</p> <p>Wie viele Weichen werden Ihrer Erfahrung nach im Zuge von Großprojekten (Ausbau ganzer Weichenköpfe, Bahnhofsumbau, Gleisneulage) erneuert, ohne dass die Weiche ihre technische Nutzungsdauer erreicht hat?</p> <p style="text-align: center;">_____ %</p>

Abbildung 25 Weichenausbau im Zuge von Großprojekten

8 Auswertung der Umfrage

Die Auswertung erfolgt auf Basis der beantworteten Fragebögen sowie der im Anschluss vorgenommenen Fachgespräche. Für Weichen auf Holzschwellen wurden 16 Fragebögen zur Auswertung herangezogen und für Weichen auf Betonschwellen waren es 14. Die darauffolgenden Fachgespräche wurden mit 7 Kompetenzträgern im Bereich Weichen aus unterschiedlichen Regionen innerhalb der ÖBB geführt.

8.1 Auswertung der Umfrage - Weichen auf Holzschwellen

8.1.1 Oberkategorienauswertung - Holzschwellen

Zu Beginn erfolgt die Auswertung der gewählten Oberkategorien, die an der Ausbauentcheidung beteiligt sind. Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurden Boxplots verwendet, die die abgegebenen prozentuellen Anteile der einzelnen Oberkategoriein an der Ausbauentcheidung ersichtlich machen und einen guten Eindruck über den Datenbereich sowie dessen Verteilung vermitteln.

Die Enden der beiden Äste jeder Box stellen dabei den Minimalwert (unten) und das Maximum (oben) der vergebenen Prozentanteile an der Ausbauentcheidung dar. Die Länge der Äste beschreibt das Streuungsmaß, wobei ein langer Ast für eine große - und ein kurzer Ast für eine geringe Streuung stehen. Die Box selbst enthält 50% der Gesamtwertemenge. Die restlichen 50% sind außerhalb entweder unter oder über der Box verteilt. Die beiden Endpunkte der Box beschreiben den 25% Quantil-Wert (unten) und den 75% Quantil-Wert (oben). Der Strich innerhalb der Box ist der 50% Quantil-Wert, auch Median genannt. Die Lage des Median innerhalb der Box gibt Auskunft über die Schiefe der

Auswertung der Umfrage

Verteilung. Eine mittige Lage bedeutet demnach eine symmetrische Verteilung. Sowohl ober- als auch unterhalb des Medians liegen jeweils 50% der Gesamtwerte. Der Median stellt dabei nur eine numerische Zahl dar, die die oberen 50% der Werte von den unteren 50% teilt, wodurch Ausreißer in ihrem Zahlenwert unberücksichtigt bleiben. Damit unterscheidet er sich vom Mittelwert, welcher über das arithmetische Mittel den Durchschnittswert über den gesamten Zahlensatz, inklusive Zahlenwert der Ausreißer, bildet.

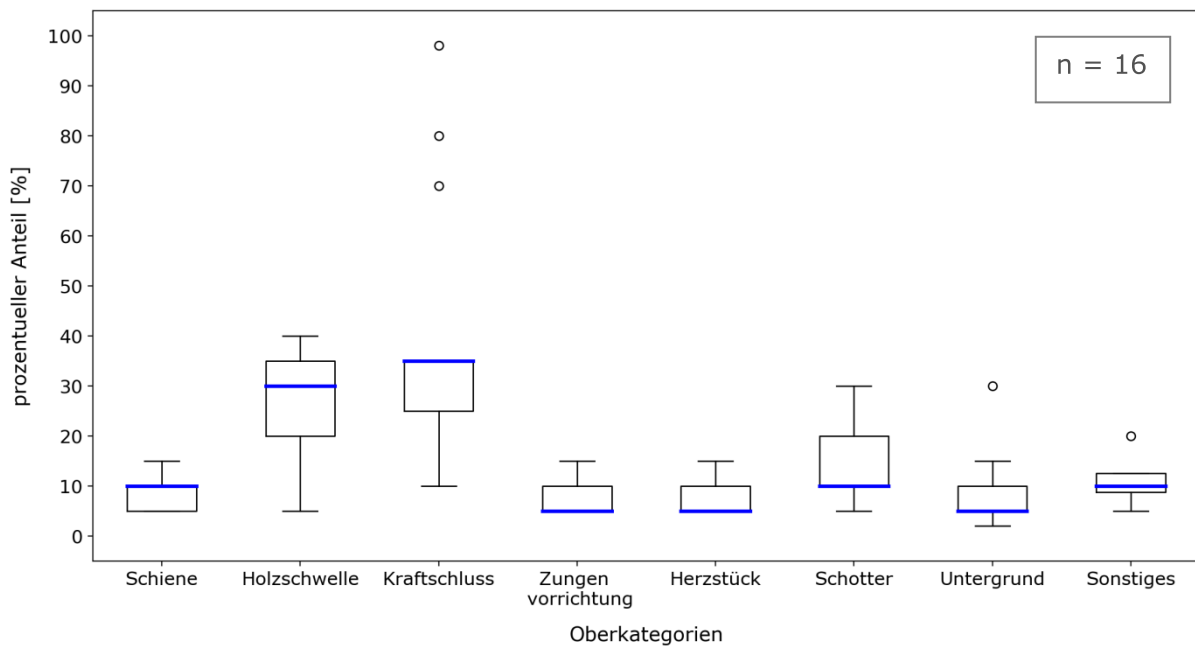


Abbildung 26 Anteil der Oberkategorien an der Ausbauentcheidung - 1.a) Oberkategorien für Weichen auf Holzschwellen

Oberkategorie	Min.	1. Quantil	Median	Mittelwert	3. Quantil	Max.	gewählt
Schiene	5	5	10	8,64	10	15	11 von 16
Holzschwelle	5	20	30	28,00	35	40	15 von 16
Kraftschluss	10	25	35	38,53	35	98	15 von 16
Zungen vorrichtung	5	5	5	8,00	10	15	10 von 16
Herzbereich	5	5	5	8,00	10	15	10 von 16
Schotter	5	10	10	13,46	20	30	13 von 16
Untergrund	2	5	5	8,50	10	30	12 von 16
Sonstiges	5	8,75	10	11,25	12,50	20	4 von 16

Tabelle 3 Auswertungstabelle der Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Holzschwellen)

In Abbildung 26 sind die Vergaben der prozentualen Anteile an der Ausbauentcheidung für jede Oberkategorie mittels eines Boxplots dargestellt. Die Minimal- und Maximalwerte, der Median und Mittelwert sowie die Quantilwerte der Boxplots sind in Tabelle 3 angeführt. Zusätzlich ist in der Spalte „gewählt“ ersichtlich, in wie vielen der 16 Fragebögen die jeweilige Oberkategorie gewählt wurde.

An Hand der Darstellung ist ersichtlich, dass alle Oberkategorien ausgewählt wurden. Dies wird sowohl in den Anmerkungen der Fragebögen als auch in den Fachgesprächen durch den schlechten Gesamtzustand der Weiche im Ausbaufall begründet. Hierbei ist das Zusammenspiel der einzelnen Faktoren maßgebend. Solange nur ein einzelnes Weichenbauteil betroffen ist, wird dieses im Regelfall instandgehalten. Erst gegen Ende der technischen Nutzungsdauer von mehreren Bestandteilen, erfolgt der Weichenausbau.^[11] Dies spiegelt sich auch in Abbildung 26 wieder.

I Oberkategorie Schiene, Zungenvorrichtung, Herzstück, Untergrund

Die Darstellung zeigt, dass sowohl die Schiene, die Zungenvorrichtung und das Herzstück als auch der Untergrund niedrige Boxplots im unteren Wertebereich aufweisen. Diese nehmen mit einem Mittelwert des Entscheidungsanteils von unter 10% eine untergeordnete Rolle ein.

Schienen, Zungen und Herze sind einem direkten Verschleiß durch die Räder der Schienenfahrzeuge im Eisenbahnbetrieb ausgesetzt. Dies spiegelt sich im Zungenbereich durch Anfahrschäden sowie Verbiegungen und im Herzbereich durch Ausbrüche und Deformationen an der Spitze wieder. Folglich werden diese im Lebenszyklus der Weiche unter Umständen mehrmals getauscht. Eine Neulage aufgrund einer unzureichenden Fahrbahn bei intakten Holzschwellen sowie Schotter- und Untergrundverhältnissen stellt einen seltenen Sonderfall dar. Sowohl in den Anmerkungen der Fragebögen als auch in den Fachgesprächen wurde darauf hingewiesen, dass weder die Schiene noch die Zungenvorrichtung oder das Herzstück den Hauptgrund für die Ausbauentcheidung darstellen. Diese werden gegebenenfalls instandgehalten. Bei schlechtem Komponentenzustand fließen sie jedoch sehr wohl im Zuge des schlechten Gesamtzustandes der Weiche in die Ausbauentcheidung mit ein.^[11]

Bei Weichen auf Holzschwellen wird der Untergrund aufgrund der elastischen Materialeigenschaften der Holzschwellen weniger beansprucht als im Falle der steiferen Betonschwellen. Der Untergrund stellt daher ebenfalls nicht den Hauptgrund für die Ausbauentcheidung dar.^[11]

I Oberkategorie Sonstiges

Die Oberbaukategorie Sonstiges weist höhere Prozentvergaben als die Schiene, die Zungenvorrichtung und das Herzstückes auf. Betrachtet man jedoch die Spalte „gewählte“ der Tabelle 3 wird ersichtlich, dass nur in 4 der 16 Fragebögen diese Kategorie gewählt wurde. Es handelt sich daher um Ausnahmen. Durch die zudem unterschiedlichen Angaben in dieser Kategorie ist diese vernachlässigbar. Als Einflussfaktoren für die Ausbauentcheidung wurden beispielsweise das Weichendesign und die Neulage im Zuge weiterer Weichenerneuerungen angeführt.

I Oberkategorie Schotter

Die Oberkategorie Schotter weist eine größere Wertestreuung als die zuvor erwähnten Oberkategorien auf. Es handelt sich um eine linksschiefe Verteilung, wobei sich der Median bei 10% befindet. Der Mittelwert beträgt 13,46%.

Im Zuge der Anmerkungen wird dies damit begründet, dass im Falle eines verunreinigten Schotterbettes eine gesamte Weichenneulage vertretbar ist, wenn sich die Instandhaltung (in Form einer Schotterbettreinigung) durch das vorangeschrittene Schwellenalter als unwirtschaftlich erweist. Das elastische Materialverhalten hat eine schonende Wirkung auf das Schotterbett. Folglich handelt es sich bei dem Weichenausbau aufgrund einer unzureichenden Schotterbettqualität zufolge einer Überbeanspruchung nicht um den Regelfall. Die Schotterbettqualität durch generelle Verschmutzung beispielsweise in Form von Fremdmiteleintrag von außen oder Pflanzenwuchs trägt wiederum zum Gesamtbild eines schlechten Weichenzustandes bei. Dies begünstigt dahingehend die Ausbaumentscheidung.^[11]

I Oberkategorie Holzschwelle, Kraftschluss zwischen Schiene und Schwelle

In Tabelle 3 ist ersichtlich, dass es sich bei den Holzschwellen und dem Kraftschluss um die meist gewählten Oberkategorien handelt. Zudem weisen sie die höchsten Mittelwerte mit 28% für Holzschwellen und 38,53% beim Kraftschluss auf. Trotz der ähnlichen Interquantilbereiche und Mediane liegt der Mittelwert des Kraftschlusses über jenem der Holzschwellen, da dieser Oberkategorie Ausreißer mit Werten über 70% zugeordnet wurden.

Der Ausbau der Weiche hängt damit nach der Auswertung der Oberbaukategorien von den Holzschwellen und deren Zustand sowie vor allem vom vorhandenen Kraftschluss zwischen Schiene und Schwelle ab.

Um dieses Ergebnis zu bestätigen, wurden die Kompetenzträger in den persönlichen sowie telefonischen Fachgesprächen aufgefordert, anzugeben, für wie viel Prozent der durchgeführten Ausbauprojekte die jeweiligen Oberkategorien als Hauptgrund für die Ausbaumentscheidung verantwortlich sind. Das deutliche Ergebnis ist in Abbildung 27 dargestellt und in Tabelle 4 mit Werten angeführt.

