
DIPLOMARBEIT

Herr Ing.
Paul Eibenberger

**Geografischer / Strecken-
technischer Bremsscheiben-
verschleiß der ÖBB Personen-
triebzugflotte Rh 5022
(Desiro)**

Mittweida, 2012

Fakultät Maschinenbau

DIPLOMARBEIT

Geografischer / Strecken- technischer Bremsscheiben- verschleiß der ÖBB Personen- triebzugflotte Rh 5022 (Desiro)

Autor:

Herr Ing. Paul Eibenberger

Studiengang:

Maschinenbau / Mechatronik

Seminargruppe:

KM09wMGA

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reglich

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Müller

Einreichung:

Mittweida, 20.07.2012

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2012

Bibliografische Beschreibung:

Eibenberger, Paul:

Geografischer / Streckentechnischer Bremsscheibenverschleiß der ÖBB Personentriebzugflotte Rh 5022 (Desiro). – 2012. – VII, 61, 0 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2012

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der unterschiedlichen Abnutzung von Bremsscheiben einer regional eingesetzten Personentriebzugflotte (Desiro) der österreichischen Bundesbahnen. Das Hauptziel der Arbeit ist, den vorhandenen Bremsscheibenverschleiß regional zu erkennen, um diesen mit Maßnahmen kostengünstig zu optimieren. In der Arbeit werden drei Regionen (Linz, Graz und Villach) hinsichtlich Streckenlänge, Höhenmeter- und Haltestellenanzahl verglichen. Diese Auswertungen bilden die Basis für in dieser Arbeit diskutierte Optimierungsmöglichkeiten.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 <i>Österreichische Bundesbahnen</i>	2
1.1.1 Aufgaben der Konzerngesellschaften	3
1.2 <i>ÖBB Technische Services GmbH</i>	4
1.2.1 Abteilung Engineering Lok	5
1.2.2 Aufgaben Eibenberger	6
2 Allgemeine Grundlagen	9
2.1 <i>Betrachtete Fahrzeugreihe</i>	9
2.1.1 Fahrzeugaufbau	10
2.2 <i>Bremssystem</i>	10
2.2.1 Triebdrehgestell	11
2.2.2 Laufdrehgestell	12
2.2.3 Begriffe und Erklärung des Bremsscheibenprofils	13
2.2.3.1 Verschleißmarkierung	13
2.2.3.2 Hohllauf	13
2.2.3.3 Verschleißentwicklung	13
2.2.3.4 Schadbilder (Rillen, Riefen, Risse)	14
2.2.4 Grenzmaße	15
2.2.4.1 Inspektionsgrenzmaß (IGM)	15
2.2.4.2 Betriebsgrenzmaß (BGM)	15
2.3 <i>Messdaten Ermittlung</i>	15
2.3.1 Ursprüngliche Messmethode	17
2.3.2 Messgerät Calipri	17
2.3.3 Messintervall	19
3 Auswertung und Optimierung	21
3.1 <i>Ergebnisse der Auswertung</i>	24

3.1.1	Prüfung auf Optimierungspotential	24
3.1.2	Vergleich der Topografien und der Haltestellenanzahl	25
3.1.2.1	Höhenprofil der regionalen Stammstrecken.....	26
3.1.2.2	Auswertungen der Streckendaten	29
3.1.3	Vergleich der Bremsausgangsgeschwindigkeiten	32
3.1.4	Zusammenfassung der Auswertungen	33
3.2	<i>Prüfung auf Optimierung</i>	36
3.2.1	Prüfung auf Optimierung der Parameter des Bremsscheibenprofiles	36
3.2.1.1	Erhöhung der derzeit zugelassene Hohlaufgrenzen	39
3.2.1.2	Mögliche Profilloptimierung	39
3.2.1.3	Zusätzlicher Verschleiß durch die UF-Behandlungen.....	40
3.2.1.4	Höhere Verschleißreserven.....	44
3.2.2	Prüfung auf Änderung und Optimierung des Reibbelages.....	46
3.2.3	Prüfung auf Sinnhaftigkeit geteilter Bremsscheiben	46
3.2.3.1	Konstruktionsunterschiede	46
3.2.3.2	Kosten/Aufwand – Vergleich	47
3.2.4	Prüfung auf Optimierung des Fahrzeugumlaufes bzw. eines Stationierungswechsel	50
3.2.5	Prüfung auf Verstärkung der Retarder-Funktion.....	50
3.2.6	Prüfung auf Schulungsmöglichkeiten	50
3.2.6.1	Triebfahrzeugführer.....	50
3.2.6.2	Werkstätten-Personal.....	51
3.2.7	Zusammenfassung der Optimierungen	52
4	Schlussfolgerungen	55
4.1	<i>Nutzen für ÖBB Technische Services</i>	56
4.2	<i>Nutzen / Lernerfolg Eibenberger</i>	56
Literatur	59

Selbstständigkeitserklärung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Dieseltriebwagen der ÖBB Baureihe 5022.....	1
Abbildung 2 ÖBB Holding – Organisation, Stand 14. November 2011 [3].....	2
Abbildung 3 Aufgaben der Konzerngesellschaften [4]	3
Abbildung 4 Übersicht des Aufgabenbereiches der Konzerngesellschaften [4].....	3
Abbildung 5 ÖBB Technische Services GmbH, Makroorganisation [6]	4
Abbildung 6 ÖBB Technische Services – Service Netzwerk Österreich [7].....	5
Abbildung 7 Struktur des Bereiches Engineering [6].....	5
Abbildung 8 Struktur des Bereiches Engineering Lok [6]	6
Abbildung 9 Übersicht Fahrzeugaufbau [9].....	10
Abbildung 10 Einbauorte der Drehgestelle [10]	10
Abbildung 11 Seitenansicht Triebdrehgestell mit Magnetschienenbremse	11
Abbildung 12 Übersicht Triebradsatz mit zwei Wellenbremsscheiben [10]	11
Abbildung 13 Seitenansicht Laufdrehgestell.....	12
Abbildung 14 Übersicht Laufradsatz mit Radbremsscheiben [11].....	12
Abbildung 15 Begriff-Erklärung anhand einer Wellenbremsscheibe [12].....	13
Abbildung 16 Darstellung möglicher Rissformen anhand einer Wellenbremsscheibe [12]	14
Abbildung 17 Rissbildung in einer Wellenbremsscheibe der TRS.....	14
Abbildung 18 Auszug aus der konzerninternen Komponentendatenbank.....	16
Abbildung 19 Radprofillehre [13]	17

Abbildung 20 Messgerät Calipri	18
Abbildung 21 Übersicht der möglichen Messzuordnungen für Calipri [14].....	18
Abbildung 22 Bremsscheibenprofil-Messung mit Calipri.....	19
Abbildung 23 Übersicht der befahrenen Strecken (dargestellt im Programm „Mapsource“)	25
Abbildung 24 3D-Höhendiagramm der Strecke Linz Urfahr nach Aigen-Schlägl (dargestellt im Programm „GPS-Track-Analyse“)	26
Abbildung 25 3D-Höhendiagramm der Strecke Villach nach Kötschach-Mauthen (dargestellt im Programm „GPS-Track-Analyse“)	27
Abbildung 26 3D-Höhendiagramm der Strecke Graz nach Wiener Neustadt (dargestellt im Programm „GPS-Track-Analyse“).....	28
Abbildung 27 Darstellung des Begriffes „Schirmung“ [18]	42
Abbildung 28 Darstellung der bearbeiteten Stellen.....	43
Abbildung 29 Hohllauf nach UF-Behandlung.....	43
Abbildung 30 Mono-Radbremsscheiben (ungeteilt) [18].....	46
Abbildung 31 Geteilte Radbremsscheibe [19]	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Merkmale der Desiro-Flotte – ÖBB Baureihe 5022 [8]	9
Tabelle 2 Ansicht der Radprofiles eines Radsatzes aus der Komponentendatenbank...	16
Tabelle 3 Ausschnitt aus der Datenbank für die Auswertungen.....	22
Tabelle 4 Abweichung der Messwerte vom Radsatzmittelwert	23
Tabelle 5 Mittelwert regionaler Bremsscheibenverschleiß (Werte normiert)	24
Tabelle 6 Übersicht der gesammelten Streckendaten	29
Tabelle 7 Anforderung an das einzelne Fahrzeug je Kalendertag	30
Tabelle 8 Im Mittel zu überwindende Höhenmeter je Standort.....	31
Tabelle 9 Anzahl der Haltestellen (stop & go) je Standort im Regionalzugbetrieb im Mittel	32
Tabelle 10 Zusammenfassung der ermittelten Werte	33
Tabelle 11 Belastung je Region und Tag auf das einzelne Fahrzeug	34
Tabelle 12 Einsatzdauer der Bremsscheiben (Werte normiert).....	34
Tabelle 13 Neu-Profil einer Wellenbremsscheibe	37
Tabelle 14 Profil Wellenbremsscheibe mit Hohllauf.....	37
Tabelle 15 Profil Radbremsscheibe mit Hohllauf	38
Tabelle 16 Darstellung einer Fase am Profil.....	40
Tabelle 17 Abnützung vor und nach der UF-Behandlung (Werte normiert).....	41
Tabelle 18 Bremsscheibenabnützung nach Position und Dienstort (Werte normiert).....	44
Tabelle 19 Bremsscheibenlaufleistung aus Radscheibensicht.....	45

Tabelle 20 Ergebnis der wirtschaftlichen Betrachtung – für Triebradsätze	49
Tabelle 21 Ergebnis der wirtschaftlichen Betrachtung – für Laufradsätze.....	49
Tabelle 22 Aufschlüsselung der Umsetzungsmöglichkeiten	52

Abkürzungsverzeichnis

BGM	Betriebsgrenzmaß
Hst	Haltestelle
IGM	Inspektionsgrenzmaß
LDG	Laufdrehgestell
LRS	Laufradsatz
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖBB TS	ÖBB Technische Services GmbH
PU	Personalunion
RBS	Radbremsscheibe
SVS	Servicestelle
TDG	Triebdrehgestell
TRS	Triebradsatz
UF	Unterflurbehandlung (Drehbearbeitung der Räder bzw. Bremsscheiben)
WBS	Wellenbremsscheibe

1 Einleitung

Seit 2005 sind die Dieseltriebwagen der Reihe 5022 bei den Österreichischen Bundesbahnen im Einsatz. Durch den in den Regionen stationierten Einsatz dieser Fahrzeuge können sich auch Unterschiede in der Verschleißentwicklung bei den Brems scheiben ergeben. In dieser Arbeit soll die Verschleißentwicklung untersucht und die Brems scheiben auf ihr Optimierungspotential geprüft werden.

Ein Radsatz mitsamt Brems scheiben eines Schienenfahrzeuges gehört, auf die gesamte Einsatzdauer gesehen, zu einer der teuersten Komponenten am Fahrzeug. Grund hierfür ist die Abnützung, die einen mehrmaligen Wechsel dieser Komponente im Fahrzeugleben erfordert. Daher ist es vorteilhaft, die Verschleißdaten zu analysieren und zu prüfen, inwieweit eine Optimierung möglich und sinnvoll ist.

Die vorliegende Arbeit soll hinsichtlich der Brems scheiben spezielle Maßnahmen erarbeiten, welche zu einer Optimierung der präventiven Instandhaltung beitragen können. Dazu sind die derzeitigen Brems scheiben-Verschleißdaten zu erheben und mögliche Restlebensdauerberechnungen durchzuführen. Diese sind auf die regionalen Einsatzgebiete, je nach Fahrzeug, aufzuschlüsseln.

Kein Bestandteil dieser Arbeit sind die Betrachtung der Radscheibenverschleißdaten und die Optimierung der allgemeinen Instandhaltungsschritte.



Abbildung 1 Dieseltriebwagen der ÖBB Baureihe 5022

1.1 Österreichische Bundesbahnen

Die ÖBB sind ein Transport- und Logistikunternehmen im Eigentum des Staates Österreich. Bereits im November 1837 startete der erste Zug vom Bahnhof Floridsdorf nach Deutsch-Wagram. Das war der Beginn des Bahnzeitalters in Österreich. Was damals eine Dampflokomotive leistete, übernehmen heute Elektro- und Diesellokomotiven sowie Triebwagen. Ein funktionierendes Bahnnetz erfordert freilich auch eine Erhaltung der Lokomotiven und Wagen. Am Gelände des Wiener Nordbahnhofes entstand die erste Lokomotiv-Hauptwerkstätte Österreichs. Die zu der damaligen Zeit noch wenig entwickelte Technologie bedingte hohen Reparatur- und Wartungsaufwand. Gleichzeitig mit dem Ausbau des Bahnnetzes in Österreich entstanden nach und nach Betriebswerkstätten mit einem festen Stamm von Spezialisten. [1]

Heute sind ca. 42.000 Mitarbeiter bei den ÖBB beschäftigt. Jährlich werden von den ÖBB über 400 Millionen Fahrgäste und ca. 90 Millionen Tonnen Güter befördert. Seit 2004 wird das Unternehmen als Aktiengesellschaft geführt. Die Infrastruktur umfasst ca. 5.700 km Gleise. Der Umsatzerlös des Konzernes betrug 2011 5,272 Milliarden Euro. [2]

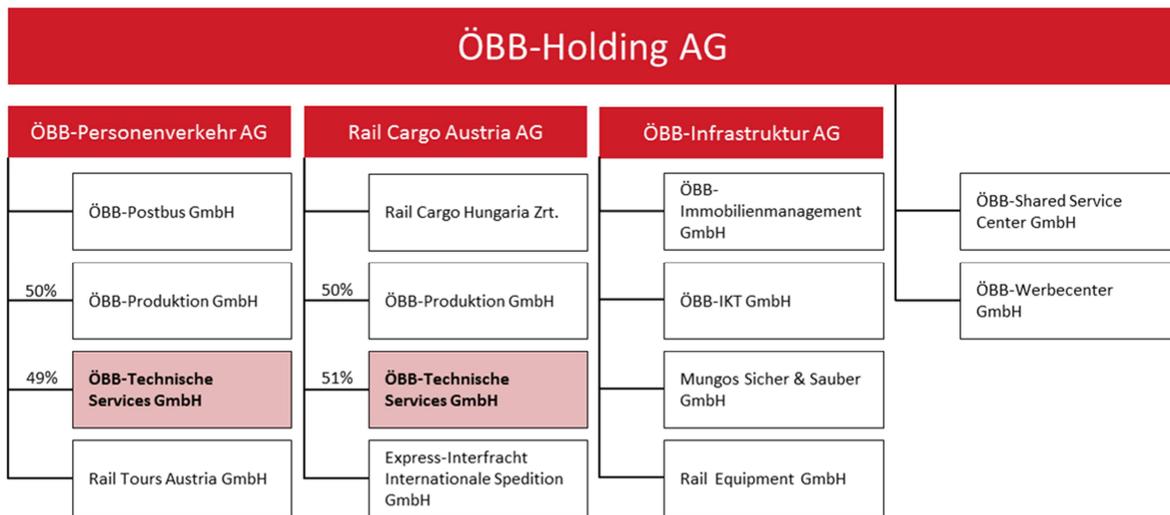


Abbildung 2 ÖBB Holding – Organisation, Stand 14. November 2011 [3]

1.1.1 Aufgaben der Konzerngesellschaften

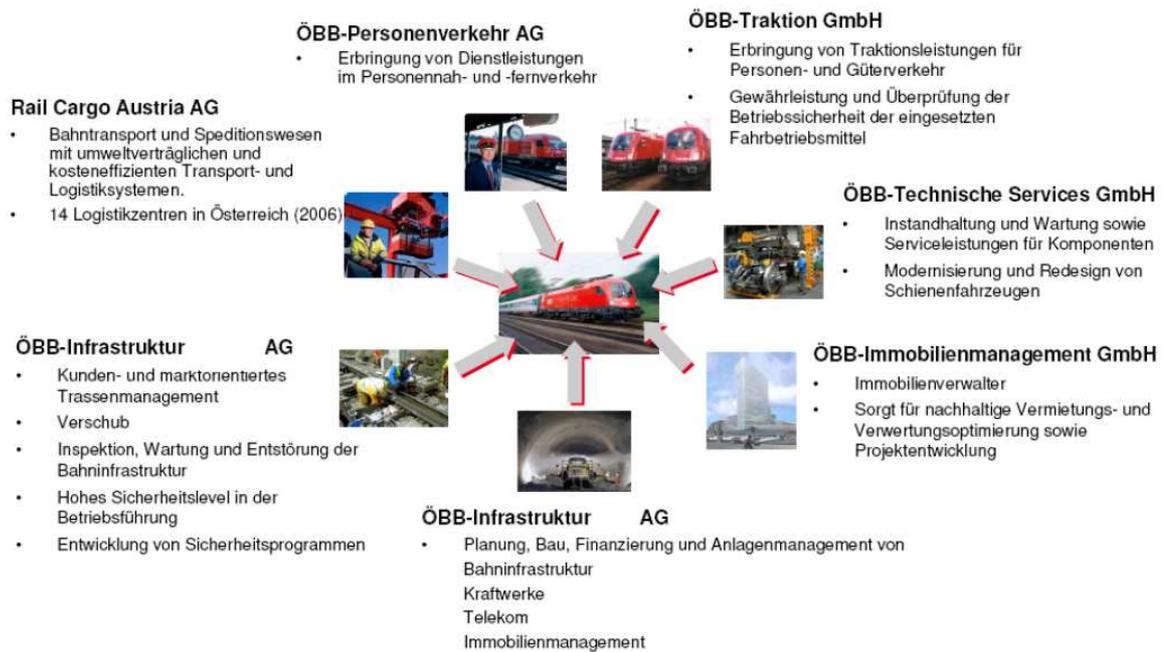


Abbildung 3 Aufgaben der Konzerngesellschaften [4]

Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der Konzerngesellschaften mitsamt deren Aufgabenbereich. Für die pünktliche Bedienung eines Personenzuges und für den Betrieb der Strecke ist der Einsatz von vielen Konzerngesellschaften gefordert. Dies ist in Abbildung 4 symbolisch dargestellt.

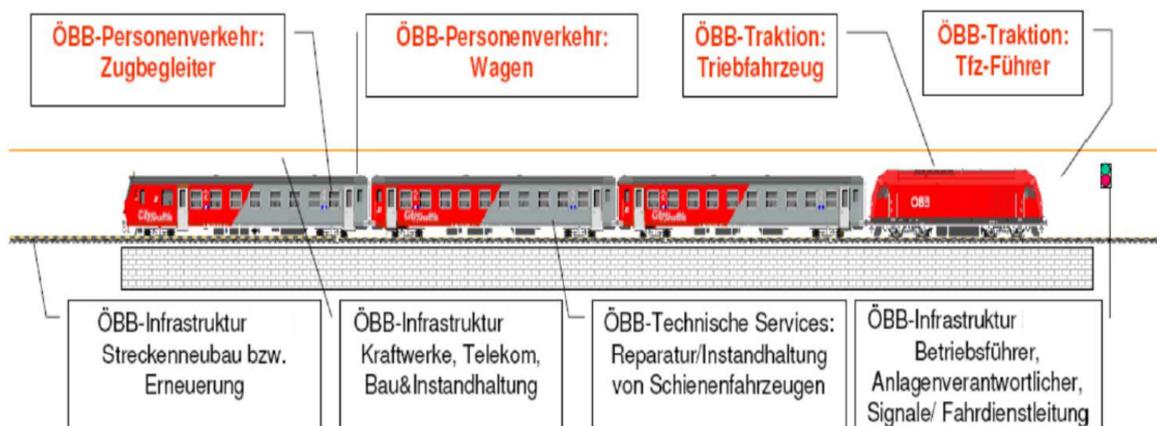


Abbildung 4 Übersicht des Aufgabenbereiches der Konzerngesellschaften [4]

1.2 ÖBB Technische Services GmbH

ÖBB Technische Services GmbH ist ein Unternehmen im ÖBB Konzern. Bereits 1995 wurde der ÖBB-Geschäftsbereich „Technische Services“ gegründet (siehe Markroorganisation, Abbildung 5). Aus diesem Geschäftsbereich wurde im Jahr 2004 eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung erwirkt. Die Eigentümer sind die ÖBB Personenverkehrs AG (49 %) und die ÖBB Rail Cargo Austria AG (51 %). Bei ÖBB TS werden ca. 25.000 Schienenfahrzeuge sowie deren Komponenten von 3.400 Mitarbeitern gewartet. [5]

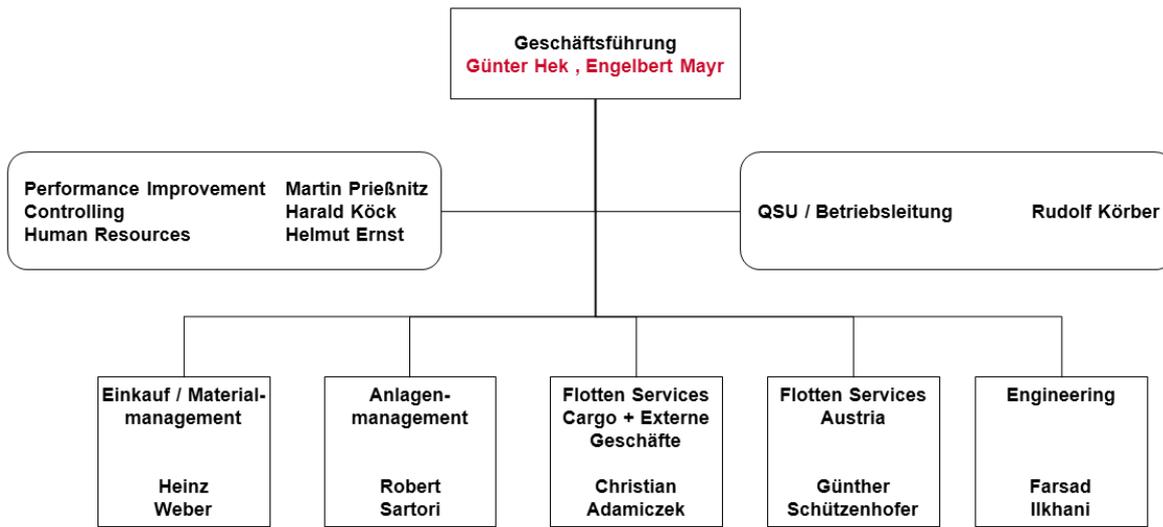


Abbildung 5 ÖBB Technische Services GmbH, Makroorganisation [6]

Das Unternehmen befasst sich mit

- der Instandhaltung von Schienenfahrzeugen
- der Modernisierung und dem Assembling von Schienenfahrzeugen
- der Neufertigung und Aufarbeitung von Fahrzeugkomponenten
- der Entwicklung von Diagnose- und Prüfeinrichtungen

In Österreich erstreckt sich ein Servicenetzwerk im gesamten Bundesgebiet (Abbildung 6). Es gibt Werke für Hauptausbesserungen in den Zentren Wien, St. Pölten, Linz und Knittelfeld und Servicestellen in den Regionen, um kleinere Instandhaltungsschritte rasch durchführen zu können.



Abbildung 6 ÖBB Technische Services – Service Netzwerk Österreich [7]

1.2.1 Abteilung Engineering Lok

In der Abbildung 7 und Abbildung 8 sind die Strukturen des Bereiches Engineering und Engineering Lok dargestellt.

