

EBW



Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG

Masterarbeit
2013

DI Manfred Bauer, BSc
Matrikelnummer: 0530751

Betreuer:
Stefan Marschnig
Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.
+43 873 6717
stefan.marschnig@tugraz.at



Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei jenen Personen bedanken, die mich während meiner Studienzeit begleitet und unterstützt haben. Allen voran danke ich meinem Betreuer, Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig für die ausgezeichnete Betreuung bei der Erstellung meiner Masterarbeit. Mein besonderer Dank gilt ebenso Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Veit.

Den Mitarbeitern des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft danke ich für die ständige Bereitschaft zur Beantwortung von Fragen jeglicher Art.

Außerdem gilt meiner Familie, insbesondere meiner Schwägerin Waltraud und meiner Frau Sigrid, ein besonderer Dank.

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 entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 24.10.2013

DI Manfred Bauer

Kurzfassung

Titel: Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG

Schlagwörter: Langsamfahrstelle, LA, Strategische Nutzungsdauer, Buchhalterische Nutzungsdauer, Lebenszykluskosten, ÖBB-Infrastruktur AG, Standardelemente, Kernnetz, Hauptgleise, Oberbau, Unterbau, Oberbauliegedauer, LA Dauer

Im Rahmen dieser Arbeit werden vorübergehende Langsamfahrstellen auf den Hauptgleisen des Kernnetzes der ÖBB-Infrastruktur AG betrachtet, bei denen aufgrund des Streckenzustandes Geschwindigkeitsreduktionen erforderlich waren. Betrachtet wird der Zeitraum zwischen 2000 und 2013. Neben der Anzahl werden die Längen und die durchschnittlichen Geschwindigkeitsreduktionen von Langsamfahrstellen analysiert.

Die detaillierten Untersuchungen sollen zeigen, zu welchem Zeitpunkt des Gleislebenszyklus Langsamfahrstellen verhängt und aufgelöst werden. Dabei soll geklärt werden, ob diese Geschwindigkeitsreduktionen zur Nutzungsdauerverlängerung oder zur Nutzungsdauererreichung verwendet werden. Die Auswertungen beziehen sich auf die buchhalterische Nutzungsdauer, mit der Gleisanlagen abgeschrieben werden, und auf die strategische Nutzungsdauer, welche eine technisch und wirtschaftlich optimale Nutzungsdauer repräsentiert. Die strategische Nutzungsdauer ist abhängig von den verwendeten Gleiskomponenten, der vorhandenen Belastung im Betrieb, sowie der Trassierung. Unter Berücksichtigung dieser Abhängigkeiten wurden zahlreiche Gleisabschnitte, auf denen Langsamfahrstellen verhängt wurden, detailliert untersucht.

Die Auswertungen der Arbeit zeigen, dass für eine belastungsunabhängige Betrachtung von Langsamfahrstellen mit der Ursache „Oberbau“ diese durchschnittlich beim Erreichen der buchhalterischen Nutzungsdauer, jedoch deutlich vor Erreichung der strategischen Nutzungsdauer, verhängt werden. Für diese belastungsunabhängige Analyse ergibt sich, dass Langsamfahrstellen nicht zur Verlängerung, sondern zur Realisierung der strategischen Nutzungsdauer verwendet werden.

Bei einer belastungsabhängigen Betrachtung zeigt sich, dass für hohe Belastungen bei der Ursache „Oberbau“ Langsamfahrstellen zum Erreichen der buchhalterischen Nutzungsdauer verhängt werden, obwohl die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues für diese Klassen bereits überschritten ist. Bei niedrigen Belastungsklassen werden Lang-

samfahrstellen einerseits zur Verlängerung der buchhalterischen Nutzungsdauer, andererseits zum Erreichen der strategischen Nutzungsdauer, verwendet.

Die Untersuchung zeigt damit die noch immer vorhandene Bedeutung der buchhalterischen Nutzungsdauer auf Einzelentscheidungen für spezifische Streckenabschnitte. Da die buchhalterische Nutzungsdauer jedoch immer einen Mittelwert darstellt und damit nicht auf Streckenspezifika reagieren kann, sollte diese Vorgehensweise in Zukunft vermieden werden.

Abstract

Title: Temporary Speed Restrictions within the Network of the Austrian Federal Railways

Keywords: temporary speed restrictions, strategic service life, accounting service life, live cycle costs, Austrian Federal Railways, standard elements, core network, main track, superstructure, substructure, superstructure service life, duration of a temporary speed restriction

This work considers temporary speed restrictions that have been imposed due to the track condition on the main tracks of the core network of ÖBB Infrastructure Cooperation between 2000 and 2013. Besides the number of speed restrictions, the length and the average speed reductions of temporary speed restrictions are analysed.

The detailed inquiries should show the point of time within the life cycle when temporary speed restrictions are imposed and resolved. This analysis should clarify whether these speed limits are used to extend or merely to achieve the accounting service life. The analyses refer to accounting and strategic service life, where the former is used for the depreciation the railway tracks and the latter represents the technically and economically optimal service life. The strategic service life is dependent of the track components, the existing load in operation and the track alignment. Taking into account these dependencies, numerous sections of tracks on which temporary speed restrictions were imposed have been investigated.

A load independent analysis of superstructure-caused speed restrictions revealed that these are average at achieving the accounting service life, but well before achieving the strategic service life. This analysis therefore shows that speed restrictions are not used for the extension, but rather for achieving the strategic service life.

A load dependent analysis shows that temporary speed restrictions caused by the superstructure are necessary to achieve the accounting service life, although the strategic service life of the superstructure for these traffic loads is already exceeded. At low traffic loads, temporary speed restrictions are rather used to extend the accounting service life and to achieve the strategic service life.

The investigation shows the still existing importance of the accounting service life for individual decisions in specific sections. Since the accounting service life always represents an average value and therefore cannot respond to route specifics, this approach should be avoided in the future.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	2
Eidesstattliche Erklärung	3
Kurzfassung	4
Abstract	6
1 Allgemeine Grundlagen	9
1.1 Allgemeines zu Langsamfahrstellen	9
1.2 Kosten eines Gleises	10
1.3 Standardelemente - Nutzungsdauern	12
2 Datengrundlage für die Auswertungen	17
2.1 LA-Statistiken der ÖBB-Infrastruktur AG.....	17
2.2 Streckeninformationen – Kernnetz der ÖBB-Infrastruktur AG	18
3 Allgemeine Auswertungen zu den Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG.....	19
3.1 Allgemeines	19
3.2 Anzahl der Langsamfahrstellen	19
3.3 Durchschnittliche Länge der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA	20
3.4 Durchschnittliche Geschwindigkeitsreduktion der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA	21
4 Detaillierte Auswertungen zu den Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG.....	22
4.1 Allgemeines	22
4.2 Auswertungsverfahren.....	23
4.3 Längenbezogene Auswertungen.....	24
4.3.1 Durchschnittliche Oberbauliegedauer der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA.....	25
4.3.2 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA.....	26
4.3.3 Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA.....	28
4.3.4 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad im direkten Vergleich zum buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA.....	29
4.3.5 Detaillierte Betrachtungen von LA mit der Ursache „Oberbau“	30
4.4 Anzahlbezogene Auswertungen.....	34
4.4.1 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – LA Ursache „Oberbau“ vs. „Oberbau; Oberbau, Unterbau, Unterbau“.....	34
4.4.2 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – Detaillierte Betrachtung von LA mit der Ursache „Oberbau“	36
4.4.3 Durchschnittliche Dauer der LA – LA Ursache „Oberbau“	42
4.4.4 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – LA Ursache „Unterbau“ vs. „Oberbau; Oberbau, Unterbau, Unterbau“.....	44
4.4.5 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – Detaillierte Betrachtung von LA mit der Ursache „Unterbau“	45
4.5 Darstellung der Streuungen – Erreichungsgrade der Nutzungsdauer bei LA – Verhängung	48

4.6	Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – Betrachtungen von LA exklusive bestehender LA.....	51
5	Zusammenfassung	53
6	Verzeichnisse	56
6.1	Abbildungsverzeichnis	56
6.2	Literaturverzeichnis.....	58

1 Allgemeine Grundlagen

1.1 Allgemeines zu Langsamfahrstellen

Eine Langsamfahrstelle ist ein Gleisabschnitt einer Bahnstrecke, der nicht mit der für diesen Streckenabschnitt zulässigen Höchstgeschwindigkeit befahren werden darf. [10] Durch diese Einrichtung von Geschwindigkeitsreduktionen können Qualitätsmängel, die nicht durch Sofortmaßnahmen behoben werden können, betrieblich verträglich gemacht werden. Die sonst nötigen Streckensperren können durch diese Maßnahme vermieden werden. *vgl. [3]*

Langsamfahrstellen, abgekürzt LA, werden eingeteilt in:

I Ständige LA

I Vorübergehende LA

Ständige LA erfordern über einen längeren Zeitraum eine Verminderung der Geschwindigkeit. Sie werden an Gefahrenpunkten, beispielsweise im Bereich von Eisenbahnkreuzungen mit schlechten Sichtverhältnissen, eingerichtet. Mittels Bescheid werden diese verringerten Geschwindigkeiten in die Fahrpläne eingearbeitet. Vorübergehende LA werden häufig durch Signaltafeln vor Ort angekündigt. Zusätzlich werden Triebfahrzeugführer, durch eine wöchentlich aktualisierte Zusammenstellung der Geschwindigkeitsreduktionen, über vorübergehende LA informiert. *vgl. [10]*

Gründe für vorübergehende LA sind: *vgl. [8]*

I Abnahme der Gleislagestabilität durch Eingriff in den Bahnkörper

I Errichtung einer Schutz – LA zum Schutz von Mitarbeitern an der Arbeitsstelle bei Reduktion des erforderlichen Gefahrenraumes

I Temporäre Außerbetriebnahme von Sicherungsanlagen

I Einsatz von Oberleitungshilfskonstruktionen, die nicht mit voller Geschwindigkeit befahren werden dürfen

I Wenn der Zustand einer Strecke bzw. eines Bauwerkes eine Herabsetzung der Geschwindigkeit notwendig macht

Im Rahmen dieser Arbeit werden vorübergehende LA betrachtet, bei denen aufgrund des Streckenzustandes Geschwindigkeitsreduktionen erforderlich waren. Dabei werden LA Ursachen analysiert, die aufgrund von Oberbau und/oder Unterbau verhängt wurden.

In Österreich erfolgt die Signalisierung von vorübergehenden LA mittels Ankündigungssignal, Anfangssignal und Endsignal. Abbildung 1 [10] zeigt diese in Österreich verwendeten Langsamfahranzeiger.

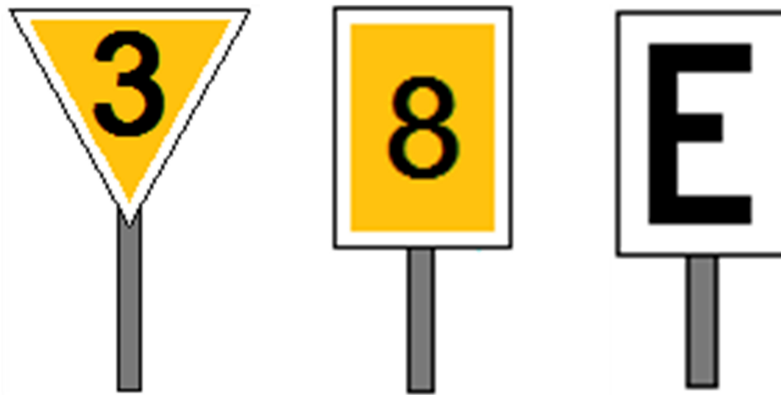


Abbildung 1 Signalisierung vorübergehender LA in Österreich [10]

Das links abgebildete Ankündigungssignal mit dreieckiger gelber Scheibe und schwarzer Ziffer kündigt die LA an. Die mittig dargestellte rechteckige gelbe Scheibe mit schwarzer Ziffer kennzeichnet den Anfang der LA. Die Ziffern dieser Signale geben die zulässige Höchstgeschwindigkeit mit 10% ihres Wertes in km/h an. Das Ende der LA wird, wie in Abbildung 1 rechts gezeigt, mit einer rechteckigen weißen Scheibe und einem schwarzen „E“ signalisiert. Wird eine vorübergehende LA aufgehoben, werden oft, statt einem sofortigen Abbau der Langsamfahranzeiger, die Signalisierungen mit Ungültigkeitskreuzen versehen, um auf die Aufhebung explizit hinzuweisen. *vgl. [10]*

Für Geschwindigkeiten bis 100 km/h beträgt der Abstand zwischen Ankündigungssignal und Anfangssignal in der Regel 700 m. Bei Geschwindigkeiten über 100 km/h erhöht sich der Abstand meist auf 1000 m. Für den Fall, dass mehrere LA einander folgen und aus diesem Grund zwischen Ankündigungssignal und Anfangssignal ein weiteres Ankündigungssignal aufgestellt werden müsste, wird dieses unter dem ersten Ankündigungssignal angebracht. Wenn innerhalb einer LA für unterschiedliche Fahrzeuge unterschiedliche Geschwindigkeiten gelten, wird im Ankündigungssignal die jeweils niedrigere Geschwindigkeit angezeigt. *vgl. [9]*

1.2 Kosten eines Gleises

Die Gesamtkosten eines Gleises setzen sich zusammen aus Abschreibungskosten, Betriebserschwerungskosten und Instandhaltungskosten. Den größten Anteil bilden dabei die Abschreibungskosten. Abbildung 2 *vgl. [7]* zeigt eine Aufteilung normalisierter Jahreskosten für hochbelastete Strecken mit mehr als 150 Zügen pro Tag.

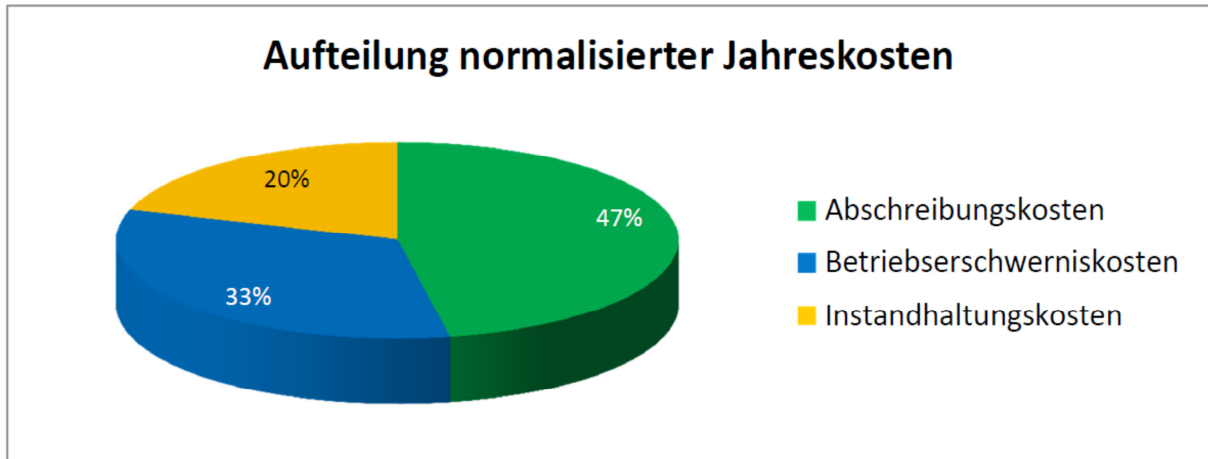


Abbildung 2 Analyse normalisierter Ist-Kosten für hoch belastete Strecken –
> 150 Züge/Tag *vgl. [7]*

Ziel ist es, die Gesamtkosten zu senken. Wenn beispielsweise Kosten für die Instandhaltung bei gleichbleibender Ausgangsqualität reduziert werden, führt dies zu einer Reduktion der Liegedauer, was wiederum zu einer Erhöhung der bereits hohen Abschreibungskosten führt und somit die Gesamtkosten erhöht.