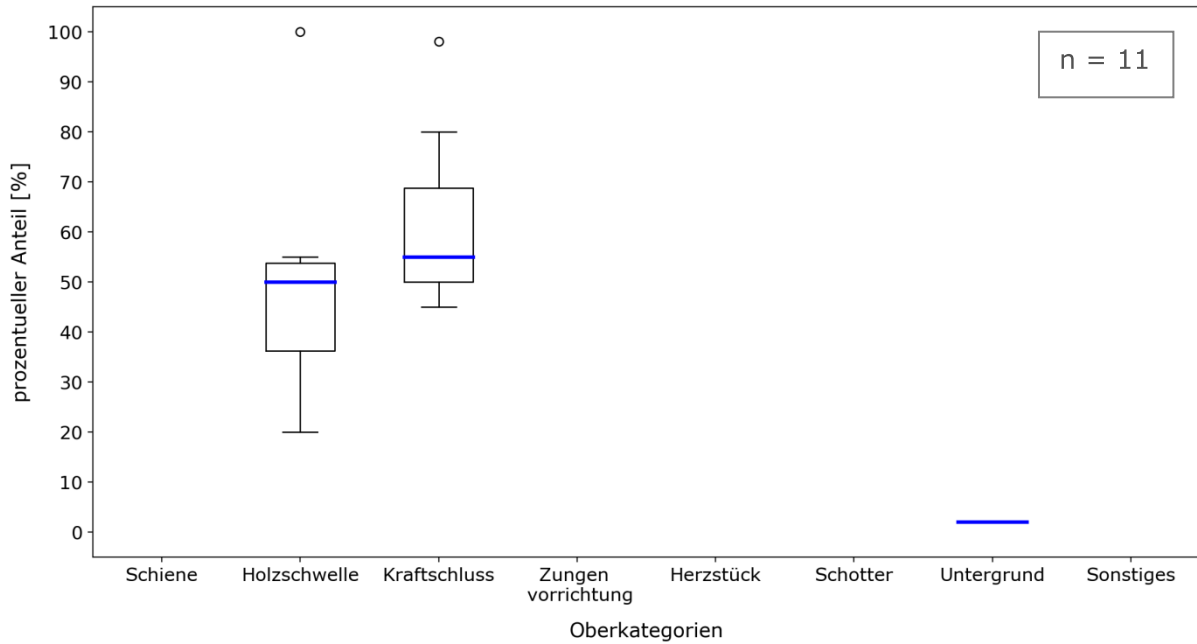


Abbildung 27 Hauptverantwortliche Oberkategorien an der Ausbauentcheidung (Weichen auf Holzschwellen)^[11]

Oberkategorie	Min.	1. Quantil	Median	Mittelwert	3. Quantil	Max.
Holzschwelle	20	36,25	50	48,50	53,75	100
Kraftschluss	45	50	55	61,30	68,75	98
Untergrund	2	2	2	2	2	2

Tabelle 4 Auswertungstabelle der hauptverantwortlichen Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Holzschwellen)^[11]

Die beinahe alleinige Auswahl des Kraftschlusses sowie der Holzschwellen untermauert das Ergebnis der zuvor durchgeführten Auswertung. Die breite Streuung beider Parameter ist auf deren engen Zusammenhang zurückzuführen. Die prozentuale Aufteilung auf diese beiden Oberkategorien war erschwert festzulegen und variiert daher stärker. Nichtsdestotrotz weisen beide einen ähnlichen Median von 50 bzw. 55% auf. Dabei handelt es sich bei den Holzschwellen um eine rechtsschiefe und bei dem Kraftschluss um eine linksschiefe Verteilung. Aufgrund der Abgabe höherer Prozentwerte (bis zu 100%) für die Oberkategorie Kraftschluss liegt deren Mittelwert bei 61,30% und damit über jenem der Holzschwellen mit 48,50%.

Die Grenze der technischen Nutzungsdauer für Weichen auf Holzschwellen ist daher durch den nicht mehr herstellbaren Kraftschluss sowie die Holzschwellen im Zusammenhang mit dem Holzschwellenalter und -zustand gesetzt.

Um dieses Ergebnis näher zu erläutern, wird in weiterer Folge ein näherer Blick auf den Zusammenhang zwischen dem Kraftschluss und den Holzschwellen sowie deren zur Anwendung kommenden Instandhaltungsmaßnahmen geworfen.

Das elastische Materialverhalten der Holzschwellen führt im Auflagebereich der Schiene oftmals zum Einpressen der Befestigung in die Schwelle. Zudem erfolgt mit zunehmendem Schwellenalter der voranschreitende Zerfall des Holzes. Dieser macht sich vermehrt sichtbar und wirkt sich auf den Kraftschluss aus. Der beschriebene Zusammenhang stellt den Grund für die gemeinsame Nennung der beiden Oberkategorien als Hauptkomponenten der Ausbauentcheidung dar. Der nicht mehr sichergestellte Kraftschluss führt zwar schlussendlich zum Ausbau der Weiche, ist jedoch unvermeidlich mit dem Holzschwellenalter und deren Zustand verbunden. ^[11]

8.1.2 Unterkategorienauswertung - Holzschwellen

In weiterer Folge werden auf Basis der Fragebögen die unter Punkt 2) angeführten Unterkategorien der beiden Oberkategorien Holzschwellen und Kraftschluss herangezogen. Die Auswertungen von Punkt 2.a), die sich auf die Instandhaltungsmaßnahmen beziehen, sind in Abbildung 28 für Holzschwellen und Abbildung 29 für den Kraftschluss ersichtlich.

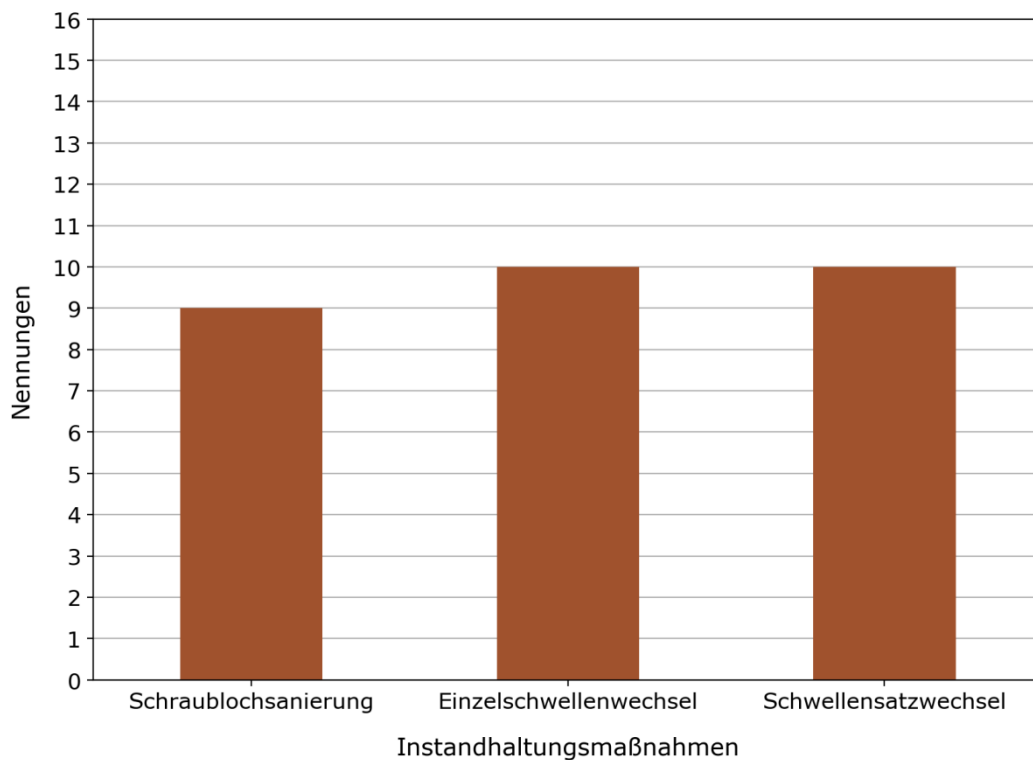


Abbildung 28 Instandhaltungsmaßnahmen bei Holzschwellen - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Holzschwellen

Abbildung 28 zeigt, dass alle drei gängigen Instandhaltungsmaßnahmen bei Holzschwellen, sowohl die Schraublochanierung als auch ein Einzel- und Schwellensatzwechsel, zum Einsatz kommen.

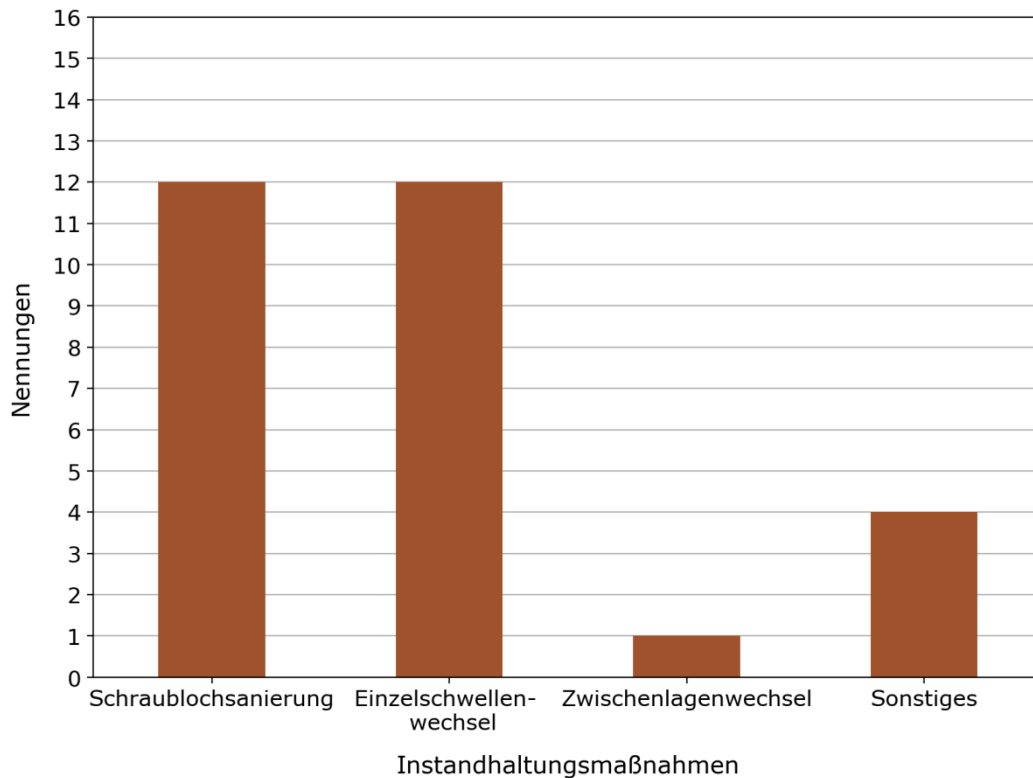


Abbildung 29 Instandhaltungsmaßnahmen bei unzureichendem Kraftschluss zwischen Schiene und Schwelle - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Kraftschluss

Auch in Abbildung 29 ist ersichtlich, dass die Schraublochanierung sowie der Einzelschwellenwechsel bei unzureichendem Kraftschluss durchgeführt werden. Der Zwischenlagenwechsel stellt meist eine Erstmaßnahme dar und wird gegen Ende der Nutzungsdauer nicht mehr ausschlaggebend^[11]. Auch die unter Sonstiges vermerkten Maßnahmen wie beispielsweise der Schwellensatz- und der Befestigungswechsel nehmen im Gegensatz zur Schraublochanierung sowie zum Einzelschwellenwechsel eine untergeordnete Rolle ein.

Die Ergebnisse von Abbildung 28 und Abbildung 29 machen daher wiederum den engen Zusammenhang zwischen dem Kraftschluss und dem Holzschwellenalter sowie – zustand erkennbar.

Wenn der Zerfall der Holzschwellen noch nicht zu weit fortgeschritten ist, wird der Kraftschluss der Schwelle in der Regel zumeist durch eine Schraublochanierung wieder hergestellt. Den Kompetenzträgern zufolge wird dadurch laut Garantie die Lebenszeit bis zu 3-5 Jahre, in der Praxis jedoch um bis zu 7-8 Jahre verlängert. Aufgrund der vergleichsweise geringen Kosten findet diese Instandhaltungsmaßnahme rege Anwendung. Das Wiedererlangen eines sicheren Kraftschlusses ist meist nach Ablauf der Restliegedauer von 7 bis 8 Jahren wegen des desolaten Holzschwellenzustandes kaum bis gar nicht mehr möglich. Gegebenenfalls kann auf den Einsatz von Sanierdübel zurückgegriffen werden.

Abgesehen von der „kurzfristigen“ Reparaturmethode mittels Schraublochanierung und Sanierdübel hilft meistens nur noch die Auswechslung einzelner Schwellen. Als nächste Ebene ist der Austausch des ganzen Schwellensatzes bis hin zum Weichenausbau erforderlich. Der Schwellenwechsel birgt neben der Unwirtschaftlichkeit bei zunehmender Nutzungsdauer der Weiche auch noch das Problem der Inhomogenität innerhalb der Weiche bzw. in den Anschlussstellen. Es sollten daher gegebenenfalls keine neuen Holzschwellen eingebaut werden, sondern Altschwellen, deren Zustand sich an den noch intakten Holzschwellen orientiert. Dadurch werden möglichst homogene Verhältnisse innerhalb der Weiche sowie eine möglichst hohe Synergie mit dem Anschlussgleis erzielt. In den Fachgesprächen wurde darauf hingewiesen, dass sowohl Einzel-als auch Schwellensatzwechsel aufgrund der folgenden Inhomogenität im System eher vermieden werden. Sie kommen vorzugsweise als Notfallmaßnahme zum Einsatz, beispielsweise im Zungen- und Herzbereich oder für den Fall, dass der Schwellenwechsel eine Übergangslösung darstellt um Zeit bis zur anstehenden Weichenerneuerung zu gewinnen bzw. zu überbrücken.^[11]

Im zweiten Teil der Unterkategorien wird in Punkt 2.b) näher auf jene Komponenten eingegangen, die neben den jeweiligen hauptverantwortlichen Oberkategorien noch an der Ausbauentcheidung beteiligt sind. Die Ergebnisse sind in Abbildung 30 für die Holzschwellen und Abbildung 31 für den Kraftschluss dargestellt.