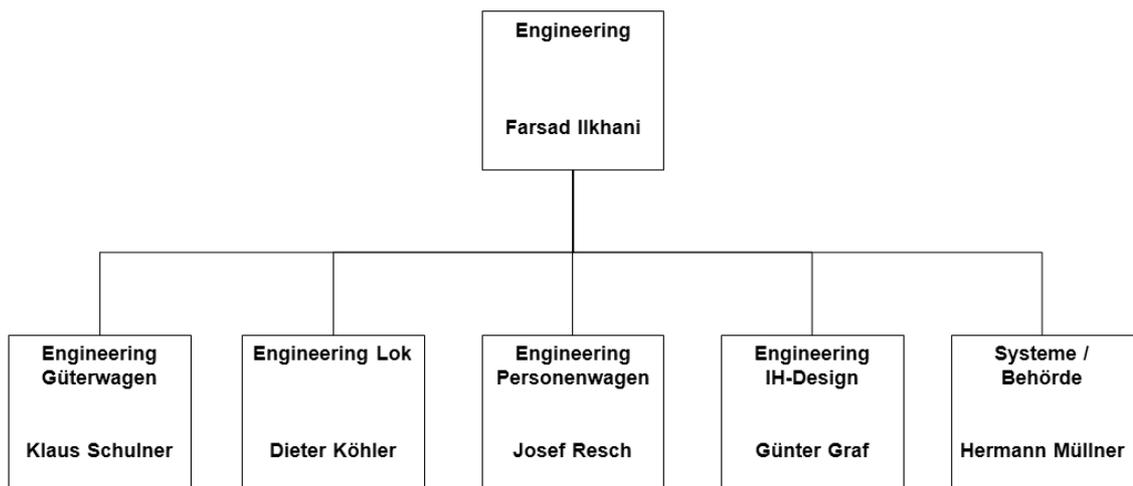


Abbildung 7 Struktur des Bereiches Engineering [6]

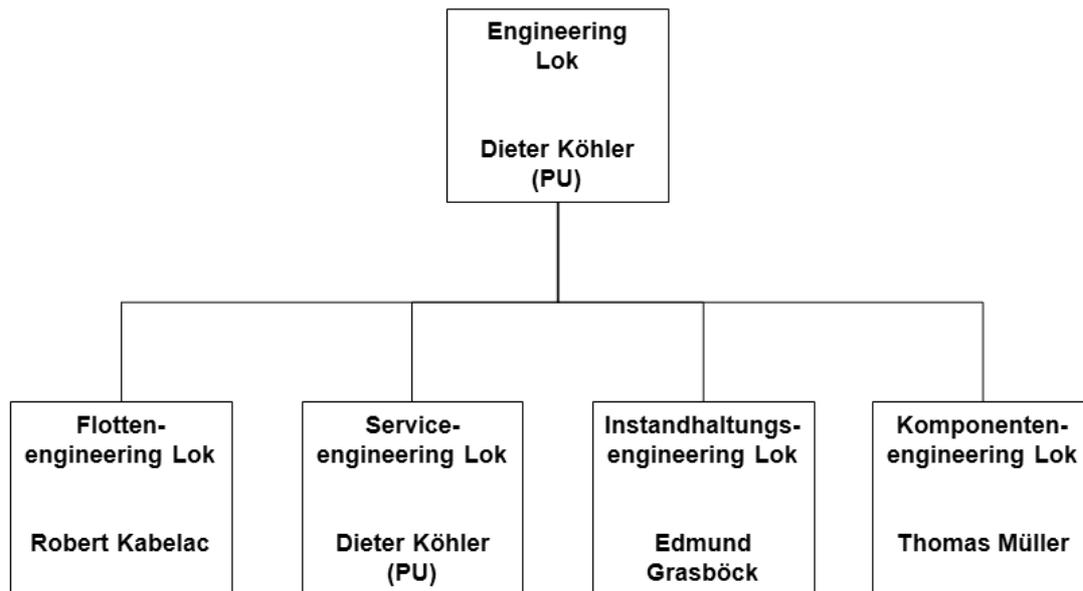


Abbildung 8 Struktur des Bereiches Engineering Lok [6]

Engineering Lok ist der kompetente Ansprechpartner für die Umsetzung aller technischen Fragen in Bezug auf Lokomotiven und Triebwägen. Die Aufgaben von Engineering Lok sind insbesondere:

- Bereitstellen von technischen Anforderungen für die präventiven und korrektiven Wartungsschritte
- Technische Betreuung der Gesamtflotte
- Intensive Zusammenarbeit mit Flottenmanagement, Einkauf und Vertrieb
- Gewährleistung höchstmöglicher Sicherheit bei der Reparatur und Wartung von Rollmaterial
- Erarbeiten von Servicemanualen
- Erarbeiten von Arbeitsvorbereitungen mit Zeitvorgaben
- Fokussierung auf langfristig wettbewerbsfähige Leistungen
- Kostenbedachte Optimierung der Instandhaltung
- Technische Erarbeitung von Änderungen an den Fahrzeugen und Komponenten basierend auf Kundenwünschen

1.2.2 Aufgaben Eibenberger

Meine Aufgaben als Kompetenzträger für Brems scheiben und Radsatzlager von Triebfahrzeugen umfassen:

- Verantwortung für die Instandhaltung von Brems scheiben und Radsatzlagern

- Zulassung mehrerer Lieferanten für Bremsscheiben und Radsatzlager
- Durchführen von Optimierungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit den Lieferanten
- Durchführen von Erstmusterprüfungen
- Durchführung und Dokumentation von Versuchen, Analysen und Begutachtungen
- (Weiter-) Entwicklung von Qualitätsdokumenten
- Technische Beratung im Zuge von Beschaffung und Änderung von Fahrzeugkomponenten

2 Allgemeine Grundlagen

2.1 Betrachtete Fahrzeugreihe

Die Dieseltriebwagen der Baureihe 5022 werden in Österreich seit 2005 in den Regionen Graz, Villach und Linz eingesetzt. Diese werden auch Desiro genannt. Sie bedienen vor allem nicht elektrifizierte Nebenstrecken. Nachfolgend sind die wichtigsten Merkmale zusammengefasst (Tabelle 1):

Nummerierung:	5022 001-1-060-5
Anzahl:	60
Hersteller:	Siemens
Baujahr(e):	2003–2008
Achsformel:	B'(2)'B'
Spurweite:	1435 mm (Normalspur)
Länge über Kupplung:	41.700 mm
Breite:	2.830 mm
Leermasse:	70,3 t
Höchstgeschwindigkeit:	120 km/h
Stundenleistung:	2 x 315 kW
Beschleunigung:	1,1 m/s ²
Bremsverzögerung:	>1,15 m/s ²
Sitzplätze:	117 (davon 10 Klappsitze)
Niederfluranteil:	60 %
Besonderheiten:	LED-Rückleuchten; Fahrkartenautomat; behindertengerechtes, geschlossenes Toilettensystem; Brandschutz mit integrierter Brandmelde- und Bekämpfungsanlage; Klimaanlage; stufenlose Einstiege mit selbstständig ausfahrendem Schiebetritt; Videoanlage zur Bahnsteigbeobachtung; Fahrgastinformationssystem mit Bildschirm und Stationsanzeiger

Tabelle 1 Merkmale der Desiro-Flotte – ÖBB Baureihe 5022 [8]

2.1.1 Fahrzeugaufbau

Das Fahrzeug (Desiro) besteht aus zwei Wagenkästen, welche je ein eigenes Triebdrehgestell (TDG) und einen eigenen Antriebsmotor haben. Mittels eines Jakobsdrehgestells, ein gemeinsames Laufdrehgestell (LDG), sind beide Wagenkästen miteinander verbunden (Abbildung 9). Der Desiro besitzt sechs Radsätze, vier Triebradsätze und zwei Lauf- radsätze. Der Antrieb von den Dieselmotoren (Power-Packs) wird über Kardanwellen zum ersten Getriebe und von diesem zum zweiten Getriebe übertragen.

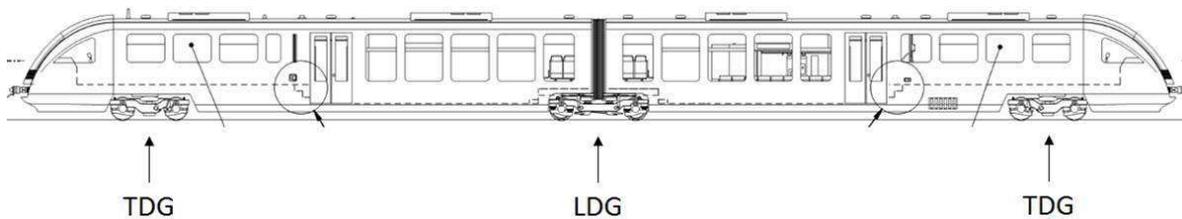


Abbildung 9 Übersicht Fahrzeugaufbau [9]

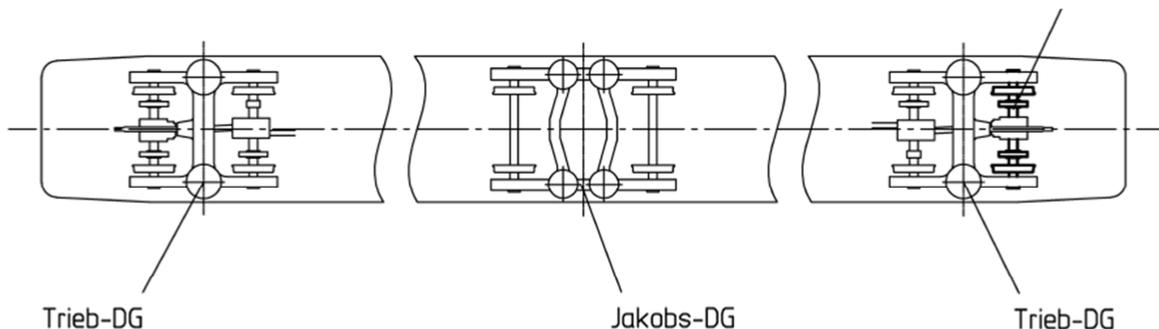


Abbildung 10 Einbauorte der Drehgestelle [10]

2.2 Bremssystem

Das Fahrzeug (Desiro) wird durch ein pneumatisches Bremssystem verzögert. Der Triebzug ist mit Radbremsscheiben an den Lauf- radsätzen und mit Wellenbremsscheiben an den Triebradsätzen ausgestattet. Alle Bremsscheiben werden mit den identen Bremsbelägen (Type Becorit 946) verzögert.

Zusätzlich unterstützen die an den Triebdrehgestellen montierten Magnetschienenbremsen und die mit Retarder ausgerüsteten Ausgangsgetriebe der Motoren die mechanischen Bremsanlagen.

2.2.1 Triebdrehgestell

Das Fahrzeug (Desiro) besitzt zwei TDG, welche jeweils an der Spitze (Front und Schluss) des Fahrzeuges eingebaut sind. Diese werden unabhängig voneinander mit je einem Motor samt Getriebe (Power Pack) angetrieben.

An jedem TDG sind je drei Bremszylinder und Wellenbremsscheiben montiert. An den äußeren Radsätzen (TRS 1 und TRS 6) befinden sich je zwei Wellenbremsscheiben (Abbildung 12) und auf den innenliegenden Radsätzen sitzt je eine Wellenbremsscheibe. Diese sind an den Radsatzwellen aufgespresst. Die Verschleißreserve neuer Wellenbremsscheiben liegt bei 7 mm.

Die Triebdrehgestelle besitzen zur Verstärkung der mechanischen Bremswirkung zusätzlich eine Magnetschienenbremse (Abbildung 11). Diese kommt nur bei einer „Schnellbremsung“ (akute Bremsung bzw. Bremsung aufgrund eines Vorfalles) zum Einsatz und ist nicht für eine Regelbremsung gedacht.



Abbildung 11 Seitenansicht Triebdrehgestell mit Magnetschienenbremse

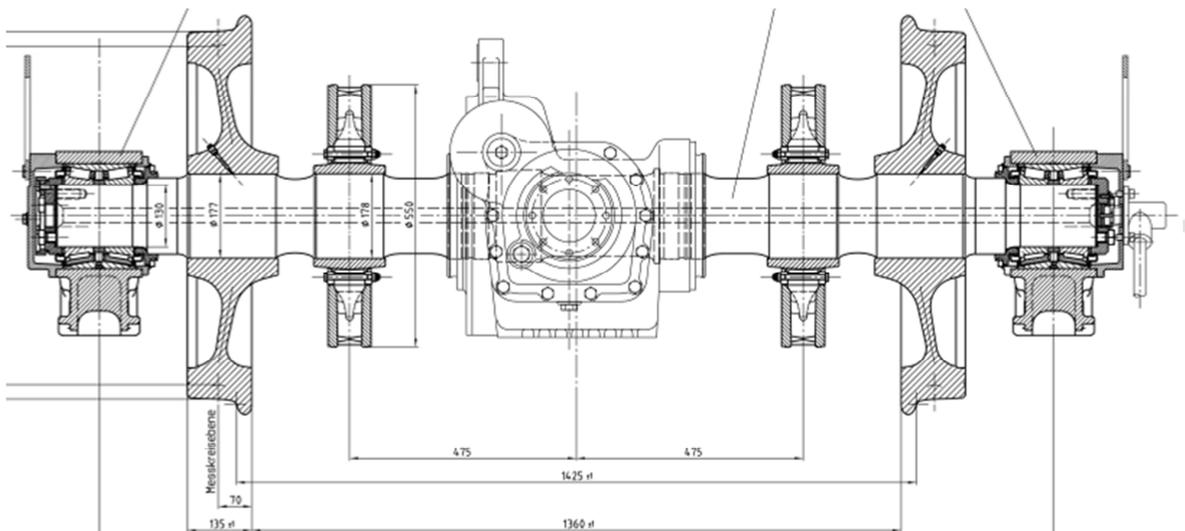


Abbildung 12 Übersicht Triebradsatz mit zwei Wellenbremsscheiben [10]

2.2.2 Laufdrehgestell

In diesem Fahrzeug (Desiro) kommt ein einzelnes Laufdrehgestell (LDG) zum Einsatz. Dieses sitzt in der Fahrzeugmitte und ist als Jakobsdrehgestell ausgeführt (Abbildung 13). Dies bedeutet, dass sich beide Wagenkästen ein Drehgestell teilen.

Die Laufradsätze sind nicht angetrieben. Sie werden mit Radbremsscheiben verzögert. Diese sind an direkt an jedem der vier Räder innen und außen montiert (Abbildung 14). Die am LDG montierten vier Bremszylinder sorgen für die Bremskrafteinleitung. Die Verschleißreserve neuer Radbremsscheiben liegt bei 5 mm.



Abbildung 13 Seitenansicht Laufdrehgestell

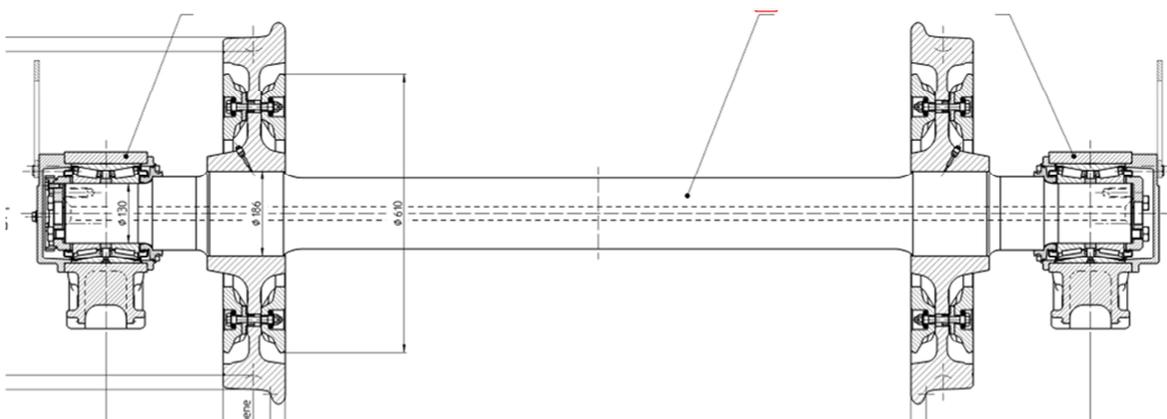


Abbildung 14 Übersicht Laufradsatz mit Radbremsscheiben [11]

2.2.3 Begriffe und Erklärung des Bremsscheibenprofils

Abbildung 15 zeigt eine Wellenbremsscheibe. Anhand der Abbildung wird der Aufbau der Wellenbremsscheibe dargestellt.

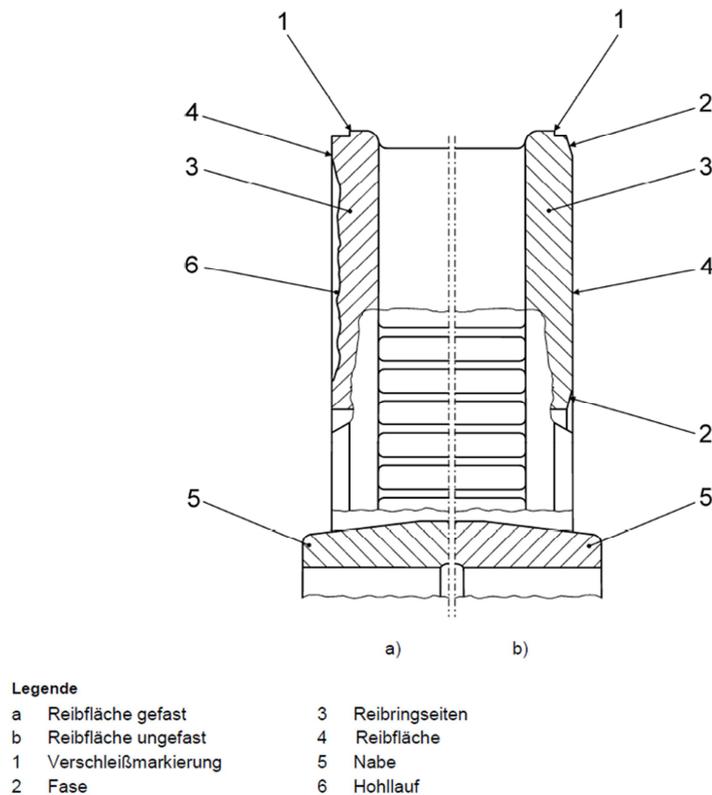


Abbildung 15 Begriff-Erklärung anhand einer Wellenbremsscheibe [12]

2.2.3.1 Verschleißmarkierung

Die Verschleißmarkierung beschreibt jenen Bereich, welcher zum Abnutzen vorgesehen ist (Verschleißvorrat).

2.2.3.2 Hohllauf

Der Hohllauf entwickelt sich durch ein Voranschreiten der Abnutzung. Aufgrund der vorhandenen Belagsgeometrie bildet er sich mittig in den Reibflächen aus. Die zulässige Tiefe des Hohllaufes ist begrenzt. Diese wird in festgelegten Abständen überprüft.

2.2.3.3 Verschleißentwicklung

Die Definition von Verschleiß ist die flächige Abnutzung inklusive der Hohllaufbildung bei der Bremsscheibe.

2.2.3.4 Schadbilder (Rillen, Riefen, Risse)

Neben der Verschleißentwicklung kann auch ein Schadfal zu einem Ausfall des Produktes führen. Hauptursachen für einen vorzeitigen Tausch sind Rillen, Riefen oder Risse. Abbildung 16 zeigt jene Stellen an denen Schadbilder auftreten können.

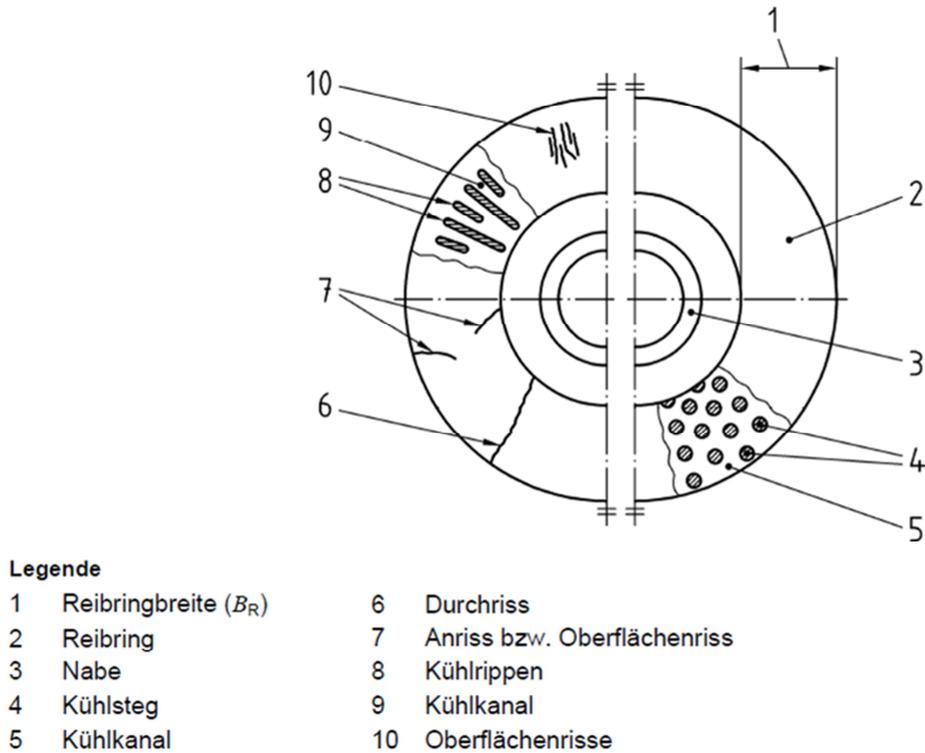


Abbildung 16 Darstellung möglicher Rissformen anhand einer Wellenbremscheibe [12]

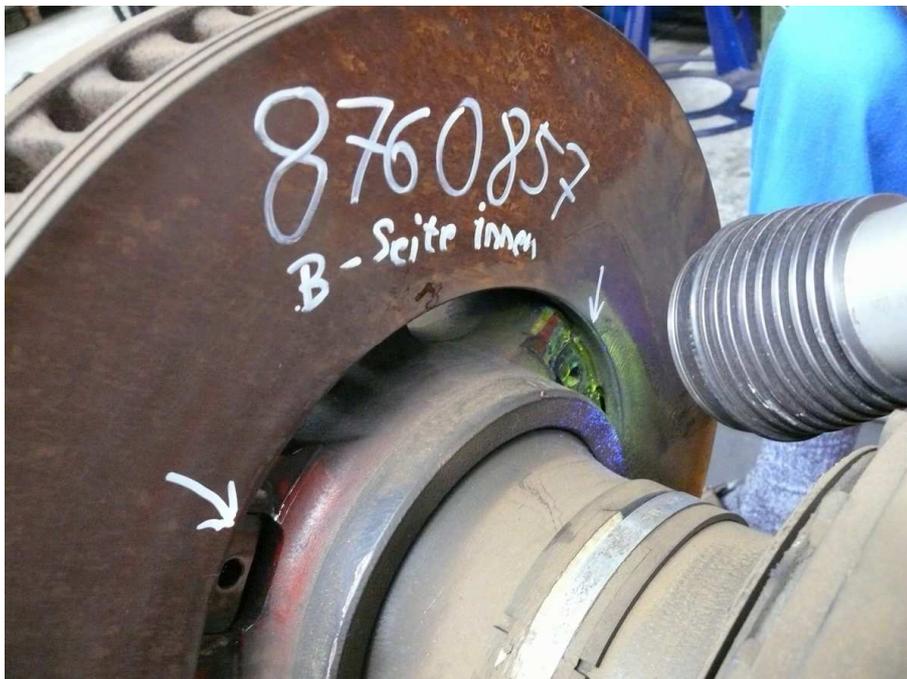


Abbildung 17 Rissbildung in einer Wellenbremscheibe der TRS

Wenn bei einer augenscheinlichen Überprüfung der Bremsscheiben Verdacht auf Risse besteht, werden diese Anzeigen mittels einer Magnetpulverprüfung überprüft (Abbildung 17). Bestätigt sich dieser Riss, sind für einen weiteren Betrieb die Risslänge und Risstiefe maßgeblich.

2.2.4 Grenzmaße

Grenzmaße sind festgelegte Werte für Verschleißvorräte, welche bei Erreichung, je nach Type, Maßnahmen erfordern. Es soll dadurch eine bessere Planung der Tauschkomponenten ermöglicht werden. Des Weiteren sind die Mindestreserven zu den jeweiligen Ausbesserungsarten (Instandhaltungsschritten) festgelegt. Demzufolge wird die Vorlaufzeit minimiert und die Fahrzeuge können möglichst ohne unnötig lange Stehzeiten betrieben werden.

2.2.4.1 Inspektionsgrenzmaß (IGM)

Das IGM ist jenes Maß, das bei Erreichen eine Inspektion der Komponente erfordert. Hier ist noch genügend Zeitraum, um den Tausch der Komponente vorzubereiten.

2.2.4.2 Betriebsgrenzmaß (BGM)

Das BGM ist jenes Maß, über welches hinaus ein Betreiben des Fahrzeuges (bzw. der Komponente) nicht mehr zulässig ist. Ein Tausch ist unmittelbar erforderlich, da das Fahrzeug nicht mehr in Betrieb genommen werden darf und „abgestellt“ ist.

2.3 Messdaten Ermittlung

Durch die österreichweite Verteilung der Fahrzeuge und den unterschiedlichen Einsatzbedingungen ist für eine präventive Wartung eine Analyse der bisher gesammelten Messdaten erforderlich.

Zu einem festgelegten wiederkehrenden Zeitpunkt werden die Profildaten der Bremsscheiben gemessen und in eine Datenbank übertragen („Komponentendatenbank“). Daraus können die Messdaten gesammelt entnommen werden. Diese sind die Basis für eine weiterführende Auswertung (Abbildung 18).