Ein richtiger Ansatz kann sein, die Abschreibungskosten durch eine Nutzungsdauerverlängerung zu reduzieren. Für längere Nutzungsdauern ergeben sich zwar bei gleichbleibender Ausgangsqualität höhere Instandhaltungskosten, in Summe führt eine solche Maßnahme prinzipiell zu geringeren Gesamtkosten.

Eine weitere sinnvolle Variante zur Gesamtkostensenkung kann sein, mit teureren Komponenten eine höhere Ausgangsqualität herzustellen. Eine Kostensenkung für diesen Fall ergibt sich aber nur dann, wenn die höhere Ausgangsqualität eine Verlängerung der Nutzungsdauer und/oder eine Reduktion der Instandhaltungskosten zur Folge hat.

Weiters sollte stets versucht werden, durch wirtschaftlich und technisch sinnvolle Maßnahmen, Betriebserschwerungskosten zu reduzieren. Sorgfältig geplante Instandhaltungen, die zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt werden, sind anzustreben. Außerdem sind die betroffenen Abschnittslängen, unter Berücksichtigung der Betriebserschwerungskosten, sinnvoll zu wählen.

Die Untersuchungen dieser Arbeit sollen zeigen, zu welchem Zeitpunkt des Gleislebenszyklus LA verhängt werden bzw. wann der Oberbau erneuert wird. Allgemein kann gesagt werden, dass LA auf Hauptstrecken äußerst unwirtschaftlich sind. Die Betriebserschwerungskosten einer einjährigen LA für eine Geschwindigkeitsreduktion von nur 20 km/h übersteigen das Einsparungspotential der Liegedauerverlängerung bereits weit. *vgl. [7]*

Welche technisch und wirtschaftlich optimale Nutzungsdauer bei Gleisen angenommen werden kann, hängt von zahlreichen Faktoren, die in Kapitel 1.3 gezeigt werden, ab. Die technisch und wirtschaftlich optimale Nutzungsdauer bezeichnet man auch als strategische Nutzungsdauer.

1.3 Standardelemente - Nutzungsdauern

Standardelemente wurden vom Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz im Auftrag der ÖBB entwickelt. Dabei wurde, nach bestimmten Kriterien, das Streckennetz in Bereiche aufgeteilt, die ähnliche Verhaltenseigenschaften aufweisen. Zu den Kriterien zählen: *vgl. [6]*

- I Unterbauqualität
- I Radiusklasse
- I Verkehrsbelastung
- I Oberbau

Tabelle 1 *vgl. [5]*, Tabelle 2 *vgl. [5]* und Tabelle 3 *vgl. [5]* zeigen für diese Arbeit wichtige Standardelemente mit dazugehörigen strategischen Nutzungsdauern. Betrachtet wird das Schienenprofil 60E1, 54E2 und 49E1 mit der Schienengüte R260 und 350HT. Der Schwellentyp wird unterteilt in Betonschwelle und Holzschwelle. Für die Belastung werden sechs unterschiedliche Klassen verwendet und beim Radius vier. Nutzungsdauern für Bereiche mit Geschwindigkeiten über 200 km/h bzw. für Bereiche mit besohnten Betonschwellen werden hier nicht angegeben, da für diese Bereiche keine, der Auswertung dienenden, Daten aus den Datenbanken vorliegen.

Für Belastungen unter 8.000 GesBt/Tag, Gleis wird in der Praxis von strategischen Nutzungsdauern zwischen 50 Jahren und 80 Jahren ausgegangen. 80 Jahre werden zum Beispiel für Gleise des Ergänzungsnetzes und Belastungen < 1.000 GesBt/Tag, Gleis angesetzt. Da in dieser Arbeit ausschließlich das Kernnetz detailliert untersucht wird und daher für diese Belastungsklasse davon ausgegangen werden kann, dass Belastungen knapp unter 8.000 GesBt/Tag, Gleis auftreten, wird für diese Kategorie die strategische Nutzungsdauer einheitlich auf 50 Jahre festgelegt.

Für die Erreichung der, in den folgenden Tabellen angegebenen, Nutzungsdauern ist ein tragfähiger Untergrund Voraussetzung. Für den Oberbau stellt häufig der Schotter einen limitierenden Faktor dar, welcher die Nutzungsdauer begrenzt. Ein Schottertausch bzw. eine Schotterbettreinigung ist im Vergleich zu Schienen- und Schwelleninstandhaltungen teuer. Aus diesem Grund sollte an der Schotterqualität nicht gespart werden.

Neben den in den Tabellen angegebenen strategischen Nutzungsdauern, die eine aus wirtschaftlicher und technischer Sicht optimale Nutzungsdauer für die unterschiedlichen Gleisanlagen darstellen, gibt es noch den Begriff der buchhalterischen Nutzungsdauer. Bei den Österreichischen Bundesbahnen liegt die buchhalterische Nutzungsdauer für sämtliche, in der Arbeit betrachteten Abschnitte, bei 30 Jahren.

		Schienenprofil	60E1	
		Schienenlänge	R260 / 350HT	
		Schwellentyp	Betonschwelle	Holzschwelle
Belastung [GesBt/Tag, Gleis]	Anzahl Gleise	Radius [m]	Strategische Nutzungsdauer [a]	Strategische Nutzungsdauer [a]
> 70.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	26	26
		400 – 600	23	23
		250 – 400	21	21
		< 250	-	18
45.000 – 70.000	ein-/ zwei-/ viergleisig	> 600	30	30
		400 – 600	28	28
		250 – 400	25	25
		< 250	-	23
30.000 – 45.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	36	35
		400 – 600	34	34
		250 – 400	28	28
		< 250	-	25
15.000 – 30.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	40	35
		400 – 600	36	35
		250 – 400	34	34
		< 250	-	32
8.000 – 15.000	eingleisig	> 600	43	35
		400 – 600	40	35
		250 – 400	38	35
		< 250	-	35
< 8.000	eingleisig	-	50	50

Tabelle 1 Strategische Nutzungsdauern – Schienenprofil 60E1 vgl. [5]

		Schienenprofil	54E2	
		Schienengüte	R260 / 350HT	
		Schwellentyp	Betonschwelle	Holzschwelle
Belastung [GesBt/Tag, Gleis]	Anzahl Gleise	Radius [m]	Strategische Nut- zungsdauer [a]	Strategische Nut- zungsdauer [a]
> 70.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	20	20
		400 – 600	19	19
		250 – 400	18	18
		< 250	-	16
45.000 – 70.000	ein-/ zwei-/ viergleisig	> 600	25	25
		400 – 600	24	24
		250 – 400	22	22
		< 250	-	20
30.000 – 45.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	32	32
		400 – 600	31	31
		250 – 400	26	26
		< 250	-	22
15.000 – 30.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	36	35
		400 – 600	34	34
		250 – 400	30	30
		< 250	-	28
8.000 – 15.000	eingleisig	> 600	43	35
		400 – 600	40	35
		250 – 400	38	35
		< 250	-	35
< 8.000	eingleisig	-	50	50

Tabelle 2 Strategische Nutzungsdauern – Schienenprofil 54E2 vgl. [5]

		Schienenprofil	49E1	
		Schienengüte	R260 / 350HT	
		Schwellentyp	Betonschwelle	Holzschwelle
Belastung [GesBt/Tag, Gleis]	Anzahl Gleise	Radius [m]	Strategische Nut- zungsdauer [a]	Strategische Nut- zungsdauer [a]
> 70.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	19	19
		400 – 600	18	18
		250 – 400	18	18
		< 250	-	16
45.000 – 70.000	ein-/ zwei-/ viergleisig	> 600	24	24
		400 – 600	23	23
		250 – 400	21	21
		< 250	-	19
30.000 – 45.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	32	32
		400 – 600	30	30
		250 – 400	35	35
		< 250	-	21
15.000 – 30.000	ein-/ zwei- gleisig	> 600	35	35
		400 – 600	33	33
		250 – 400	29	29
		< 250	-	27
8.000 – 15.000	eingleisig	> 600	43	35
		400 – 600	40	35
		250 – 400	38	35
		< 250	-	35
< 8.000	eingleisig	-	50	50

Tabelle 3 Strategische Nutzungsdauern – Schienenprofil 49E1 vgl. [5]

Ob die strategische Nutzungsdauer eines Gleises erreicht werden kann, kann bereits vorab mittels Verschlechterungsfunktionen prognostiziert werden. Mit folgender einfachen Formel kann das Gleislageverhalten beschrieben werden.

$$Q(t) = Q_0 * e^{b*t} \quad [7]$$

- Q_0 Anfangsqualität zum Zeitpunkt der Neulage
- b Verschlechterungsrate – je größer der Wert, desto stärker ist die Verschlechterung
- t Zeit

Ein gutes Gleis verschlechtert sich nur langsam, ein schlechtes Gleis rasch. Aus diesem Grund ist es wichtig, eine hohe Ausgangsqualität zu erreichen. Diese kann durch

- ⌚ optimale Arbeitsmethoden und Technologien
- ⌚ hochwertige Gleisbaumaterialien

erlangt werden. Eine hohe Ausgangsqualität führt jedoch nicht zwingend zu langen Nutzungsdauern. Nur in Kombination mit einer entsprechenden Instandhaltung können lange Nutzungsdauern realisiert werden. *vgl. [4], vgl. [7]*

Die Verschlechterungsrate kann durch folgende Parameter verbessert werden: *vgl. [7]*

- ⌚ Vergrößerung des Trägheitsmomentes der Schiene
- ⌚ Verkleinerung des Schwellenabstandes
- ⌚ Homogen verdichtetes Schotterbett
- ⌚ Tragfähiger Unterbau
- ⌚ Geringe Schwankung der vertikalen Elastizität
- ⌚ Keine engen Kurvenradien in der Trassierung

Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die einzelnen Gleiskomponenten gut aufeinander abgestimmt sind. Zu geringe, aber auch zu hohe Steifigkeiten können zu Schädigungen der Komponenten führen.

2 Datengrundlage für die Auswertungen

2.1 LA-Statistiken der ÖBB-Infrastruktur AG

Für die Masterarbeit wurden folgende LA-Statistiken der ÖBB-Infrastruktur AG bereitgestellt *vgl. [1]*:

- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: März 2000
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2001
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2003
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2004
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2005
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Dezember 2005
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Dezember 2006
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2009
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: November 2009
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2010
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2012
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Oktober 2012
- I Zusammenfassung LA-Statistik – Stand: Jänner 2013

Um die fehlenden Daten aus den Jahren 2002 und 2008 zu kompensieren, wurden für diese Zeiträume Prognosen der Zusammenfassungen aus den Jahren 2000 und 2001 bzw. 2006 näher betrachtet. Durch diese Maßnahme konnte eine durchgehende Statistik zwischen den Jahren 2000 und 2013 erstellt werden.

2.2 Streckeninformationen – Kernnetz der ÖBB-Infrastruktur AG

Folgende zwei Datenbanken wurden für die Auswertungen herangezogen *vgl. [2]*:

I TUG DB07

I TUG DB13

In den genannten Datenbanken finden sich in Abständen von je 5 m detaillierte Angaben zu Schienenprofiltyp, Schwellentyp, Belastungsklasse, Radiusklasse und Einbaudatum von Schwelle und Schiene, getrennt für jedes Gleis.

3 Allgemeine Auswertungen zu den Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG

3.1 Allgemeines

Seit mehreren Jahren gibt es detaillierte Aufzeichnungen der im Netz der ÖBB Infrastruktur AG vorhandenen dauerhaften LA. Die Ursachen für diese erforderlichen Geschwindigkeitsreduktionen sind vielseitig. Sie reichen von Oberbau, Unterbau, Brücke, Durchlass, Eisenbahnkreuzung (EK), Bescheid und Sonstiges, bis zu unterschiedlichen Kombination dieser Aufzählungen.

Im Rahmen der Masterarbeit soll geklärt werden, ob LA zur Erreichung oder zur Streckung der strategischen Nutzungsdauer verwendet werden. Zur Klärung dieser Frage wurden Daten mit Ursache „Oberbau“, „Unterbau“ und jene, bei denen „Oberbau und Unterbau“ als Ursache genannt wird, detailliert untersucht. Außerdem beschränkt sich die Auswertung auf Hauptgleise, also auf Gleis 1 und 2, sowie auf das Kernnetz mit Netzkatgorie A und B1.

3.2 Anzahl der Langsamfahrstellen

Abbildung 3 *vgl. [3]* zeigt die Anzahl der LA für die in der Masterarbeit betrachteten Ursachen zwischen den Jahren 2000 und 2013.

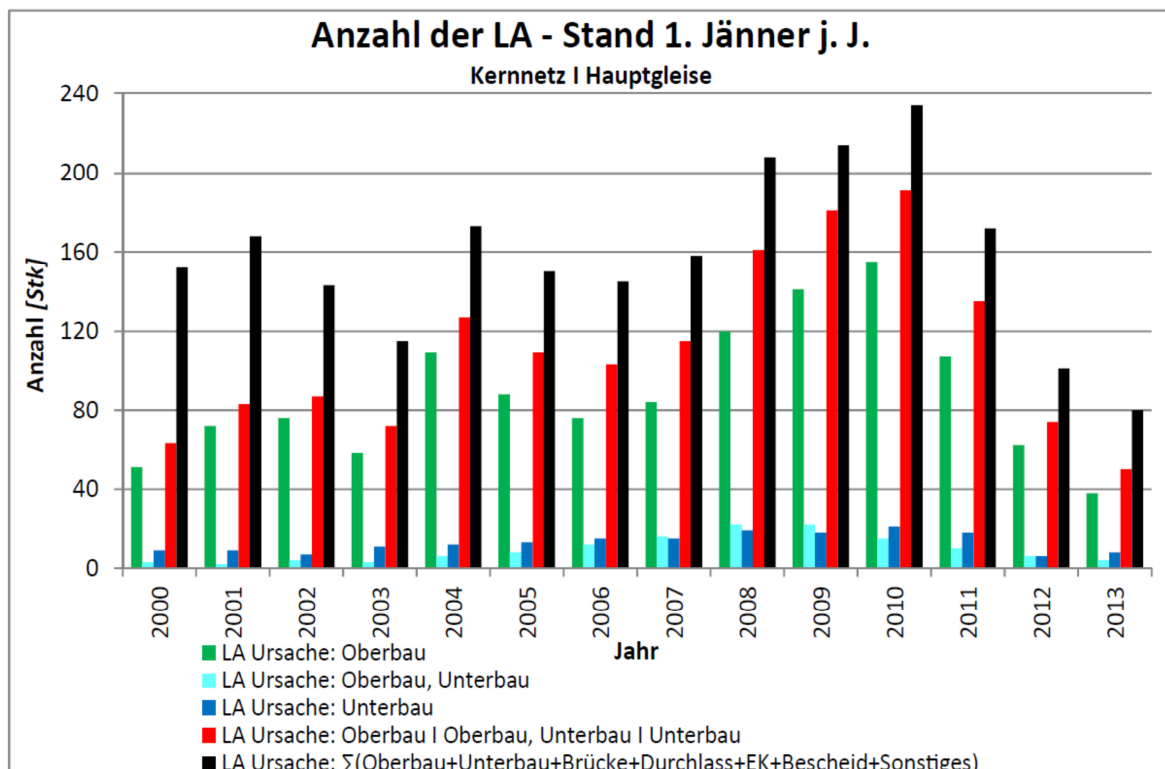


Abbildung 3 Anzahl der LA – Stand 1. Jänner j. J. *vgl. [3]*

Betrachtet man die LA Ursache „Oberbau“, erkennt man eine Spitze in den Jahren 2004 und 2010, wobei im Jahr 2010 der Maximalwert auftritt. Für die LA Ursache „Unterbau“ tritt der Maximalwert ebenso 2010 auf und für die Ursache „Oberbau, Unterbau“ 2009. Seit dem Jahr 2010 nimmt die Anzahl der LA deutlich ab. Verläuft dieser Rückgang in den kommenden Jahren ähnlich, kommt man dem Ziel, LA auf eine wirtschaftlich vertretbare Zahl zu reduzieren, deutlich näher. Zu erkennen ist außerdem, dass einer der häufigsten Gründe für LA die Ursache „Oberbau“ ist.