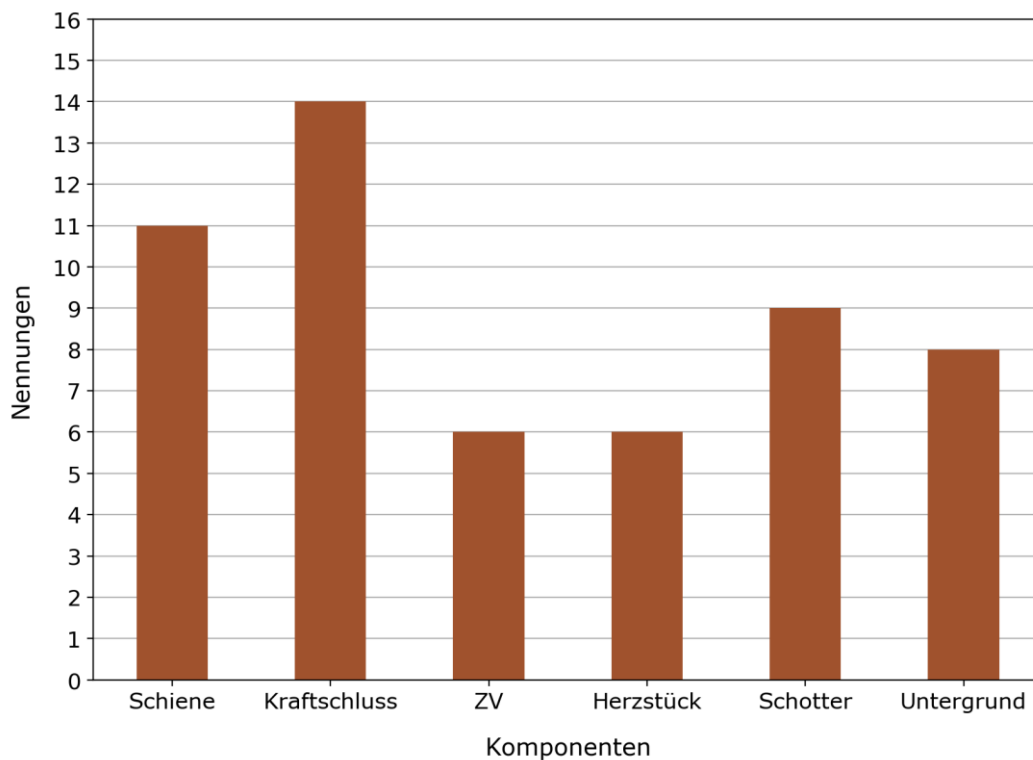


Abbildung 30 Welche Komponenten haben die Ausbauentcheidung neben den Holzschwellen noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Holzschwellen

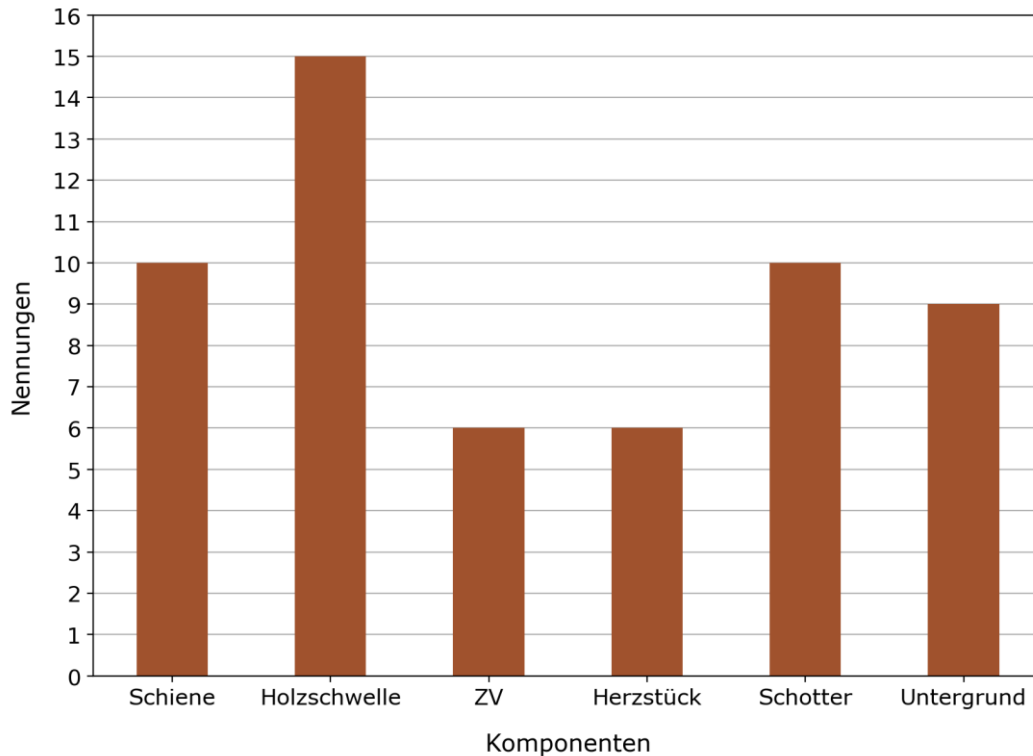


Abbildung 31 Welche Komponenten haben die Ausbauentcheidung neben dem Kraftschluss noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Kraftschluss

Es ist ersichtlich, dass beide Auswertungen ähnliche Ergebnisse liefern. Die Nennung aller Oberkategorien lässt sich wiederum auf den in Punkt 1.a) ausgewerteten, schlechten Gesamtzustand der Weiche gegen Ende der Nutzungsdauer zurückführen. Die Höhe der Balken der Zungenvorrichtung sowie des Herzstückes mit 6 von 16 Stimmabgaben lässt auch hier auf die untergeordnete Rolle dieser Komponenten im Hinblick auf die Ausbauentcheidung schließen. Schiene, Schotter und Untergrund nehmen diesbezüglich einen höheren Stellenwert ein. Dabei gehen unumstritten die Holzschwellen und der Kraftschluss mit 14 bzw. 15 Nennungen als Hauptkomponenten der Ausbauentcheidung hervor. Zusätzlich wird die Relevanz des Einflusses der übrigen Komponenten im Zuge des schlechten Gesamtzustandes der Weiche gegen Ende der Nutzungsdauer nochmals verdeutlicht.

8.1.3 Auswertung des Weichenausbaus im Zuge von Großprojekten - Holzschwellen

Zuletzt erfolgt die Auswertung von Punkt 3) der Fragebögen, in welchem nach dem Prozentsatz an Großprojekten gefragt wurde, im Zuge derer die Weichen noch vor dem Erreichen ihrer technisch wirtschaftlichen Nutzungsdauer ausgebaut werden.

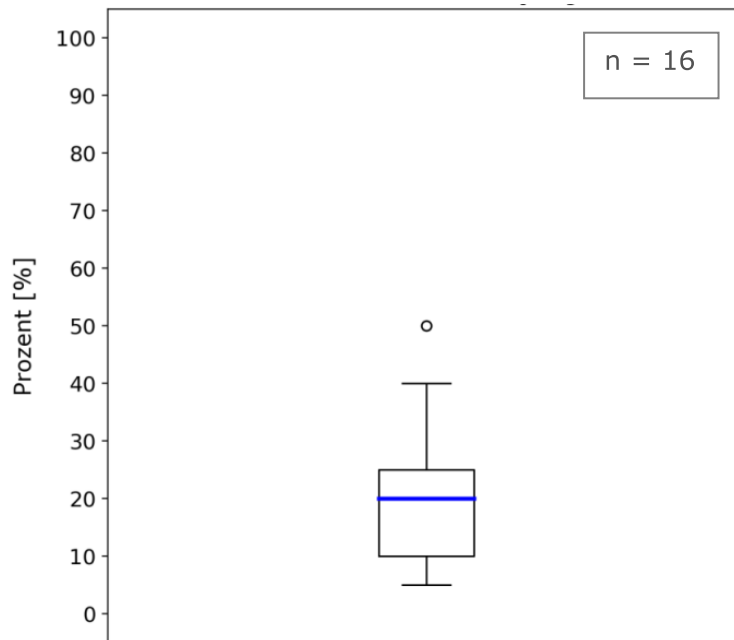


Abbildung 32 Weichenausbau im Zuge von Großprojekten – Weichen auf Holzschwellen

	Min.	1. Quantil	Median	Mittelwert	3. Quantil	Max.
Boxplotwerte	5	15	20	20,67	25	50

Tabelle 5 Auswertung des Weichenausbauanteils im Zuge von Großprojekten in Prozent [%] (Weichen auf Holzschwellen)

In Abbildung 32 sind die Prozentsätze mittels eines Boxplots dargestellt und in Tabelle 5 angeführt. Der Minimalwert liegt bei 5% und der Maximalwert bei 50% mit einem Durchschnitt von 20,67%.

Laut den Kompetenzträgern kann sich, unter Berücksichtigung der bestehenden Nutzungsdauern, ein vorzeitiger Ausbau von Weichen im Zuge von Großprojekten als wirtschaftlich sinnvoll erweisen. Weichen mit ähnlichen technischen Nutzungsdauern gemeinsam auszubauen erspart Kosten (z.B. Maschinenkosten), die für den gemeinsamen Ausbauprozess nur einmalig entrichtet werden müssen. Würde bei Großprojekten jede Weiche am Ende ihrer individuellen Nutzungsdauer ausgebaut werden, würden die Kosten des Weichenausbaues stark ansteigen. Es ist daher wirtschaftlich, Weichen gemeinsam auszubauen, wenn der Gewinn durch die nur einmalig anfallenden Kosten höher ist als der Verlust durch die nicht ausgeschöpfte Restnutzungsdauer der vorzeitig ausgebauten Weichen. In den Fachgesprächen wurde zudem darauf hingewiesen, dass der Prozentsatz von Weichen mit Holzschwellen, die im Zuge von Großprojekten noch vor Erreichen ihrer Nutzungsdauer ausgebaut werden, höher ist, als jener bei Betonschwellenweichen. Dies ist auf die weitest gehende Umrüstung von Holz- auf Betonschwellen im Hauptgleis zurückzuführen, die aus wirtschaftlichen Gründen und zugunsten der Homogenität auch zu vorzeitig ausgebauten Weichen im Zuge von Großprojekten führt.^[11]

8.2 Auswertung der Umfrage - Weichen auf Betonschwellen

In den Anmerkungen der Fragebögen und den Fachgesprächen wurde auf die noch fehlenden Erfahrungswerte bezüglich des Ausbaus von Betonschwellenweichen hingewiesen. Da diese laut den Kompetenzträgern zumeist erst Ende der achtziger Jahre eingebaut wurden und robuster sowie belastungsfähiger als Holzschwellenweichen sind, gibt es nur wenige Erkenntnisse über die Ausbaugegebenheiten.^[11]

8.2.1 Oberkategorienauswertung - Betonschwellen

Die Fragebogenauswertung für Weichen auf Betonschwellen erfolgt nach derselben Systematik wie bei den Weichen auf Holzschwellen. Zu Beginn erfolgt die Auswertung der gewählten Oberkategorien, die an der Ausbauentcheidung beteiligt sind. Es wurden auch hier Boxplots für die graphische Darstellung der Ergebnisse gewählt, siehe Abbildung 33.