Die Komponentendatenbank beinhaltet sämtliche profilrelevanten Verschleißdaten hinsichtlich Rad- und Bremsscheiben. Mithilfe dieser Daten werden die Unterflurbehandlungen (Reprofilieren) oder ein Radsatz- bzw. Bremsscheibentausch geplant.

Fahrzeugerhalter		EISENBERGER PAUL [262346]		Produktsystem [A507280]		Info		OBB																											
Zurück Menü Fahrzeug: 95 81 5022 021-7																																			
Messwerthistorie zu Fahrzeug 95 81 5022 021-7 (km-Stand: 412.987) Komponententyp: Radsatz																																			
Pos	Series-Nr.	MKD_L	MKD_R	RD_L	RD_R	Sh_L	Sh_R	ShOff	Sd_L	SdR	SdSum	qR_L	qR_R	PR_L	PR_R	Rwm_L	Rwm_R	MKDMDIFF	FDM_DIFF	DM_DIFF	BR_L	BR_R	S_L	S_R	Sr	I	Br_L1	Br_L2	Br_R1	Br_R2	BH_L1	BH_L2	BH_R1	BH_R2	
31.03.2012: RS-Erhalter-Messung "F1_F", KAUFMANN JUERGEN, Order - [60X] TS SVS Villach																																			
1	BVO3060	740.1	739.7	35.8	36.4	30.4	29.7	0.8	31.4	30.5	0.9	61.9	10.5	10.2					0.4	0.5	10.5	134.1	134.4	0.2	0.2	1.422.4	1.360.5	6.9	7.1	6.8	6.9	1.6	1.5	1.7	1.6
2	BVO3062	740.0	739.5	36.4	36.0	29.9	30.3	0.4	30.9	31.4	0.5	62.3	10.5	10.7					0.5	0.5	10.5	134.6	134.2	0.2	0.1	1.422.8	1.360.0	7.0	7.0	1.6	1.6	1.7	1.7		
3	BVO3018	743.3	744.2	42.7	43.3	30.4	30.4	0.0	31.3	31.1	0.2	62.3	10.8	10.9					0.9	0.9	10.5	134.4	134.4	0.4	0.1	1.422.8	1.360.5	2.7	2.8	2.6	2.3	1.5	1.7	1.7	2.3
4	BVO3021	744.2	743.8	43.1	42.4	30.0	30.3	0.3	30.5	31.1	0.6	61.6	10.5	10.8					0.4	0.9	10.5	134.4	134.2	0.2	0.3	1.422.1	1.360.5	2.7	2.6	2.2	2.7	1.8	1.6	1.5	1.8
5	8660838	749.7	750.0	41.0	41.5	30.1	30.1	0.0	31.4	31.4	0.1	62.8	10.7	10.6					0.3	0.5	10.5	135.4	135.7	0.2	0.2	1.423.3	1.360.5	6.9	6.8	0.7	0.7				
6	8760850	749.6	749.6	41.0	41.1	30.0	30.3	0.2	31.1	31.7	0.6	62.8	10.5	10.7					0.0	0.5	10.5	135.8	135.5	0.2	0.2	1.423.3	1.360.5	6.9	6.9	6.8	6.8	0.6	0.6	0.6	0.6
16.11.2011: RS-Erhalter-Messung "BUTF", SALCHEGGER JOHANN, Order - [70X] TS SVS Salzburg																																			
1	BVO3060	740.1	739.8	36.2	36.5	30.4	29.6	0.8	31.7	31.1	0.6	62.8	11.0	10.8					0.3	0.3	10.5	134.6	134.6	0.1	1.422.9	1.360.1									
2	BVO3062	740.0	740.1	36.5	36.5	29.9	30.0	0.1	31.4	31.4	0.6	62.8	10.8	10.7					0.1	0.3	10.5	134.6	134.7		1.422.1	1.359.3									
3	BVO3018	743.8	744.1	43.2	43.5	30.1	30.4	0.3	31.6	31.5	0.1	63.1	11.0	11.1					0.3	0.4	10.5	134.7	134.5	0.1	1.422.9	1.359.8									
4	BVO3021	744.2	744.0	43.5	43.4	30.0	30.2	0.2	31.0	31.4	0.4	62.4	10.9	11.0					0.2	0.4	10.5	134.6	134.6	0.1	1.422.9	1.360.5									
5	8660838	750.3	750.1	41.1	41.6	29.8	30.1	0.1	31.5	31.8	0.3	63.3	10.9	10.9					0.2	0.3	10.5	135.8	135.7	0.1	1.422.5	1.359.2									
6	8760850	750.0	750.1	41.5	41.8	29.8	30.0	0.2	31.4	31.8	0.4	63.2	10.9	10.9					0.1	0.3	10.5	135.9	136.0		1.423.0	1.359.8									
11.10.2011: RS-Erhalter-Messung "F2_F", KAUFMANN JUERGEN, Order - [60X] TS SVS Villach																																			
1	BVO3060	750.3	749.7	41.4	41.1	30.1	30.0	0.0	31.4	31.3	0.1	62.7	10.8	10.7					0.5	0.6	8.1	134.5	134.5	0.1	1.423.2	1.360.5	6.8	7.0	6.8	7.0	1.5	1.4	1.5	1.5	
2	BVO3062	749.6	749.9	42.0	41.4	30.5	30.2	0.3	31.4	31.7	0.3	63.1	11.0	10.9					0.3	0.6	8.1	134.6	134.7	0.2	1.423.1	1.360.0	7.1	7.0	1.5	1.5	1.6	1.6			
3	BVO3018	750.3	750.3	46.5	46.8	30.2	29.9	0.3	31.6	31.5	0.1	63.1	10.8	10.7					0.0	0.5	8.1	134.5	134.5	0.2	1.423.1	1.360.0	3.3	2.6	2.7	2.7	2.2	1.5	1.4	1.2	
4	BVO3021	749.8	750.1	46.4	46.3	30.3	30.0	0.2	31.4	31.5	0.1	62.9	10.9	10.7					0.3	0.5	8.1	134.5	134.5	0.1	1.423.4	1.360.5	2.8	2.5	2.3	2.8	1.6	1.4	1.1	1.1	
5	8660838	757.7	757.7	46.3	45.4	30.2	29.8	0.4	31.5	31.4	0.1	62.9	10.7	10.6					0.2	0.2	8.1	135.6	135.6	0.1	1.423.9	1.361.0	6.9	6.9	0.5	0.5	0.6	0.6			
6	8760850	757.7	757.5	45.3	45.5	30.4	30.2	0.1	31.7	31.8	0.1	63.5	10.7	10.6					0.2	0.2	8.1	135.3	135.5	0.2	1.424.0	1.360.5	6.9	6.9	6.8	6.9	0.4	0.4	0.5	0.4	
27.09.2011: RS-Erhalter-Messung "BUTF", SCHUSTER CHRISTOPH, Order - [70X] TS SVS Salzburg																																			
1	BVO3060	750.2	750.0	41.3	41.7	30.1	29.9	0.2	31.5	31.3	0.2	62.8	10.8	10.8					0.2	0.2	8.0	134.3	134.5	0.1	1.422.6	1.359.8									
2	BVO3062	750.0	750.0	41.5	41.4	30.3	30.1	0.2	31.4	31.6	0.2	63.0	11.0	11.1					0.2	0.2	8.0	134.2	134.5	0.1	1.423.2	1.360.2									
3	BVO3018	750.5	750.5	46.7	46.6	30.1	29.8	0.3	31.7	31.5	0.2	63.2	10.9	10.7					0.4	0.4	8.0	134.5	134.4	0.1	1.422.9	1.359.7									
4	BVO3021	750.1	750.1	46.4	46.4	30.1	30.0	0.1	31.4	31.5	0.1	62.9	10.8	10.7					0.4	0.4	8.0	134.3	134.4	0.1	1.422.8	1.359.9									
5	8660838	758.0	757.9	45.5	45.3	30.1	29.7	0.4	31.6	31.4	0.2	63.0	10.8	10.6					0.1	0.2	8.0	135.4	135.3	0.1	1.423.4	1.360.4									
6	8760850	757.8	757.8	45.6	45.4	30.3	30.1	0.2	31.7	31.9	0.2	63.6	11.0	11.0					0.2	0.2	8.0	135.4	135.5	0.1	1.423.6	1.360.0									

Abbildung 18 Auszug aus der konzerninternen Komponentendatenbank

Mit Hilfe dieser Daten ist es auch möglich Profilanalysen durchzuführen. Man kann Einzelmessungen direkt am Bildschirm begutachten (Tabelle 2) oder Daten über einen Zeitraum und über eine gesamte Fahrzeugreihe herunterladen. Dadurch ist es möglich, Verschleißdatenauswertungen hinsichtlich der Radscheiben und Bremscheiben durchzuführen und Vergleiche und Bewertungen vorzunehmen.

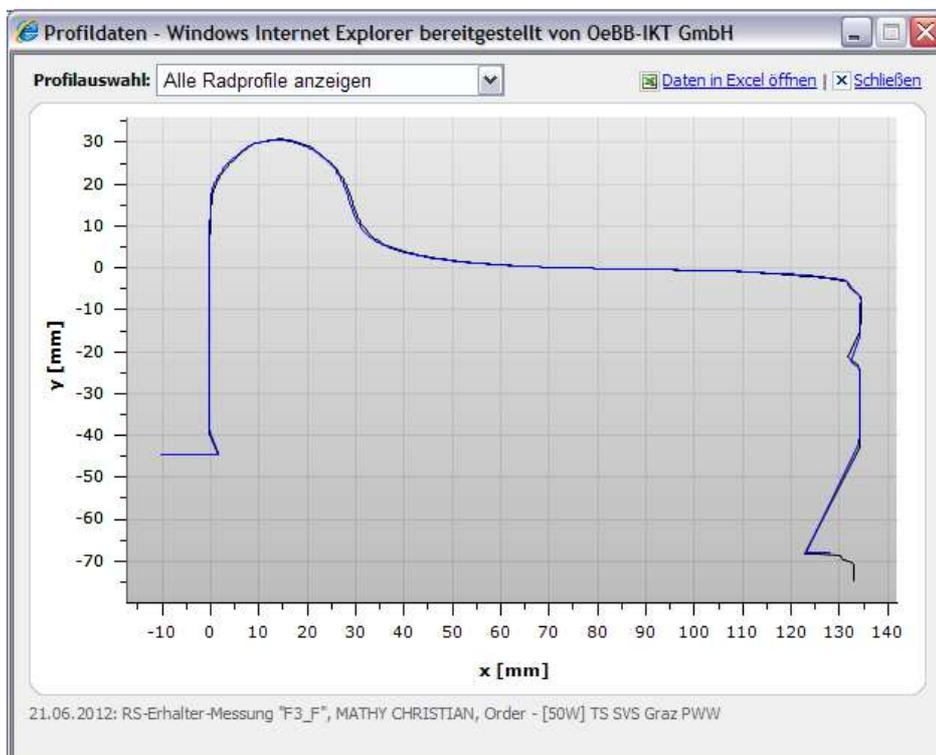


Tabelle 2 Ansicht der Radprofile eines Radsatzes aus der Komponentendatenbank

2.3.1 Ursprüngliche Messmethode

Vor der Entwicklung des derzeit verwendeten berührungslosen Messgerätes „Calipri“ wurden Handmessungen mit Messschiebern und Profillehren (Abbildung 19) eingesetzt. Die für die Abnützung relevanten Werte, die Spurkranzhöhe, die Spurkranzdicke und das qR-Maß, sind auf dieser Lehre ablesbar. Die Messdaten wurden im Anschluss an die Messung in die Komponentendatenbank manuell übertragen.

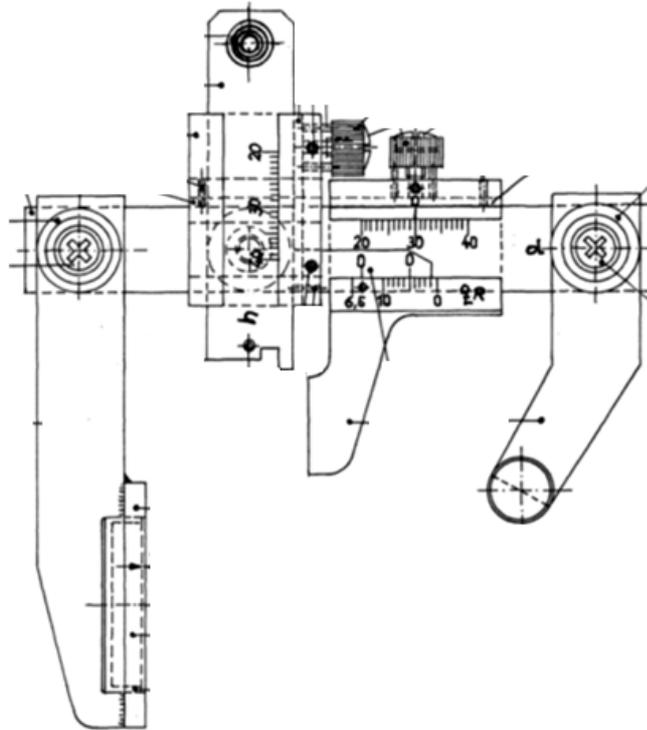


Abbildung 19 Radprofillehre [13]

Durch Ziffernstürze und Ablesefehler der messenden Mitarbeiter litt die Qualität der Datenbank. Daraufhin wurde ein optisches und berührungsloses Mess-System, gemeinsam mit Fa. Nextsense, entwickelt – das Messgerät „Calipri“.

2.3.2 Messgerät Calipri

Seit 2008 wird beim Triebwagen 5022 das Profil-Messgerät „Calipri“ eingesetzt. Dieses nimmt rasch und berührungslos die Messdaten von Radsatz- und Brems scheibenprofilen auf. Nach erfolgter Messung werden diese Daten in die Komponentendatenbank übermittelt und können für Auswertungen übernommen werden.

Dieses Messgerät besteht aus einem tragbaren Tablet-Computer und dem berührungslosen Messsensor (Abbildung 20). Nach erfolgtem Prüfvorgang ist direkt am Objekt zu prüfen, ob die gemessenen Werte plausibel sind und in die Datenbank übernommen werden können. Ist dies nicht der Fall, muss der Messvorgang wiederholt werden. Bestehen die gemessenen Werte die Prüfung, sendet das Messgerät, nach Anschluss an das Intranet,

die Werte direkt in die Datenbank. Die Vorteile dieses Messgerätes liegen in der zeitlichen Reduktion des Messaufwandes und in der deutlich höheren Genauigkeit.

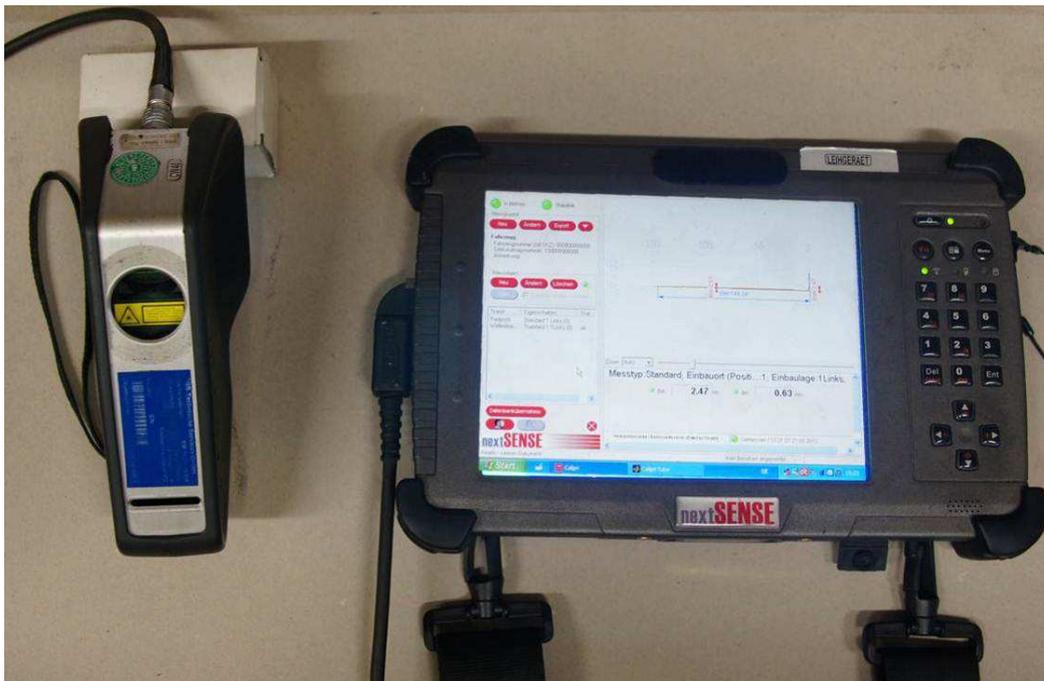


Abbildung 20 Messgerät Calipri

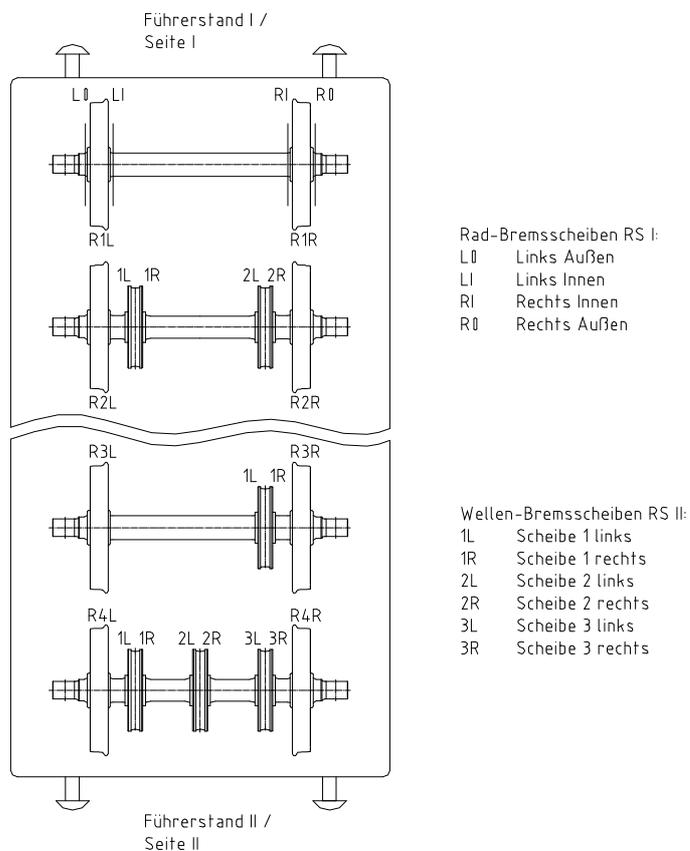


Abbildung 21 Übersicht der möglichen Messzuordnungen für Calipri [14]

Bei der Vermessung der Radscheiben und der Bremscheiben mit dem Messgerät Calipri gibt es eine definierte Reihenfolge, in welcher die Messungen durchgeführt werden müssen. Für jedes Triebfahrzeug und jeden Triebwagen mit unterschiedlicher Bremsausrüstung und Achsanzahl gibt es eigene Vorlagen im Geräte-System. Dadurch ist eine eindeutige Zuordnung der Messposition gewährleistet (Abbildung 21).

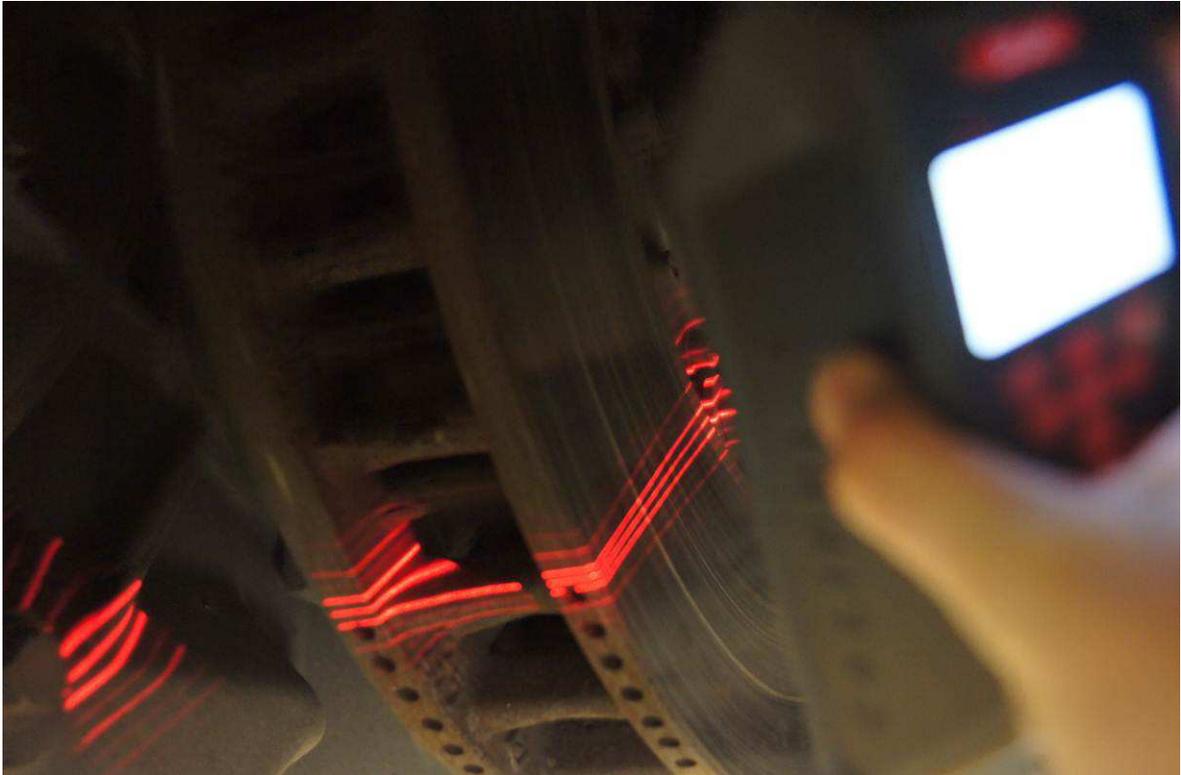


Abbildung 22 Bremscheibenprofil-Messung mit Calipri

Bei der berührungslosen Messung nimmt der Sensor das Oberflächenprofil auf und berechnet automatisch die gemessenen Profilparameter (Abbildung 22).

2.3.3 Messintervall

Die Messung wird im Rahmen eines planmäßigen Instandhaltungsschrittes durchgeführt. Das Messintervall der Bremscheiben beträgt bei dem Triebwagen (Desiro) 80.000 km. Zu diesem Zeitpunkt wird das komplette Bremscheibenprofil abgenommen, in die Datenbank gespeichert und von den zuständigen Produktionslogistikern bewertet (Bremscheibe gut / Bremscheibe Tausch einplanen / Fahrzeug abgestellt).

3 Auswertung und Optimierung

Auf den folgenden Seiten werden die durchgeführten Auswertungen zum Thema Brems-scheibenverschleiß beschrieben. Der Auswertung liegen 6311 Einzelmessungen zu-grunde und die gesamte betrachtete Laufleistung aller Fahrzeuge beträgt 19.731.894 km.

Tabelle 3 zeigt einen Auszug der bearbeiteten Daten. Relevante Parameter für die fol-genden Auswertungen sind:

- Fahrzeugnummer
- Kilometerstand
- Stationierte Dienststelle
- Messposition
- Radsatznummer
- Radsatzkilometerstand des Fahrzeuges
- Reprofilierungskilometerstand
- Messdatum
- Messkreisdurchmesser
- Bremsscheibenstärke
- Bremsscheibenhohlraum

Die Datenauswertung und Diagrammerstellung erfolgte im Programm EXCEL (Vers. 2010). Die Werte jeder einzelnen Messung wurden überprüft, gefiltert und sortiert. Im Anschluss wurden die Verschleißdaten von Radscheibe und Bremsscheibe der einzel-nen Radsatzpositionen in den Regionen berechnet. Dies ermöglichte regionale Auswer-tungen zu erstellen und zu diskutieren.