Neben den für die Arbeit relevanten LA Ursachen wurde zur Ergänzung dieser und der folgenden zwei Abbildungen die Gesamtanzahl der LA in schwarz dargestellt.

3.3 Durchschnittliche Länge der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA

Abbildung 4 vgl. [3] zeigt die durchschnittliche Länge der am 1. Jänner jeden Jahres zwischen 2000 und 2013 gezählten LA. Zu beachten ist, dass LA, die über mehrere Jahre verhängt worden sind, auch mehrmals in das dargestellte Ergebnis eingehen. Das hat zur Folge, dass mit Zunahme der LA Dauer der Einfluss auf das Ergebnis steigt.

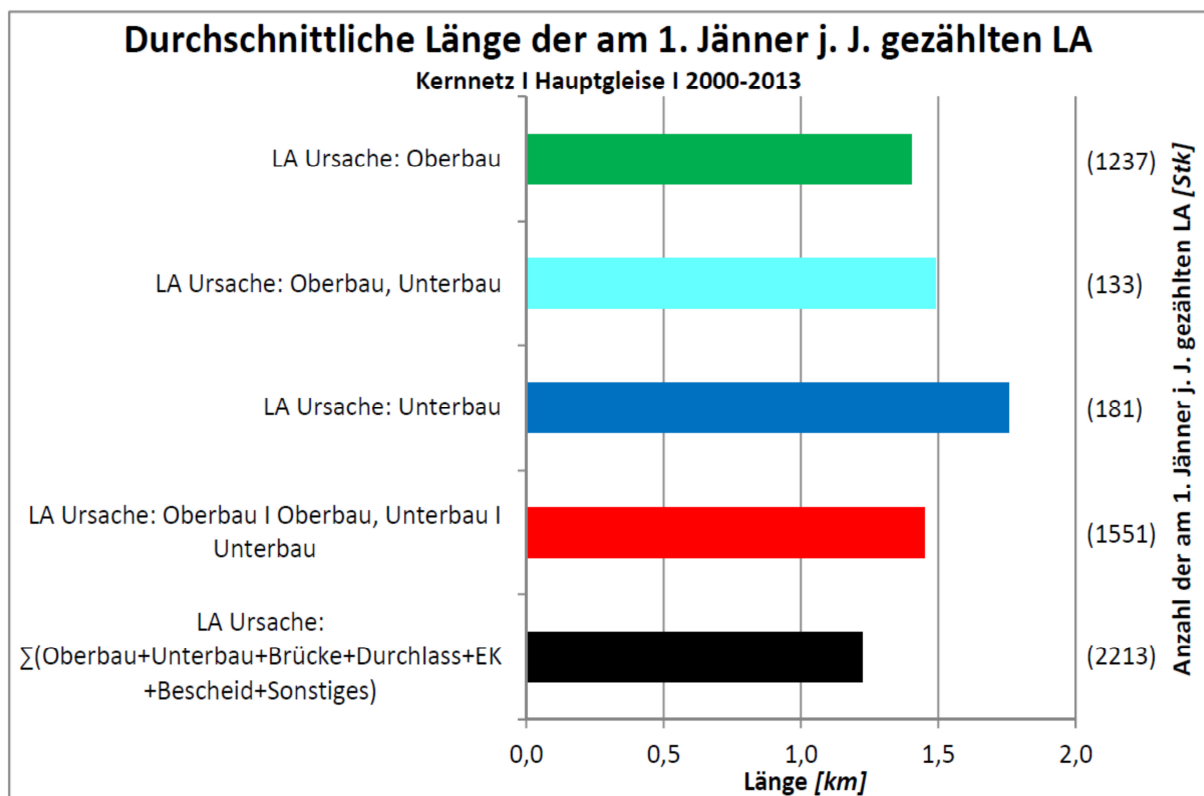


Abbildung 4 Durchschnittliche Länge der am 1. Jänner j. J. gezählten LA vgl. [3]

Die durchschnittliche Länge der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA beträgt 1,22 km. Für LA mit der Ursache „Oberbau“ liegt der Wert bei 1,40 km, für die Ursache „Unterbau“ bei 1,70 km und für „Oberbau, Unterbau“ bei 1,49 km.

3.4 Durchschnittliche Geschwindigkeitsreduktion der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA

Abbildung 5 vgl. [3] zeigt die durchschnittliche Geschwindigkeitsreduktion der am 1. Jänner jeden Jahres zwischen 2000 bis 2013 gezählten LA. Auch bei dieser Abbildung ist anzumerken, dass mit Zunahme der LA Dauer der Einfluss auf das dargestellte Ergebnis steigt.

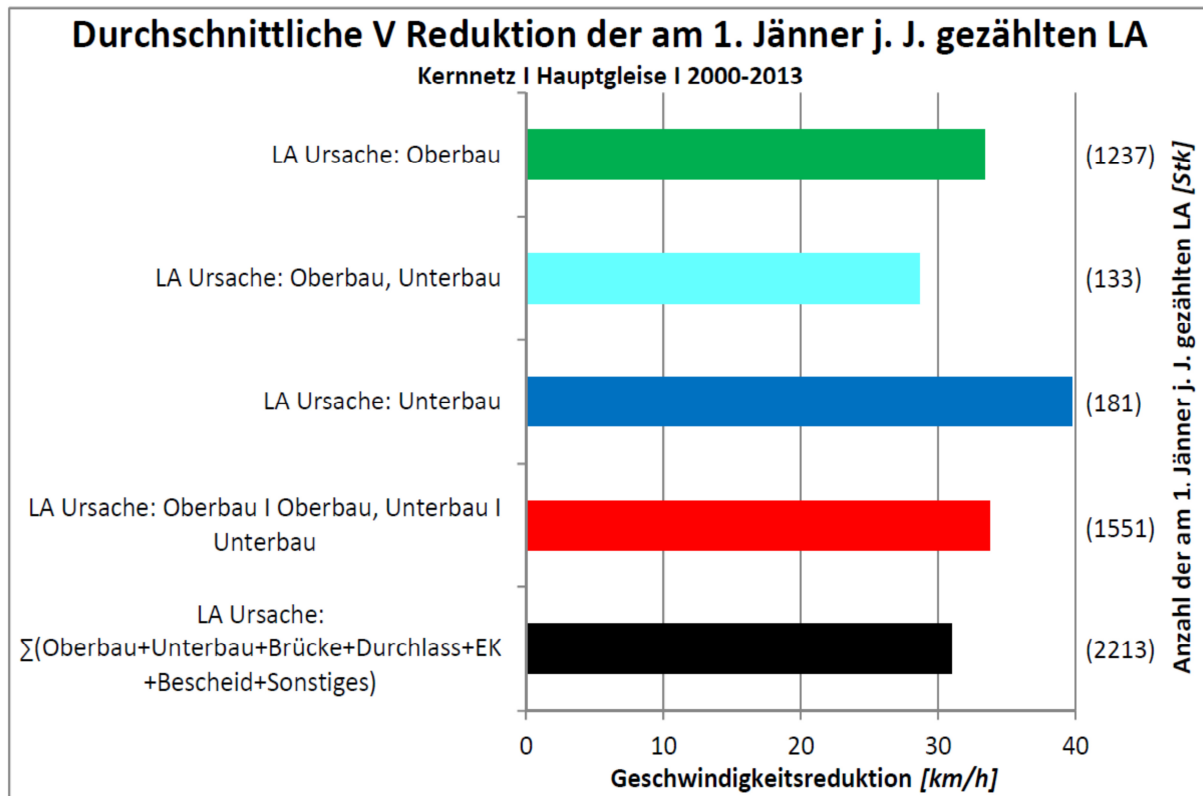


Abbildung 5 Durchschnittliche V Reduktion der am 1. Jänner j. J. gezählten LA vgl. [3]

Die durchschnittliche Geschwindigkeitsreduktion der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA beträgt 31 km/h. Betrachtet man die LA Ursache „Oberbau“, ergibt sich ein Wert von 33 km/h. Bei der Ursache „Unterbau“ liegt dieser Wert bei 40 km/h und bei der Ursache „Oberbau, Unterbau“ bei 29 km/h.

4 Detaillierte Auswertungen zu den Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG

4.1 Allgemeines

Für die detaillierten Auswertungen wurde eine ausführliche Untersuchung von LA mit Ursache „Oberbau“, „Oberbau, Unterbau“ und „Unterbau“, im Zeitraum zwischen 2000 und 2013, durchgeführt. Dabei wurden jene Abschnitte untersucht, bei denen aus den TUG Datenbanken 07 und 13 eine detaillierte Streckeninformation ausgelesen werden konnte. Im Bereich von Weichen finden sich beispielsweise keine brauchbaren Informationen. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, für Weichen ausführliche Betrachtungen anzustellen.

Bei Vorhandensein genauer Informationen wurden LA nach folgenden Kriterien in homogene Teilbereiche eingeteilt:

- I Schienenprofiltyp
- I Schwellentyp
- I Belastungsklasse
- I Radiusklasse

Im nächsten Schritt wurden jene Daten aussortiert, bei denen das Enddatum von LA aus der LA-Statistik nicht mit dem aus der TUG Datenbank 07 bzw. TUG Datenbank 13 angegebenen Schwelleneinbaudatum übereinstimmt. Das Schwelleneinbaudatum entspricht dem Datum einer Oberbauerneuerung. Im Rahmen der detaillierten Auswertung wurden somit nur jene Bereiche betrachtet, bei denen definitiv mit Aufhebung der LA der Oberbau erneuert worden ist.

Damit das Oberbaualter errechnet werden konnte, war es nötig, dass in den Datenbanken neben einem mit der LA-Statistik korrelierenden Schwelleneinbaudatum zusätzlich eine weitere Datumsangabe von einer Oberbauerneuerung vorhanden war. Mit Ausnahme von bestehenden LA wurden somit sämtliche Daten, bei denen in den zwei Datenbanken das Schwelleneinbaudatum ident war, ausgefiltert.

Wie schon in Kapitel 3.1 erwähnt, beschränkt sich die Auswertung auf Hauptgleise, also auf Gleis 1 und 2, sowie auf das Kernnetz mit Netzkategorie A und B1.

Gelegentlich war es erforderlich, die aus den LA-Statistiken angegebenen LA Ursachen zu korrigieren bzw. zu ergänzen. Dies war beispielsweise der Fall, wenn die in der LA-Statistik angegebenen Daten widersprüchlich waren.

Die verwendeten wirtschaftlich und technisch optimalen Nutzungsdauern für die folgenden Auswertungen sind aus Tabelle 1 *vgl. [5]*, Tabelle 2 *vgl. [5]* und Tabelle 3 *vgl. [5]* aus Kapitel 1.3 zu entnehmen. Diese Nutzungsdauer wird auch als strategische Nutzungsdauer bezeichnet.

Für die Belastungsklasse < 8.000 GesBt/Tag, Gleis wird für die nachfolgenden Betrachtungen die strategische Nutzungsdauer mit 50 Jahren festgelegt. Neben den üblichen Schienenprofilen 49E1, 54E2 und 60E1 wurde für diese Belastungsklasse bei A-Schienen auf Holzschwellen bzw. Betonschwellen ebenso eine strategische Nutzungsdauer von 50 Jahren definiert. Die Anzahl der LA mit A-Schienen und einer Belastungsklasse < 8.000 GesBt/Tag, Gleis liegt bei 1,37 mit einer Länge von 1,22 km. Bei A-Schienen, die für höhere Belastungsklassen eingesetzt werden bzw. für Bereiche mit Stahlschwellen, Brückenhölzern oder wenn der Schwellentyp unbekannt ist, wurde keine Nutzungsdauer definiert. Diese geringe Datenmenge bleibt somit bei den Nutzungsdaueranalysen unberücksichtigt.

Die buchhalterische Nutzungsdauer liegt für sämtliche betrachtete Abschnitte bei 30 Jahren.

4.2 Auswertungsverfahren

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Untersuchungsreihen durchgeführt. Einerseits wurde eine längenbezogene Auswertung angestellt, auf der anderen Seite wurde anzahlbezogen ausgewertet. Bei den längenbezogenen Betrachtungen werden die Teilbereiche entsprechend ihrer Länge gewichtet. Das bedeutet, dass längere LA einen größeren Einfluss auf das Endergebnis haben, als kürzere LA. Bei der anzahlbezogenen Auswertung ist dies nicht der Fall. Es wird davon ausgegangen, dass jede LA unabhängig von ihrer Länge gleich gewichtet wird.

Zusätzlich wird bei der anzahlbezogenen Auswertung bei einem geringen Anteil von detaillierter Streckeninformation, dieser geringe Teil gleich stark gewichtet, wie der Anteil einer LA mit großer Menge detaillierter Streckeninformation. Deshalb war es nötig, ein Mindestmaß an detaillierter Information je LA für die anzahlbezogene Auswertung festzulegen.

Abbildung 6 zeigt den Unterschied zwischen den Auswertungsverfahren von Streckenabschnitten mit LA und der Ursache „Oberbau“. Auf der vertikalen Achse ist die Liegedauer des Oberbaues bei LA – Verhängung aufgetragen, auf der horizontalen Achse der vorhandene Anteil detaillierter Streckeninformation je LA. Für diese Darstellung wurden auch LA, die innerhalb eines Jahres verhängt und aufgelöst wurden, betrachtet.

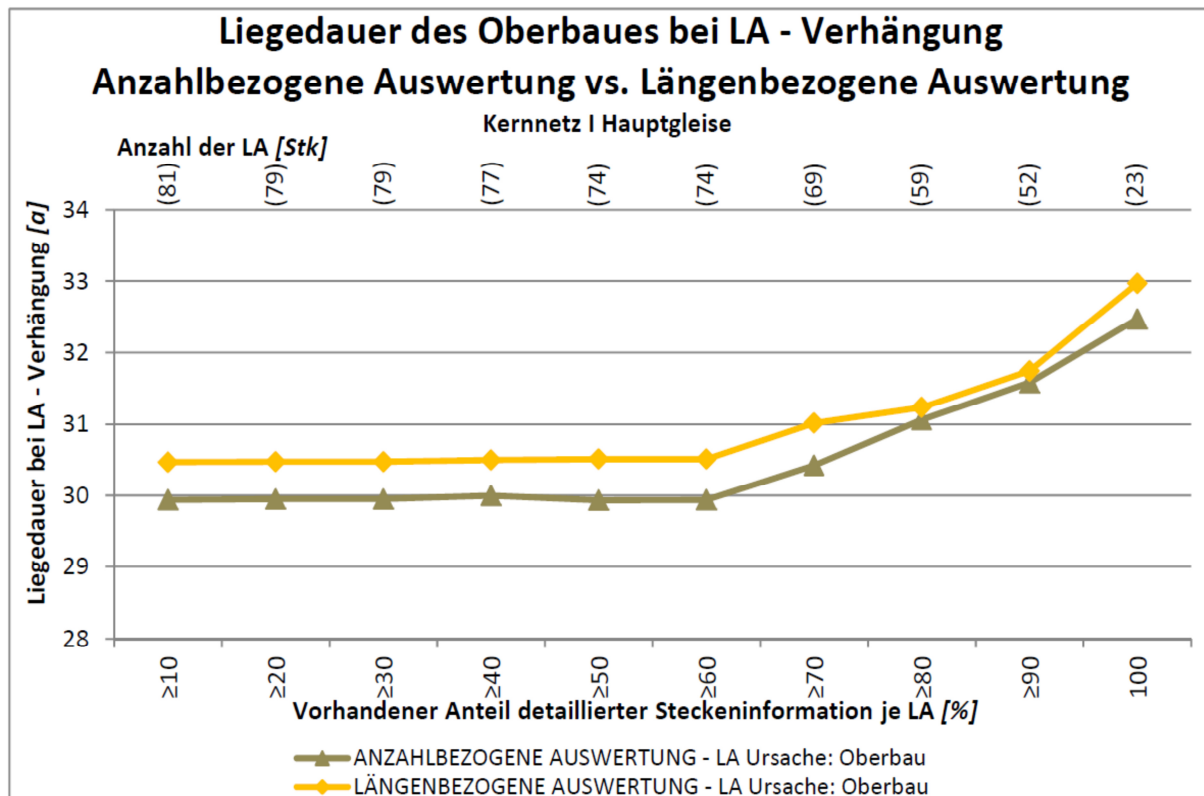


Abbildung 6 Unterschied der Auswertungsverfahren

Deutlich zu erkennen ist, dass es Unterschiede zwischen den Auswertungsverfahren gibt, die Werte jedoch nur geringfügig voneinander abweichen. Für dieses konkrete Beispiel liegen die Abweichungen bei $< 2\%$. Die Liegedauer bis zur LA – Verhängung ist bei der längenbezogenen Auswertung, unabhängig vom Anteil detaillierter Streckeninformation höher, als bei der anzahlbezogenen Auswertung. Das bedeutet, dass längere LA später verhängt werden, als kürzere LA. Betrachtet man nur LA, bei denen ein großer Anteil detaillierter Information vorhanden ist, steigt die durchschnittliche Liegedauer des Oberbaues bei LA – Verhängung.