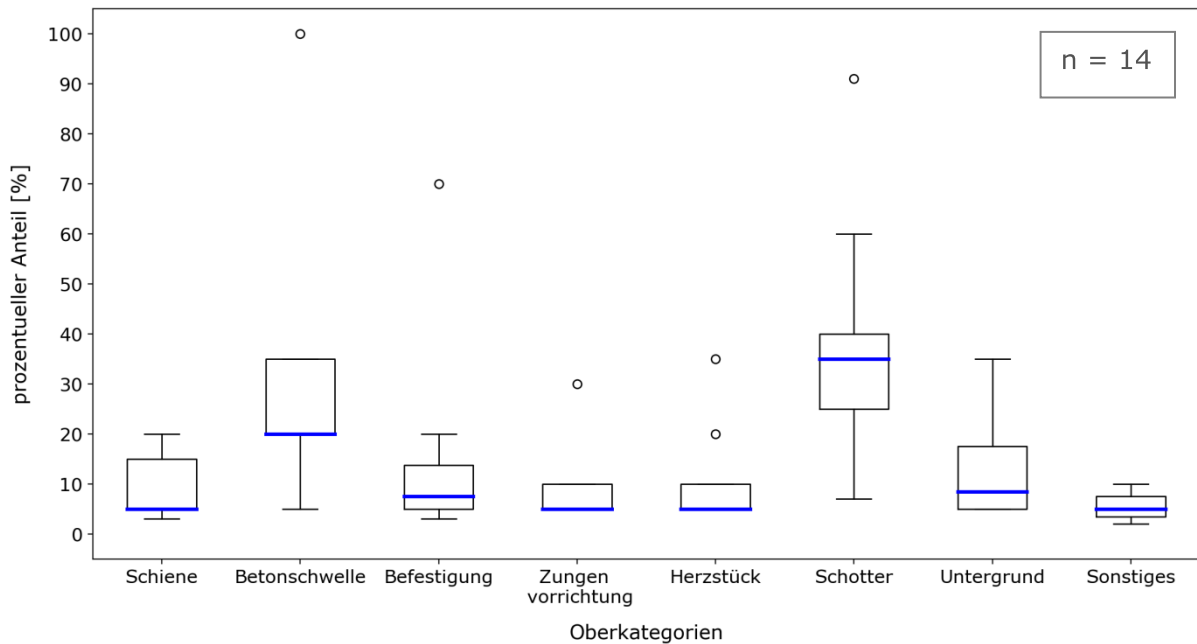


Abbildung 33 Anteil der Oberkategorien an der Ausbauentcheidung -
1.a) Oberkategorien für Weichen auf Betonschwellen

Oberkategorie	Min.	1. Quantil	Median	Mittelwert	3. Quantil	Max.	gewählt
Schiene	3	5	5	9,78	15	20	9 von 14
Betonschwelle	5	20	20	28,85	35	100	13 von 14
Befestigung	3	5	7,50	14,80	13,75	70	10 von 14
Zungenvorrichtung	5	5	5	9,44	10	30	9 von 14
Herzbereich	5	5	5	10,50	10	35	10 von 14
Schotter	7	25	35	36,50	40	91	12 von 14
Untergrund	5	5	8,50	12,67	17,50	35	12 von 14
Sonstiges	2	3,50	5	5,67	7,50	10	3 von 14

Tabelle 6 Auswertungstabelle der Oberkategorien in Prozent [%]
(Weichen auf Betonschwellen)

Anhand der Darstellung ist zu sehen, dass alle Oberkategorien ausgewählt wurden. Dies wird ebenfalls durch den schlechten Gesamtzustand der Weichen im Ausbaufall begründet. Da Betonschwellenweichen hauptsächlich im hochrangigen Streckennetz verbaut sind und dadurch die gesamte Gleisanlage großen Belastungen ausgesetzt ist, ist das Zusammenspiel aller Bauteile maßgebend. Mängel einzelner Weichenbauteile werden im Regelfall instandgehalten, weshalb diese auch nur in Ausnahmefällen zur Erneuerung der ganzen Weiche führen. Da der Bauteilwechsel bei Weichen im Zuge der Liegedauer öfters vorkommt, erfolgt der Weichenausbau erst gegen Ende der wirtschaftlichen Nutzungsdauer von mehreren Komponenten.^[11] Dies wird durch die Abbildung 26 veranschaulicht.

I Oberkategorie Schiene, Befestigung, ZV, Herzstück, Sonstiges

Auf den ersten Blick ist in Abbildung 33 bereits ersichtlich, dass die Schiene, die Befestigung, die Zungenvorrichtung und das Herzstück sowie die Oberkategorie Sonstiges einen geringen Stellenwert in der Ausbauentcheidung einnehmen. Der Mittelwert liegt bei maximal 14,80% bei der Befestigung. Noch deutlicher wird deren Rang durch die Betrachtung des Medians, der bei nur 5% (im Falle der Befestigung bei 7,5%) liegt.

Im Rahmen der Fachgespräche wurden die Komponenten der Weichenfahrbahn nicht als ausschlaggebend für die Ausbauentcheidung angegeben. Diese Bestandteile sind einem höheren, direkten Verschleiß durch den Eisenbahnbetrieb ausgesetzt. Dieser äußert sich durch Fahrbahnschäden wie Anfahrtschäden und Verbiegungen sowie Ausbrüchen und Deformierungen. Daher werden diese bei Defekten oder grenzwertiger Abnutzung im Laufe der Liegedauer der Weiche öfters getauscht. Eine Neulage zufolge einer unzureichenden Fahrbahn bei intakten Betonschwellen sowie Schotter- und Untergrundverhältnissen kommt nahezu nicht vor. In den Anmerkungen sowie den Fachgesprächen wurde jedoch darauf hingewiesen, dass die Schiene, die Zungenvorrichtung sowie das Herzstück bei schlechtem Komponentenzustand die Ausbauentcheidung im Sinne eines vorzeitigen Ausbaus begünstigen. Sie stellen jedoch nicht die Hauptgründe für die Ausbauentcheidung dar.^[11]

I Oberkategorie Untergrund

Abbildung 33 zeigt, dass der Untergrund durch einen 3.Quantilwert von 17,50% eine größere Box aufweist als die zuvor erwähnten Oberkategorien. Zudem liegt der Maximalwert für die Oberkategorie „Untergrund“ ebenfalls höher (35%). Der Median befindet sich bei 8,50% und es handelt sich um eine linkschiefe Verteilung. Dies bedeutet, dass sich 50% der vergebenen Prozentangaben unter 8,50% befinden. Die Länge des oberen Astes weist auf die Streuung der Werte im oberen Prozentbereich zwischen 17,50% und 35% hin. Die Streuung nimmt mit der Länge des Astes zu. Aus den Boxplotergebnissen kann geschlossen werden, dass der Untergrund durch höhere Prozentangaben von bis zu 35% eine größere Rolle in der Ausbauentcheidung spielt als die Schiene, die Befestigung, die Zungenvorrichtung und das Herzstück. Der Untergrund ist durch den ähnlichen Mittelwert von nur 12,67% ebenfalls nicht als hauptverantwortliche Komponente an den Ausbauentscheidungen zu betrachten.

Dies wurde in den Fachgesprächen durch die Bestimmung der Unterbauqualität vor dem Einbau der Weiche und einer gegebenenfalls vorgenommenen Untergrundverbesserung bzw. zusätzlich eingebauten Tragschicht begründet. Durch die hohe Steifigkeit im System ist die Herstellung einer guten Unterbauqualität vor dem Einbau der Weiche entscheidend. Im Nachhinein kann diese nur schwer bis nahezu nicht wieder hergestellt werden und führt dadurch zum vorzeitig erforderlichen Ausbau der Weiche. Zusätzlich nimmt der Untergrund bei Weichen auf Betonschwellen einen höheren Stellenwert als bei einem leichten Oberbau ein. Er ist einer höheren Last bzw. Beanspruchung ausgesetzt und neigt eher zum Qualitätsverlust. Damit nimmt ein guter Untergrund den höchsten Stellenwert im Weichensystem ein, da dieser die Voraussetzung für das Erzielen der technischen Nutzungsdauer der übrigen Weichenkomponenten darstellt.^[11]

I Oberkategorie Betonschwellen, Schotter

In Abbildung 33 ist erkennbar, dass sich die Boxplots der Oberkategorien Betonschwellen und Schotter durch ihre Lage im höheren Prozentbereich deutlich von jenen der anderen Oberkategorie absetzen. Dies wird zudem durch die in Tabelle 6 angeführten Werte ersichtlich. Für die Betonschwellen liegen 10 von 14 möglichen Nennungen im Wertebereich von 20% - 35%. Im Falle des Schotter liegen 8 von 14 möglichen Nennungen bei 25% - 40%. Damit umfassen in beiden Oberkategorien über 50% der abgegebenen Nennungen einen ähnlichen Bereich. Die Lage der Mediane innerhalb der Boxen verdeutlicht, dass es sich bei den Betonschwellen um eine linksschiefe Verteilung handelt, wohingegen die Werte der Oberkategorie Schotter leicht rechtsschief verteilt sind.

Im Falle der Betonschwellen wurden diese in 5 von 14 möglichen Nennungen mit einem Anteil von 20% an der Ausbauentcheidung und in weiteren 5 von 14 möglichen Nennungen in einem Wertebereich größer 20 bis zu 35% bewertet. Außerhalb der Box streuen

Oberkategorie	Min.	1. Quantil	Median	Mittelwert	3. Quantil	Max.
Schiene	10	15	20	16,67	20	20
Betonschwelle	20	22,5	30	30	37,5	40
Schotter	30	50	55	51,67	60	60
Untergrund	10	15	20	20	25	30

Tabelle 7 Auswertungstabelle der hauptverantwortlichen Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Betonschwellen)^[11]

In Abbildung 34 ist ersichtlich, dass die Schiene, die Betonschwellen sowie der Untergrund und der Schotter als Hauptkomponenten angeführt sind. Tabelle 7 zeigt, dass der Schotter mit einem Mittelwert von über 50% deutlich über jenen der anderen Oberkategorien liegt. Die Betonschwellen nehmen durch die vergebenen Prozentanteile von 20% bis 40% einen höheren Stellenwert ein als die Schienen und der Untergrund. Diese beiden weisen ähnliche Quantils- sowie Mittel- und Grenzwerte im unteren Prozentbereich von bis zu 20 bzw. 25% auf. Abgesehen von den Werten der Schiene, die rechtsschief verteilt sind, weisen die übrigen Oberkategorien eine symmetrische Werteverteilung auf.

Um die Ergebnisse richtig in Kontext zu stellen, waren die erläuterten Zusammenhänge der Komponenten im Zuge der Fachgespräche entscheidend. Diese fanden bereits in den Anmerkungen der Fragebögen Erwähnung. Daher wird auf die von den Kompetenzträgern beschriebene Wechselwirkung der einzelnen Komponenten im Laufe der Liegedauer von Betonschwellenweichen näher eingegangen.

Das hohe Gewicht der Betonschwelle stellt ein Problem bei unzureichenden Untergrundverhältnissen dar und erschwert zudem den Einbau. Daher ist die vorangehende Herstellung einer guten Unterbauqualität durch einen gegebenenfalls notwendigen Tragschicht-einbau essentiell. Zu hohe Steifigkeit im Unterbau würde in Verbindung mit den steifen Betonschwellen zum Zermahlen des Schotters führen. Dies würde wiederum die Steifigkeit des Schotters erhöhen. Durch zusätzlichen Feinteileintrag in Form von Humus, Pflanzenwuchs oder von außen zugeführtes Material würde der Schotter zunehmend „verkleben“ und an Elastizität verlieren. In weiterer Folge kann es durch die zusätzliche Beanspruchung zu Abplatzungen von Material bis hin zum Bruch der Betonschwellen kommen. Eine weitere Auswirkung der schlechten Schotterbettqualität äußert sich in der verminderten Lagestabilität, weshalb vermehrte Stopfgänge in immer kürzeren Abständen erforderlich werden. Dies kann das Abrunden der Betonschwellen sowie das resultierende Walken der Schwellen bis hin zum Abplatzen der Schwellenkanten zur Folge haben. In letzter Konsequenz bewirkt das zu steife Tragsystem aus Tragschicht, Schotter und Betonschwellen eine zusätzliche Beanspruchung der Schiene, was zum erhöhten Verschleiß bis hin zum Schienenbruch führen kann.^[11]

Eine zu geringe Elastizität im Gleissystem bewirkt daher ein Komponentenversagen der Weiche. Ist der Zustand, dass die schlechte Schotterqualität zum erhöhten Verschleiß des restlichen Oberbaus geführt hat, bereits eingetreten, sind meistens die beschädigten Betonschwellen in Kombination mit dem bis dahin ebenfalls in Mitleidenschaft gezogenem Gesamtzustand der Grund für den Ausbau. Das liegt daran, dass die Betonschwellen nicht durch verhältnismäßig kostengünstige Instandhaltungsmaßnahmen wie der Verharzung im Falle der Holzschwellen instandhaltbar sind. Hierfür wäre ein Einzel- bzw. Schwellensatzwechsel notwendig, welcher aufgrund der hohen Kosten nur als Notfallmaßnahme zum Einsatz kommt.^[11]

Die Ausbauentcheidung wird daher vordergründig anhand des Zustandes des Fahrweges, allem voran der Betonschwellen, abgeleitet. Der schlechte Gesamtzustand basiert jedoch auf dem Schotterbett, ohne dessen Qualitätsverlust der Fahrweg von sich aus nicht den Hauptgrund der Ausbauentcheidung darstellen würde.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Grenze der technischen Nutzungsdauer für Weichen auf Betonschwellen durch das verschmutzte Schotterbett und dessen Auswirkungen auf den schlechten Gesamtzustand der Weiche, vor allem den der Fahrbahn bzw. der Betonschwellen, gesetzt wird.