Fahrzeug	Fzg.Kilome-ter	Werk/SVS	Pos.	SerNo.	FSRRF-km	Reprof.-km	Messdatu-m	MKD_L	Bst_L1	Bst_L2	Bst_R1	Bst_R2	BH_L1	BH_L2	BH_R1	BH_R2	Verhält-nis zu	Verhält-nis zu	Verhält-nis zu	Verhält-nis zu
93 81 5022 001-1	366.331	50K	1	8760787			09.12.08	729,0	7,0	6,9	7,0	7,0	1,8	2,0	1,8	1,9	0,918	1,000	0,944	0,974
93 81 5022 002-9	548.320	50K	1	8760829	103.901	76.820	15.11.10	759,7	7,0	7,1	7,0	7,1	0,6	0,6	0,6	0,5	0,934	0,918	1,000	0,885
93 81 5022 003-7	369.949	50K	1	8760837	73.182	73.182	08.01.10	769,2	7,1	7,1	7,0	7,1	0,4	0,4	0,5	0,6	0,738	0,738	0,754	1,000
93 81 5022 004-5	536.367	50K	1	8760812	104.490		28.02.11	767,7	6,9	7,0	6,9	6,9	0,5	0,6	0,6	0,6	0,800	0,917	0,933	1,000
93 81 5022 003-2	310.499	50K	1	8760866		1.476	13.04.10	749,2	7,0	7,0	6,9	6,9	1,6	1,6	1,4	1,6	0,970	1,000	0,973	0,962
93 81 5022 004-0	368.770	50K	1	8760471		224.765	28.01.11	748,1	7,1	6,9	6,9	6,7	1,7	1,6	1,7	1,5	1,000	0,970	0,994	0,917
93 81 5022 003-7	417.481	50K	1	8760493		245.671	09.05.11	736,9	6,8	7,0	7,0	6,8	2,1	2,0	1,9	2,1	1,000	0,951	0,922	1,000
93 81 5022 006-5	375.276	50K	1	87604132		93.438	28.01.11	751,7	7,1	6,9	6,9	6,9	1,8	1,8	1,6	1,9	0,978	0,962	0,960	1,000
93 81 5022 007-3	332.389	50K	1	87604306		223.644	23.10.10	729,8	7,0	6,9	7,0	6,8	1,5	1,5	1,5	1,5	0,974	0,946	0,960	1,000
93 81 5022 008-1	250.890	50K	1	87604236		94.193	10.12.09	752,2	6,9	7,0	6,9	6,7	1,4	1,2	1,3	1,4	1,000	0,899	0,957	0,986
93 81 5022 009-9	349.797	50K	1	87604348		109.276	02.02.11	740,4	7,0	7,1	7,1	6,7	1,6	1,8	1,7	1,8	0,889	1,000	0,944	1,000
93 81 5022 040-7	299.575	50K	1	87604433	299.575		27.07.10	764,6	7,1	7,0	7,0	6,9	1,4	1,4	1,4	1,5	0,953	0,939	0,953	1,000
93 81 5022 041-6	317.817	50K	1	87605154		196.591	03.03.11	749,2	7,0	6,9	6,9	6,8	1,6	1,2	1,5	1,3	1,000	0,759	0,968	0,829
93 81 5022 042-3	277.890	50K	1	87604533		164.832	15.07.10	742,0	7,0	6,9	6,5	6,9	1,4	1,2	1,6	1,1	0,875	0,750	1,000	0,688
93 81 5022 043-1	343.182	50K	1	87604481		128.144	05.01.11	753,4	7,1	7,0	6,9	6,7	1,5	1,5	1,7	1,7	0,882	0,882	1,000	1,000
93 81 5022 044-9	353.520	50K	1	87604583		256.581	21.04.11	737,1	7,1	7,0	6,9	7,0	1,7	1,9	2,0	1,9	0,883	0,970	1,000	0,959
93 81 5022 005-2	346.140	62K	6	87608300			19.01.09	743,4	7,0	7,0	7,0	7,1	1,8	1,8	1,8	1,5	0,957	0,957	1,000	0,842
93 81 5022 006-0	166.050	62K	6	87608940	157.027	154.426	28.05.09	746,7	7,1	6,8	7,1	7,1	1,2	1,2	1,5	1,1	0,760	0,792	1,000	0,727
93 81 5022 007-8	298.767	62K	6	8760828			20.06.08	754,7	7,0	7,0	7,2	7,1	1,9	2,2	1,8	1,7	0,855	1,000	0,819	0,774
93 81 5022 008-6	509.025	62K	6	87604584	218.034		07.12.10	744,0	7,1	7,0	7,1	7,2	1,9	2,0	1,8	1,4	0,931	1,000	0,868	0,667
93 81 5022 009-4	467.718	62K	6	87608300	167.583		15.02.11	765,9	7,0	7,0	7,1	7,1	1,1	1,0	1,1	1,0	1,000	0,920	0,964	0,902
93 81 5022 010-2	296.773	62K	6	8760838			07.11.08	734,1	7,0	7,2	7,1	7,1	1,6	1,7	1,5	1,5	0,924	1,000	0,882	0,906
93 81 5022 011-0	496.150	62K	6	8760836	157.424		13.01.11	728,3	6,9	6,8	6,9	6,9	1,2	0,9	1,0	0,7	1,000	0,738	0,820	0,574
93 81 5022 012-8	281.933	62K	6	8760844		25.589	22.05.09	723,7	7,1	7,1	7,2	7,1	1,5	2,1	1,6	1,8	0,722	1,000	0,769	0,661
93 81 5022 013-6	264.588	62K	6	8760850		14.500	03.04.09	739,7	7,1	7,1	7,2	7,2	2,0	1,7	1,8	1,5	1,000	0,869	0,869	0,753
93 81 5022 014-4	367.741	62K	6	8760680	80.379	80.379	09.03.10	767,9	7,1	7,2	7,1	7,1	0,6	0,7	0,6	0,7	0,647	0,986	0,833	1,000
93 81 5022 015-1	350.919	62K	6	87605342	106.963		19.07.10	751,4	7,1	6,9	7,1	6,8	0,6	0,7	0,9	0,8	0,667	0,778	1,000	0,689
93 81 5022 016-9	308.460	62K	6	8760834		66.756	29.10.09	726,6	6,8	7,0	6,9	7,0	2,2	2,3	2,2	2,2	0,953	1,000	0,945	0,928
93 81 5022 017-7	250.949	62K	6	8760860			06.02.09	754,2	7,1	7,2	7,2	7,2	1,5	1,7	1,4	1,5	0,849	1,000	0,931	0,660
93 81 5022 018-5	312.703	62K	6	8760868			04.02.09	742,4	6,8	7,0	7,0	7,0	1,8	1,9	1,6	1,7	0,931	1,000	0,931	0,699
93 81 5022 019-3	337.700	62K	6	8760812		31.150	01.06.09	724,5	6,9	6,9	7,0	7,0	2,1	2,3	2,3	2,0	0,925	0,991	1,000	0,668
93 81 5022 020-1	299.585	62K	6	8760842		3.219	20.02.09	720,1	7,0	6,9	7,0	7,0	1,4	1,5	1,4	1,1	0,931	1,000	0,993	0,759

Tabelle 3 Ausschnitt aus der Datenbank für die Auswertungen

Aufgrund mehrerer vorhandener Messungen einer Bremsscheibe in der Datenbank wurde bei der Auswertung auf den größtmöglichen auswertbaren Zeitraum geachtet. Aus den Bremsscheibenseiten (Reibflächen) wurde ein Mittelwert berechnet. Mit diesem Mittelwert wurden die folgenden Tabellen erstellt. Die darin enthaltenen Werte sind teilweise, aufgrund Geheimhaltungsgründe, normiert dargestellt. Das Maximum in einer normierten Darstellung ist immer 1.

Da für die folgenden Auswertungen alle Bremsscheiben-Messwerte eines Radsatzes gemittelt werden, musste vorab geprüft werden, ob diese Vorgehensweise zulässig ist. Zeigt sich eine große Abweichung der Messwerte innerhalb eines Radsatzes (bis zu vier Messwerte), ist eine Mittelung unzulässig. Die Auswertungen sind dann nicht Radsatzbezogen, sondern Messwertbezogen auszuführen.

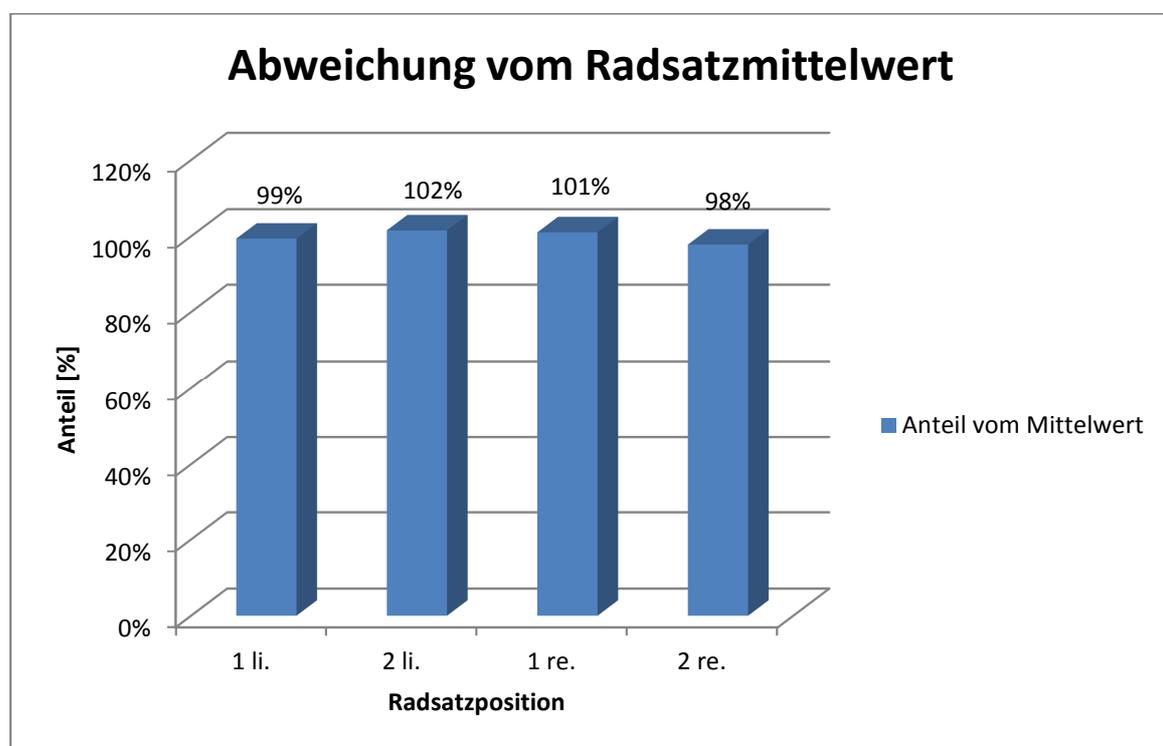


Tabelle 4 Abweichung der Messwerte vom Radsatzmittelwert

Tabelle 4 zeigt, dass die Messwertschwankungen sehr gering sind (98 – 102 %). Es können somit die Auswertungen mit einem Messwert je Radsatz repräsentativ durchgeführt werden. Dies reduziert die Messwerte auf einen Mittelwert je Radsatz.

3.1 Ergebnisse der Auswertung

3.1.1 Prüfung auf Optimierungspotential

Zu Beginn soll geprüft werden, ob es zwischen den regional (Graz, Villach, Linz) eingesetzten Triebwägen Unterschiede im Bremsscheibenverschleiß gibt. Im Anschluss daran soll herausgefunden werden, ob neben den topografischen Gegebenheiten auch andere Einflüsse ein Optimierungspotential notwendig machen.

Um etwaige Messfehler auszuschließen, werden von den regionalen Messwerten jeweils die besten 10 % und die schlechtesten 10 % von den folgenden Auswertungen ausgenommen. Die restlichen 80 % der Werte können als repräsentativ angenommen werden.

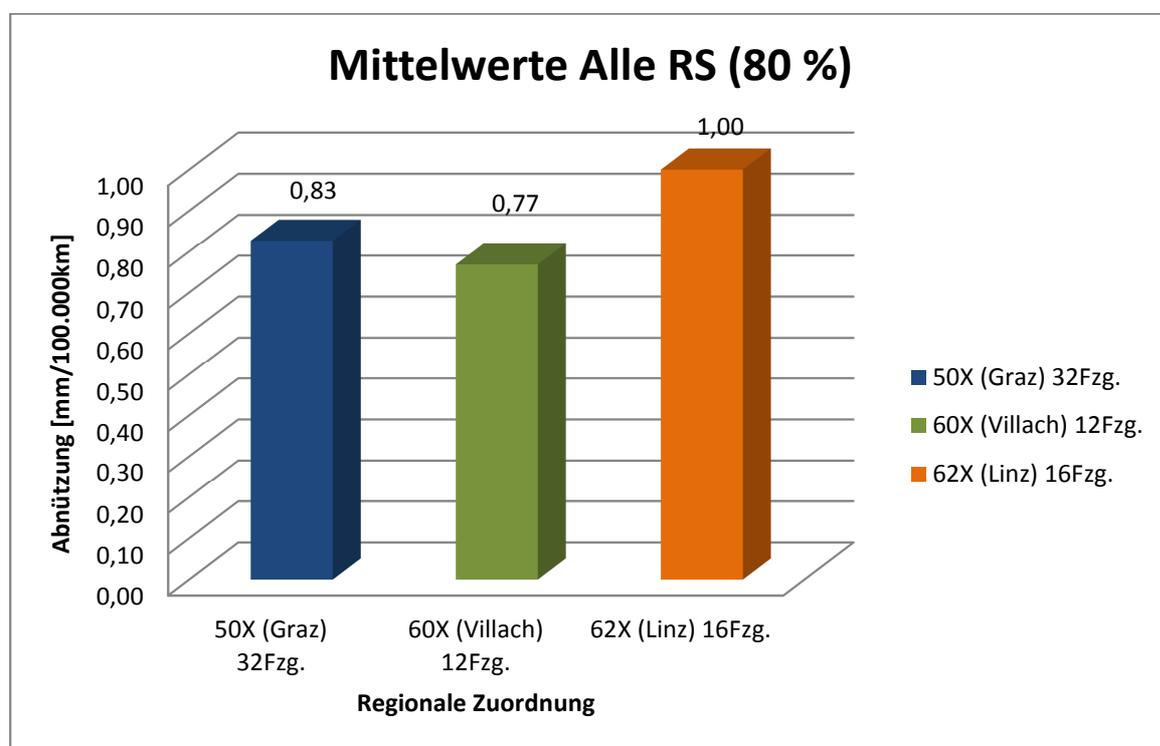


Tabelle 5 Mittelwert regionaler Bremsscheibenverschleiß (Werte normiert)

In Tabelle 5 ist zu erkennen, dass es Unterschiede in der Abnutzung der Bremsscheiben in den einzelnen Regionen gibt. Bei den in der Region Linz stationierten Fahrzeugen ist die Bremsscheibenabnutzung im Vergleich zu den Regionen Graz und Villach besonders hoch (1 gegenüber 0,83 in Graz und 0,77 in Villach). In der Region Villach scheint es so, als dass die Bremsscheiben besonders lange eingesetzt werden können.

Hier stellt sich die Frage, warum es zwischen den Regionen diese Unterschiede gibt.

Im Allgemeinen begründet sich die Abnutzung durch die Belastungen, denen die Bremsscheiben ausgesetzt sind. Diese setzen sich durch den Reibbelag, den Anpressdruck,

die Streckengeschwindigkeit, die abzubremsende Masse, die Anzahl der Haltestellen sowie der Topografie der befahrenen Strecken zusammen.

Bei allen Fahrzeugen in allen drei Regionen werden die gleichen Betriebsmittel (Bauteile) eingesetzt. Es kann daher der Einfluss von Bremsbelag, Anpressdruck und Fahrzeugmasse als nicht signifikant angenommen werden.

Somit sind die Unterschiede anhand der vorhandenen Strecken-Topografien, der Haltestellenanzahl (stop & go) bzw. der Bremsausgangsgeschwindigkeit näher zu betrachten.

3.1.2 Vergleich der Topografien und der Haltestellenanzahl

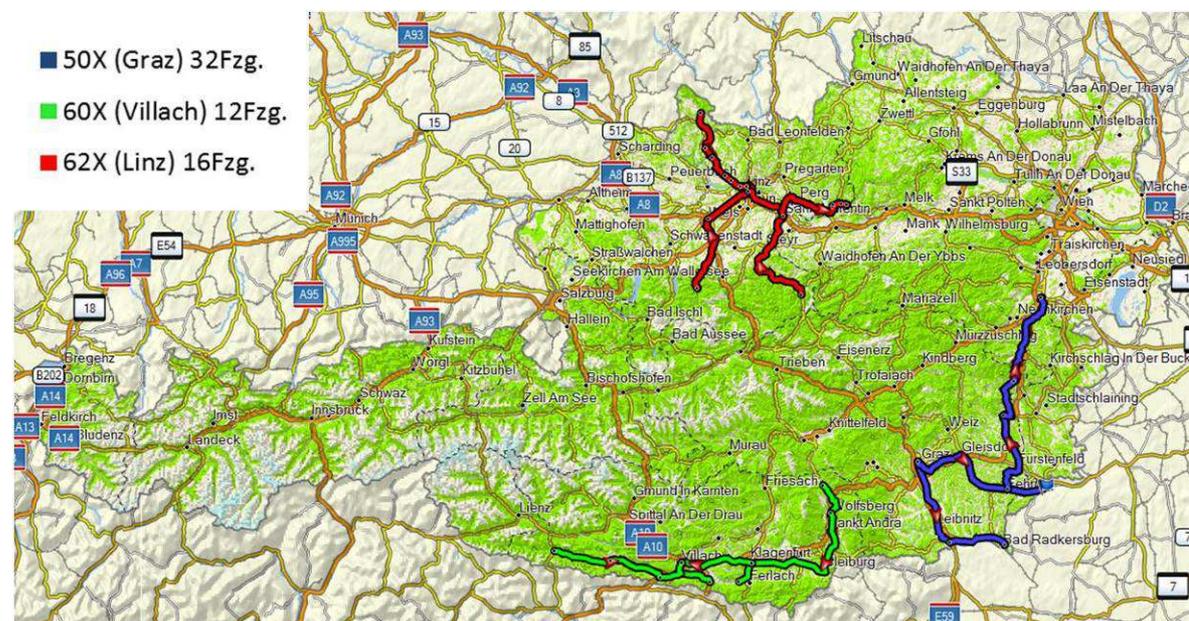


Abbildung 23 Übersicht der befahrenen Strecken (dargestellt im Programm „Mapsource“)

Nicht elektrifizierte Strecken werden durch Dieseltriebwägen bedient. Diese Strecken sind heute vor allem für den Pendlerverkehr und weniger für den Gütertransport relevant. Diese Strecken bestehen seit geraumer Zeit und führen auch in Gegenden mit verminderter Bevölkerungsdichte. Das bediente Streckennetz führt in das Hügelland rund um Graz, das Mühlviertel und in einen Teil des Gailtals in Kärnten.

Diese Bahnverbindungen zeichnen sich neben der besonderen Landschaft auch durch die zu überwindenden Höhenmeter aus. So ist zum Beispiel der sogenannte „Saurüssel“ im Mühlviertel (Raum Linz) einer der steilsten, mit Normalspurfahrzeugen befahrenen, Streckenabschnitte in Europa (max. 46% Steigung). [15]

Die anschließenden Auswertungen basieren auf Streckendaten, welche konzernintern für diese Arbeit zur Verfügung gestellt wurden. Die befahrenen Strecken, die Höhenmeter und die Haltestellen wurden in einer umfangreichen Recherche zusammengetragen und ausgewertet.

3.1.2.1 Höhenprofil der regionalen Stammstrecken

Nachfolgend finden sich die Streckendaten der regionalen Stammstrecken (Streckenabschnitte mit den meisten zu überwindenden Höhenmetern). Diese sind in einem 3D-Höhenprofil dargestellt. Dadurch sollen die regionalen Streckenunterschiede aufgezeigt werden.

Region Linz:

Abbildung 24 zeigt den Strecken-Abschnitt Linz Urfahr nach Aigen-Schlägl. Diese Strecke mit zahlreichen Steilstücken scheint eine Ursache für hohen Brems Scheibenverschleiß zu sein.

Streckendaten:

- Höhenmeter: 932 m
- Streckenlänge: 58 km
- Haltestellenanzahl: 18

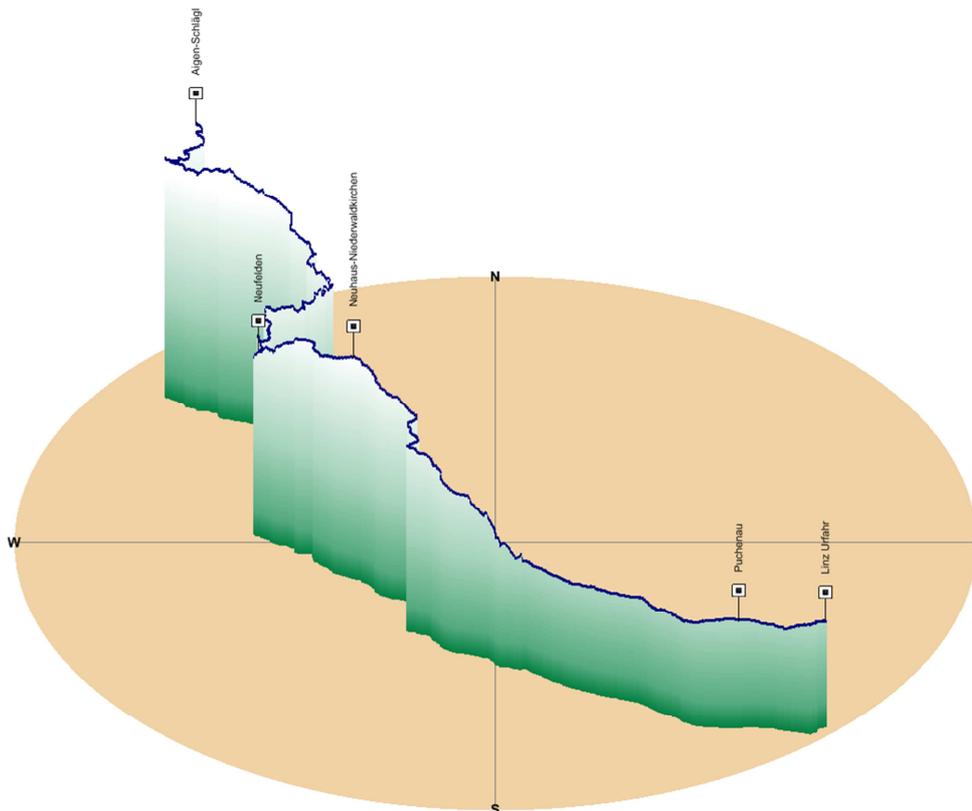


Abbildung 24 3D-Höhendiagramm der Strecke Linz Urfahr nach Aigen-Schlägl (dargestellt im Programm „GPS-Track-Analyse“)

Region Villach:

Abbildung 25 zeigt den Strecken-Abschnitt Villach nach Kötschach-Mauthen. Diese Strecke besticht durch eine gleichmäßige und relativ geringe Anzahl von Höhenmetern.