Für die anzahlbezogenen Auswertungen wird ein Mindestmaß von $\geq 60\%$ vorhandener detaillierter Streckeninformation je LA gewählt. Mit dieser Annahme wird nur ein geringer Anteil von Daten nicht berücksichtigt. Weiters befinden sich beim gewählten Mindestmaß noch beide Funktionen im horizontalen, stabilen Bereich, wodurch der Unterschied der Ergebnisse im Vergleich zur längenbezogenen Auswertung, bei der alle Daten berücksichtigt werden, gering bleibt.

4.3 Längenbezogene Auswertungen

Bei den längenbezogenen Auswertungsreihen wurde jährlich, das für das untersuchte Jahr gültige Oberbualter, ermittelt, sowie der für jedes Jahr unterschiedliche Erreichungsgrad der strategischen und buchhalterischen Nutzungsdauer. Diese Berechnungen

wurden für sämtliche Abschnitte der betrachteten LA durchgeführt. Bei den Ergebnissen handelt es sich somit um mittlere Oberbauliegedauern bzw. Erreichungsgrade für Bereiche, an denen LA verhängt worden sind.

Alle LA zwischen 2. Jänner und 31. Dezember innerhalb eines Jahres wurden bei der längenbezogenen Auswertung nicht berücksichtigt, da bei dieser Auswertung immer nur der 1. Jänner jeden Jahres für die Betrachtungen herangezogen wurde.

4.3.1 Durchschnittliche Oberbauliegedauer der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA

Für die in den folgenden zwei Diagrammen dargestellten Liegedauern konnten auch Datensätze mitberücksichtigt werden, bei denen die strategische Nutzungsdauer nicht definiert wurde. Die Darstellung für alle Bereiche mit A-Schienen, für Bereiche mit dem Schwellentyp Stahlschwellen, Brückenhölzer oder unbekannt, war auch möglich.

Abbildung 7 zeigt die durchschnittliche Oberbauliegedauer der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA für die LA Ursachen „Oberbau“, „Oberbau, Unterbau“ und „Unterbau“ inkl. einer Darstellung, bei der sämtliche genannten Ursachen berücksichtigt werden.

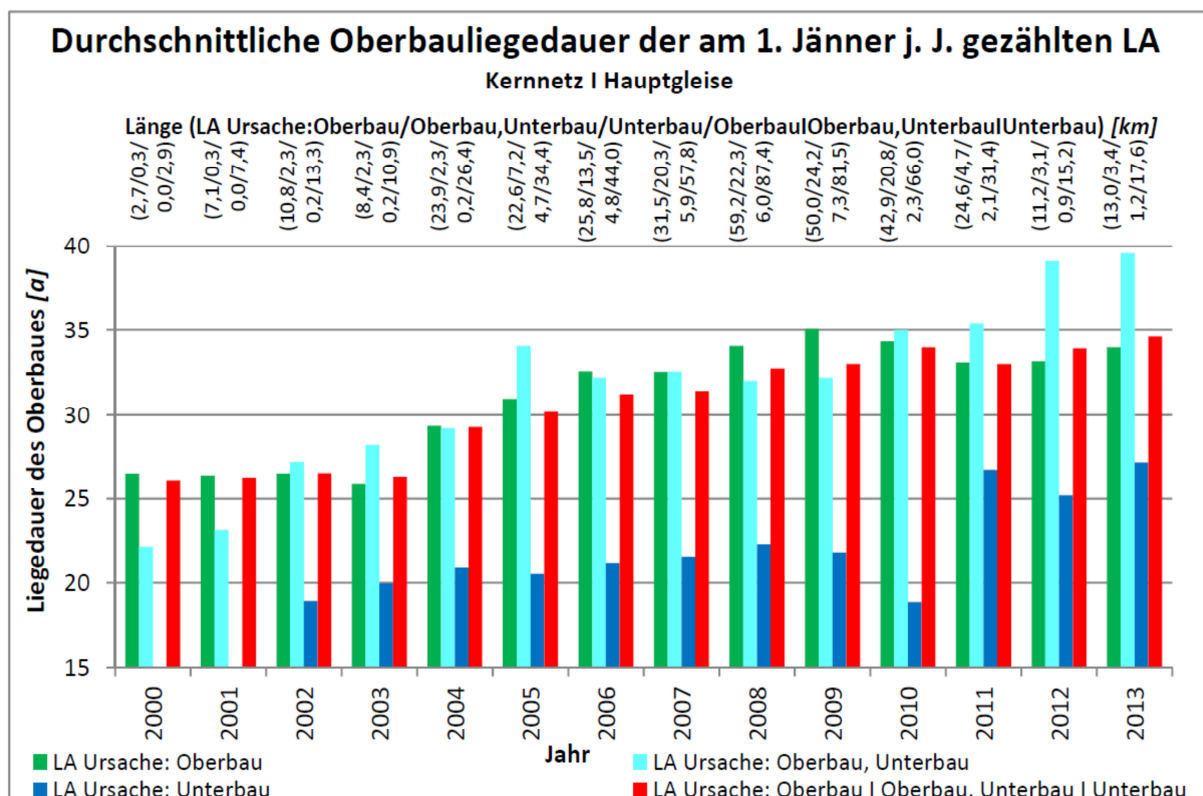


Abbildung 7 Durchschnittliche Oberbauliegedauer – 1

Für sämtliche LA Ursachen zeigt sich, dass sich die mittlere Liegedauer des Oberbaues im Bereich von LA in den letzten Jahren deutlich erhöht hat. Betrachtet man die LA Ursache

„Oberbau“, bei der große Datenmengen verarbeitet wurden, liegt der Wert im Jahr 2000 bei zirka 27 Jahren, mittlerweile hat er sich auf zirka 34 Jahre erhöht.

Die hohen Werte für die LA Ursache „Oberbau, Unterbau“ in den Jahren 2012 und 2013 sowie die niedrigen Werte für die Ursache „Unterbau“ aus dem Jahr 2010 sind auf die geringe Datenmenge dieser betrachteten Bereiche zurückzuführen.

Abbildung 8 zeigt den direkten Vergleich der durchschnittlichen Oberbauliegedauer der am 1. Jänner jedes Jahres gezählten LA zwischen der LA Ursache „Oberbau“ und der LA Ursache „Oberbau; Oberbau, Unterbau und Unterbau“.

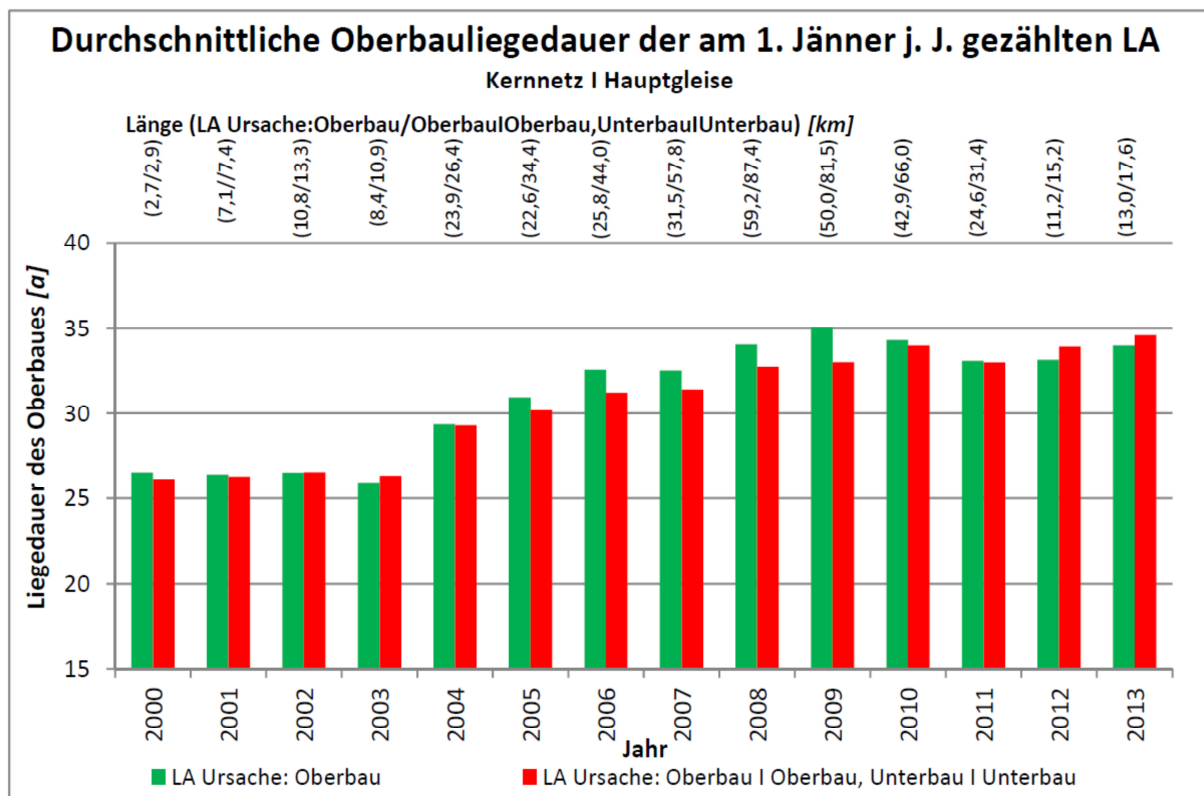


Abbildung 8 Durchschnittliche Oberbauliegedauer – 2

4.3.2 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues der am 1. Jänner jedes Jahres gezählten LA

Abbildung 9 zeigt die durchschnittlich realisierte Nutzungsdauer dividiert durch die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues der am 1. Jänner jedes Jahres gezählten LA in Prozent. Abgebildet werden LA mit der Ursache „Oberbau“, „Oberbau, Unterbau“ und „Unterbau“ inkl. einer Darstellung, bei der sämtliche genannten Ursachen berücksichtigt werden.

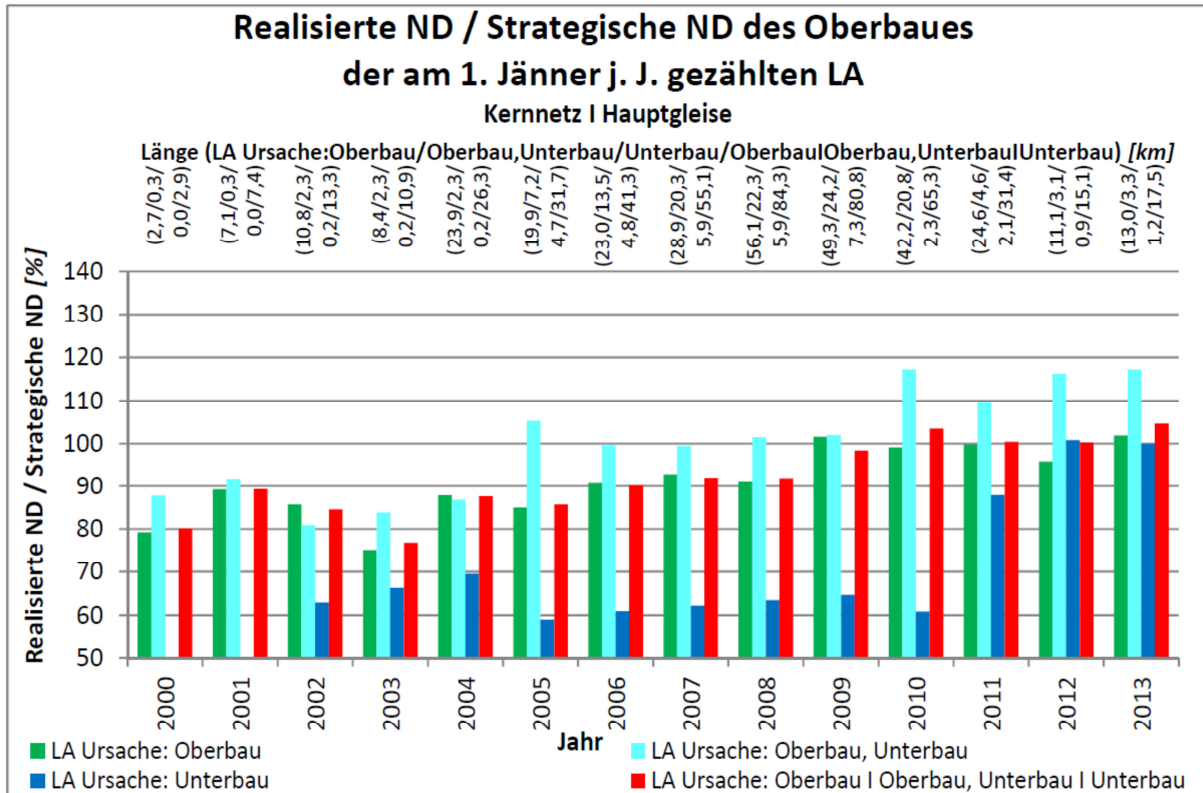


Abbildung 9 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 1

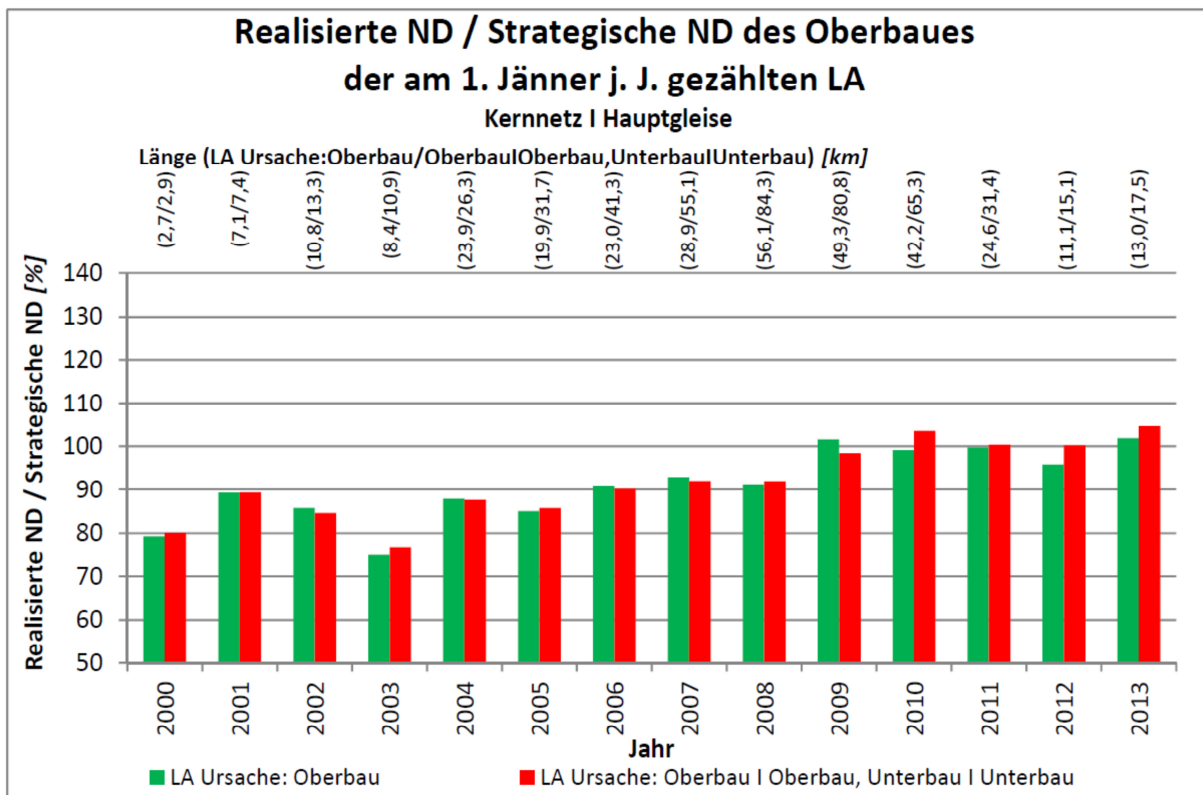


Abbildung 10 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 2

Abbildung 10 zeigt den direkten Vergleich des strategischen Nutzungsdauererreichungsgrades der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA zwischen der LA Ursache „Oberbau“ und der LA Ursache „Oberbau; Oberbau, Unterbau und Unterbau“.