Um dem vorzeitigen Ausbau durch den Mangel an Elastizität im Tragsystem entgegenzuwirken, sind die Herstellung einer guten Unterbauqualität vor dem Weicheneinbau, sowie eine gegebenenfalls erforderliche Schotterbettreinigung maßgebend. Zusätzlich werden zur Erhöhung die Kontaktfläche zwischen Schwelle und Schotter bereits bevorzugt besohlte Betonschwellenweichen eingebaut. Die Besohlung kombiniert damit die Vorteile der Holz- und Betonschwelle und ist somit eine Bereicherung für die Gleisanlage.^[11]

8.2.2 Unterkategorienauswertung - Betonschwellen

Im Anschluss an die Erkenntnis der hauptverantwortlichen Oberkategorien werden auf Basis der Fragebögen, die unter Punkt 2) angeführten Unterkategorien der Oberkategorien Schotter und Betonschwellen herangezogen. Die Auswertungen von Punkt 2.a), die sich auf die benötigten Instandhaltungsmaßnahmen beziehen, sind in Abbildung 35 für die Betonschwellen und Abbildung 36 für den Schotter ersichtlich.

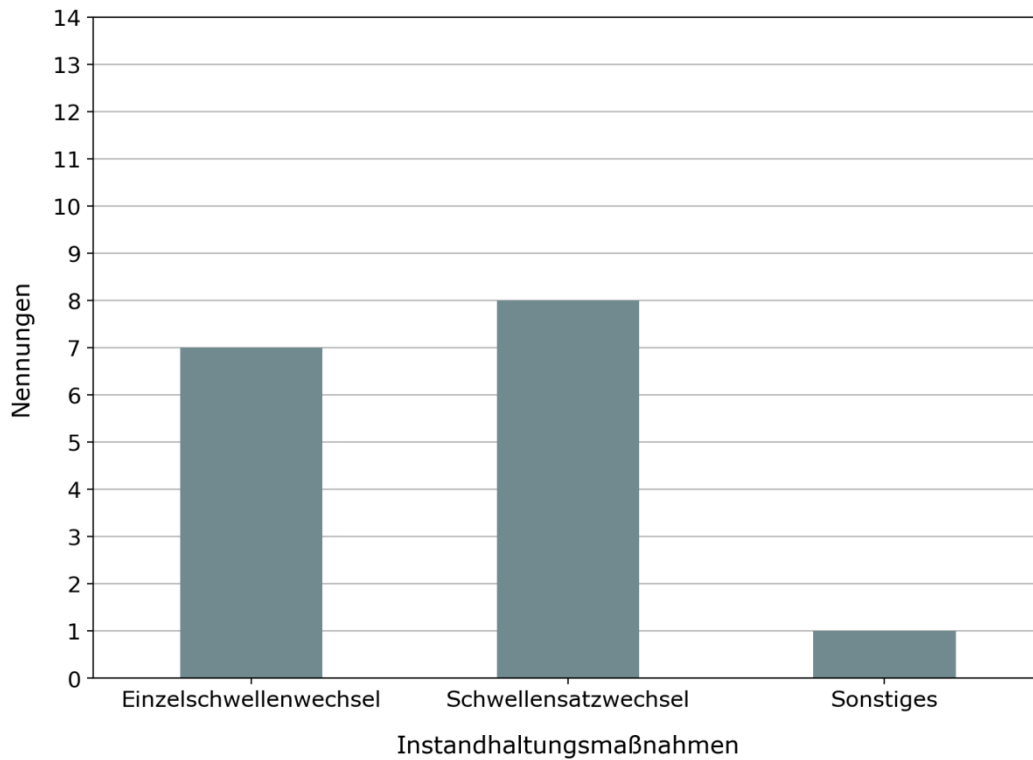


Abbildung 35 Instandhaltungsmaßnahmen bei Betonschwellen - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Betonschwellen

Die Darstellung zeigt, dass sowohl der Einzel- als auch der Schwellensatzwechsel als Instandhaltungsmaßnahmen zum Einsatz kommen. Im Zuge der Fachgespräche wurde jedoch darauf hingewiesen, dass es sich dabei um Notfallmaßnahmen aufgrund ihrer hohen Kosten handelt^[11].

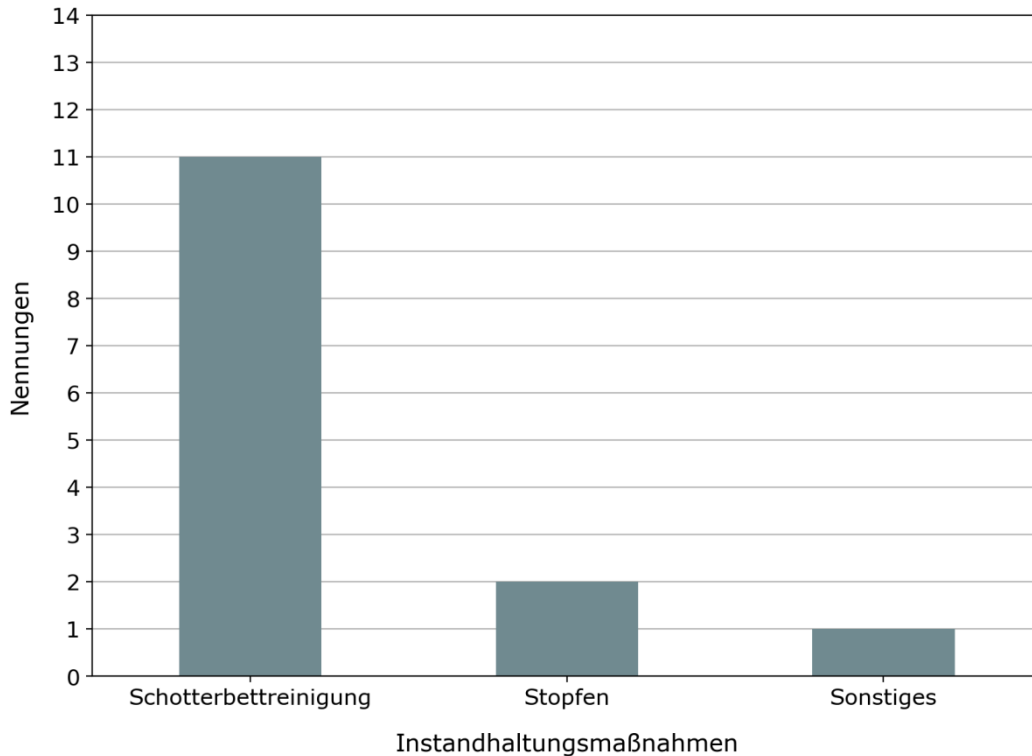


Abbildung 36 Instandhaltungsmaßnahmen des Schotterbettes - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Schotter

In Abbildung 36 wird die bereits im Punkt 1) erwähnte Relevanz der Schotterbettreinigung als Instandhaltungsmaßnahme nochmals veranschaulicht.

Bei einem stark verschmutzten Schotterbett kann auch durch vermehrtes Stopfen die Lagestabilität nicht mehr dauerhaft sichergestellt werden. Die beste Lösung stellt laut den Kompetenzträgern die Schotterbettreinigung dar, unter der Voraussetzung, dass kein Untergrundproblem vorliegt.^[11]

Sensitivitätsanalysen mittels der Methode der kritischen Werte zeigen jedoch, dass eine Schotterbettreinigung im freien Streckengleis eine Verlängerung der Liegedauer von 40 - 50% erzielen muss, um zu einem wirtschaftlich positiven Ergebnis zu führen. Die Verlängerung der Liegedauer ist für Weichen zwar geringer, wird aber ebenfalls als unwirtschaftlich eingestuft.^[5] Aufgrund der hohen Kosten dieser Instandhaltungsmaßnahme ist daher im Regelfall bei einem erforderlichen Schotterauswechsel gegen Ende der Nutzungsdauer der Weichenausbau vorzuziehen.^[11]

Derzeit muss für jede erforderliche Schotterbettreinigung speziell angesucht und deren Notwendigkeit begründet werden. Den Kompetenzträgern zufolge ist eine Schotterbettreinigung stark vom Weichenzustand vor Ort sowie der von der Durchführbarkeit abhängig. Daher ist diese nicht generell für jede Weiche bzw. jeden Weichenzustand zielführend. Es wurde darauf hingewiesen, dass eine solche Instandhaltungsmaßnahme ca.4 Jahre vor

der geplanten Umsetzung zunächst angemeldet und in weiterer Folge auch freigegeben werden muss. Die vorzeitige Abschätzung der genauen zeitlichen Notwendigkeit der Maßnahme ist dabei eine große Herausforderung.^[11]

Im zweiten Teil der Unterkategorien wird in Punkt 2.b) näher auf jene Komponenten eingegangen, die neben den hauptverantwortlichen Oberkategorien noch an der Ausbautentscheidung beteiligt sind. Die Ergebnisse sind in Abbildung 37, Abbildung 38 und Abbildung 39 angeführt.

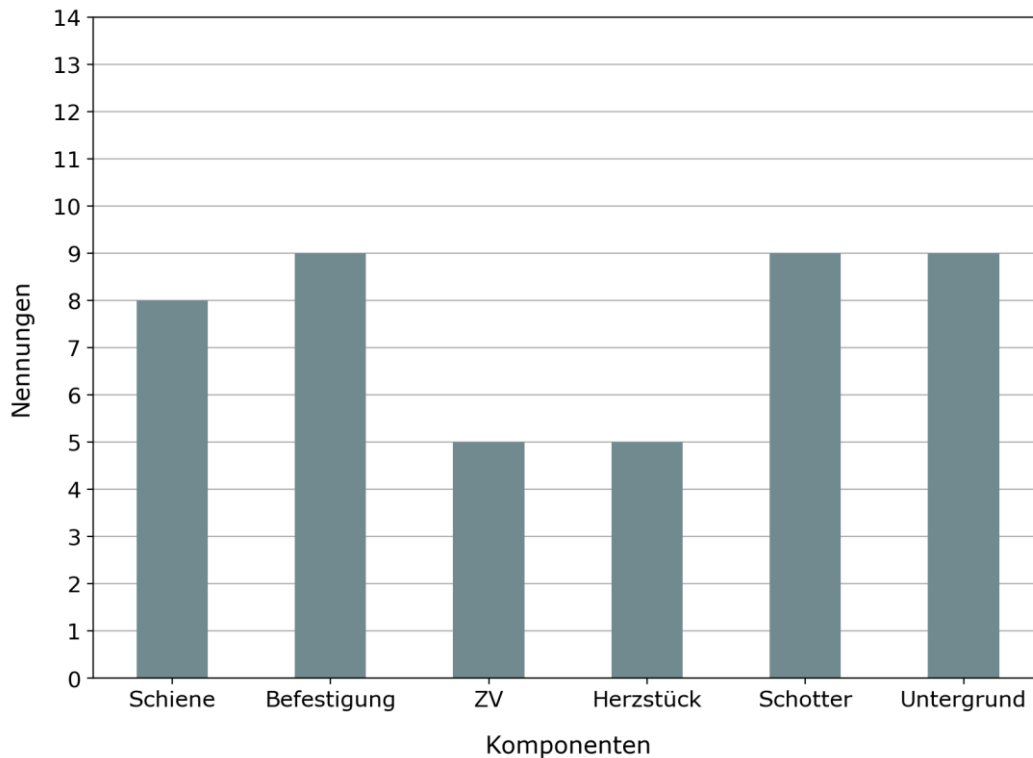


Abbildung 37 Welche Komponenten haben die Ausbautentscheidung neben den Betonschwellen noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Betonschwelle

In Abbildung 37 ist erkennbar, dass im Falle eines schlechten Zustandes der Betonschwellen vor allem die Befestigung, der Schotter und der Untergrund als mitwirkende Komponenten hervortreten. Die Zungenvorrichtung und das Herzstück nehmen hingegen eine untergeordnete Rolle ein.