Streckendaten:

- Höhenmeter: 378 m
- Streckenlänge: 80 km
- Haltestellenanzahl: 24

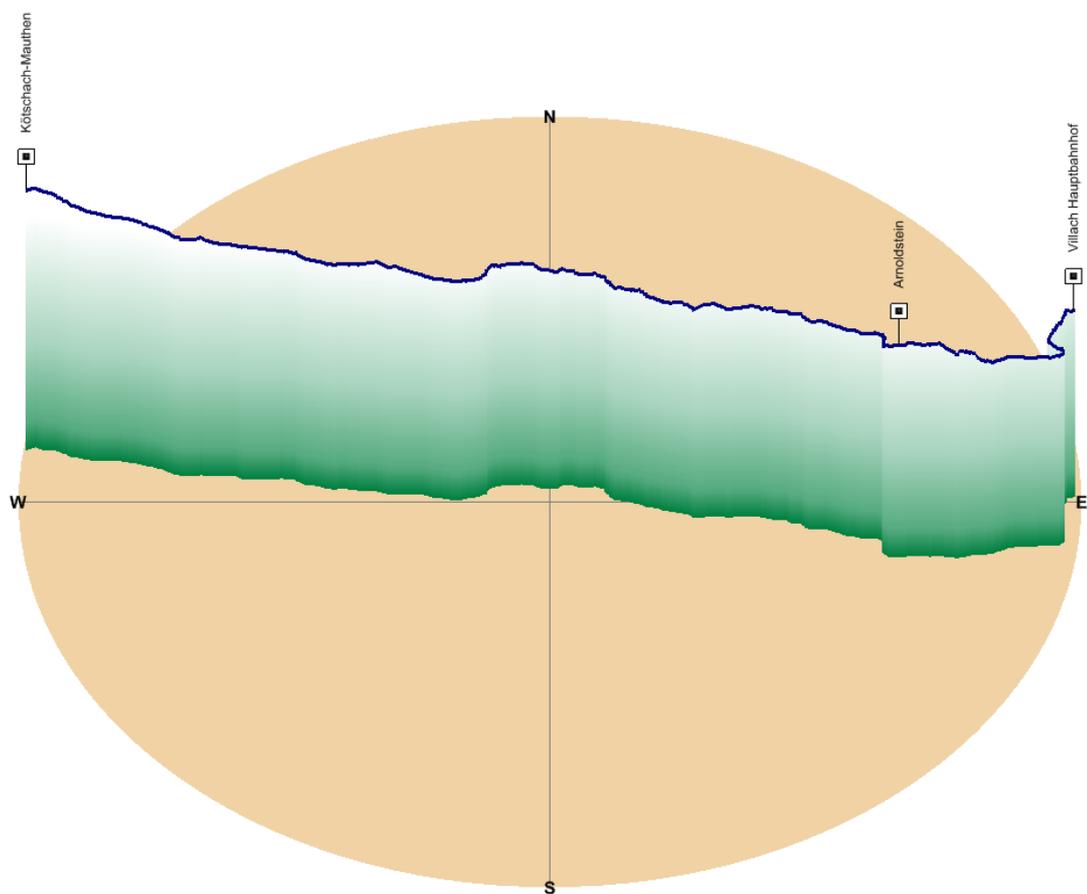


Abbildung 25 3D-Höhendiagramm der Strecke Villach nach Kötschach-Mauthen (dargestellt im Programm „GPS-Track-Analyse“)

Region Graz:

Abbildung 26 zeigt den Strecken-Abschnitt Graz nach Wiener Neustadt. Diese Abbildung zeigt neben dem flachen Bereich rund um Graz eine deutlich zu überwindende Ansteigung.

Streckendaten:

- Höhenmeter: 1149 m
- Streckenlänge: 195 km
- Haltestellenanzahl: 33

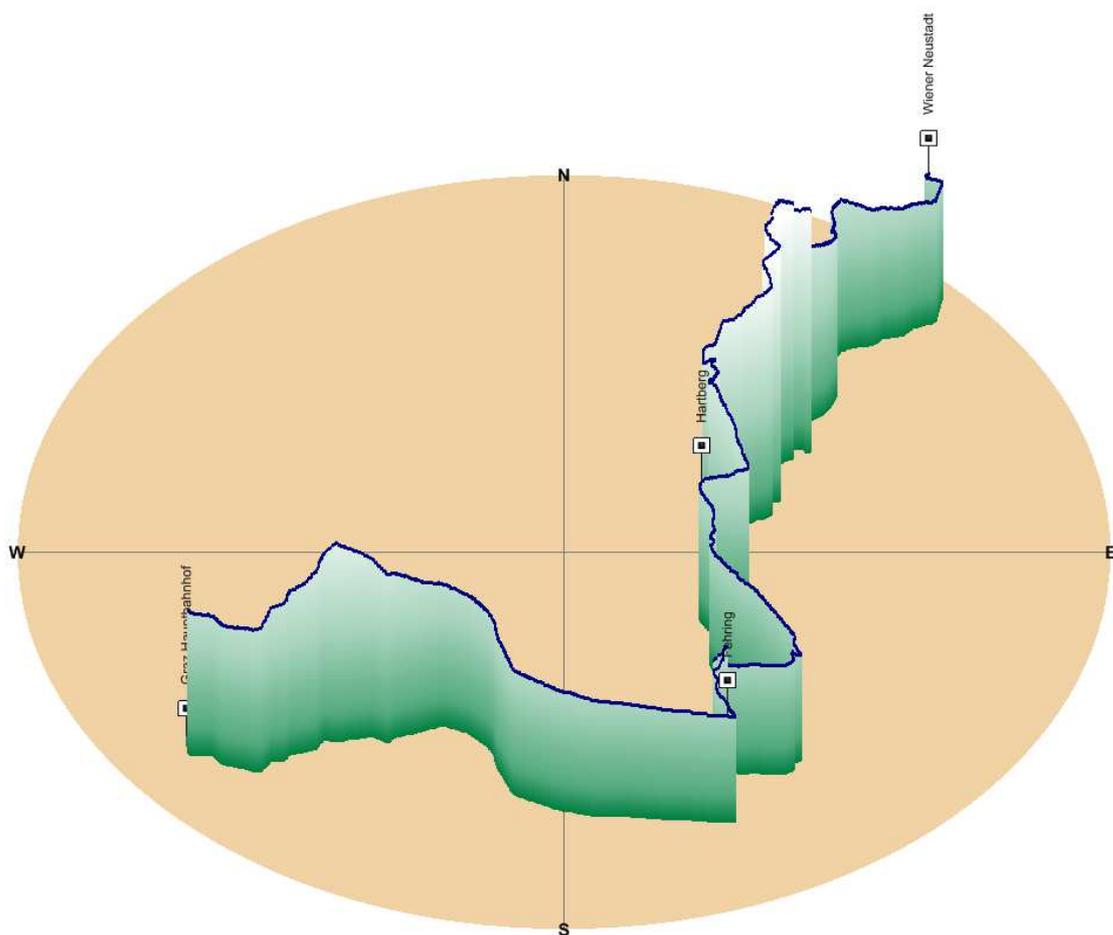


Abbildung 26 3D-Höhendiagramm der Strecke Graz nach Wiener Neustadt (dargestellt im Programm „GPS-Track-Analyse“)

Die gezeigten Strecken sind nur ein Teil der beurteilten und befahrenen Strecken. Die folgenden Seiten beziehen sich auf alle befahrenen Strecken. Es soll geprüft werden, ob sich die Topografie und die Haltestellenanzahl signifikant auf den Bremsscheibenverschleiß auswirken.

3.1.2.2 Auswertungen der Streckendaten

Nachfolgend sollen die Auswertungen aufzeigen, wie die Topografie bzw. die erforderliche Stopp-Bremssungen Einfluss auf die Abnutzung der Bremsscheiben haben können.

Um die Abnutzung einzelner Komponenten vorherzusagen, ist es wesentlich, Auswertungen hinsichtlich Zeit und Kilometer zu haben. Die folgenden Tabellen stellen die gesammelten und ausgewerteten Daten dar.

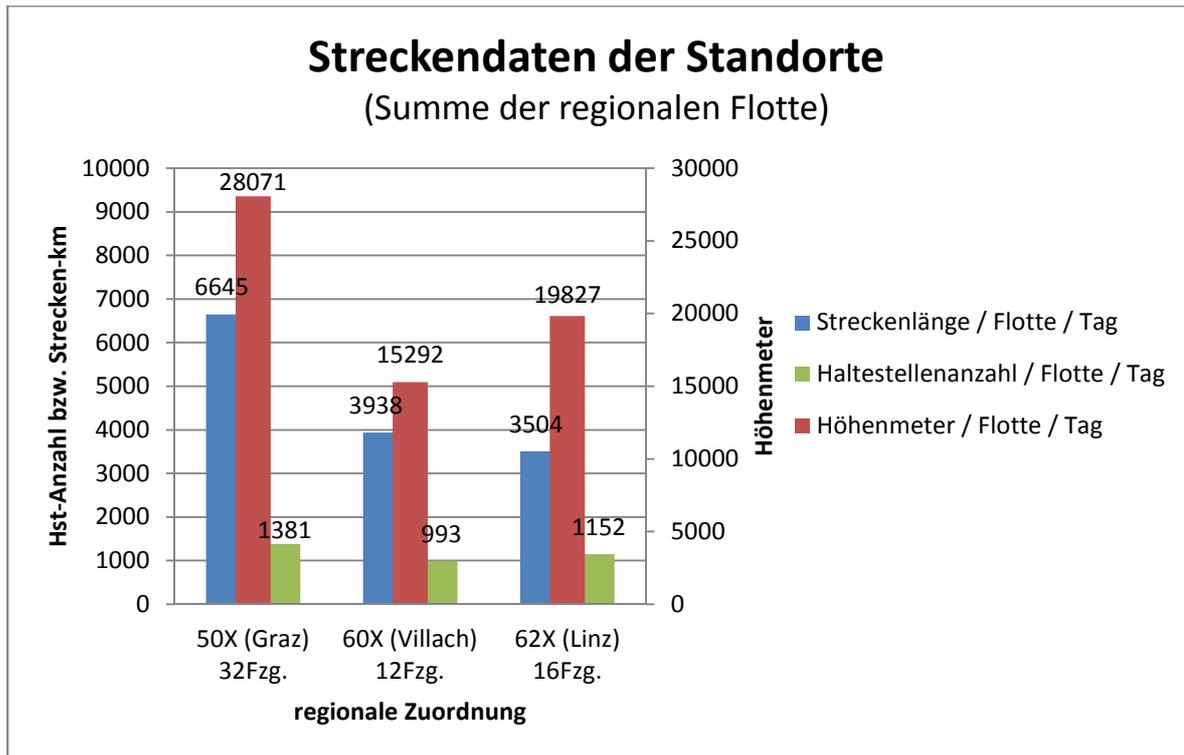


Tabelle 6 Übersicht der gesammelten Streckendaten

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Daten der befahrenen Strecken an den Standorten Graz, Villach und Linz. Es kann daraus abgeleitet werden, dass in der Region Graz die höchste Anzahl an Streckenkilometer (6645 km gegenüber 3938 km in Villach und 3504 km in Linz), Höhenmetern (28071 m gegenüber 15292 m in Villach und 19827 m in Linz) und Haltestellen (1381 gegenüber 993 in Villach und 1152 in Linz) zurückgelegt werden muss. In der Region Graz sind aber auch die meisten Fahrzeuge (32 gegenüber 12 in Villach und 16 in Linz) stationiert. Triebfahrzeuge in der Region Linz und in der Region Villach haben ähnliche Tageskilometer zurückzulegen. Die zu überwindenden Höhenmeter sind jedoch in der Region Linz deutlich höher als in der Region Villach. Die Übersicht in Tabelle 6 ist nun für einen detaillierten Vergleich genauer aufzubereiten und auszuwerten.

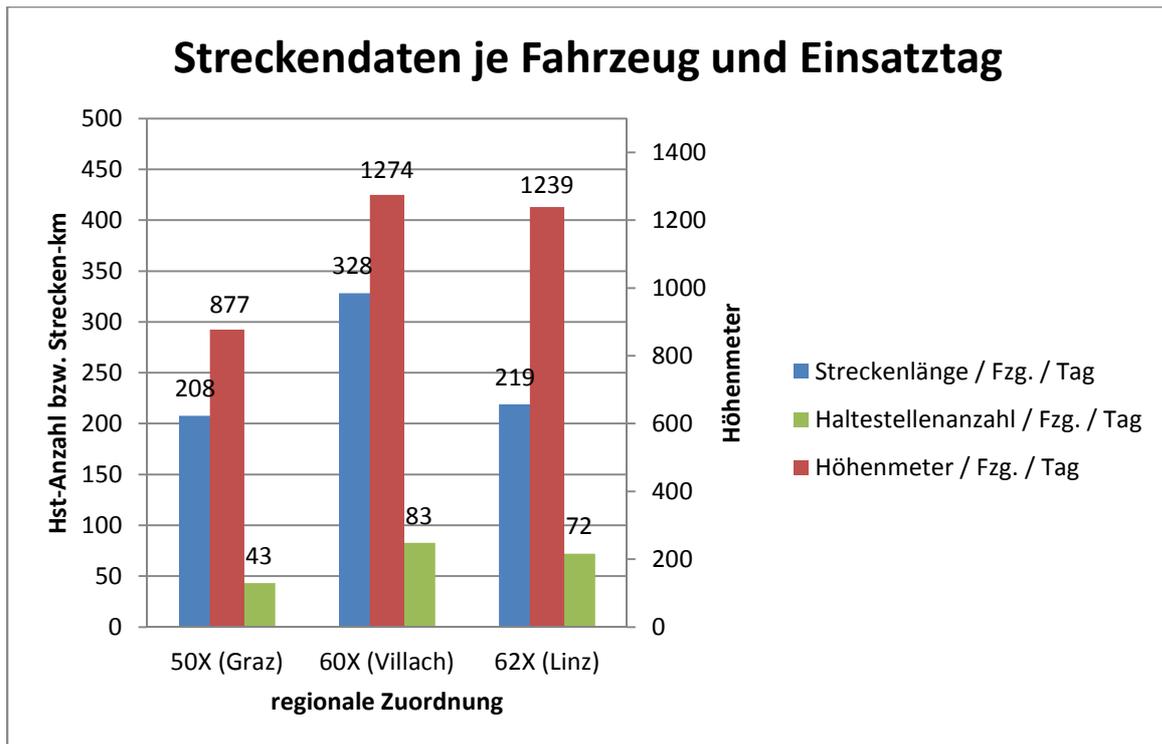


Tabelle 7 Anforderung an das einzelne Fahrzeug je Kalendertag

Die in Tabelle 7 aufgeschlüsselten regionalen Streckendaten beziehen sich auf das einzelne Fahrzeug. Die Tabelle zeigt einen direkten Vergleich der in den Regionen Graz, Villach und Linz stationierten Fahrzeuge.

Es ist ersichtlich, dass die Belastungen auf die einzelnen Fahrzeuge bzw. die zurückzulegenden Tageskilometer, Haltestellen und Höhenmeter je Fahrzeug in der Region Graz am geringsten sind (208 Streckenkilometer, 877 Höhenmeter, 43 Haltestellen). Dies könnte bedeuten, dass die Brems Scheiben und Radsatzteile in der Region Graz aufgrund der geringeren Tagesleistungen zeitmäßig am längsten im Einsatz sind.

Dieses Ergebnis hat auf die präventive Planbarkeit der Tauschnotwendigkeit einen wesentlichen Einfluss. Das IGM kann in Graz mit weniger Reserven eingeplant und somit der Verschleißvorrat genauer ausgenutzt werden.

Die folgenden Detailauswertungen beziehen sich auf den befahrenen Streckenkilometer. Sie sind somit unabhängig von der stationierten Anzahl der Fahrzeuge.

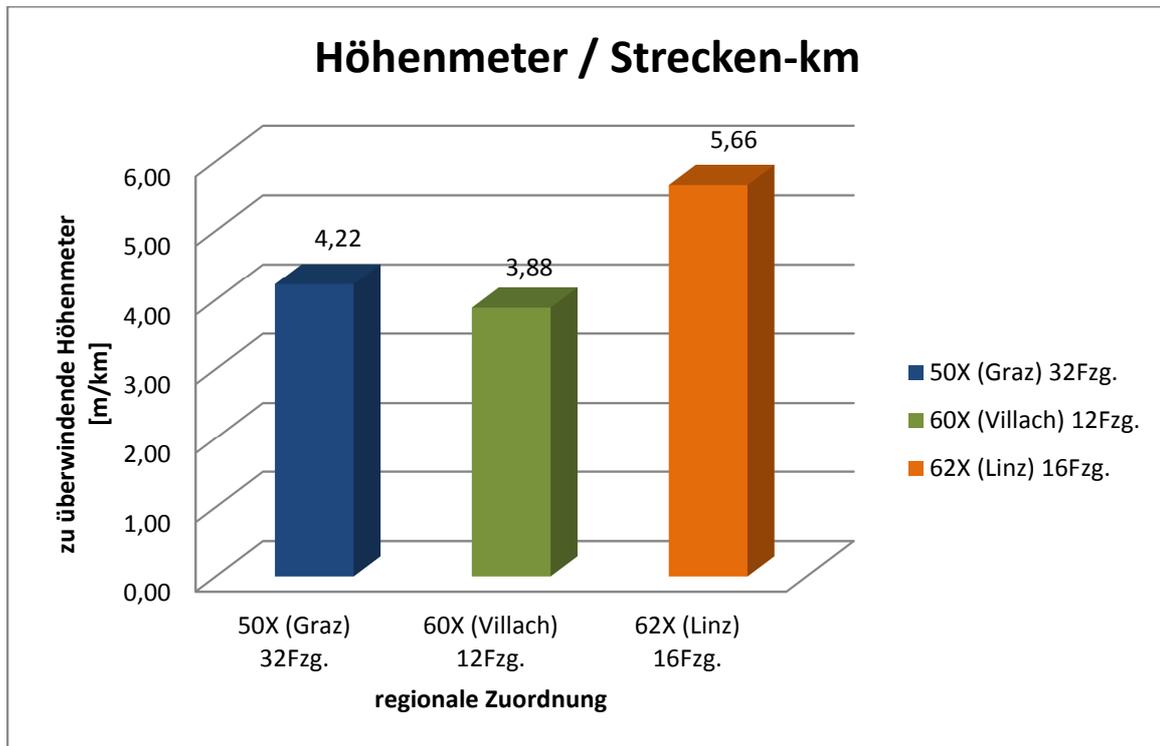


Tabelle 8 Im Mittel zu überwindende Höhenmeter je Standort

Tabelle 8 zeigt, dass bezogen auf die gesamten Streckenkilometer die meisten Höhenmeter im Raum Linz (5,66 m/km) zu überwinden sind. Die zweitmeisten Höhenmeter pro Streckenkilometer treten im Raum Graz auf (4,22 m/km gegenüber 3,88 m/km in Villach).

Einen Einfluss auf die Bremsscheibenlebensdauer können auch die zu erfolgenden Stopp-Bremungen haben. Für die Darlegung dieses Vergleiches sind die standortbezogenen Haltestellen im Regionalverkehr herangezogen worden. Zu beachten ist, dass außerplanmäßige Haltestopps nicht einbezogen sind. Diese sind nicht vorhersehbar und treten in allen Regionen auf.

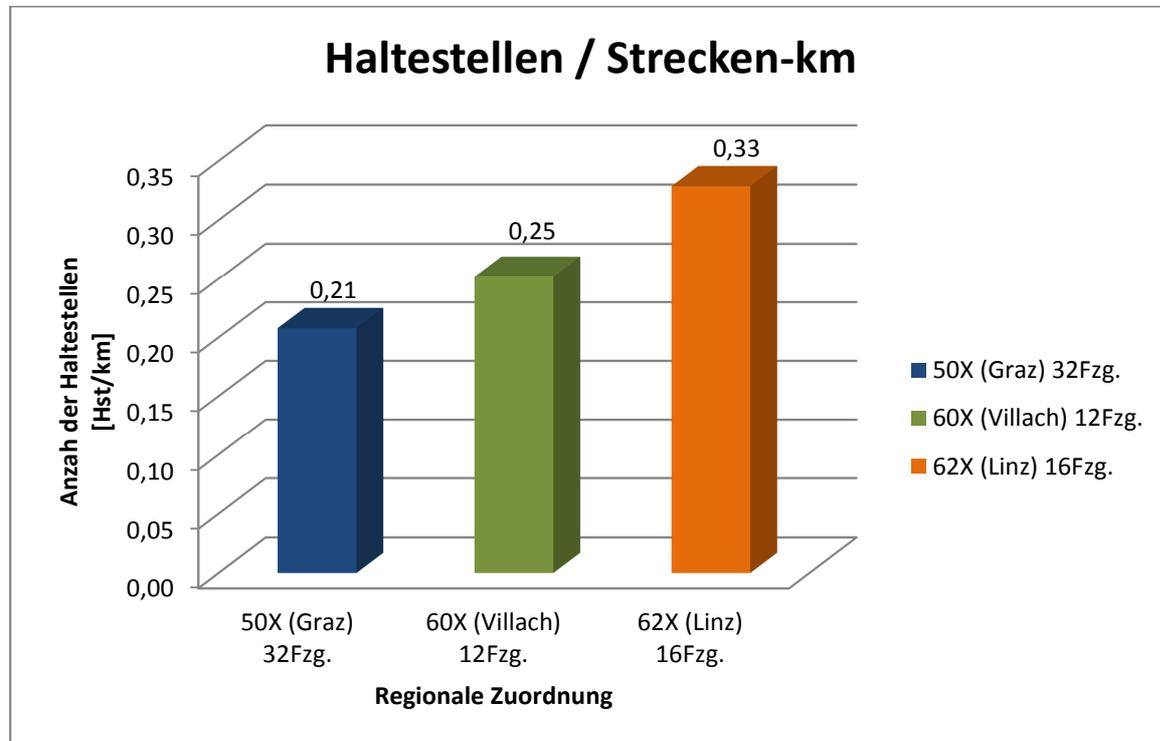


Tabelle 9 Anzahl der Haltestellen (stop & go) je Standort im Regionalzugbetrieb im Mittel

Bezogen auf die Streckenkilometer, weisen die Strecken im Raum Linz die höchste Anzahl an erforderlichen Stopp-Bremungen für den Zustieg bzw. Ausstieg der Fahrgäste auf (0,33 Stopps/km, Tabelle 9). Die zweitmeisten Stoppbremungen pro Streckenkilometer sind in der Region Villach zu absolvieren (0,25 Stopps/km gegenüber 0,21 Stopps/km in Graz).

3.1.3 Vergleich der Bremsausgangsgeschwindigkeiten

Die Brems-Ausgangsgeschwindigkeit wird im Mittel an allen Standorten als gleich angenommen und wird nicht näher bewertet.

Die verbauten Retarder schaffen ähnliche Voraussetzungen an allen Standorten. Ihr verschleißfreier Einsatz ist bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h möglich. Daher wird angenommen, dass sämtliche geplante Bremsungen erst ab einer Geschwindigkeit von 20km/h mechanisch eingeleitet werden.

3.1.4 Zusammenfassung der Auswertungen

Tabelle 10 zeigt, dass die Abnutzung am stärksten von den zurückgelegten Höhenmetern abhängt. So sind zurückgelegte Höhenmeter und Abnutzung am Standort Linz (grüne Balken) am größten, gefolgt vom Standort Graz (blauer Balken). Der Einfluss der Topografien auf den Brems Scheibenverschleiß ist somit als erwiesen anzusehen. Der Einflussfaktor Topographie ist nicht beeinfluss- oder änderbar (siehe auch Tabelle 5 und Tabelle 8).

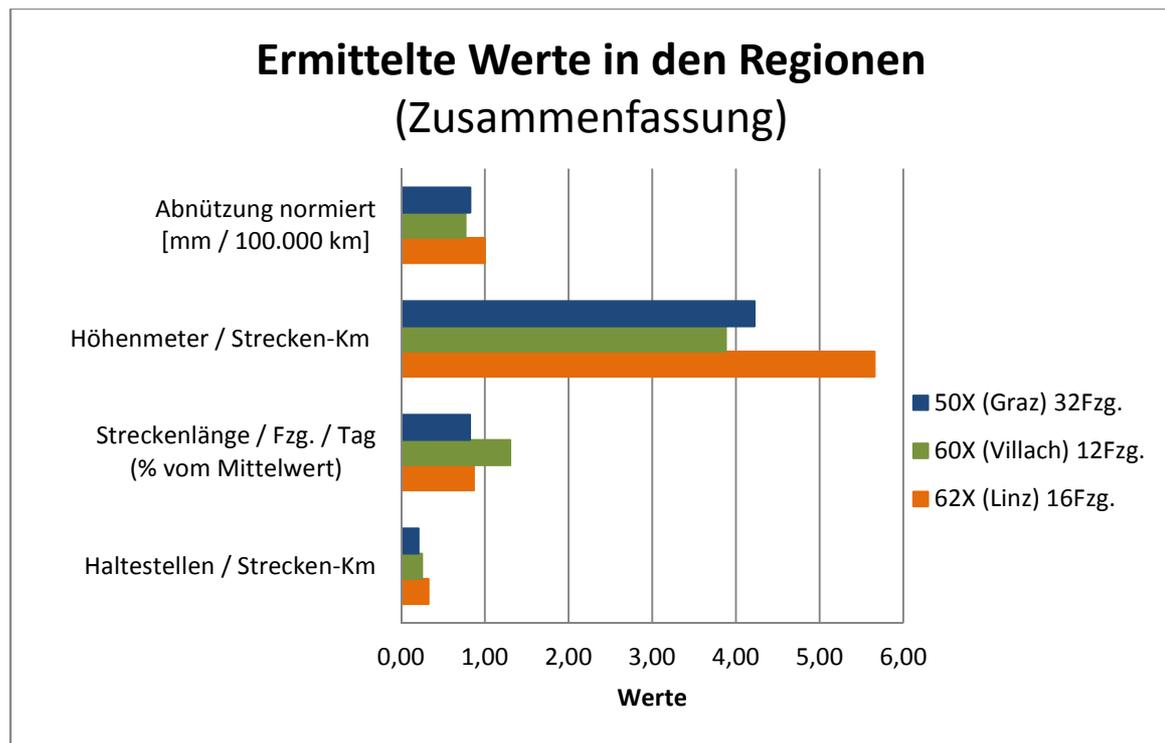


Tabelle 10 Zusammenfassung der ermittelten Werte

Der nicht eindeutige Einfluss der Haltestellenanzahl auf die Abnutzung der Brems Scheiben entspricht nicht den Erwartungen. So sind am Standort Linz, wo die Brems Scheiben-Abnutzung am höchsten ist, auch pro Streckenkilometer die meisten Haltestelle. Die zweitgrößte Abnutzung ist am Standort Graz. Hier sind allerdings die wenigsten Haltestopps pro Streckenkilometer (siehe auch Tabelle 5 und Tabelle 9). Dies müsste in einer weiteren Arbeit näher geprüft werden. Ein möglicher Ansatz könnte das Bremsverhalten der Triebfahrzeugführer sein. Dieses ist zu hinterfragen, da durch die Retarder in allen Regionen gleiche Bremsausgangs-Voraussetzungen geschaffen sind. Ein vorzeitiger mechanischer Brems eingriff kann die Verschleißwerte der Brems Scheiben stark beeinflussen. Durch Messfahrten mit Datenlogger wäre es möglich, eine Grundlage für ausgedehntere Auswertungen zu schaffen. Aus diesen können weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Stopp-Bremsungen gewonnen werden.