Für sämtliche LA Ursachen zeigt sich, dass sich der Erreichungsgrad der strategischen Nutzungsdauer des Oberbaues im Bereich von LA in den letzten Jahren deutlich erhöht hat. Betrachtet man diesen Trend für die LA Ursache „Oberbau“, bei der große Datenmengen verarbeitet wurden, detaillierter, liegt der Wert zu Beginn des Jahrhunderts bei zirka 80 % und hat sich mittlerweile auf 100 % erhöht.

4.3.3 Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA

Abbildung 11 zeigt die durchschnittlich realisierte Nutzungsdauer dividiert durch die buchhalterische Nutzungsdauer des Oberbaues der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA in Prozent. Dargestellt werden LA mit der Ursache „Oberbau“, „Oberbau, Unterbau“ und „Unterbau“ inkl. einer Darstellung, bei der sämtliche genannten Ursachen berücksichtigt werden.

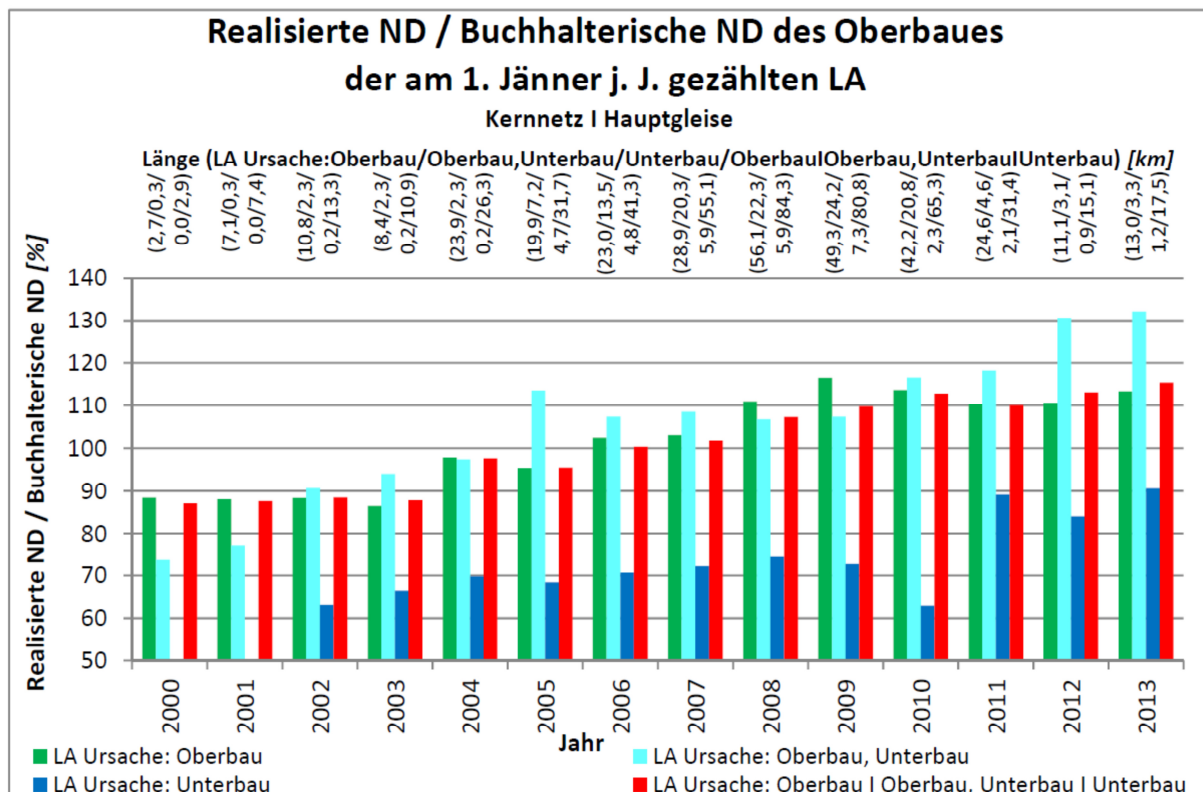


Abbildung 11 Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 1

Für sämtliche LA Ursachen zeigt sich auch hier, dass sich der Erreichungsgrad der buchhalterischen Nutzungsdauer des Oberbaues im Bereich von LA in den letzten Jahren deutlich erhöht hat. Betrachtet man diesen Trend für die LA Ursache „Oberbau“, bei der große

Datenmengen verarbeitet wurden, detaillierter, liegt der Wert im Jahr 2000 bei knapp 90 % und hat sich mittlerweile auf über 110 % erhöht.

Abbildung 12 zeigt den direkten Vergleich des buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrades der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA zwischen der LA Ursache „Oberbau“ und der LA Ursache „Oberbau; Oberbau, Unterbau und Unterbau“.

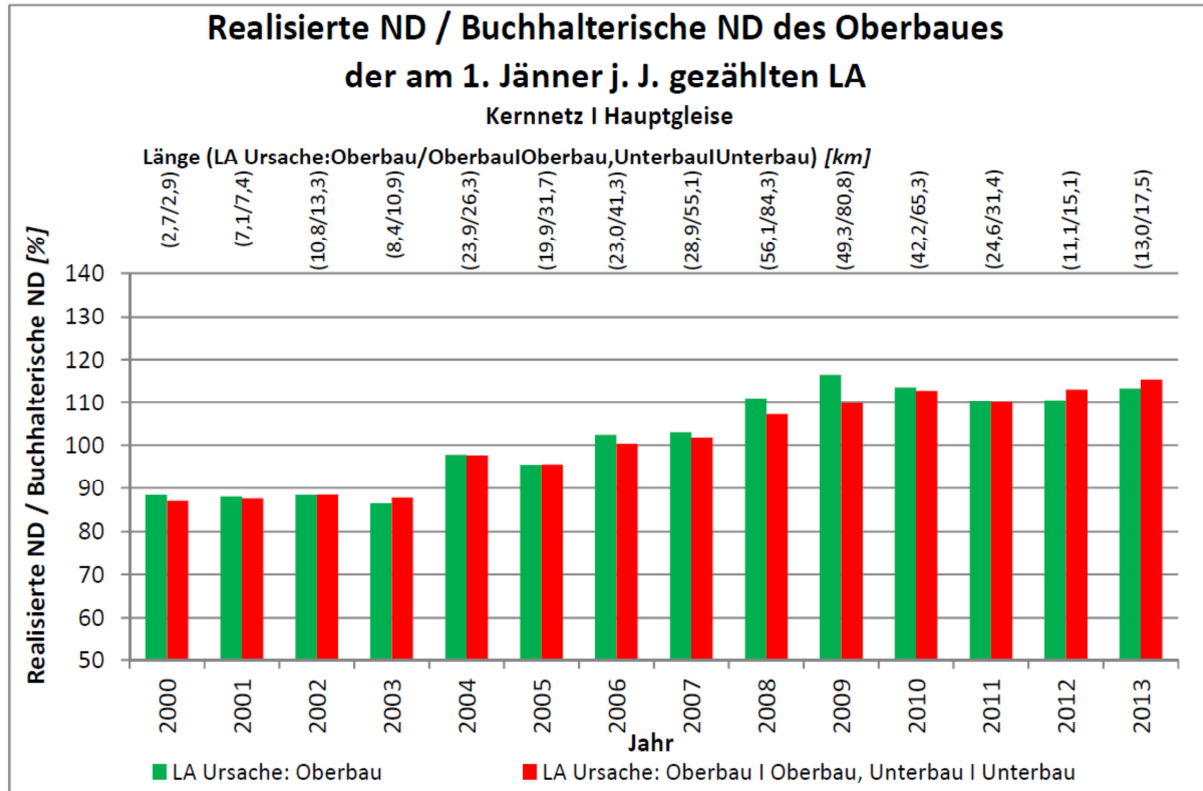


Abbildung 12 Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 2

Beachtet werden muss in Abbildung 7, Abbildung 9 und Abbildung 11, dass bei einigen Bereichen, vor allem für die Datendarstellung der LA Ursache „Unterbau“, geringe Datenmengen die Basis der Darstellung bilden. Da trotzdem ein Trend aus diesen Daten ausgelesen werden kann, wurden diese abgebildet.

4.3.4 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad im direkten Vergleich zum buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues der am 1. Jänner jeden Jahres gezählten LA

Abbildung 13 zeigt einen direkten Vergleich unterschiedlicher Nutzungsdauererreichungsgrade für den Oberbau mit der LA Ursache „Oberbau“.

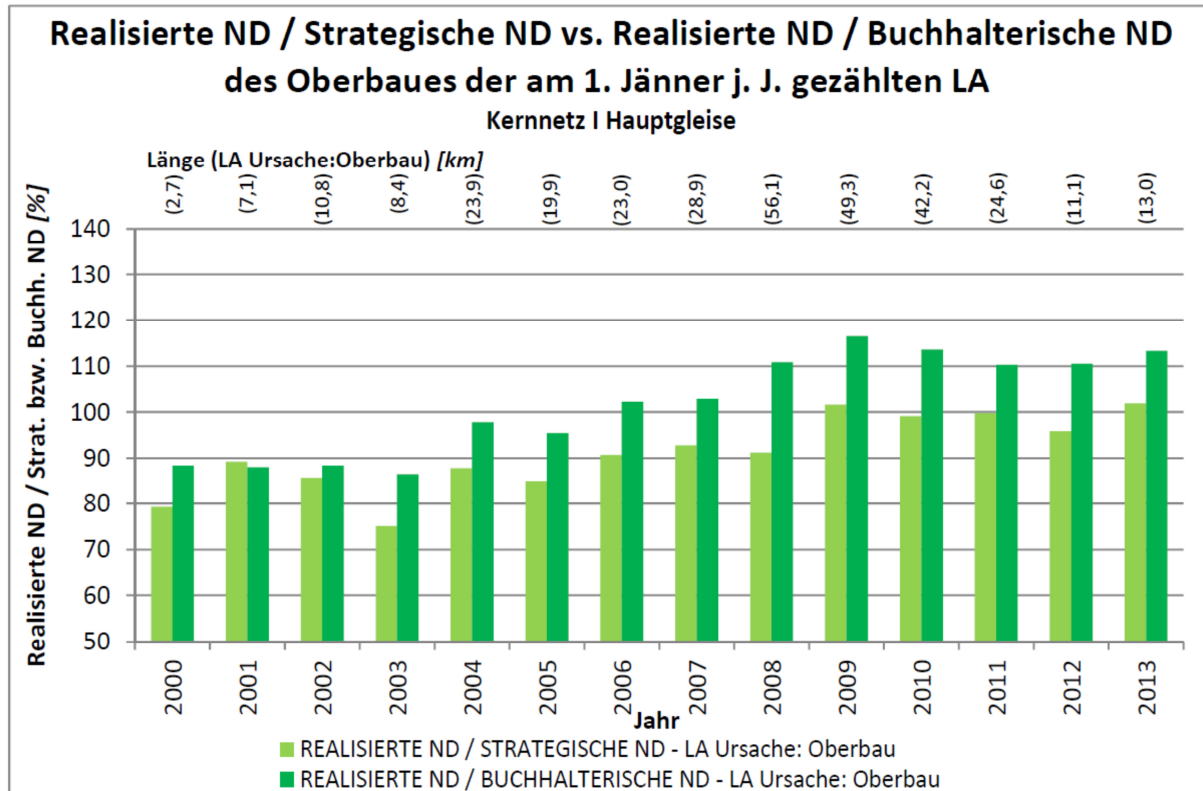


Abbildung 13 Vergleich der Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues

Mit Ausnahme vom Jahr 2001 liegt der durchschnittliche Erreichungsgrad der buchhalterischen Nutzungsdauer über jenem der strategischen Nutzungsdauer. Im Mittel liegt für die strategische Betrachtung ein Wert von deutlich unter 100 % vor, für die buchhalterische deutlich über 100 %. Das bedeutet, dass LA mit der Ursache „Oberbau“ im Durchschnitt die strategische Nutzungsdauer noch nicht erreicht und buchhalterisch bereits überschritten haben.

4.3.5 Detaillierte Betrachtungen von LA mit der Ursache „Oberbau“

In Abbildung 14, Abbildung 15, Abbildung 16 und Abbildung 17 werden Erreichungsgrade der strategischen bzw. buchhalterischen Nutzungsdauer des Oberbaues dargestellt. In diesen Darstellungen werden die Daten der LA Ursache „Oberbau“ auf der einen Seite nach Schwellentyp in Holzschwellen und Betonschwellen, auf der anderen Seite in sechs Belastungsklassen eingeteilt, gezeigt. Wie in den Diagrammen zuvor handelt es sich für die folgenden Darstellungen um mittlere Erreichungsgrade von LA Abschnitten zwischen den Jahren 2000 und 2013.

In Abbildung 16 und Abbildung 17 ist bei den höheren Belastungsklassen nur eine geringe Anzahl von Daten vorhanden. Da trotzdem Tendenzen aus den Daten ermittelt werden können, werden diese dargestellt.