Auswertung der Umfrage

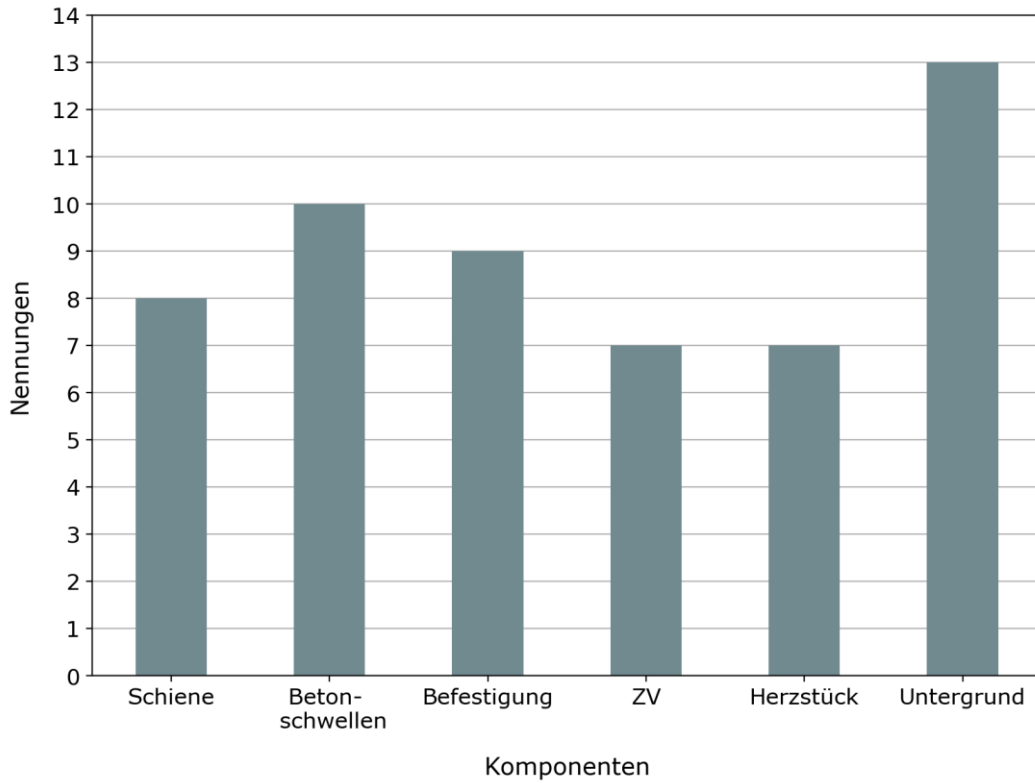


Abbildung 38 Welche Komponenten haben die Ausbauentscheidung neben dem Schotter noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Schotter

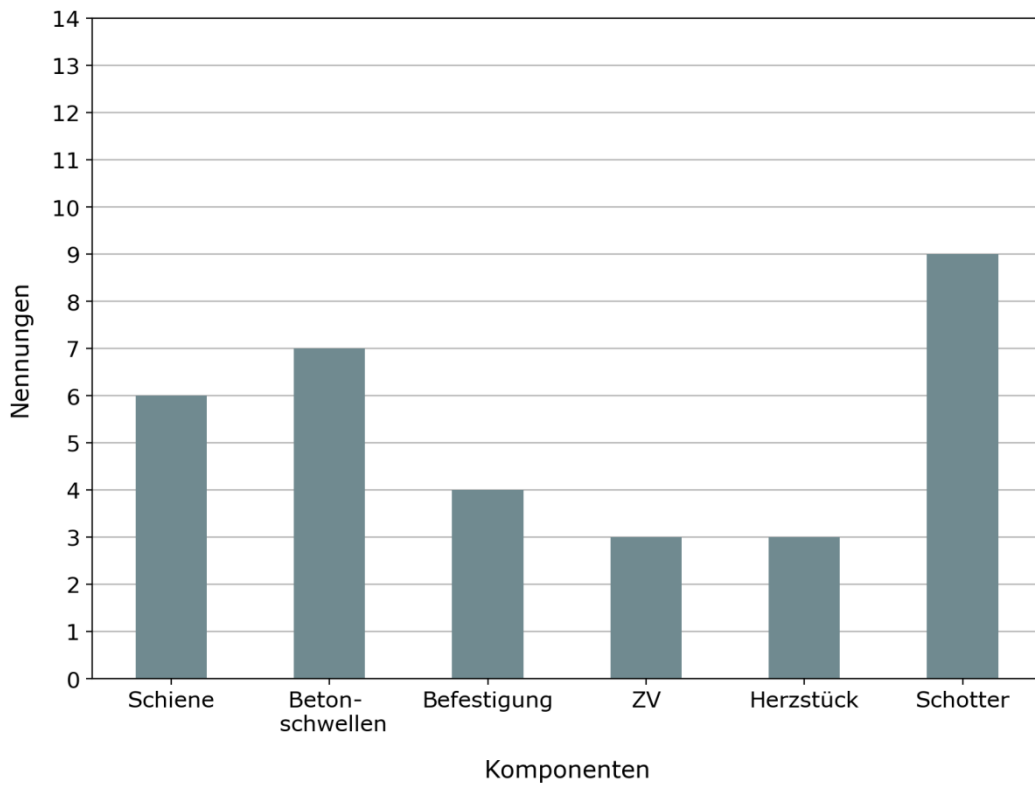


Abbildung 39 Welche Komponenten haben die Ausbauentscheidung neben dem Untergrund noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Untergrund

Im Falle einer unzureichenden Schotterbettqualität ist in Abbildung 38 die Relevanz des Untergrunds in diesem Zusammenhang durch 13 von 14 möglichen Nennungen veranschaulicht. Dies wird auch durch die Darstellung in Abbildung 39 ersichtlich, in welcher in Bezug auf den Untergrund der Schotter als mitbeeinflussende Komponente der Ausbauentcheidung hervorgeht. Die restlichen Balken spiegeln in beiden Abbildungen die Auswirkungen des Schotterbettes bzw. des Untergrunds auf den Gesamtzustand der Weiche wider. Dabei heben sich die Betonschwellen leicht von den übrigen Komponenten ab. Dies wurde in den Fachgesprächen durch die Beschädigungen im Zuge der vermehrten Stopfgänge begründet^[11].

Damit weisen alle drei ausgewerteten Unterkategorien von Punkt 2.b) auf dasselbe Ergebnis hin. Die Nennung aller Oberkategorien lässt sich wie bereits in Punkt 1.a) auf den schlechten Gesamtzustand der Weiche gegen Ende der Nutzungsdauer zurückführen. Die Höhe des Balkens der Zungenvorrichtung und des Herzstückes lässt auf deren untergeordnete Rolle im Hinblick auf die Ausbauentcheidung schließen. Die Schiene, die Befestigung und vor allem die Betonschwellen nehmen einen höheren Stellenwert ein. Der Schotter geht wiederum als Hauptkomponente geht. In der Auswertung von Punkt 2.b) wird die Relevanz des Untergrunds als mitwirkende Komponente an der Ausbauentcheidung nochmals betont und veranschaulicht.

Die Ergebnisse der Auswertung der Unterkategorien decken sich damit inhaltlich mit jenen der Oberkategorien.

8.2.3 Auswertung des Weichenausbaus im Zuge von Großprojekten - Betonschwellen

Zuletzt erfolgt die Auswertung von Punkt 3), in welchem nach dem Prozentsatz an Großprojekten gefragt wurde, im Zuge welcher die Weichen noch vor dem Erreichen ihrer technisch wirtschaftlichen Nutzungsdauer ausgebaut werden.

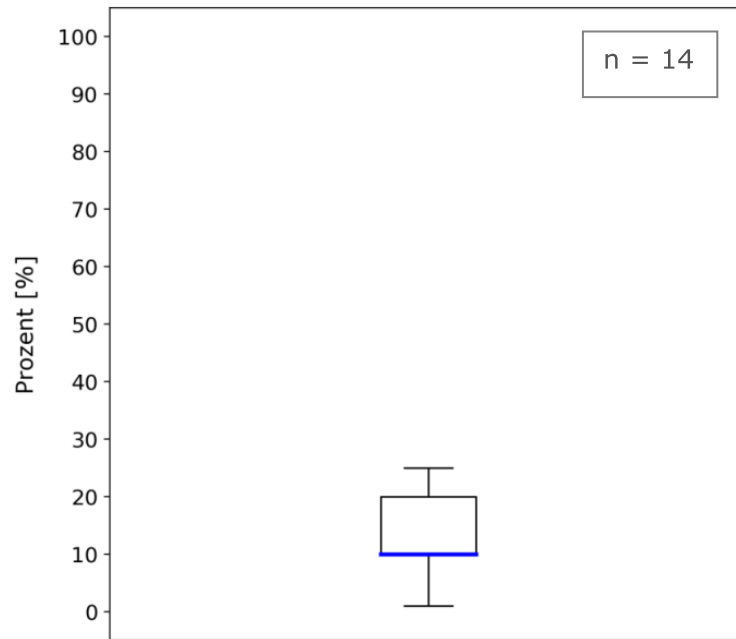


Abbildung 40 Weichenausbau im Zuge von Großprojekten – Weichen auf Betonschwellen

	Min.	1. Quantil	Median	Mittelwert	3. Quantil	Max.
Boxplotwerte	1	10	10	12,77	20	25

Tabelle 8 Auswertung des Weichenausbauanteils im Zuge von Großprojekten in Prozent [%] (Weichen auf Betonschwellen)

In Abbildung 40 sind die Prozentsätze mittels eines Boxplots dargestellt und in Tabelle 8 angeführt. Der Maximalwert beträgt 25% und der Mittelwert 12,77%. Bereits auf den ersten Blick ist ersichtlich, dass die vergebenen Prozentanteile unter jenen für Weichen auf Holzschwellen mit einem Maximalwert von 50% und einem Mittelwert von 20,67% liegen. Dies ist sowohl auf die kürzere Verwendungsdauer im Netz als auch auf den vermehrten Ausbau von Holzschwellen im Zuge der Umrüstung im Hauptgleis zurückzuführen. Der Ausbau von Weichen auf Betonschwellen im Zuge von Großprojekten nimmt daher nur einen geringen Prozentsatz ein.

9 Vergleich der Umfrageergebnisse mit den Tendenzen der Standardweichen

Im Anschluss an die Auswertung der Umfrage werden deren Ergebnisse hinsichtlich der hauptverantwortlichen Komponenten an der Weichenausbauentcheidung mit den Tendenzen aus der Betrachtung der Standardweichen verglichen. Dies erfolgt separat für Weichen auf Holz- und Betonschwellen.

9.1 Vergleich - Weichen auf Holzschwellen

Zufolge der Betrachtung der Arbeitszyklen der Standardweichen auf Holzschwellen (siehe Kapitel 5.4.1) ergibt sich die Tendenz, dass die Holzschwellen, aufgrund des natürlichen Zersetzungsprozesses mit zunehmendem Schwellenalter, die Nutzungsdauer begrenzende Komponente darstellen könnten. Dies gilt vor allem für Standardweichen bis zur Belastungsklasse 55.000 GesBT/T. Bei höheren Verkehrsbelastungen nimmt das Schotterbett im Hinblick auf die Ausbauentcheidung an Relevanz zu. In den Arbeitszyklen ist erkennbar, dass die Weichenbauteile der Fahrbahn im Laufe der Liegedauer gegebenenfalls mehrmals getauscht bzw. instandgehalten werden und daher anzunehmen ist, dass diese eher eine untergeordnete Rolle für die Ausbauentcheidung einnehmen.

In Bezug auf Weichen auf Holzschwellen lassen die Auswertungsergebnisse der Umfrage (siehe Kapitel 8.1) darauf schließen, dass die Grenze der Weichennutzungsdauer durch den nicht mehr herstellbaren Kraftschluss mit den im Zusammenhang stehenden Holzschwellen, vor allem deren Alter und Zustand, gesetzt wird. Die übrigen Weichenbauteile fließen in Form des schlechten Gesamtzustandes in die Ausbauentcheidung mit ein, geben jedoch nicht den Ausschlag.^[11]

Die Auswertungsergebnisse der Umfrage stimmen mit den Tendenzen der Standardweichen bezüglich der Relevanz der Holzschwellen im Hinblick auf den Weichenausbau überein. Ebenfalls gehen in beiden die Weichenkomponenten der Fahrbahn, wie die Zungenvorrichtung und das Herzstück, als Einflussfaktoren jedoch nicht als Entscheidungsbasis hervor. In den Umfrageergebnissen wurde zusätzlich die entscheidende Rolle des Kraftschlusses an der Weichenausbauentcheidung verdeutlicht.

9.2 Vergleich - Weichen auf Betonschwellen

Die Arbeitszyklen für Standardweichen auf Betonschwellen lassen vermuten, dass anhand der angeführten Instandhaltungsmaßnahmen das Schotterbett die technische Nutzungsdauer begrenzen könnte (siehe Kapitel 5.4.2). Die Indikatoren dafür stellen der Stopfzyklus sowie die gegebenenfalls erforderliche Schotterbetteinigung dar.

Im Zuge der Umfrage stellte sich letztendlich der Schotter als hauptverantwortliche Komponente an der Ausbauentcheidung heraus (siehe Kapitel 8.2). Nicht durchgeführte Schotterbetteinigungen führen zu einem verschmutzten Schotterbett und durch die resultierende Zustandsverschlechterung der übrigen Komponenten folglich zum Weichenausbau. Vor allem der verschlissene Fahrweg in Form von abgerundeten bzw. beschädigten Betonschwellen gibt schlussendlich den Ausschlag. Damit basiert die Ausbauentcheidung zwar auf dem schlechten Gesamtzustand der Weiche, welcher jedoch auf die unzureichende Schotterbettqualität als Verschlechterungsgrund zurückzuführen ist. Der Schotter stellt daher die hauptverantwortliche Komponente dar.^[11]

Folglich geht aus den Umfrageergebnissen, in Übereinstimmung mit den Tendenzen der Standardweichen auf Betonschwellen, hervor, dass der Schotter bzw. das Schotterbett die Grenze der technischen Nutzungsdauer für Weichen auf Betonschwellen darstellt.