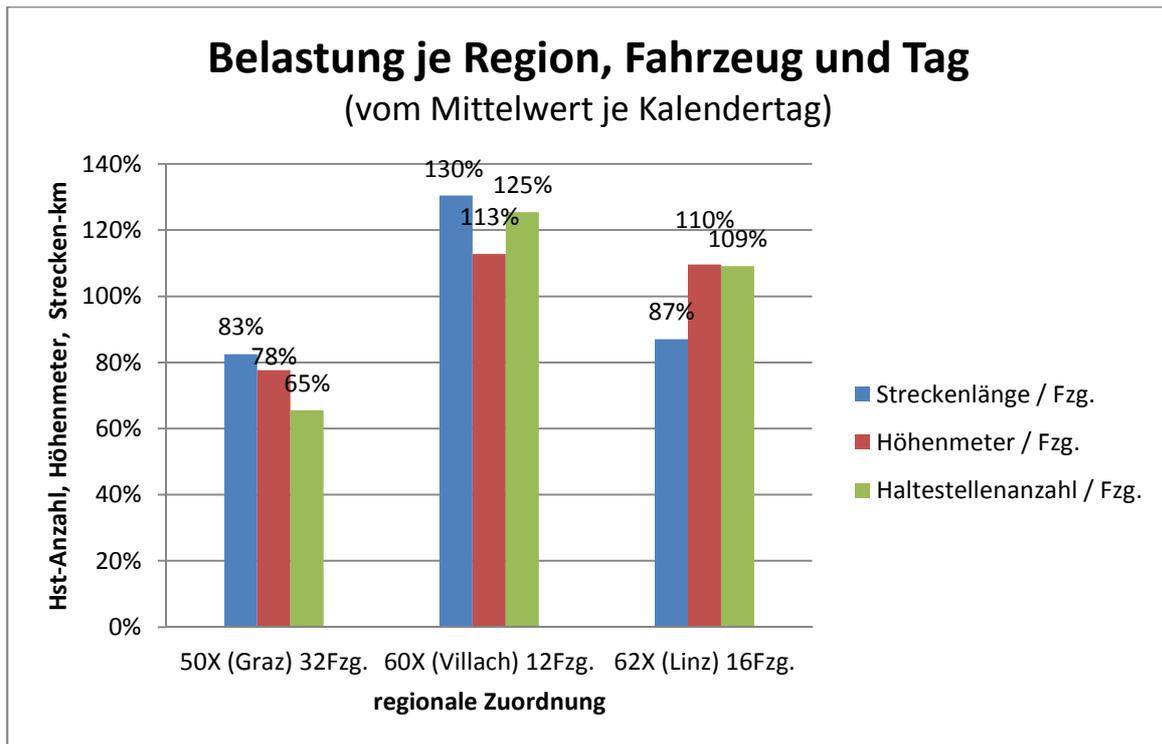


Tabelle 11 Belastung je Region und Tag auf das einzelne Fahrzeug

Wie bereits in Tabelle 7 angesprochen, zeigt auch Tabelle 11 die Beanspruchungen auf das einzelne Fahrzeug. In der Region Graz scheinen die günstigsten Verhältnisse je Fahrzeug vorzuliegen (83 % Streckenlänge, 78 % Höhenmeter, 65 % Haltestellenanzahl).

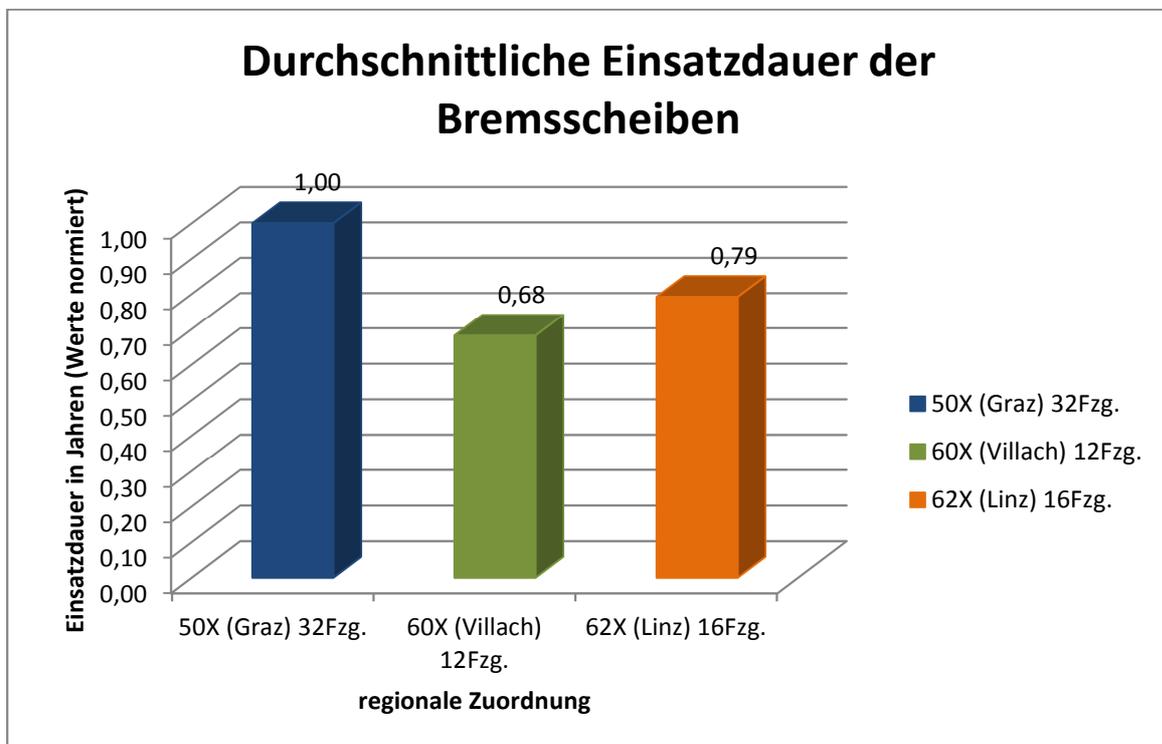


Tabelle 12 Einsatzdauer der Bremsscheiben (Werte normiert)

Ebenso legt die Auswertung nach Zeit (Tabelle 12) die Verhältnisse der Tauschzyklen dar. In der Region Villach ist aufgrund der geringen stationierten Fahrzeuganzahl die Kilometerleistung und somit die Beanspruchung der Komponenten, bezogen auf die Zeit, am höchsten. In der Region Villach sind, im Vergleich zur Region Graz, nach nur 68 % der Einsatzdauer die Bremsscheiben einem Tausch zuzuführen.

Es können somit regional unterschiedlich angepasste IGM einen Vorteil hinsichtlich der Nutzbarkeit der Verschleißreserven bringen, da dadurch auf die regionalen Verschleißverhältnisse eingegangen werden kann.

Weiterführende Maßnahmen zu finden, welche die Instandhaltungskosten der Bremscheiben reduzieren können, ist ein Ziel, welchem in den folgenden Abschnitten nachgegangen wird.

3.2 Prüfung auf Optimierung

Ziel der folgenden Abschnitte ist es, nachhaltige Maßnahmen für die Instandhaltungskostenreduktion zu finden, um diese im Anschluss an diese Arbeit auf Eignung für dieses Fahrzeug zu prüfen.

Es sollen folgende Punkte auf deren Eignung für dieses Fahrzeug geprüft werden:

- Prüfung auf Optimierung der Parameter des Bremsscheibenprofiles
 - Erhöhung der derzeit zugelassenen Hohlaufgrenzen
 - Mögliche Profilloptimierung
 - Zusätzlicher Verschleiß durch die UF-Behandlungen
 - Höhere Verschleißreserven
- Prüfung auf Änderung und Optimierung des Reibbelages
- Prüfung auf Sinnhaftigkeit geteilter Bremsscheiben
- Prüfung auf Optimierung des Fahrzeugumlaufes bzw. eines Stationierungswechsels
- Prüfung auf Verstärkung der Retarder-Funktionen
- Prüfung auf Schulungsmöglichkeiten
 - Triebfahrzeugführer
 - Werkstätten-Personal

3.2.1 Prüfung auf Optimierung der Parameter des Bremsscheibenprofiles

Bei den Wellenbremsscheiben ist die Reibfläche 130 mm und bei den Radbremsscheiben 144 mm breit ausgeführt.

In Tabelle 13 ist ein Profil einer neuwertigen Wellenbremsscheibe dargestellt. Dieses zeichnet sich durch keine Hohlaufbildung und eine Verschleißvorrat von 7 mm aus.

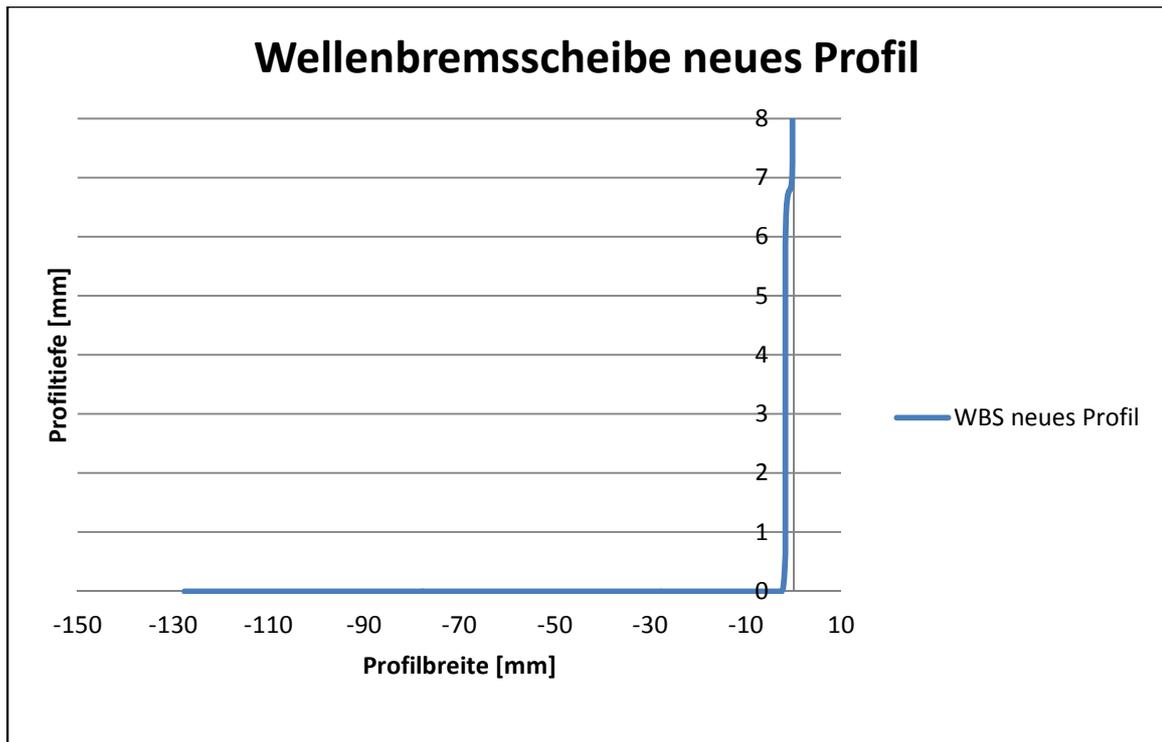


Tabelle 13 Neu-Profil einer Wellenbremsscheibe

Um die Verschleißprofile diskutieren zu können, sind in Tabelle 14 und in Tabelle 15 jene von eingelaufenen Wellenbremsscheiben und Radbremsscheiben dargestellt.

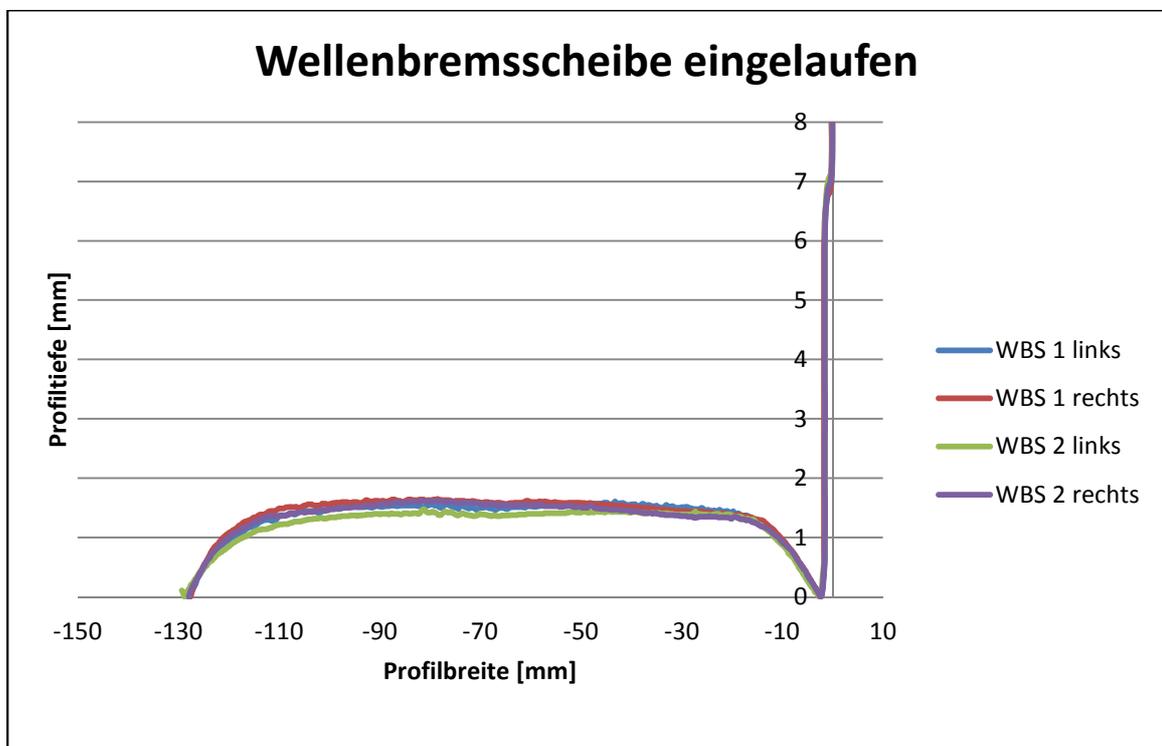


Tabelle 14 Profil Wellenbremsscheibe mit Hohllauf

Das Profil der eingelaufenen Wellenbremsscheiben zeigt eine zentrale und gleichmäßige Hohlaufbildung in der Reibfläche (Tabelle 14).

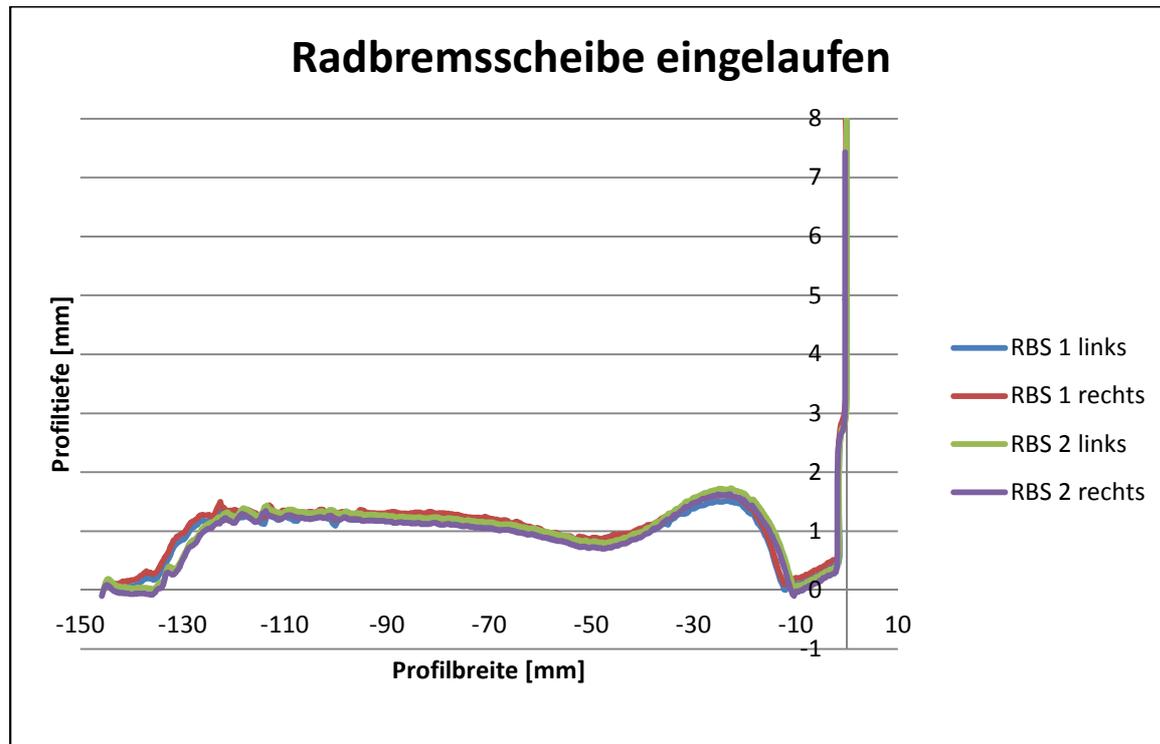


Tabelle 15 Profil Radbremsscheibe mit Hohllauf

Im Gegensatz zu der gleichmäßigen Hohlaufbildung bei den Wellenbremsscheiben, tritt bei den Radbremsscheiben (Tabelle 15) eine Wellenbildung auf. Das Bremssystem der Tribradsätze mit Wellenbremsscheiben unterscheidet sich vom Bremssystem der Laufbradsätze mit Radbremsscheiben durch Unterschiede in der Reibgeschwindigkeit, dem mittleren Reibdurchmesser, der Konstruktion, dem Werkstoff und der Anbindung zum Rad. Die Parameter Federweg und Reibbelag, welche zu Beginn für diese ungleichmäßige Hohlaufbildung vermutet wurden, sind ident mit jenen des Bremssystems Tribradsätze und scheiden daher als Ursache für diese Wellenbildung aus.

In einer weiterführenden Arbeit könnte die gesamte Systemumgebung betrachtet werden, um damit Unterschiede zwischen Lauf- und Tribradsatz auszuarbeiten. Dadurch sollte der Ursprung dieser Wellenbildung ersichtlich werden.

3.2.1.1 Erhöhung der derzeit zugelassene Hohllaufgrenzen

Die in Tabelle 14 und Tabelle 15 gezeigten Verschleißbilder werden als gegeben angenommen. Die zulässige Hohllaufgrenze beträgt derzeit im Betrieb 2,5 mm. Bei Erreichen dieses Wertes ist eine Reprofilierung des Bremsscheibenprofils erforderlich. Unter Reprofilierung versteht man das Plandrehen des Bremsscheibenprofils auf einer Unterflurdrehbank. Die Hohllaufgrenze ist vom Fahrzeug- bzw. Bremsscheibenhersteller vorgegeben.

Die zugehörigen Normen (DIN 27205-3 für Wellenbremsscheiben und DIN 27205-5 für Radbremsscheiben) beschreiben unter Punkt 5 „technischer Sollzustand“, dass der maximale Hohllauf bei Verbundstoffbelägen 5 mm betragen darf. Der empfohlene Richtwert in diesen Normen beträgt jedoch 2 mm. [12], [16]

Der Komponenten- und der Fahrzeughersteller empfehlen einen Wert für das Grenzmaß des Hohllaufes, der über dem Norm-Richtwert, aber unter dem maximal zulässigen Wert liegt.

Diese Werte stammen aus einem Sicherheitsdenken. Der Hohllauf wird in gewissen Intervallen gemessen. Dies könnte aufgrund der Zeit/Kilometer-Dauer zu einem Überschreiten des BGM führen. Daher ist sicherzustellen, dass ein sinnvolles IGM gewählt ist. Ein IGM erfordert ein Setzen einer Handlung durch den zugehörigen Produktionslogistiker. Dieser entscheidet über den weiteren Betrieb dieser Komponente. Somit ist, bei normalen Betriebsbedingungen, kein Überschreiten des BGM von einer Messung zur nächsten sichergestellt.

Eine Erhöhung dieser vom Hersteller vorgegebenen Hohllaufgrenze ist mittels eines Betriebsversuchs zu prüfen. Bewährt sich diese, kann hinsichtlich der Reprofilierungen eine Einsparung erzielt werden.

3.2.1.2 Mögliche Profilloptimierung

Um die Hohllaufbildung zu verzögern, ist auch der Einsatz einer Fase am Profil zu prüfen. Dieser künstliche „negative Hohllauf“ soll die Hohllaufbildung hinauszögern. Dadurch kann der vorgegebene Grenzwert später erreicht werden.

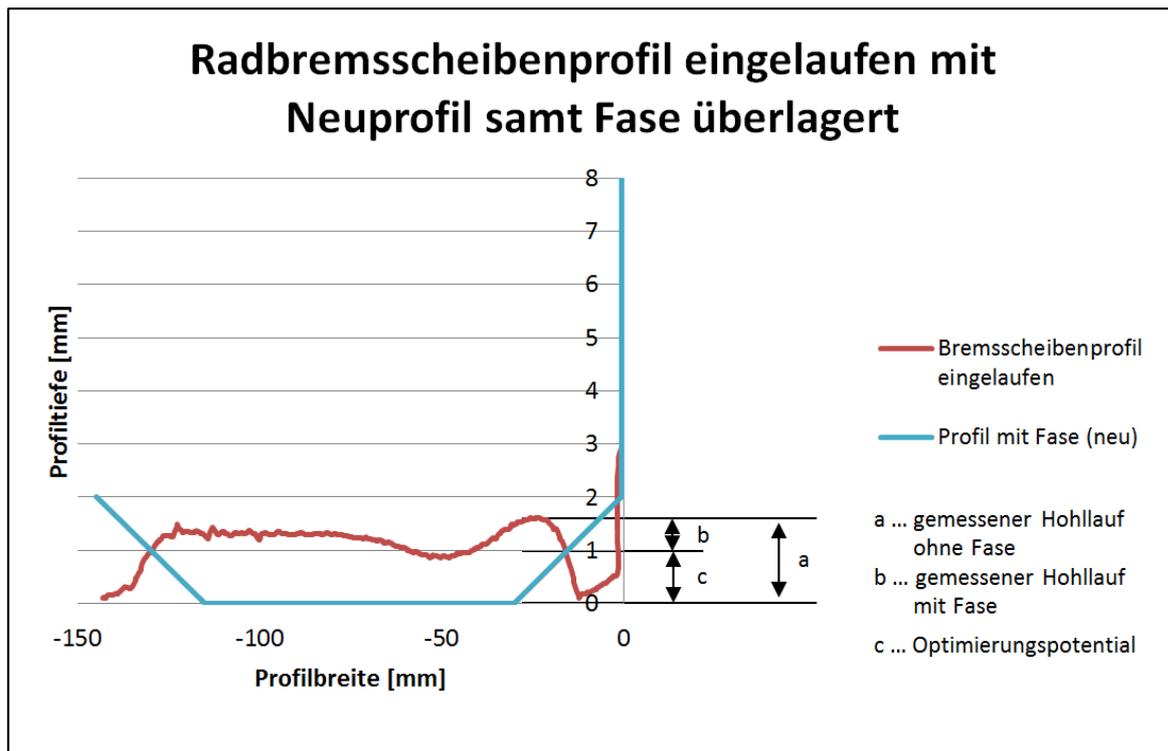


Tabelle 16 Darstellung einer Fase am Profil

In Tabelle 16 sind ein eingelaufenes Profil einer Radbremsscheibe (rote Linie) im Vergleich zu einem Neuprofil mit Fase (blaue Linie) dargestellt. Das Neuprofil zeichnet sich durch eine Fase an der Innen- und Außenseite der Bremsscheibe von 2x30 mm aus. Die zugehörigen Normen (DIN 27205-3 für Wellenbremsscheiben und DIN 27205-5 für Radbremsscheiben) begrenzen den Wert der Fase (auch „Balligkeit“ genannt) auf 2 mm. [12], [16]

Der Einsatz einer Fase ist in einem Betriebsversuch zu prüfen. Diese kann bestenfalls bei den Radbremsscheiben die Unterflurbehandlung einsparen. Zumindest eine Hinauszögerung bzw. eine Erhöhung des Zeitraumes für die Planung zur gleichzeitigen Bearbeitung von Rad- und Bremsscheiben auf der Unterflurdrehbank soll dadurch möglich werden. Diese Fase kann nach Bestätigung in einem Betriebsversuch bereits vom Hersteller angebracht werden. Dadurch sollten keine Mehrkosten entstehen.