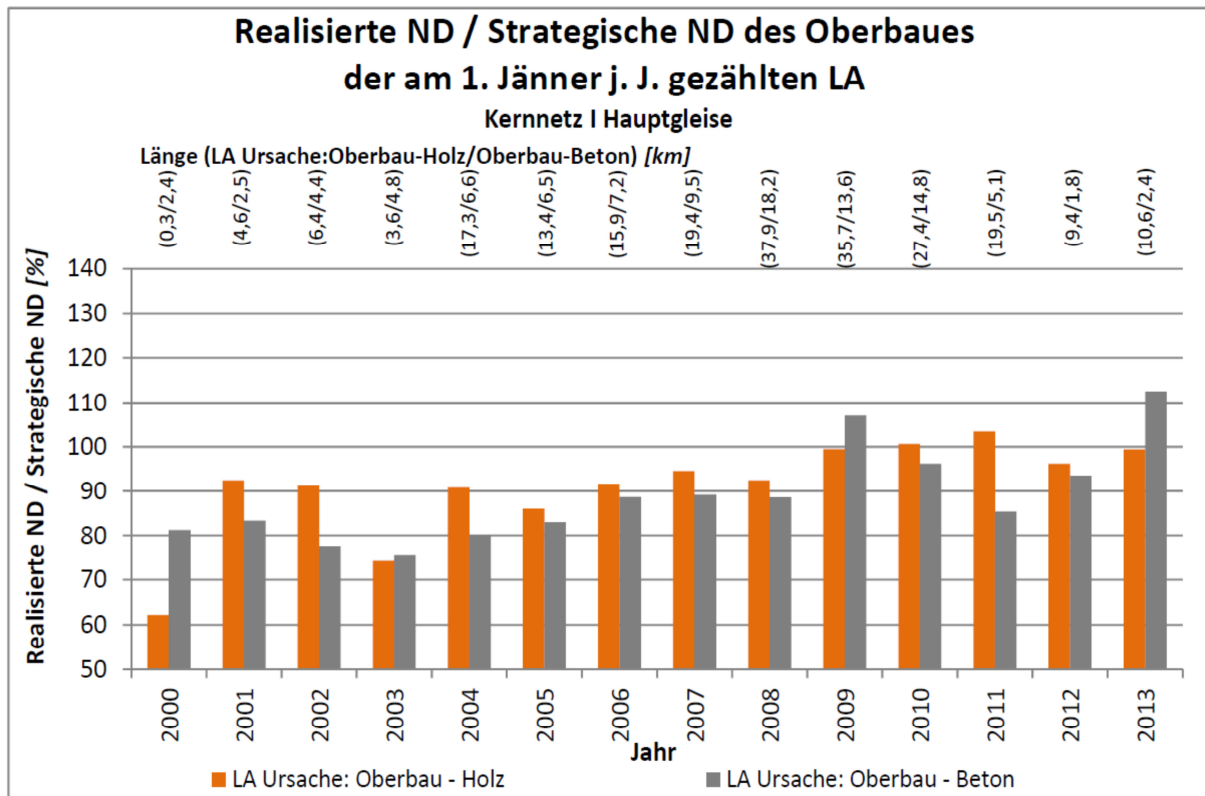


Abbildung 14 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues
Schwelle

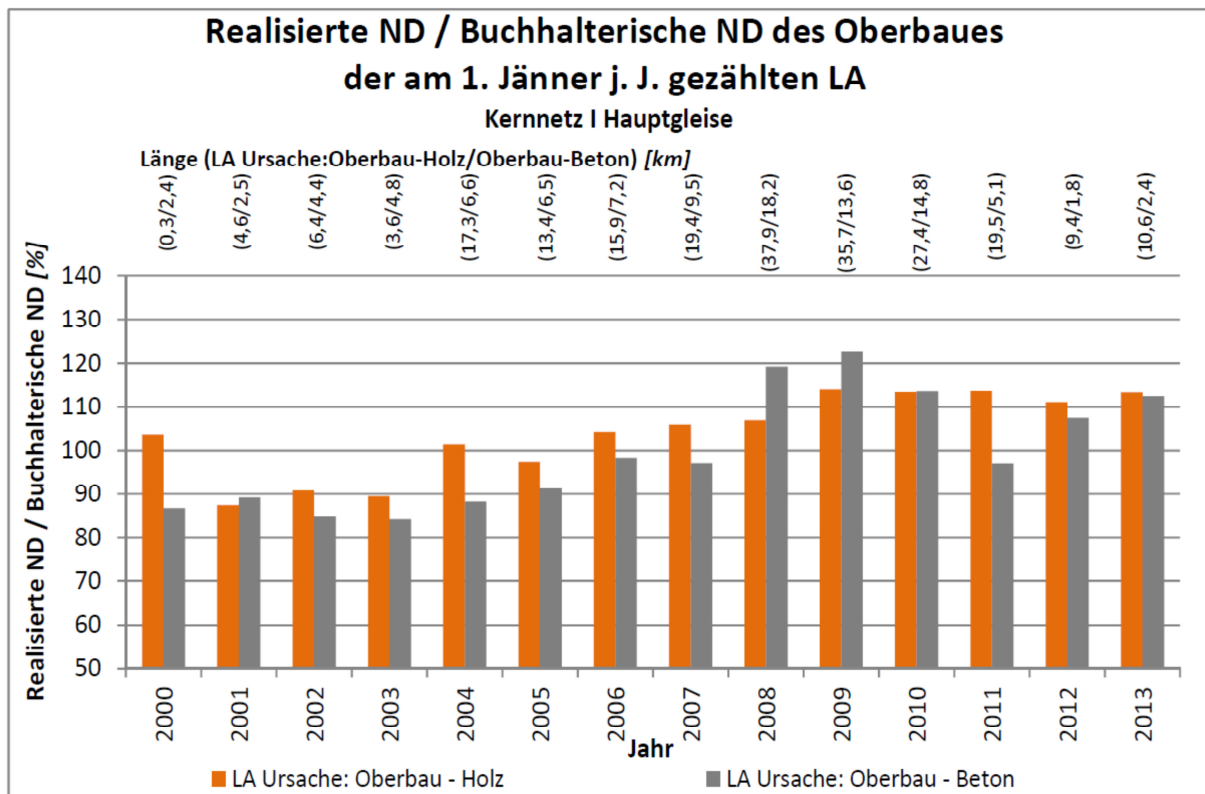


Abbildung 15 Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues
Schwelle

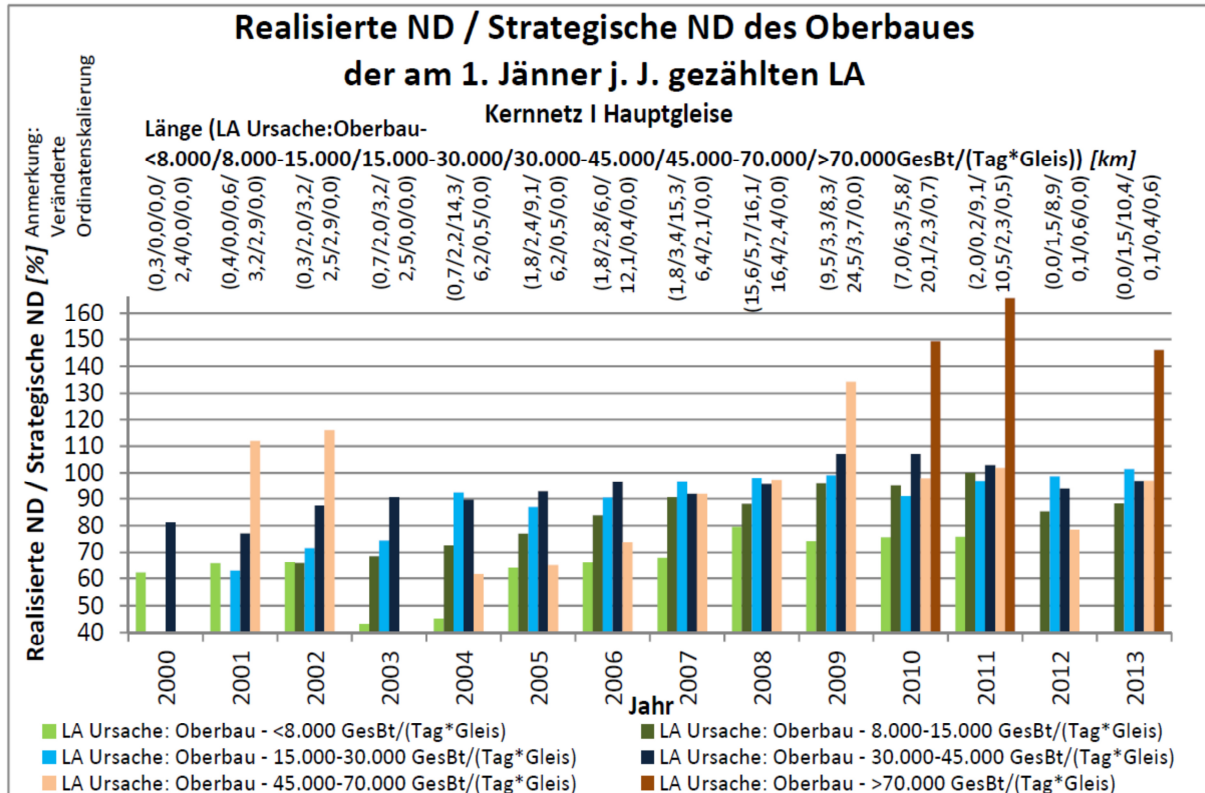


Abbildung 16 Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues
Belastung

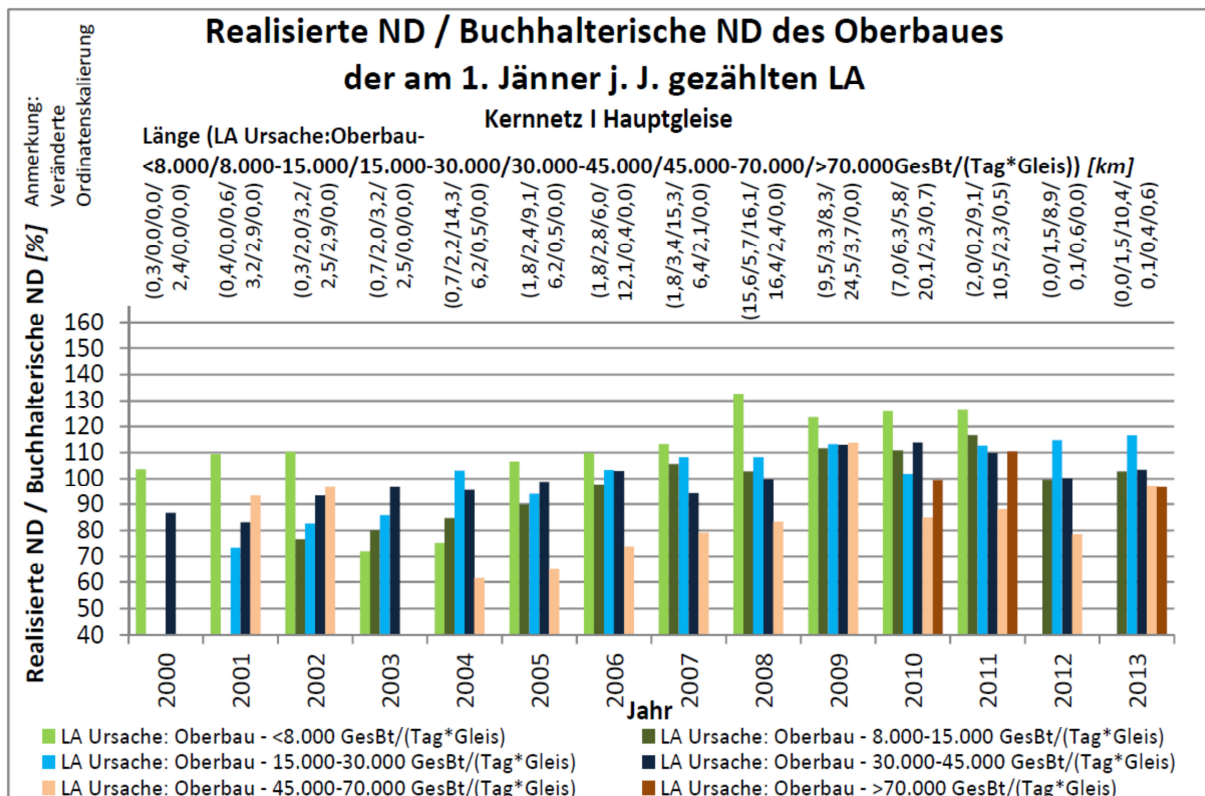


Abbildung 17 Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues
Belastung

Aus den detaillierten, nach Schwellentyp aufgeschlüsselten Betrachtungen für die LA Ursache „Oberbau“ ist zu erkennen, dass sich deutliche Streuungen zwischen den einzelnen betrachteten Jahren ergeben. Zusammengefasst ist festzustellen, dass bei Holzschwellen höhere Erreichungsgrade zu verzeichnen sind. Wie zu erwarten, ergeben sich bei den buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgraden höhere Werte, als bei den strategischen.

Bei den nach Belastungstyp eingeteilten Betrachtungen für die LA Ursache „Oberbau“ ergeben sich bei den strategischen Nutzungsdauererreichungsgraden für niedrige Belastungsklassen sehr niedrige Erreichungsgrade. Bei hohen Belastungsklassen finden sich hohe Erreichungsgrade. Betrachtet man die buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrade, finden sich diese großen Spitzen bei den niedrigen und hohen Belastungsklassen nicht mehr.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass bei niedrigen Belastungsklassen vor Erreichen der strategischen Nutzungsdauer LA vorzufinden sind, bei hohen Belastungsklassen nach Erreichen der strategischen Nutzungsdauer. Für die buchhalterische Nutzungsdauer gilt dieses Verhältnis nicht. Hier kann festgestellt werden, dass die realisierte Nutzungsdauer im Bereich der buchhalterischen Nutzungsdauer liegt.

Der Trend, dass mit Zunahme der Jahre höhere Werte errechnet werden, ist auch bei diesen detaillierten Betrachtungen von LA mit Ursache „Oberbau“ festzustellen.

4.4 Anzahlbezogene Auswertungen

Für die anzahlbezogene Auswertung wurden, wie in Kapitel 4.2 erläutert, nur jene Daten verwendet, bei denen mehr als 60 % detaillierte Information je LA vorhanden war. Für die untersuchten LA gingen jene Jahre in die Berechnung ein, in denen die LA verhängt bzw. aufgelöst wurden. Wichtig ist, dass LA innerhalb eines Jahres, im Unterschied zur längenbezogenen Auswertung, mitberücksichtigt wurden.

Getrennt dargestellte LA aus der LA-Statistik gehen im Folgenden bei Überschneidung von Datumsangaben und zusammenhängenden Kilometrierungen als eine LA in die Berechnung ein.

4.4.1 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – LA Ursache „Oberbau“ vs. „Oberbau; Oberbau, Unterbau, Unterbau“

Abbildung 18 zeigt für die LA Ursache „Oberbau“ und „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“ für LA – Bereiche die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues, sowie die Liegedauer des Oberbaues bei LA – Verhängung.