In Bezug auf den Untergrund wurde sowohl bei den Standardweichen als auch bei der Umfrage von einem guten Untergrund ausgegangen. In den Umfrageergebnissen fiel daher dessen Anteil an der Ausbauentcheidung geringer aus als jener des Schotterbettes. Auf die Relevanz eines guten Untergrundes und die verehrenden Auswirkungen bei einer schlechten Unterbauqualität wurde in den Fachgesprächen hingewiesen^[11].

10 Fazit

Bezüglich der Weichen auf Holzschwellen im Hauptgleis des Kernnetzes gehen der Kraftschluss in Verbindung mit den Holzschwellen, vor allem deren Alter und Zustand, als Nutzungsdauer begrenzende Komponenten hervor.

Hierbei ist vor allem deren Zusammenspiel im Auflagebereich der Schiene entscheidend. Die Schraublochanierung hat sich hierbei als kostengünstige Instandhaltungsmaßnahme zur Verbesserung des Kraftschlusses und damit zur Verlängerung der Liegedauer etabliert. Am Ende der Restliegedauer ist der Kraftschluss meist nicht mehr herstellbar, weshalb die Schwellen gewechselt werden müssten. Dies stellt durch die hohen Instandhaltungskosten des Einzel- bzw. Schwellensatzwechsels das Ende der technischen Nutzungsdauer dar, weshalb ein Ausbau der Weiche vorgezogen wird. Die übrigen Weichenbauteile der Fahrbahn werden im Laufe der Liegedauer gegebenenfalls mehrmals gewechselt und geben daher nicht den Ausschlag für den Weichenausbau. Die elastischen Materialeigenschaften dieser vergleichsweise leichten Oberbauform wirken sich positiv auf das Schotterbett aus.^[11]

Der Trend im Hauptgleis geht weg von den Holzschwellen und hin zu schwereren, robusteren Oberbauformen auf Betonschwellen. Um sich einerseits den steigenden Anforderungen des Eisenbahnbetriebes am Hauptgleis anzupassen und andererseits die Synergie im Eisenbahnnetz zu wahren, kommt es daher vermehrt zur Umrüstung. Hierbei werden bereits bevorzugt besohlte Betonschwellen eingebaut.^[11]

Für Weichen auf Betonschwellen ist zusammenfassend festzuhalten, dass die Erfahrungswerte in Bezug auf den Ausbau noch nicht in demselben Maß vorhanden sind wie bei den Weichen auf Holzschwellen. Dies ist auf deren erst späteren Einsatz im Eisenbahnnetz zurückzuführen. Dennoch sind bereits Anzeichen hinsichtlich der hauptverantwortlichen Komponenten der Weichenausbauentcheidung erkennbar. In Übereinstimmung mit den Tendenzen der Standardweiche auf Betonschwellen ist die Schotterbettqualität der entscheidende Faktor. Diese ist dabei maßgeblich vom rechtzeitigen Einsatz einer gegebenenfalls erforderlichen Schotterbettreinigung im zeitlichen Umfeld der halben Nutzungsdauer abhängig.^[11]

Weiters ist bei Betonschwellen die hohe Steifigkeit des Gesamtsystems anzumerken. Diese wird durch die Verschmutzung des Schotters weiter erhöht und führt dadurch zum zusätzlichen Verschleiß der Weichenbauteile. Hierbei ist vor allem das Abrunden der Schwellen durch das vermehrte Stopfen zur Lagesicherung zu erwähnen. Die Ausbauentcheidung wird daher zwar von den sichtbaren Auswirkungen am Weichenfahrweg

abgeleitet, die jedoch auf den Schotter als hauptverantwortliche Komponente zurückzuführen sind.^[11]

Der Untergrund spielt bei Weichen auf Betonschwellen aufgrund des schwereren und steiferen Oberbaus eine entscheidendere Rolle als bei Weichen auf Holzschwellen. Weichen auf Betonschwellen erweisen sich daher als standortsensibler. Die Sicherstellung einer guten Unterbauqualität vor dem Weicheneinbau nimmt damit einen hohen Stellenwert im Hinblick auf die Nutzungsdauer der Weiche ein.^[11]

11 Ausblick

Der derzeitige Trend im Hauptgleis des Kernnetzes führt weg von Weichen auf Holzschwellen und hin zu besohlenen Betonschwellen.^[11] Da die Nutzungsdauer bei Weichen auf unbesohlenen Betonschwellen stark von der Schotterbettqualität abhängt, wird zur Liegedauerverlängerung entweder die Schotterbettreinigung als Instandhaltungsmaßnahme oder die Schwellenbesohlung an Relevanz gewinnen. Dies wird sich im Laufe der Zeit vor allem mit den steigenden Erfahrungswerten im Ausbau von Weichen auf Betonschwellen zeigen. Das Hauptaugenmerk sollte daher auf die Früherkennung der sich verschlechternden Schotterbettqualität, vorzugsweise aus bereits vorhandenen Messsignalen, gelegt werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Querschnitt eines Gleiskörpers auf Schotterbett ^[15]	7
Abbildung 2	Einfache Weiche ^[16]	7
Abbildung 3	Weichenbezeichnung	8
Abbildung 4	Organigramm der Einteilung einer einfachen Weiche ^[5]	9
Abbildung 5	Weichenbereiche ^[5]	10
Abbildung 6	Zungenbereich ^[5]	11
Abbildung 7	Profilanpassung der Zungenschiene ^[5]	12
Abbildung 8	Starres Herzstück (links) bewegliches Herzstück (rechts) ^[5]	13
Abbildung 9	direkte Befestigung – W-Befestigung auf Betonschwelle (links) ^[20] indirekte Befestigung – K-Befestigung auf Holzschwelle (rechts) ^[21]	14
Abbildung 10	Holzschwellengleis ^[19]	16
Abbildung 11	Betonschwellengleis ^[18]	17
Abbildung 12	Gleis auf Schotterbett ^[17]	18
Abbildung 13	geschichteter Aufbau des Bahnkörpers ^[22]	19
Abbildung 14	Instandhaltungsgliederung ^[5]	21
Abbildung 15	Nutzungsdauerdarstellung anhand der Qualitätsverhaltenskurve einer Gleisanlage ^[1]	25
Abbildung 16	Weichenskizze Standardweiche	28
Abbildung 17	Arbeitszyklus einer Standardweiche	30
Abbildung 18	Standardweiche EW R500 33.000 GesBT/Tag, Holzschwelle ^[12]	31
Abbildung 19	Standardweiche EW R500 55.000 GesBT/Tag, Holzschwelle ^[12]	32
Abbildung 20	Standardweiche EW R500 90.000 GesBT/Tag, Betonschwelle ^[12]	33
Abbildung 21	Standardweiche EW R500 55.000 GesBT/Tag, Betonschwelle ^[12]	33
Abbildung 22	Oberkategorien für Weichen auf Holzschwellen	36
Abbildung 23	Oberkategorien für Weichen auf Betonschwellen	37
Abbildung 24	Unterkategorie Holzschwellen	38
Abbildung 25	Weichenausbau im Zuge von Großprojekten	39
Abbildung 26	Anteil der Oberkategorien an der Ausbauentcheidung - 1.a) Oberkategorien für Weichen auf Holzschwellen	40
Abbildung 27	Hauptverantwortliche Oberkategorien an der Ausbauentcheidung (Weichen auf Holzschwellen) ^[11]	43
Abbildung 28	Instandhaltungsmaßnahmen bei Holzschwellen - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Holzschwellen	44
Abbildung 29	Instandhaltungsmaßnahmen bei unzureichendem Kraftschluss zwischen Schiene und Schwelle - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Kraftschluss	45

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 31	Welche Komponenten haben die Ausbauentcheidung neben dem Kraftschluss noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Kraftschluss.....	47
Abbildung 32	Weichenausbau im Zuge von Großprojekten – Weichen auf Holzschwellen.....	48
Abbildung 33	Anteil der Oberkategorien an der Ausbauentcheidung - 1.a) Oberkategorien für Weichen auf Betonschwellen	49
Abbildung 34	Hauptverantwortliche Oberkategorien an der Ausbauentcheidung (Weichen auf Betonschwellen) ^[11]	52
Abbildung 35	Instandhaltungsmaßnahmen bei Betonschwellen - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Betonschwellen	55
Abbildung 36	Instandhaltungsmaßnahmen des Schotterbettes - Unterkategorie 2.a) für die Oberkategorie Schotter.....	56
Abbildung 37	Welche Komponenten haben die Ausbauentcheidung neben den Betonschwellen noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Betonschwelle.....	57
Abbildung 38	Welche Komponenten haben die Ausbauentcheidung neben dem Schotter noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Schotter.....	58
Abbildung 39	Welche Komponenten haben die Ausbauentcheidung neben dem Untergrund noch beeinflusst? - Unterkategorie 2.b) für die Oberkategorie Untergrund.....	58
Abbildung 40	Weichenausbau im Zuge von Großprojekten – Weichen auf Betonschwellen.....	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Weichenbezeichnungstabelle	8
Tabelle 2	Belastungsklassen [GesBt/Tag]	28
Tabelle 3	Auswertungstabelle der Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Holzschwellen)	40
Tabelle 4	Auswertungstabelle der hauptverantwortlichen Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Holzschwellen) ^[11]	43
Tabelle 5	Auswertung des Weichenausbauanteils im Zuge von Großprojekten in Prozent [%] (Weichen auf Holzschwellen)	48
Tabelle 6	Auswertungstabelle der Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Betonschwellen)	50
Tabelle 7	Auswertungstabelle der hauptverantwortlichen Oberkategorien in Prozent [%] (Weichen auf Betonschwellen) ^[11]	53
Tabelle 8	Auswertung des Weichenausbauanteils im Zuge von Großprojekten in Prozent [%] (Weichen auf Betonschwellen)	60

Literaturverzeichnis

- [1] Peter, Veit: *Life Cycle Management*, Präsentation 2016, Technische Universität Graz
- [2] Peter, Veit; Stefan, Marschnig; Markus, Enzi; Georg, Neuper: *LCC Weichen*, Aktualisierung 2013, Technische Universität Graz
- [3] Peter, Veit: *Projekt „Strategie Fahrweg“*, 2001, Graz
- [4] Bernhard, Lichtberger: *Handbuch Gleis*, DW Media Group GmbH, 2010, Hamburg
- [5] Lothar, Fendrich; Wolfgang, Fengler: *Handbuch Eisenbahninfrastruktur*, Springer Vieweg, 2013, BerlinHeidelberg
- [6] Stefan, Marschnig: *Gleisbau und -instandhaltung*, Präsentation 2016, Technische Universität Graz
- [7] Peter, Veit; Stefan, Walter: *Vorlesungsskriptum Eisenbahnwesen*, 2013/2014, Graz
- [8] Wolfgang, Schiemann: *Schienenverkehrstechnik – Grundlagen der Gleistrassierung*, B. G. Teubner, 2002, Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden
- [9] <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/weiche/grundlagen-der-weichen/>, entnommen am 26.02.2018
- [10] Volker, Matthews; Menius, Reinhard: *Bahnbau und Bahninfrastruktur*, Auflage.9, Springer Vieweg Verlag, 2017
- [11] Fachgespräche mit Kompetenzträgern der ÖBB im Bereich Weichen, geführt am 19.02.2018 in Graz; 16.05.2018 in Wien und Wiener Neustadt; 17.05.2018 in Linz und Bad Aussee
- [12] Veit, P.; Marschnig, S.; Enzi, M.; Neuper, G.: *LCC Weichen Aktualisierung*; unveröffentlichter Projektbericht; 2013
- [13] <https://www.plassertheurer.com/de/maschinen-systeme/stabilisierung-verdichtung.html>, entnommen am 15.02.2018
- [14] https://www.plassertheurer.com/pdf/publications/etr_070102.pdf, entnommen am 02.03.2018
- [15] <http://www.tffligran.de/vorbildinfos/oberbau.asp>, entnommen am 27.02.2018

- [16] [http://www.larousse.fr/encyclopedie/data/images/1001440-Branchement %c3%a0 deux voies.jpg](http://www.larousse.fr/encyclopedie/data/images/1001440-Branchement_%c3%a0_deux_voies.jpg), entnommen am 08.02.2018
- [17] http://54471587.swh.strato-hosting.eu/.cm4all/iproc.php/Gleis%20und%20Schotter.png/downsize_1280_0/Gleis%20und%20Schotter.png, entnommen am 10.02.2018
- [18] http://static5.depositphotos.com/1044838/484/i/950/depositphotos_4848071-Eisenbahnschiene.jpg, entnommen am 10.02.2018
- [19] <https://1.bp.blogspot.com/-P2OgCjL-v6k/UCIijil1W0I/AAAAAAAAAB-Y/U5BhkpUIfYw/s640/150720122643.jpg>, entnommen am 10.02.2018
- [20] http://deacademic.com/pictures/dewiki/83/System_300.jpg, entnommen am 14.02.2018
- [21] <https://knupfer.info/shop/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/s/u/supergleis.jpg>, entnommen am 14.02.2018
- [22] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Aufbau_Gleisk%C3%B6rper.png, entnommen am 16.02.2018

Anhang

- I Fragebögen – Weichen auf Holzschwellen
- I Fragebögen – Weichen auf Betonschwellen



GRUNDLAGENANALYSE ÜBER DIE AUSBAUENTSCHEIDUNG VON WEICHEN

Dieser Fragebogen bezieht sich ausschließlich auf gerade, einfache Weichen im Hauptgleis des Kernnetzes mit **HOLZSCHWELLEN**.