3.2.1.3 *Zusätzlicher Verschleiß durch die UF-Behandlungen*

Bis jetzt wurden ausschließlich Bremsscheiben von Laufradsätzen einer Reprofilierung unterzogen. Die UF-Behandlungen sind aufgrund der Begrenzung des Hohllaufwertes erforderlich. Durch die manuell erforderlichen Einstellungen an dieser Maschine kann es zu erhöhtem Abtrag des Bremsscheibenmaterials kommen. Die folgende Auswertung soll regionale Unterschiede aufzeigen und darstellen.

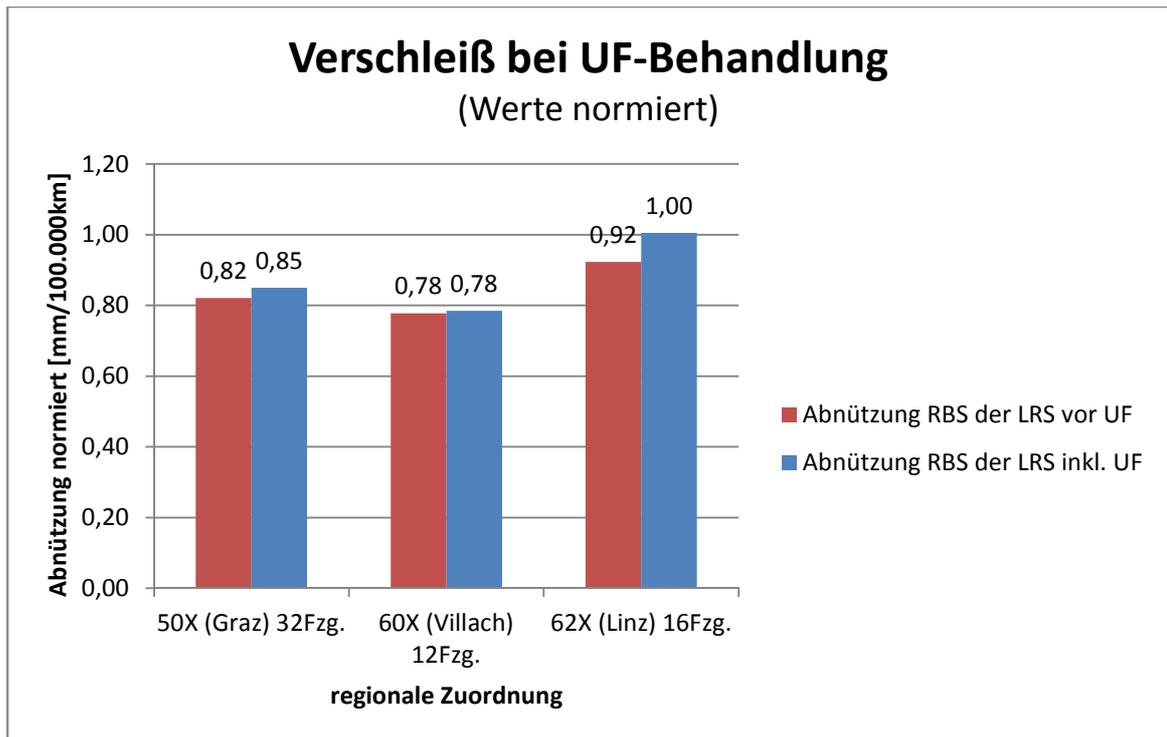


Tabelle 17 Abnutzung vor und nach der UF-Behandlung (Werte normiert)

Tabelle 17 zeigt, dass unabhängig von der Stationierung des Fahrzeuges eine UF-Behandlung der Bremsscheibe deren Lebensdauer mindern kann. In der Region Linz ist dieser Verschleiß besonders hoch (0,92 gegenüber 1,00), in der Region Villach hingegen fast unmerklich (0,78 gegenüber 0,78).

Diese Auswertung bestätigt, dass ein Bereinigen des Hohllaufes (Plandrehen des Reibringes) Verschleißvorrat vernichtet bzw. ein Einsparpotential birgt.

Diese großen regionalen Unterschiede können durch folgende Punkte begründet sein:

- Noch geringe Datenanzahl
- Maschinenbedingte Technik des Plandrehens
- Einstellarbeiten bei der UF-Behandlung

Geringe Datenanzahl

Die Ergebnisse aus Tabelle 17 könnten in der noch geringen Datenanzahl begründet sein. Die zu vergleichende Anzahl bereits überdrehter Bremsscheiben belief sich auf 154 Datensätze. Daher sind Ungenauigkeiten nicht auszuschließen. Mit zunehmender Zeit können weitere Auswertungen hinsichtlich des Mehrverschleißes bei einer UF-Behandlung zielführend sein.

Maschinenbedingte Technik des Plandrehens

Ein weiterer Grund für die Verringerung des Verschleißvorrates nach einer UF-Behandlung könnte in der „Schirmung“ der Radbremsscheiben liegen. Diese wölben sich im Betrieb durch die Wärmeausdehnung (Abbildung 27).

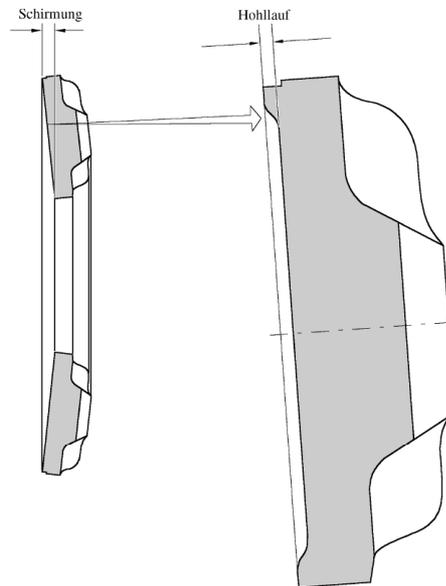


Abbildung 27 Darstellung des Begriffes „Schirmung“ [18]

Da die Unterflurdrehbank, an der alle diese Fahrzeuge behandelt werden, nicht mit einer Schrägdrehvorrichtung ausgestattet werden kann, können die Profile der Bremsscheiben nicht in einem Schritt plangedreht werden. Mit dieser Technik können immer nur Teile des Profils bereinigt werden (Abbildung 28). Damit wird der Wert des Hohllaufes verringert. Bei dieser Behandlung bleibt ein kleiner Rest-Wert des Hohllaufes zurück (Abbildung 29).

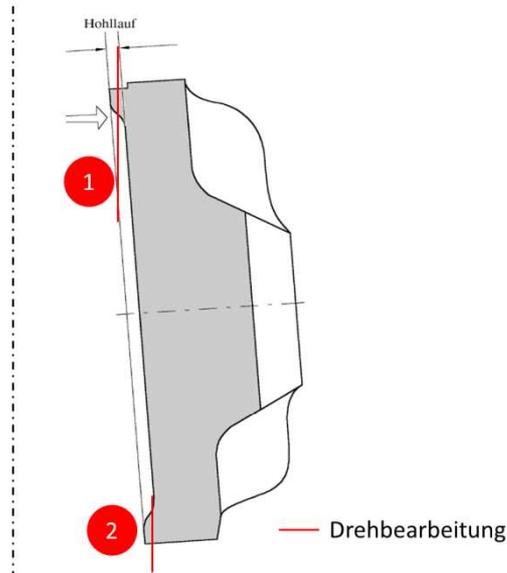


Abbildung 28 Darstellung der bearbeiteten Stellen

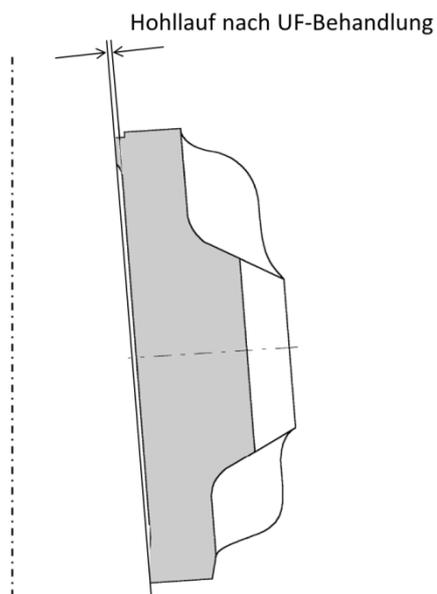


Abbildung 29 Hohlauf nach UF-Behandlung

Bei neuen UF-Maschinen ist darauf zu achten, dass diese mit einer Schrägdrehvorrichtung ausgestattet werden. Damit wäre ein zusätzlicher Verschleiß, durch die Schirmung der Radbremsscheibe, zu vermeiden.

Einstellarbeiten bei der UF-Behandlung

Die Einstellarbeiten der Maschine erfordern hohe Kompetenz und Erfahrung der bedienenden Mitarbeiter. Werden die Werkzeuge bei der Drehbearbeitung nicht ordnungsgemäß eingestellt, ist mit einem erhöhten Abtrag zu rechnen.

Fazit

Eine genaue Einstellung der Maschine bzw. eine komplette Einsparung dieser Behandlung (durch ein Erhöhen der Hohlaufgrenzen) würde die Lebensdauer der Radbremscheiben denen der Radscheibe annähern. Die Höhe der regionalen Unterschiede ist bei neuerlichen UF-Behandlungen zu überprüfen. Es ist nicht erklärbar, wieso es bei den Fahrzeugen in den drei Regionen bei der UF-Behandlung zu solchen Qualitätsunterschieden kommt. Dies erfordert eine neuerliche Überprüfung nach einem gewissen Zeitraum. Auch eine Schulung des Personals vor Ort kann zielführend sein.

3.2.1.4 Höhere Verschleißreserven

Höhere Verschleißreserven können zu längeren Einsatzdauern der Bremscheiben führen. Maßgeblich hierfür ist die Abnutzung des Rades. Ein Radsatz ist laut Unternehmensphilosophie die kleinste tauschbare Einheit in den Servicestellen (Werkstätten für kleinere Ausbesserungen). Somit wird bei einem abgenutzten Rad oder einer abgenutzten Bremscheibe unabhängig vom Zustand der anderen Komponenten der gesamte Radsatz getauscht. Daher macht eine Erhöhung nur dann Sinn, wenn eine höhere Bremscheiben-Lebensdauer auch mit dem Rad vereinbar ist.

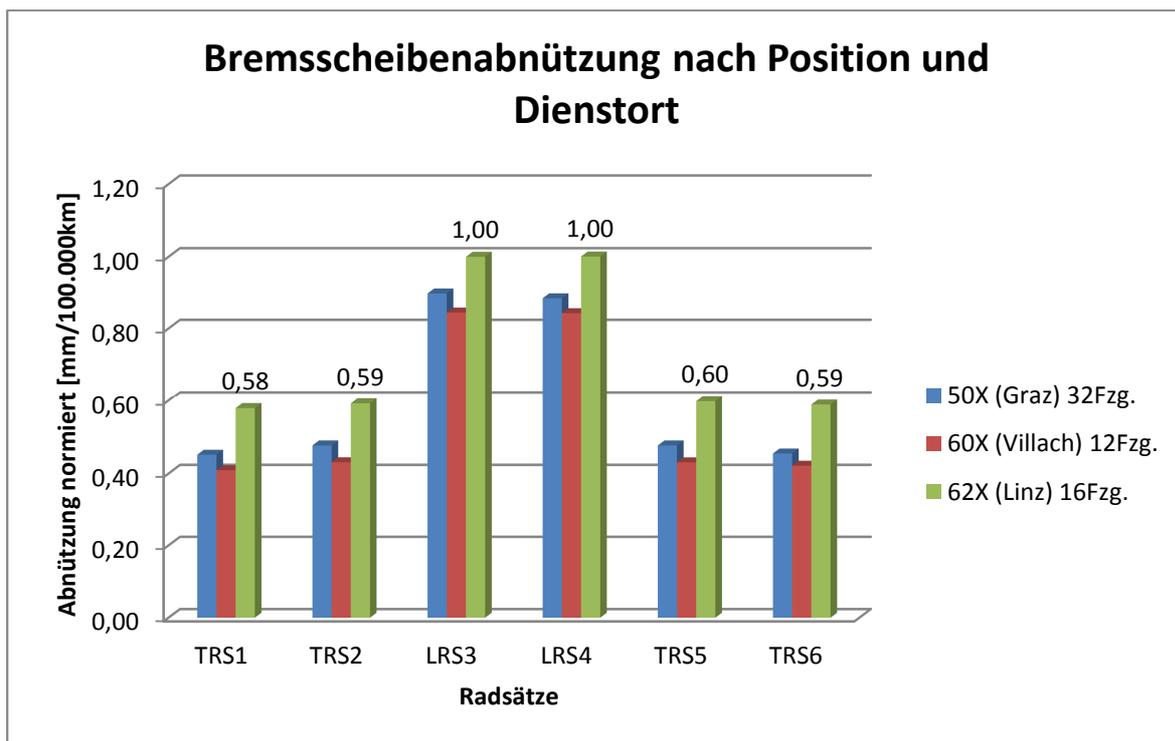


Tabelle 18 Bremscheibenabnutzung nach Position und Dienstort (Werte normiert)

Tabelle 18 zeigt, dass die Radbremscheiben der Laufradsätze im Vergleich zu den Wellenbremscheiben der Triebradsätze einer deutlich höheren Abnutzung (Verhältnis 1 zu durchschnittlich 0,59) unterliegen. Die Ursache hierfür ist in den unterschiedlichen Werkstoffen zu suchen. Die Wellenbremscheiben der Triebradsätze sind aus Grauguss

mit Lamellengraphit und die Radbremsscheiben der Laufradsätze aus Stahlguss gefertigt. Im Gegensatz zu Stahlguss hat Grauguss mit Lamellengraphit neben den geringeren Werkstofffestigkeiten gute innere Dämpfungseigenschaften. Die Graphitlamellen können in einem gewissen Maß auch als Festschmierstoff wirken. [17]

Diese Auswertung legt nahe, dass Stahlguss für die Anwendung als Bremsscheibe nicht so verschleißbeständig zu sein scheint wie Grauguss. Jedoch sind für die Anwendung als Radbremsscheibe die höheren Werkstofffestigkeiten des Stahlgusses erforderlich.

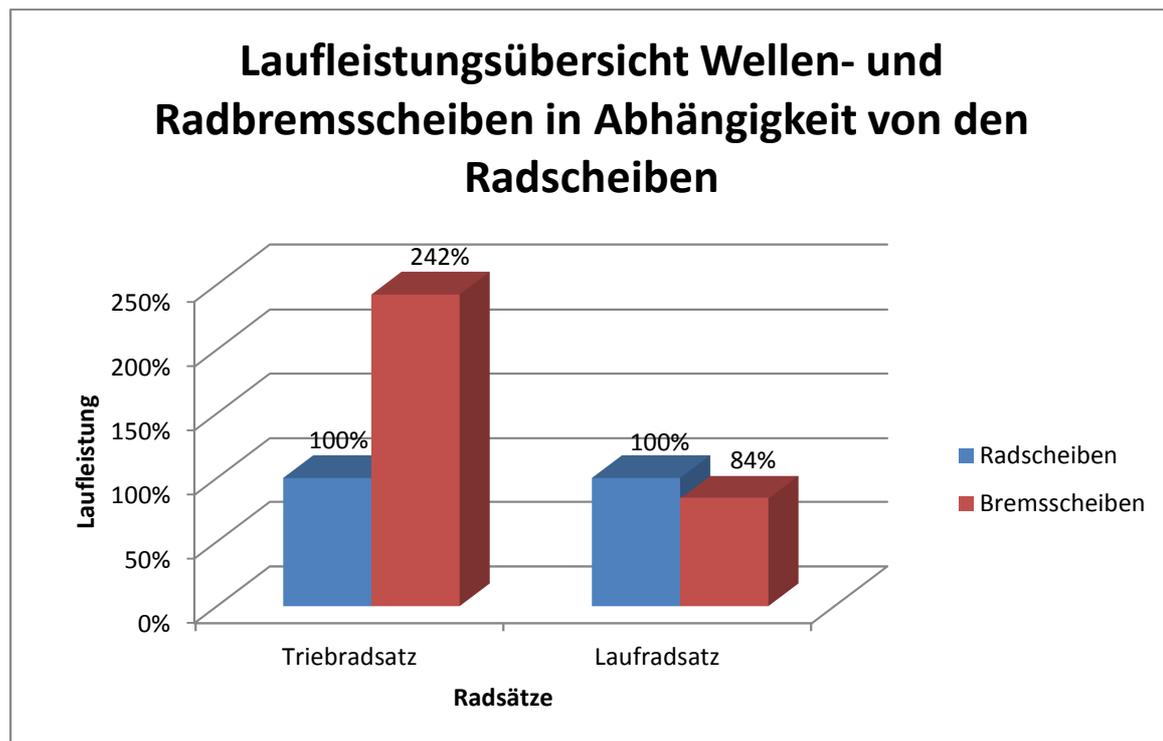


Tabelle 19 Bremsscheibenlaufleistung aus Radscheibensicht

Aus Tabelle 19 ist ersichtlich, dass die Wellenbremsscheiben der Triebradsätze über mehr als zwei Radscheiben-Lebensdauern eingesetzt werden können. Auch ist zu erkennen, dass im Allgemeinen die Radbremsscheiben der Laufradsätze vor den Radscheiben zu tauschen sind. Es bleiben 16 % des Verschleißvorrates der Radscheibe ungenützt.

Bei diesem Fahrzeug werden die Laufradsätze vorwiegend aufgrund abgenützter Bremsscheiben erneuert (Tabelle 18, Tabelle 19). Daher wäre hier eine erweiterte Verschleißreserve des Bremsscheiben-Verschleißvorrates von großem Nutzen und sollte gemeinsam mit dem Hersteller umgesetzt werden. Ist dies nicht möglich, ist mit alternativen Herstellern ein Freigabeverfahren anzudenken, um dieses Ziel erreichen zu können.

Vorab müssen hierfür die Voraussetzungen geprüft werden. Das Bremsgestänge muss auch einen größeren Weg zurücklegen können. Ansonsten sind auch hier Änderungen anzudenken, um eine höhere Komponentenlebensdauer zu erreichen.

3.2.2 Prüfung auf Änderung und Optimierung des Reibbelages

Um die Verschleißgeschwindigkeit bremsseitig zu senken, können auch andere Bremsbeläge zielführend sein. Wenn diese durch konforme Bremsbeläge mit einem „weicheren“ Reibbelag ersetzt werden, könnten sich die Bremscheiben geringer abnutzen. Dadurch könnten die Radscheiben der Laufradsätze bis zu deren Verschleißgrenze abgenutzt werden. Die Verschleißreserven würden ausgenutzt werden. Durch diese Maßnahme sind vermehrte Bremsbelag-Täusche zu erwarten. Diese können in den SVS durchgeführt werden, der Radsatz muss für diesen Tausch nicht ausgebaut werden. Die genannten Vorteile dieser Variante sind betriebswirtschaftlich, in Anschluss an einem Betriebsversuch, zu prüfen.

3.2.3 Prüfung auf Sinnhaftigkeit geteilter Bremscheiben

Geteilte Bremscheiben ermöglichen einen Bremscheibentausch unabhängig vom Radsatztausch. Folgend soll geprüft werden, ob mit dem bestehenden Lieferanten diese Variante zielführend sein kann.

3.2.3.1 Konstruktionsunterschiede

Bremscheiben sind in der Standardausführung in einem Stück, als Ganzes gegossen (Abbildung 30). Die geteilte Ausführung besteht aus zumindest zwei Teilen, welche lösbar verbunden sind (Abbildung 31). Dies bedeutet neben der praktikablen Montagemöglichkeit jedoch einen Mehraufwand in der Fertigung. Dieser wird im Allgemeinen mit ca. 20 bis 25 % Mehrkosten abgegolten.

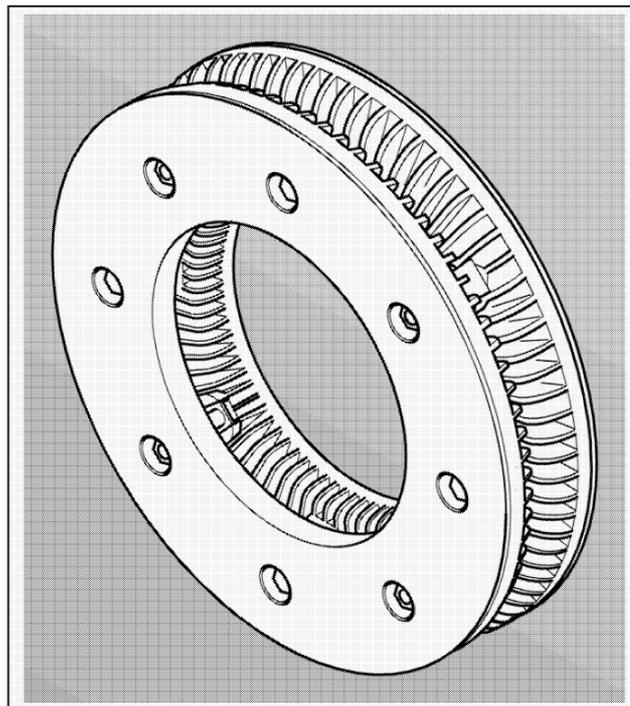


Abbildung 30 Mono-Radbremsscheiben (ungeteilt) [18]

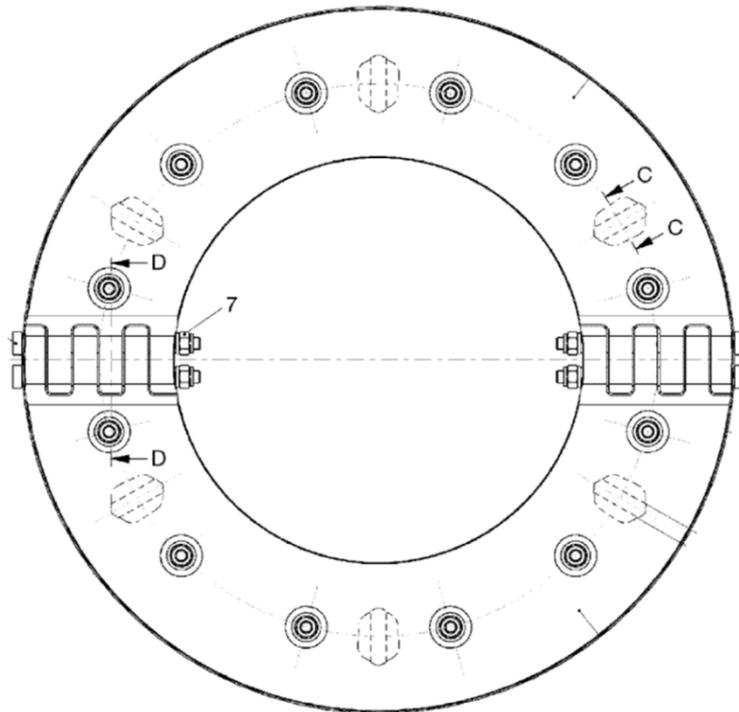


Abbildung 31 Geteilte Radbremsscheibe [19]

Der Tauschvorgang von Bremsscheibe und Radscheibe wird optimaler Weise zur gleichen Zeit durchgeführt. Geteilte Bremsscheiben machen nur dann einen Sinn, wenn der Radscheibentausch ungleich mit dem Zeitpunkt des Bremsscheibentausches ist. Durch die bei diesem Fahrzeug vorhandenen unterschiedlichen Tauschzeitpunkte, werden entweder die Verschleißreserven nicht ausgenutzt bzw. nach Tausch des einen Bauteils muss der andere kurz darauf getauscht werden. Daher können hier geteilte Bremsscheiben zielführend sein.