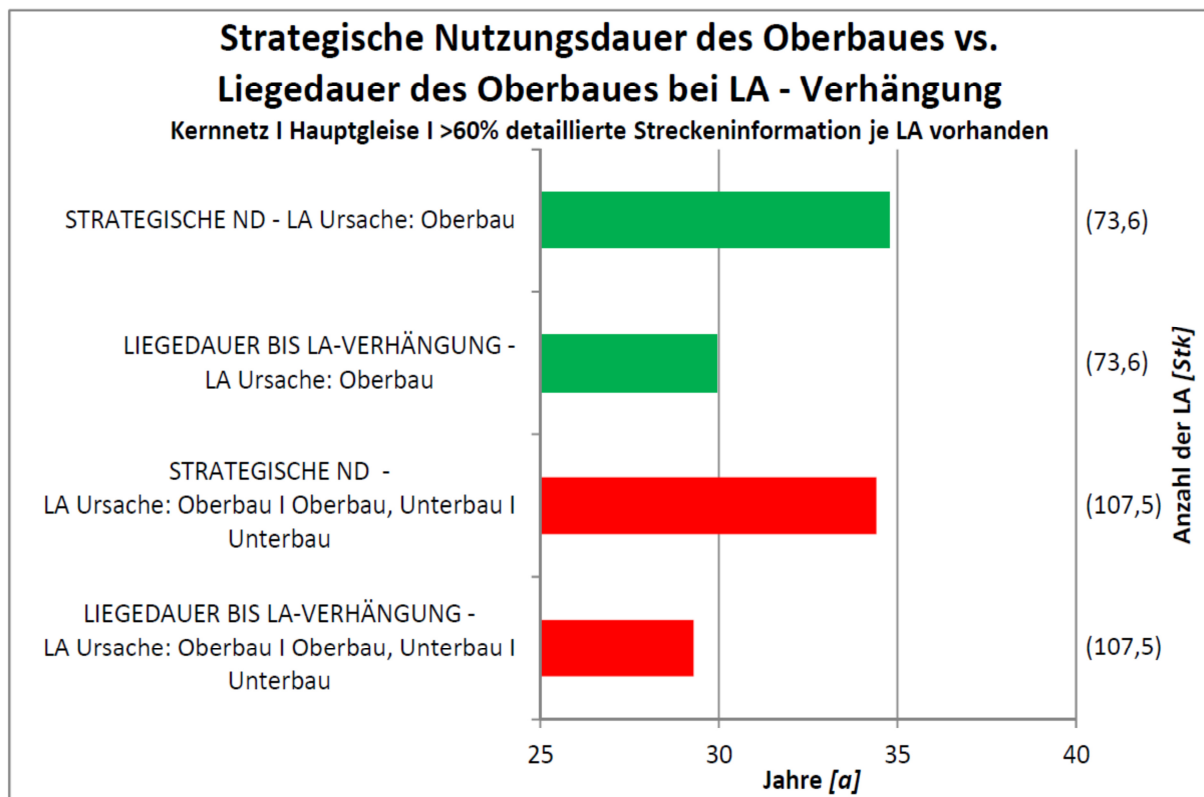


Abbildung 18 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Oberbau

Zu erkennen ist, dass für die betrachteten LA Ursachen die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues um zirka 5 Jahre höher ist, als die Liegedauer bei LA – Verhängung. Für

diese grobe Ursachenunterteilung bedeutet das, dass LA nicht zur Verlängerung, sondern zur Erreichung der strategischen Nutzungsdauer verwendet werden.

Abbildung 19 zeigt für die LA Ursache „Oberbau“ und „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“ den strategischen sowie den buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues. Für die Bestimmung der Erreichungsgrade der Nutzungsdauern wurden für dieses und die nachstehenden Diagramme zuerst die einzelnen Erreichungsgrade der homogen aufgesplitteten Teilbereiche mit dem zugehörigen LA Anteil multipliziert, anschließend die Summe aus diesen Werten gebildet und am Ende wurde dieser ermittelte Wert durch die Summe der betrachteten LA dividiert.

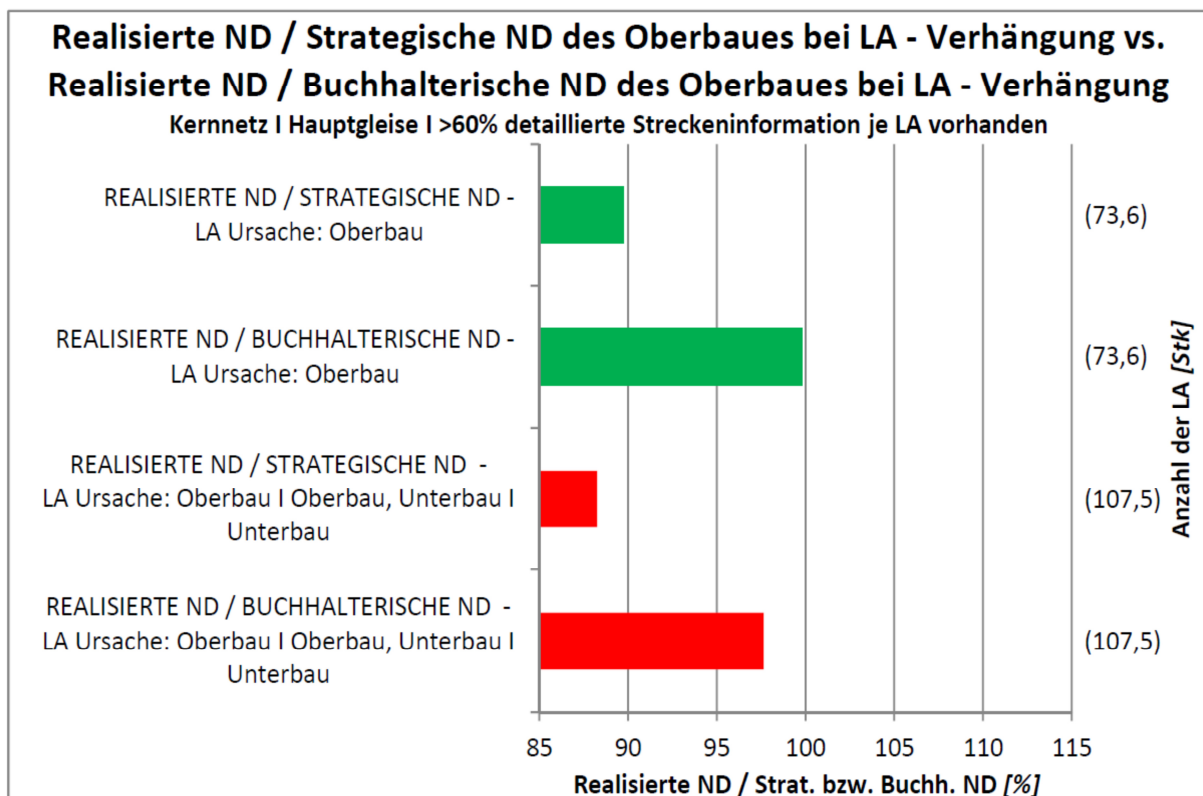


Abbildung 19 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad Oberbau

Diese Darstellung macht deutlich, dass LA für die LA Ursache „Oberbau“ im Mittel bei einem strategischen Erreichungsgrad von 90 % und einem buchhalterischen Erreichungsgrad von 100 % verhängt werden. Sprich LA werden durchschnittlich genau bei Erreichung der buchhalterischen Nutzungsdauer verhängt.

Ein Grund dafür, dass bei der Ursache „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“ die Werte unter jenen der Ursache „Oberbau“ liegen, ist, dass für die Ursache „Unterbau“ LA im Mittel deutlich früher verhängt werden, als in den anderen betrachteten Kategorien.

4.4.2 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – Detaillierte Betrachtung von LA mit der Ursache „Oberbau“

Abbildung 20 und Abbildung 21 zeigen eine detailliertere Betrachtung von LA mit der Ursache „Oberbau“. Dabei werden die Daten nach Schwellentyp in Holzschwellen und Betonschwellen aufgeteilt. Die Darstellungen beziehen sich auf den Zeitpunkt der LA-Verhängung.

Es zeigt sich, dass die Werte der strategischen Nutzungsdauer und der Oberbauliegedauer bei Holzschwellen etwas höher sind, als bei einer Gesamtbetrachtung der Ursache „Oberbau“. Bei Betonschwellen ergeben sich vor allem für die Oberbauliegedauer deutlich niedriger Werte. Eine Erklärung dafür ist, dass Oberbauformen mit den hier untersuchten Betonschwellen, ohne Besohlung auf dem Schotter liegen bzw. lagen und die daraus resultierende erhöhte Schotterbelastung, aufgrund der geringen Kontaktfläche zwischen Betonschwelle und Schotter, den limitierenden Faktor darstellt.

Der Erreichungsgrad der strategischen Nutzungsdauer liegt bei Holzschwellen unter jenen von Betonschwellen. Für den Erreichungsgrad der buchhalterischen Nutzungsdauer ist dieses Verhältnis umgekehrt.

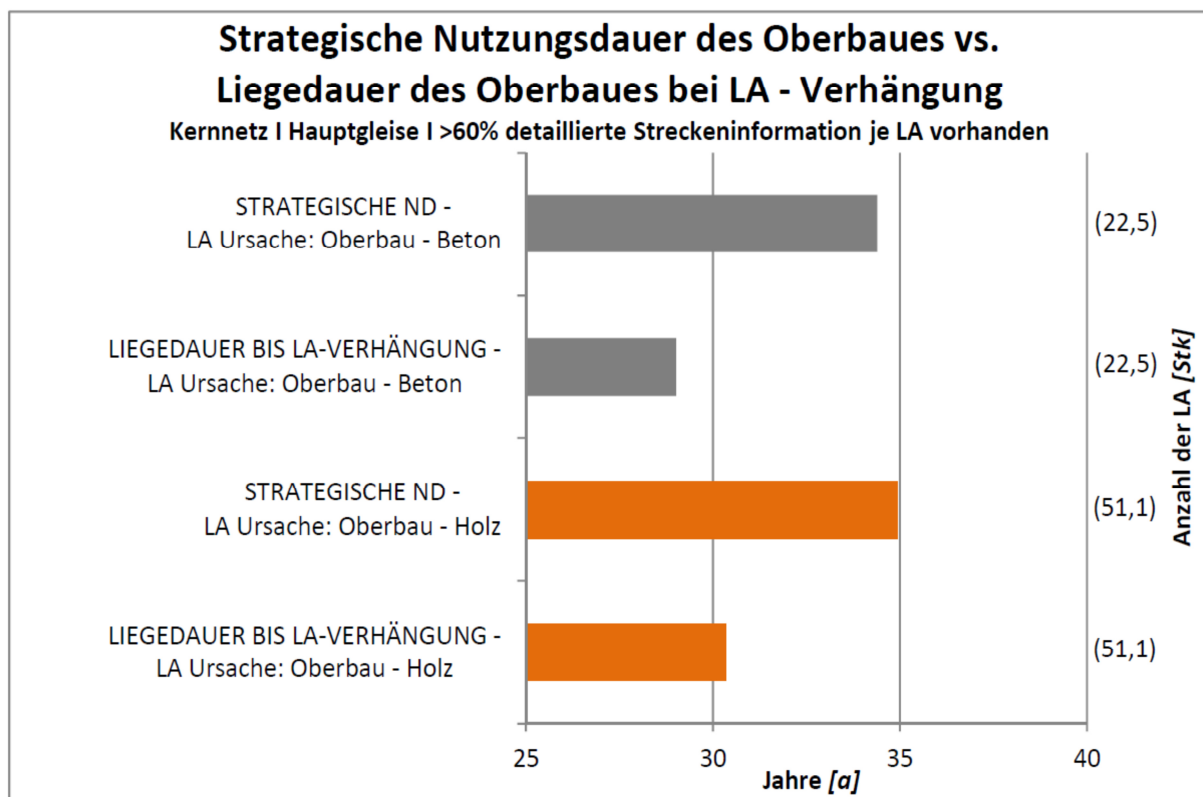


Abbildung 20 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer
Oberbau – Schwelle

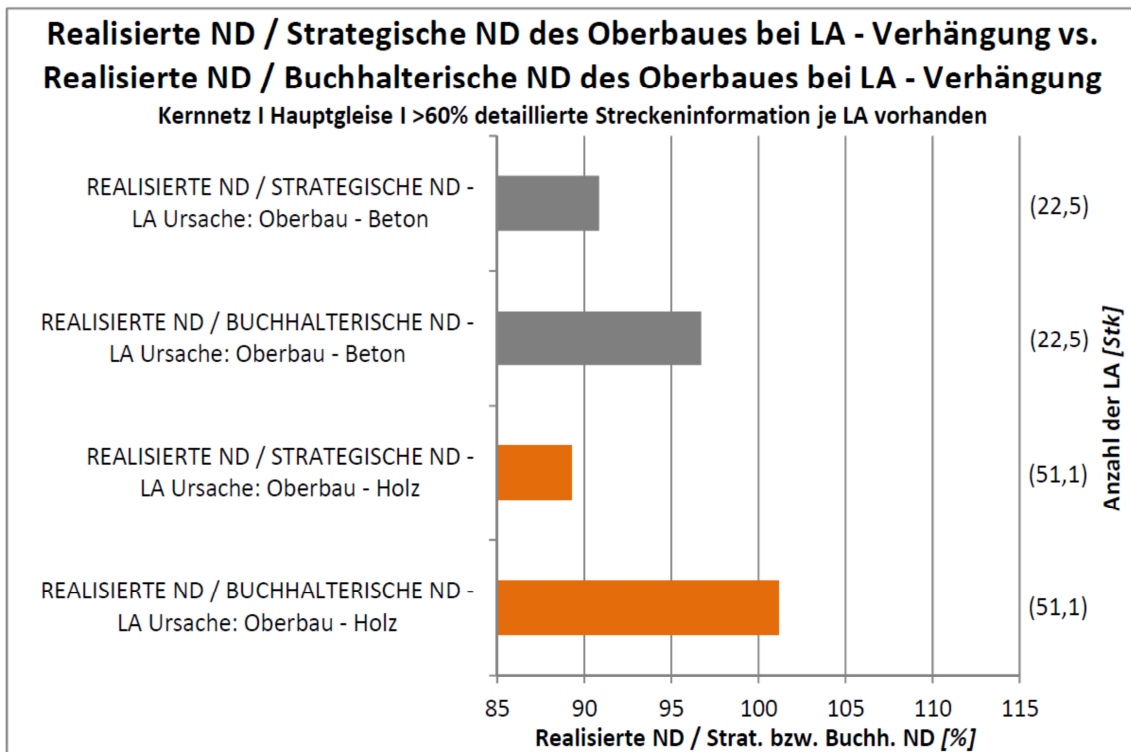


Abbildung 21 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
 Oberbau – Schwelle

In Abbildung 22 und Abbildung 23 werden belastungsabhängige Betrachtungen von LA mit der Ursache „Oberbau“ dargestellt. Die Abbildungen beziehen sich auf den Zeitpunkt der LA – Verhängung. Bei höheren Belastungsklassen liegt eine deutlich geringere Datenanzahl vor, als bei niedrigeren Klassen. Trotz dieser Tatsache ist ein deutlicher Trend für die einzelnen Bereiche sichtbar.

Bei hohen Belastungsklassen liegt die Oberbauliegedauer bei LA – Verhängung über jenen der strategischen Nutzungsdauer des Oberbaues. Das bedeutet, dass der Erreichungsgrad der strategischen Nutzungsdauer über 100 % liegt. Der Erreichungsgrad der buchhalterischen Nutzungsdauer liegt für hohe Belastungsklassen unter 100 %. Bei niedrigen Belastungsklassen liegt die Oberbauliegedauer bei LA – Verhängung deutlich unter jenen der strategischen Nutzungsdauer des Oberbaues. Außerdem ist der buchhalterische Erreichungsgrad höher, als der strategische Erreichungsgrad. Zusammengefasst ergibt sich, dass bei hohen Belastungen LA zum Erreichen der buchhalterischen Nutzungsdauer verwendet werden, obwohl die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues für diese Klassen bereits überschritten ist. Bei niedrigen Belastungsklassen werden LA zur Verlängerung der buchhalterischen Nutzungsdauer bzw. zum Erreichen der strategischen Nutzungsdauer verwendet. Ein Grund für die verhältnismäßig frühe LA – Verhängung bei niedrigen Belastungsklassen, speziell für die Belastungsklasse < 8.000 GesBt/Tag, Gleis, könnte sein, dass die Instandhaltung aus finanziellen Gründen vernachlässigt wurde und deshalb der Oberbau schnell schadhaft wurde.