1. Oberkategorie:

a) Auswahl der Entscheidungsgründe

Welche der angeführten, technischen Kategorien stellen den endgültigen Entscheidungsgrund für den Weichenausbau dar?

Bitte geben Sie für jede der gewählten Kategorien den Prozentsatz an, mit welchem dieser für den Weichenausbau verantwortlich ist. Achten Sie bitte darauf, dass die Summe aller vergebenen Prozente 100 ergibt.

SCHIENE _____%	HOLZSCHWELLEN _____%	KRAFTSCHLUSS ZWISCHEN SCHIENE UND SCHWELLE _____%
ZUNGENVORRICHTUNG _____%	HERZBEREICH _____%	SCHOTTER / SCHOTTERBETT _____%
UNTERGRUND _____%	SONSTIGES: _____%	

Anmerkungen:
.....
.....

b) Entscheidungsbasis der getätigten Auswahl

Tragen Sie bitte die gewählten Oberkategorien aus 1a) ein und kreuzen Sie die entsprechende Entscheidungsbasis für die Auswahl an.

gewählte Oberkategorie: _____

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Inspektion | <input type="checkbox"/> Messwert: _____ |
| <input type="checkbox"/> Erfahrungswert | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |

gewählte Oberkategorie: _____

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Inspektion | <input type="checkbox"/> Messwert: _____ |
| <input type="checkbox"/> Erfahrungswert | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |

gewählte Oberkategorie: _____

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Inspektion | <input type="checkbox"/> Messwert: _____ |
| <input type="checkbox"/> Erfahrungswert | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |



2. Unterkategorie: Analyse der gewählten Entscheidungsgründe

Für die gewählten Oberkategorien füllen Sie bitte die dazugehörigen Unterkategorien aus.

SCHIENE:

a) Wenn die Schiene den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Schienen- / <i>Fahrbahnwechsel</i> | <input type="checkbox"/> <i>Schleifen</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Auftrags- / Reparaturschweißen</i> | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Schiene nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentcheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> <i>Schiene</i> | <input type="checkbox"/> <i>Holzschwellen</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Kraftschluss (Schiene und Schwelle)</i> | <input type="checkbox"/> <i>Zungenvorrichtung</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Herzstück</i> | <input type="checkbox"/> <i>Schotter / Schotterbett</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Untergrund</i> | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



HOLZSCHWELLEN:

a) Wenn die Holzschwellen den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellen:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Einzelschwellenwechsel | <input type="checkbox"/> Schwellensatzwechsel |
| <input type="checkbox"/> Schraublochanierung | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Holzschwellen nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellen:

Welche Faktoren haben die Ausbauentcheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | → Holzschwellen |
| <input type="checkbox"/> Kraftschluss (Schiene und Schwelle) | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| <input type="checkbox"/> Herzstück | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| <input type="checkbox"/> Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



KRAFTSCHLUSS ZWISCHEN SCHIENE UND SCHWELLE:

a) Wenn der fehlende bzw. mangelhafte Kraftschluss den einzigen Grund für die Ausbaumentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Schraubblochanierung | <input type="checkbox"/> Zwischenlagenwechsel |
| <input type="checkbox"/> Einzelschwellenwechsel | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn der fehlende bzw. mangelhafte Kraftschluss nicht den einzigen Grund für die Ausbaumentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbaumentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | <input type="checkbox"/> Holzschwellen |
| → <i>Kraftschluss (Schiene und Schwelle)</i> | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| <input type="checkbox"/> Herzstück | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| <input type="checkbox"/> Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



ZUNGENVORRICHTUNG:

a) Wenn die Zungenvorrichtung den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> <i>HZV-Wechsel</i> | <input type="checkbox"/> <i>Auftrags- / Reparaturschweißen</i> |
| <input type="checkbox"/> _____ | |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Zungenvorrichtung nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> <i>Schiene</i> | <input type="checkbox"/> <i>Holzschwellen</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Kraftschluss (Schiene und Schwelle)</i> | → <i>Zungenvorrichtung</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Herzstück</i> | <input type="checkbox"/> <i>Schotter / Schotterbett</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Untergrund</i> | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



HERZBEREICH:

a) Wenn der Herzbereich den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Herzwechsel | <input type="checkbox"/> Auftrags- / Reparaturschweißen |
| <input type="checkbox"/> Radlenkerwechsel | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn der Herzbereich nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | <input type="checkbox"/> Holzschwellen |
| <input type="checkbox"/> Kraftschluss (Schiene und Schwelle) | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| → Herzstück | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| <input type="checkbox"/> Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



SCHOTTER / SCHOTTERBETT:

a) Wenn der Schotter den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- Schotterbettreinigung* *Stopfen*

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn der Schotter nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- Schiene* *Holzschwellen*
 Kraftschluss (Schiene und Schwelle) *Zungenvorrichtung*
 Herzstück → *Schotter / Schotterbett*
 Untergrund _____

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- _____ _____
 _____ _____



UNTERGRUND:

Da der Untergrund nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentcheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | <input type="checkbox"/> Holzschwellen |
| <input type="checkbox"/> Kraftschluss (Schiene und Schwelle) | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| <input type="checkbox"/> Herzstück | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| → Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |

3. Weichenausbau im Zuge von Großprojekten

Wie viele Weichen werden Ihrer Erfahrung nach im Zuge von Großprojekten (Ausbau ganzer Weichenköpfe, Bahnhofsumbau, Gleisneulage) erneuert, ohne dass die Weiche ihre technische Nutzungsdauer erreicht hat?

_____ %

VIELEN DANK!

Bei Unklarheiten zum Fragebogen oder Fragen zur Forschung im Bereich Weichen stehen Ihnen Herr Michael Fellingner und Herr Stefan Marschnig vom Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz sowie Frau Eva Dittmer gerne zur Verfügung.

Stefan Marschnig
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
Tel.Nr.: +43 (316) 873 - 6717
E-Mail: stefan.marschnig@tugraz.at

Michael Fellingner
Dipl. -Ing.
Tel.Nr.: +43 (316) 873 - 4996
E-Mail: michael.fellinger@tugraz.at

Eva Dittmer
Bsc
Tel.Nr.: +43 664 5032010
E-Mail: dittmer@student.tugraz.at



GRUNDLAGENANALYSE ÜBER DIE AUSBAUENTSCHEIDUNG VON WEICHEN

Dieser Fragebogen bezieht sich ausschließlich auf gerade, einfache Weichen im Hauptgleis des Kernnetzes mit **BETONSCHWELLEN**.

1. Oberkategorie:

a) Auswahl der Entscheidungsgründe

Welche der angeführten, technischen Kategorien stellen den endgültigen Entscheidungsgrund für den Weichenausbau dar?

Bitte geben Sie für jede der gewählten Kategorien den Prozentsatz an, mit welchem dieser für den Weichenausbau verantwortlich ist. Achten Sie bitte darauf, dass die Summe aller vergebenen Prozente 100 ergibt.

SCHIENE _____%	BETONSCHWELLEN _____%	BEFESTIGUNG _____%
ZUNGENVORRICHTUNG _____%	HERZBEREICH _____%	SCHOTTER / SCHOTTERBETT _____%
UNTERGRUND _____%	SONSTIGES: _____%	

Anmerkungen:
.....
.....

b) Entscheidungsbasis der getätigten Auswahl

Tragen Sie bitte die gewählten Oberkategorien aus 1a) ein und kreuzen Sie die entsprechende Entscheidungsbasis für die Auswahl an.

gewählte Oberkategorie: _____

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Inspektion | <input type="checkbox"/> Messwert: _____ |
| <input type="checkbox"/> Erfahrungswert | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |

gewählte Oberkategorie: _____

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Inspektion | <input type="checkbox"/> Messwert: _____ |
| <input type="checkbox"/> Erfahrungswert | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |

gewählte Oberkategorie: _____

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Inspektion | <input type="checkbox"/> Messwert: _____ |
| <input type="checkbox"/> Erfahrungswert | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |



2. Unterkategorie: Analyse der gewählten Entscheidungsgründe

Für die gewählten Oberkategorien füllen Sie bitte die dazugehörigen Unterkategorien aus.

SCHIENE:

a) Wenn die Schiene den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Schienen- / Fahrbahnwechsel | <input type="checkbox"/> Schleifen |
| <input type="checkbox"/> Auftrags- / Reparaturschweißen | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Schiene nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentcheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--------------------------------------|--|
| → Schiene | <input type="checkbox"/> Betonschwelle |
| <input type="checkbox"/> Befestigung | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| <input type="checkbox"/> Herzbereich | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| <input type="checkbox"/> Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



BETONSCHELLEN:

a) Wenn die Betonschwellen den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellen:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- Einzelwellenwechsel* *Schwellensatzwechsel*

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Betonschwellen nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellen:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- Schiene* → *Betonschwelle*
 Befestigung *Zungenvorrichtung*
 Herzbereich *Schotter / Schotterbett*
 Untergrund _____

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- _____ _____
 _____ _____



BEFESTIGUNG:

a) Wenn die Befestigung den einzigen Grund für die Ausbaumentcheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Einzelschwellenwechsel | <input type="checkbox"/> Schwellensatzwechsel |
| <input type="checkbox"/> Zwischenlagenwechsel | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Befestigung nicht den einzigen Grund für die Ausbaumentcheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbaumentcheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | <input type="checkbox"/> Betonschwelle |
| → <input type="checkbox"/> Befestigung | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| <input type="checkbox"/> Herzbereich | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| <input type="checkbox"/> Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



ZUNGENVORRICHTUNG:

a) Wenn die Zungenvorrichtung den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> <i>HZV-Wechsel</i> | <input type="checkbox"/> <i>Auftrags- / Reparaturschweißen</i> |
| <input type="checkbox"/> _____ | |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn die Zungenvorrichtung nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> <i>Schiene</i> | <input type="checkbox"/> <i>Betonschwelle</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Befestigung</i> | → <i>Zungenvorrichtung</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Herzbereich</i> | <input type="checkbox"/> <i>Schotter / Schotterbett</i> |
| <input type="checkbox"/> <i>Untergrund</i> | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



HERZBEREICH:

a) Wenn der Herzbereich den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Herzwechsel | <input type="checkbox"/> Auftrags- / Reparaturschweißen |
| <input type="checkbox"/> Radlenkerwechsel | <input type="checkbox"/> _____ |

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn der Herzbereich nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | <input type="checkbox"/> Betonschwelle |
| <input type="checkbox"/> Befestigung | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| → Herzbereich | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| <input type="checkbox"/> Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |



SCHOTTER / SCHOTTERBETT:

a) Wenn der Schotter den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- Schotterbettreinigung* *Stopfen*

Warum wurde der Ausbau der Instandhaltungsmaßnahme vorgezogen?

b) Wenn der Schotter nicht den einzigen Grund für die Ausbauentscheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentscheidung ebenfalls beeinflusst?

- Schiene* *Betonschwelle*
 Befestigung *Zungenvorrichtung*
 Herzbereich → *Schotter / Schotterbett*
 Untergrund _____

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- _____ _____
 _____ _____



UNTERGRUND:

Da der Untergrund nicht den einzigen Grund für die Ausbauentcheidung darstellt:

Welche Faktoren haben die Ausbauentcheidung ebenfalls beeinflusst?

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Schiene | <input type="checkbox"/> Betonschwelle |
| <input type="checkbox"/> Befestigung | <input type="checkbox"/> Zungenvorrichtung |
| <input type="checkbox"/> Herzbereich | <input type="checkbox"/> Schotter / Schotterbett |
| → Untergrund | <input type="checkbox"/> _____ |

Begründung:

Welche Instandhaltungsmaßnahmen wären anstelle des Ausbaus nötig?

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |
| <input type="checkbox"/> _____ | <input type="checkbox"/> _____ |

3. Weichenausbau im Zuge von Großprojekten

Wie viele Weichen werden Ihrer Erfahrung nach im Zuge von Großprojekten (Ausbau ganzer Weichenköpfe, Bahnhofsumbau, Gleisneulage) erneuert, ohne dass die Weiche ihre technische Nutzungsdauer erreicht hat?

_____ %

VIELEN DANK!

Bei Unklarheiten zum Fragebogen oder Fragen zur Forschung im Bereich Weichen stehen Ihnen Herr Michael Fellingner und Herr Stefan Marschnig vom Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz sowie Frau Eva Dittmer gerne zur Verfügung.

Stefan Marschnig
Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
Tel.Nr.: +43 (316) 873 - 6717
E-Mail: stefan.marschnig@tugraz.at

Michael Fellingner
Dipl. -Ing.
Tel.Nr.: +43 (316) 873 - 4996
E-Mail: michael.fellinger@tugraz.at

Eva Dittmer
Bsc
Tel.Nr.: +43 664 5032010
E-Mail: dittmer@student.tugraz.at



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