3.2.3.2 Kosten/Aufwand – Vergleich

Aus Tabelle 18 geht hervor, dass die Radbremsscheiben der Laufradsätze einer höheren Abnutzung unterliegen. Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Wellenbremsscheiben der Triebradsätze die Radscheibenlebensdauer deutlich überschreiten. Mit deren Verschleißvorrat ist es möglich, mehr als zwei Radscheiben-Lebensdauern zu bewältigen.

Die Radbremsscheiben der Laufradsätze zeigen hingegen eine höhere Abnutzung. Durch den geringeren Verschleißvorrat sind diese auch vorzeitig, noch vor Verschleiß der Radscheibe, auszutauschen (Tabelle 19).

Es zeigt sich, dass geteilte Bremsscheiben bei beiden Bremsscheibenarten den Vorteil der Ausnutzbarkeit des Radscheiben-Verschleißvorrates bringen können.

Folgend sollen diese Maßnahmen einer wirtschaftlichen Prüfung unterzogen werden. Bei den Laufradsätzen wäre eine wirtschaftlich vorteilhafte Mischbestückung (Bremsscheibe

an der Radinnenseite geteilt und an der Radaußenseite ungeteilt) kostengünstig. Dies ist jedoch aufgrund des großen Lagergehäuses, welches in den Servicestellen nicht abgenommen werden kann, nicht möglich. Daher müssten bei einer Entscheidung für geteilte Bremscheiben, alle geteilt sein, um in den SVS einen Tausch vorsehen zu können.

Für die angeführten Berechnungen werden folgende Annahmen festgelegt:

- Einkaufspreis geteilte Bremscheiben (Preisbasis ungeteilte RBS) = 120 %
- Laufleistung Radbremsscheibe = 84 %
- Laufleistung Wellenbremsscheibe = 242 %
- Laufleistung Radscheibe = 100 %

Die wirtschaftlichen Aspekte sind in folgende Varianten eingeflossen:

- *Variante 1:* Standard-Radsatztausch in der SVS, Erneuerung von Rad- und Bremscheibe gleichzeitig im Werk (beinhaltet Arbeitszeit, Versand, Materialkosten, Stehkosten des Fahrzeuges) – der restliche Radscheiben- bzw. Bremscheibenverschleißvorrat bleibt unberücksichtigt
- *Variante 2:* Bremscheibentausch in der SVS (zur Ausnutzung des Radscheibenverschleißvorrates) und anschließende Neubeschreibung im Werk (beinhaltet Arbeitszeit, Versand, Materialkosten, Stehkosten des Fahrzeuges) – Die Verschleißvorräte werden komplett ausgenützt

Ergebnis Triebradsätze

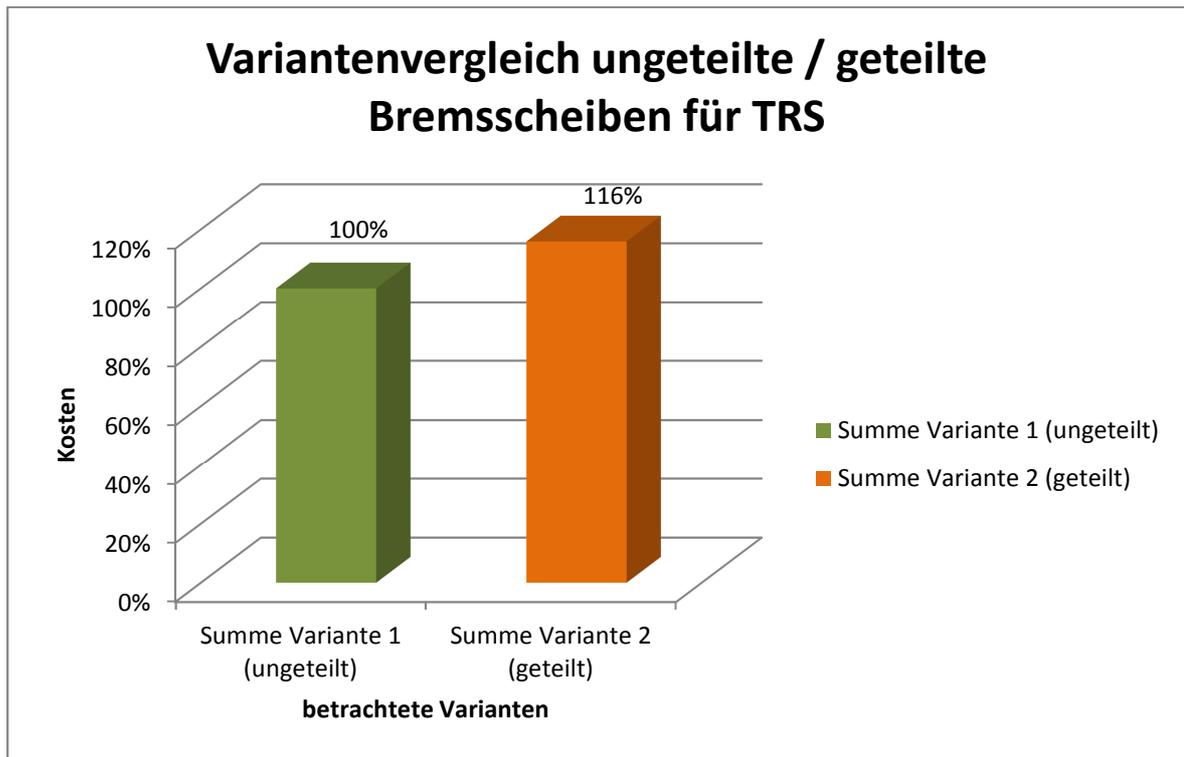


Tabelle 20 Ergebnis der wirtschaftlichen Betrachtung – für Triebradsätze

Ergebnis Laufradsätze

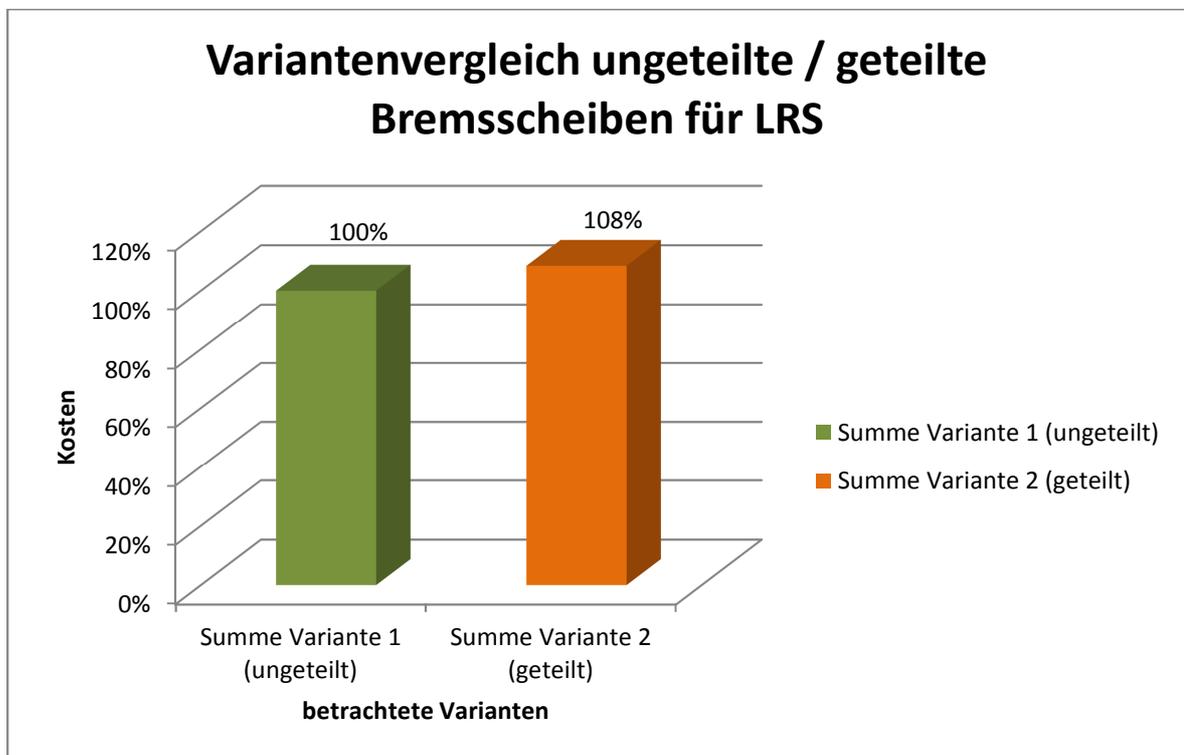


Tabelle 21 Ergebnis der wirtschaftlichen Betrachtung – für Laufradsätze

Die Auswertungen in Tabelle 20 und Tabelle 21 zeigen, dass aufgrund der erhöhten Einkaufskosten der geteilten Bremsscheiben sowie die im Einkauf relativ günstigen Rad-scheiben die Variante 2 keinen Vorteil bringt (100 % zu 116 % bzw. 100 % zu 108 %). Somit ist es aus heutiger Sicht und mit dem bisherigen Lieferanten nicht wirtschaftlich, geteilte Bremsscheiben einzusetzen.

Bei einer Änderung der Preislage von Rad- und Bremsscheiben ist diese Betrachtung erneut durchzuführen.

3.2.4 Prüfung auf Optimierung des Fahrzeugumlaufes bzw. eines Stationierungswechsel

Durch die in den vorangegangenen Tabellen gezeigten Unterschiede in den Regionen bei der Abnutzung der Bremsscheiben, kann ein abwechselndes Umstationieren der Fahrzeuge ein gleichmäßigeres Angleichen der Einsatzdauer der jeweiligen Komponenten bringen. Die Verschleißdaten der einzelnen Fahrzeuge würden sich annähern. Dies hat jedoch auf die zu erbringenden Instandhaltungskosten nur geringen Einfluss, da die Rahmenbedingungen (Tageskilometer, Höhenmeter, Haltestellen) nicht veränderbar sind.

3.2.5 Prüfung auf Verstärkung der Retarder-Funktion

Wie in Kapitel 3.1.3 erwähnt, unterstützt der Retarder den Bremsvorgang bis zu einer Geschwindigkeit von 20km/h. Durch ein Absenken dieser Geschwindigkeitsgrenze kann eine Entlastung der Bremsscheiben erfolgen. Da hierzu umfangreiche Gespräche mit dem Hersteller und eventuell auch langfristige Versuche notwendig wären, konnte dieser Punkt in der Diplomarbeit nicht näher behandelt werden. Die vorliegende Arbeit hat jedoch den Anstoß gegeben diese Optimierungsmaßnahme im Betrieb anzudenken.

3.2.6 Prüfung auf Schulungsmöglichkeiten

3.2.6.1 *Triebfahrzeugführer*

Der Einfluss des Fahrzeugbedieners (Triebfahrzeugführer) durch vorausschauende Fahrweise birgt ein Potential, welches schwer abschätzbar ist, jedoch zielführend in der Minimierung des Bremsscheibenverschleißes sein kann.

Aufklärungsgespräche mit den Lehrlokführen und Triebfahrzeugvertretern können möglicherweise das Kostenbewusstsein wecken und zu einer vorausschauenden Fahrweise beitragen.

3.2.6.2 Werkstätten-Personal

Das Personal in den Werkstätten hat Einfluss auf den Tausch- bzw. Bearbeitungszeitpunkt. Nach Anpassung der technischen Vorgaben ist auch hier eine Schulung unablässig. Diese soll auch zu einem kosteneffizienten Umgang mit den Komponenten beitragen, um vorzeitige Tausche zu verhindern.

3.2.7 Zusammenfassung der Optimierungen

Folgende Möglichkeiten zur Optimierung des Bremsscheibenverschleißes wurden erarbeitet und hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit, wirtschaftlichen Relevanz und Umsetzbarkeit geprüft (Tabelle 22).

Umsetzungsmöglichkeit	Kurzfristig
	Zusätzlicher Verschleiß durch UF-Behandlung (Schulung der Mitarbeiter)
	Schulung von Triebfahrzeugführer
	Schulung von Werkstätten-Personal
	Mittelfristig (in Versuchen)
	Erweiterung der Hohlaufgrenzen
	Mögliche Profilloptimierung (Fase)
	Langfristig (mit Hersteller)
	Höhere Verschleißreserven
	Verstärkung der Retarder
	Geänderter, optimierter Reibbelag
	Zusätzlicher Verschleiß durch UF-Behandlung (Schrägdrehvorrichtung bei neuen Maschinen vorsehen)
	Derzeit nicht wirtschaftlich
Geteilte Bremsscheiben	
Fahrzeugumlauf – Stationierungswechsel	

Tabelle 22 Aufschlüsselung der Umsetzungsmöglichkeiten

Von diesen angeführten möglichen Maßnahmen wurden viele als wirtschaftlich-wichtig und praxistauglich eingestuft. Diese Optimierungen ermöglichen eine günstigere und einfachere Instandhaltung. Ausnahme hiervon sind die geteilten Bremsscheiben und der Stationierungswechsel der Fahrzeuge. Die geteilten Bremsscheiben sind aufgrund des hohen Anschaffungspreises und des Montageaufwandes mit dem derzeitigen Lieferanten nicht wirtschaftlich. Der Stationierungswechsel würde ein Angleichen der Abnutzung in den drei Regionen (Linz, Graz, Villach) ermöglichen. Da diese Fahrzeuge Bundeslän-

der spezifisch zugeordnet und gekauft wurden, ist diese Maßnahme jedoch auch entgegen der Länderinteressen.

Das Personal hat großen Einfluss auf die Instandhaltungskosten. Als Sofortmaßnahmen können daher die Schulungen des Wartungspersonals, der Triebfahrzeugführer sowie der Mitarbeiter in den Unterflurbehandlungszentren empfohlen werden. Ziel der Schulung sollte sein, das Bewusstsein für einen kostengünstigen Ressourcenumgang zu schärfen. Durch folgende Maßnahmen sind Einsparungen zu erwarten:

- Umsetzen eines kosteneffizienten Wartungs- und Tauschkonzepts
- Vorausschauende Fahrweise sowie zielführender Einsatz der Retarder
- Exaktes Plandrehen der Reibflächen an den Bremsscheiben

Die weiteren positiv bewerteten Maßnahmen, wie die Überprüfung und Anpassung der zugelassenen Hohlaufgrenzen und die Profilloptimierung mit einer Fase an den Reibflächen, sind im Rahmen von Betriebsversuchen einer Überprüfung zu unterziehen. Nach Freigabe dieser Versuche durch den Eigentümer (ÖBB Personenverkehr) wären nach Abschluss der vorgeschriebenen Risikoanalysen mehrere Fahrzeuge (fünf Fahrzeuge je Versuch in den Regionen verteilt) mit der jeweiligen Änderung komplett auszustatten. Während der Versuchsdauer wären Zwischenüberprüfungen zusätzlich zu den präventiven Wartungsarbeiten vorzusehen. Nach Ablauf der Versuchsdauer (zwei bis vier Jahre) wären diese Maßnahmen zu bewerten und ein Abschlussbericht anzufertigen.

Die restlichen betrachteten Maßnahmen, wie die Einführung höherer Verschleißreserven, das Einsetzen eines optimierten Reibbelages, die Verstärkung der Retarderfunktion und die Berücksichtigung einer Schrägdrehvorrichtung bei neuen UF-Maschinen, müssen vor Beginn eines Betriebsversuches mit den Herstellern gemeinsam geprüft, entwickelt und umgesetzt werden.

4 Schlussfolgerungen

Die in dieser Arbeit zum Thema Bremsscheibenverschleiß der ÖBB-Personentriebzugflotte Desiro durchgeführten Auswertungen bringen den Einfluss der Topografie zum Vorschein. Der Einfluss der Haltestellenanzahl ist nicht so hoch zu bewerten wie zuvor angenommen.

Für zukünftige Auswertungen, auch bei anderen Triebfahrzeugen der österreichischen Bundesbahnen, können die Ergebnisse der Arbeit zum Vergleich herangezogen werden.

Aus meiner Sicht können folgende Möglichkeiten zielführend sein, um den Bremsscheibenverschleiß zu minimieren. Die erarbeiteten Maßnahmen sind vorab mit allen beteiligten Kompetenzträgern zu besprechen sowie mittels Betriebsversuch zu überprüfen.

- Anpassung der regionalen Inspektionsgrenzmaße für Bremsscheibenhohl-
lauf und Bremsscheibenverschleißstärke
- Schulung der Unterflur-Maschinenbediener
- Schulung der Triebfahrzeugführer
- Schulung des Werkstätten Personals
- Erweiterung der Hohllaufgrenzen
- Profilloptimierung mithilfe einer Fase zur Verzögerung der Hohllaufbildung
- Erhöhung der Verschleißreserven
- Verstärkung der Retarderfunktion
- Optimierung des Reibbelages
- Schrägdrehvorrichtung zum Ausgleich der wärmebedingten Schirmung der
Bremsscheiben

Zu den kurz- und mittelfristigen umsetzbaren Maßnahmen zählen die Anpassung der regionalen Inspektionsgrenzmaße, die Schulung des Personals, die Erweiterung der Hohllaufgrenzen sowie die Optimierung des Reibringprofils. Diese Maßnahmen können sofort Firmenintern umgesetzt werden.

Können die Hohlaufgrenzen erweitert und gemeinsam mit dem optimierten Reibringprofil umgesetzt werden, so kann bei den Radbremsscheiben der Laufradsätze auf die gesamte Unterflurbehandlung verzichtet werden.

Die langfristig umzusetzenden Maßnahmen beinhalten ein Erhöhen des Verschleißvorrates, ein Verstärken der Retarder, ein Optimieren der Bremsbeläge sowie das Vorsehen einer Schrägdrehvorrichtung bei den Unterflur-Maschinen. Diese Optimierungsmöglichkeiten kann ÖBB Technische Services nicht allein firmenintern umsetzen, sondern nur gemeinsam mit den bestehenden Lieferanten und Herstellern. Können oder wollen diese nicht gemeinsam an den angedachten Optimierungen mitarbeiten, kann auch ein Lieferantenwechsel bei der jeweiligen Komponente zielführend sein.

Die nicht bestätigten Maßnahmen (geteilte Bremsscheiben, Stationierungswechsel) sind derzeit als nicht wirtschaftlich einzustufen. Bei einer Änderung der Rahmenbedingungen (wie Anschaffungspreis, Vergünstigung, Lieferantenwechsel sowie Änderung der regionalen Zuordnungen der einzelnen Fahrzeuge) ist eine neuerliche Betrachtung dieser Varianten erforderlich.

Abschließend lässt sich festhalten: Die Bremsscheiben der modernen österreichischen Fahrzeugflotte „Desiro“ können durch die in der vorliegenden Diplomarbeit erarbeiteten Maßnahmen und nach deren Prüfung in einzelnen Betriebsversuchen kostengünstiger gewartet werden.

4.1 Nutzen für ÖBB Technische Services

Ein Radsatz mitsamt Bremsscheiben eines Schienenfahrzeuges gehört, auf die gesamte Einsatzdauer gesehen, zu einer der teuersten Komponenten am Fahrzeug.

Die in dieser Diplomarbeit erarbeiteten Maßnahmen (siehe S. 53) sind in Betriebsversuchen zu evaluieren. Nach dem sie den Betriebsversuch positiv bestanden haben ist ihre Wirksamkeit in regelmäßigen Abständen zu prüfen.

Die Maßnahmen tragen zu einer Reduktion des Wartungsaufwandes und somit zu mehr Produktivität bei. Die überprüften Möglichkeiten zur Reduktion der Instandhaltungskosten, beinhalten ein großes Potential, welches kurz- mittel- und auch langfristig Nutzen bringt.

4.2 Nutzen / Lernerfolg Eibenberger

Die vorliegende Arbeit zeigte mir meine Grenzen hinsichtlich der Vereinbarkeit von beruflichen und privaten Interessen auf. Der persönliche Nutzen dieser Arbeit liegt in der umfangreichen Betrachtung der Aufgabenstellung und der dadurch kennengelernten Schnittstellen im Konzern. Es konnten neben den wirtschaftlichen Betrachtungen auch die technischen Fertigkeiten erweitert werden. Durch die Verknüpfung

der einzelnen Konzernbereiche ist für die Zukunft eine Vereinfachung des Arbeitslebens zu erwarten.

Die Organisation und Planung der Arbeitspakete erforderten eine strukturierte Herangehensweise, welche auch für weiterführende bzw. neue Aufgabengebiete zielführend ist.

Abschließend möchte ich mich herzlich bei meinen Betreuern, speziell Hrn. DI(FH) Thomas Müller, für ihre Geduld, motivierenden Worte und die zielführende Unterstützung bedanken.

Meiner Lebensgefährtin verdanke ich das Fertigstellen dieser Arbeit. Ich danke Ihr für die Unterstützung in Form der Betreuung unserer kleinen Tochter und der Organisation des Familienlebens während der Zeit, in der ich an der Diplomarbeit arbeitete.

Literatur

- [1] Unternehmensinformation, Auszug aus der ÖBB-internen Informationsdatei URL:
http://portal.oebb.at/Technische_Services/Das_Unternehmen/Geschichte_von_TS/index.jsp, verfügbar am 11.07.2012
- [2] Österreichischen Bundesbahnen – Information, URL:
<http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96BB>, verfügbar am 05.07.2012
- [3] ÖBB Holding – Organisation, URL:
<http://www.oebb.at/holding/de/Servicebox/OeBB-Konzern/Organisation/index.jsp>, verfügbar am 07.05.2012
- [4] Auszug aus der ÖBB-Konzerninternen Infomappe für neue Mitarbeiter, Stand Mai 2012
- [5] ÖBB Technische Services – Information, URL:
http://www.ts.oebb.at/de/Produkte_und_Services/index.jsp, verfügbar am 05.07.2012
- [6] Auszug aus der ÖBB-Konzerninternen Organisationspräsentation, Stand Juli 2012
- [7] ÖBB Technische Services, Service Netzwerk, URL:
<http://www.ts.oebb.at/de/Servicebox/Service-Netzwerk/index.jsp>, verfügbar am 01.06.2012
- [8] Eigenschaften und Merkmale des Desiros (ÖBB 5022), URL:
http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96BB_5022, verfügbar am 08.07.2012

- [9] Auszug aus der ÖBB-Zeichnung „Sicherheitseinrichtungen Übersicht“, Nr. 01Z2/00350178-75.02
- [10] Auszug aus der ÖBB-Zeichnung „Treibradsatz 1, vollständig“, Nr. 01Z0/00350265-02.20
- [11] Auszug aus der ÖBB-Zeichnung „Laufradsatz 1 vollständig“, Nr. 01Z2/00352466-02.10
- [12] Norm DIN 27205 Teil 3. Zustand der Eisenbahnfahrzeuge –
Bremsen; Belüftete Wellenbremsscheiben
- [13] Auszug aus der ÖBB-Zeichnung „Radprofil-Lehre für die Spur-
kranzform, Spurkranzmaß qR “, Nr. 08Z1/00000476
- [14] Auszug aus dem ÖBB-Qualitätsdokument „Radsatzgrenzmaße für
ÖBB-Schienenfahrzeuge“, Nr. 09-5-10-012
- [15] Wikipedia, Mühlkreisbahn, URL:
<http://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%BChlkreisbahn>, verfügbar am
16.06.2012
- [16] Norm DIN 27205 Teil 5. Zustand der Eisenbahnfahrzeuge –
Bremsen; Radbremsscheiben
- [17] Czichos, Horst ; Habig, Karl-Heinz: Tribologie Handbuch - Rei-
bung und Verschleiß. 1. Aufl. Wiesbaden : Vieweg, 1992. - 560 S.
- [18] Auszug aus der ÖBB-Beschreibung „Radbremsscheibe R610S“,
Nr.: 514-01B4/00352227-07.22

- [19] Auszug aus der ÖBB-Beschreibung „Radbremsscheibe mit Gleitsteinzentrierung“, Nr. 129-01B4/00199005-07.05

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Linz, den 20.07.2012

Paul Eibenberger