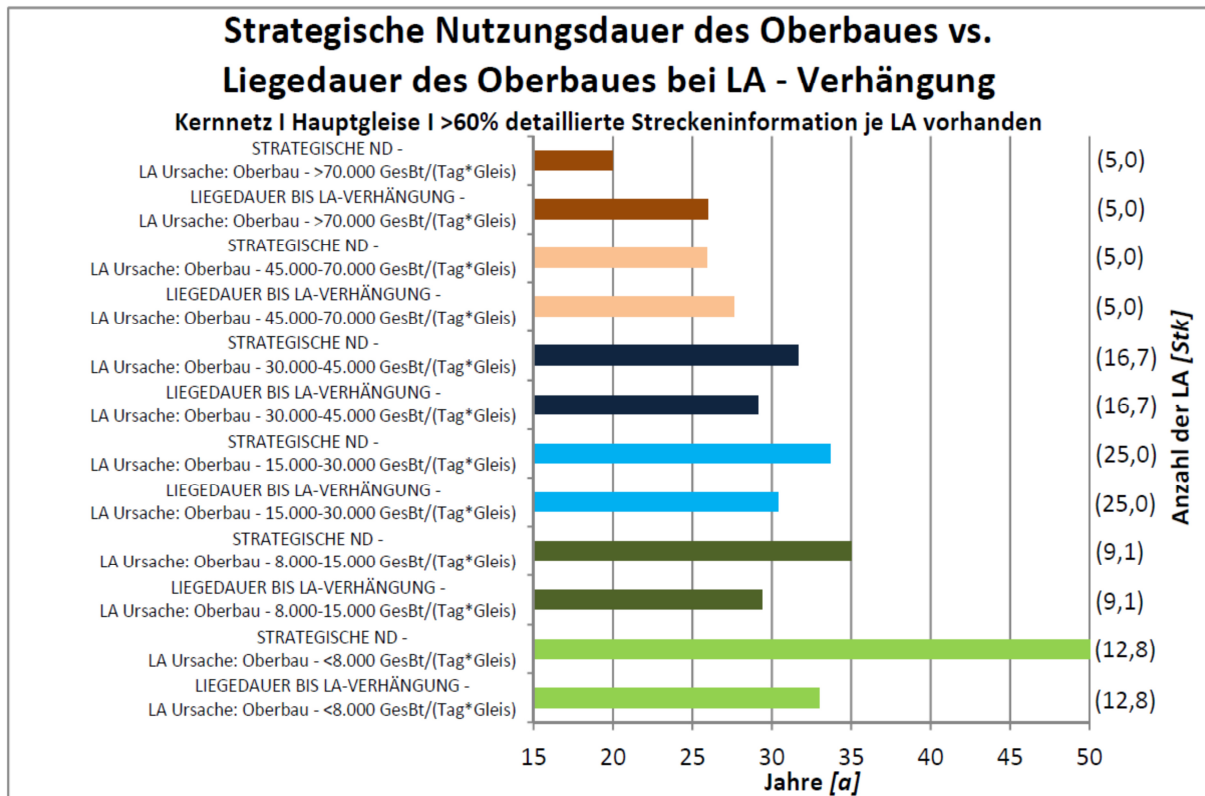


Abbildung 22 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer Belastung

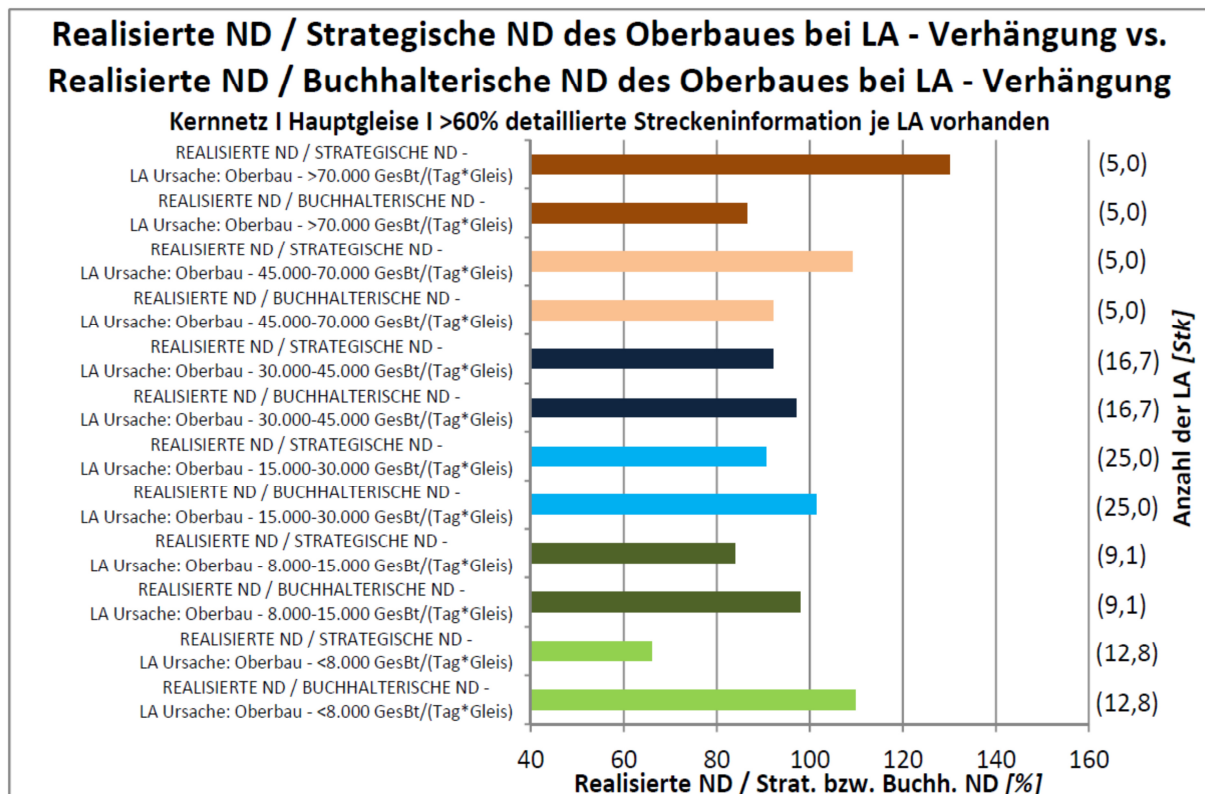


Abbildung 23 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad Belastung

In Abbildung 24 bis Abbildung 27 werden die zuvor dargestellten Diagramme nochmals unterteilt in Schwellentyp Holzschwelle und Betonschwelle. Die Abbildungen beziehen sich wieder auf den Zeitpunkt der LA – Verhängung. Durch die nochmalige Aufsplittung der Daten wird eine immer kleinere Datenmenge je Diagramm betrachtet. Abermals ist ein deutlicher Trend für die Belastungsklassen ersichtlich.

Es zeigt sich, dass prinzipiell die Werte für den Schwellentyp Holzschwellen höher sind, als für Betonschwellen. Das bedeutet, dass auch bei diesen Abbildungen LA auf Holz später verhängt werden und auch die strategische Nutzungsdauer im Allgemeinen höher ist, als bei Beton. Für einzelne Belastungsklassen, wie zum Beispiel für die Klasse 45.000-70.000 GesBt/Tag, Gleis tritt dieser Zusammenhang nicht auf. Diese Abweichungen können auf die gering betrachtete Datenmenge dieser Klassen zurückgeführt werden.

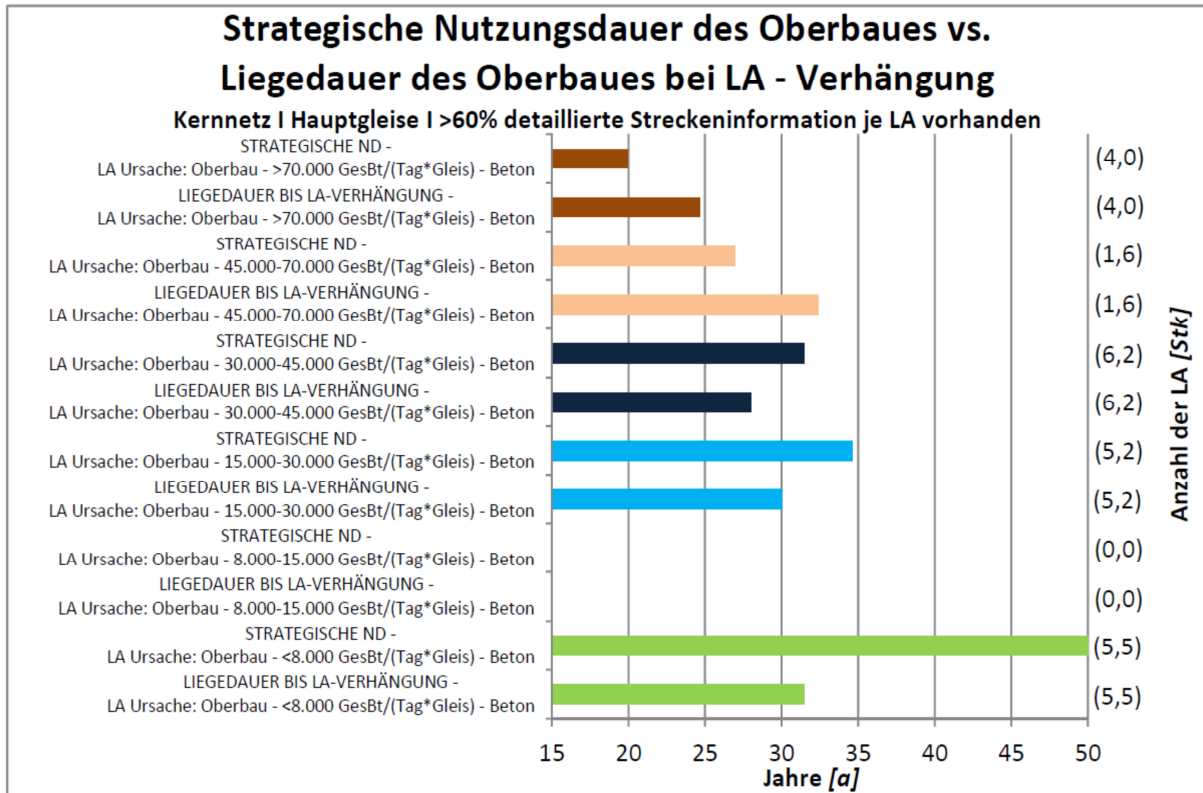


Abbildung 24 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer
Belastung – Beton

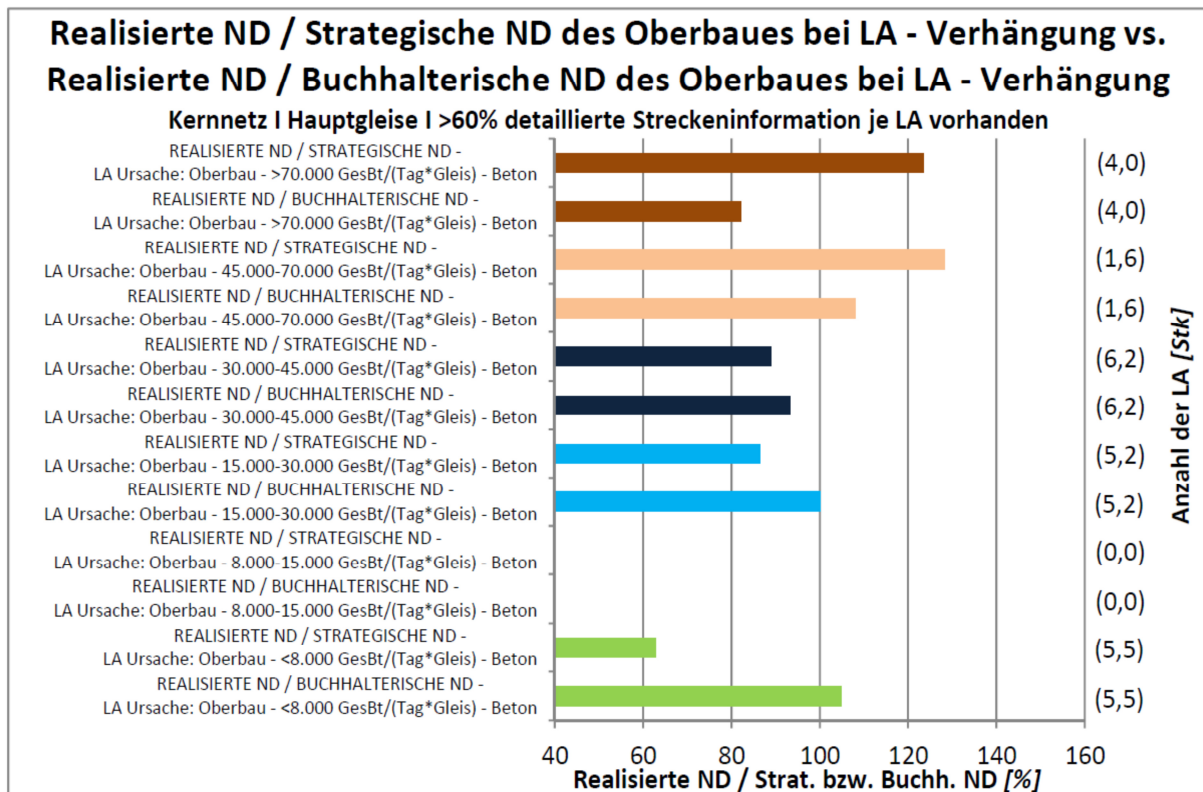


Abbildung 25 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
Belastung – Beton

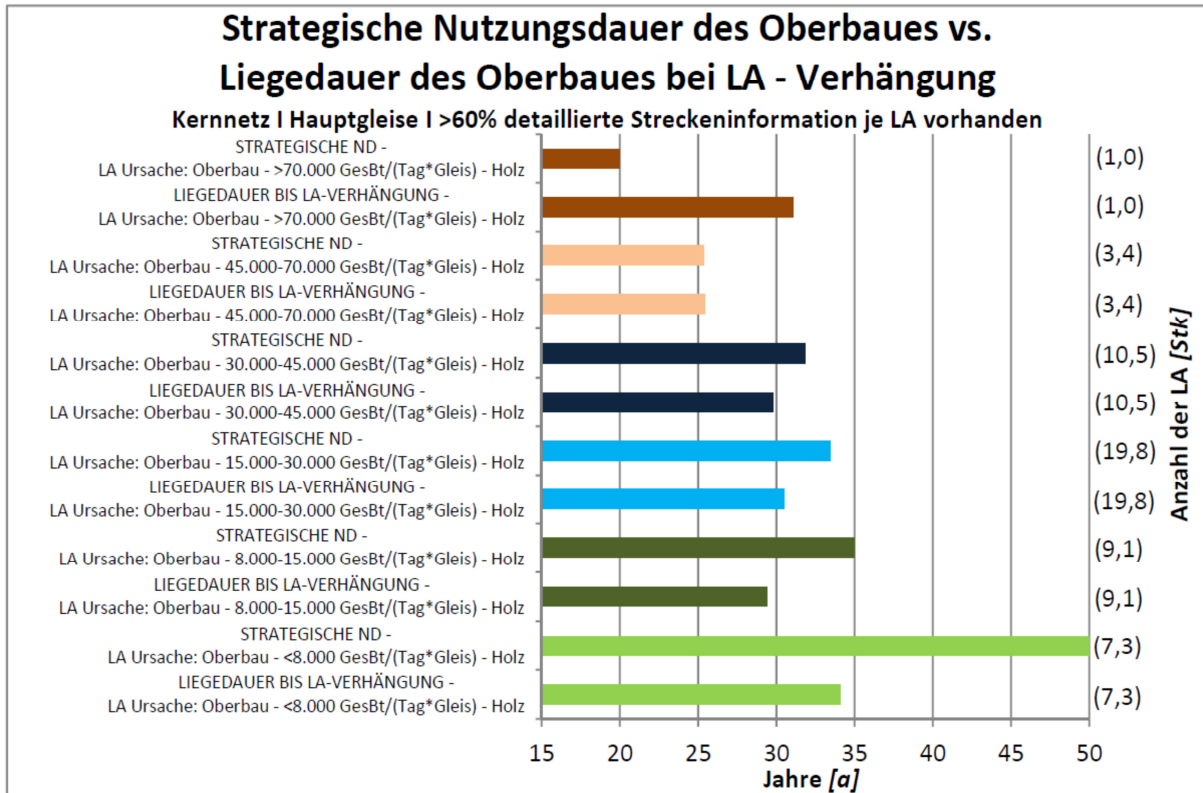


Abbildung 26 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer
Belastung – Holz

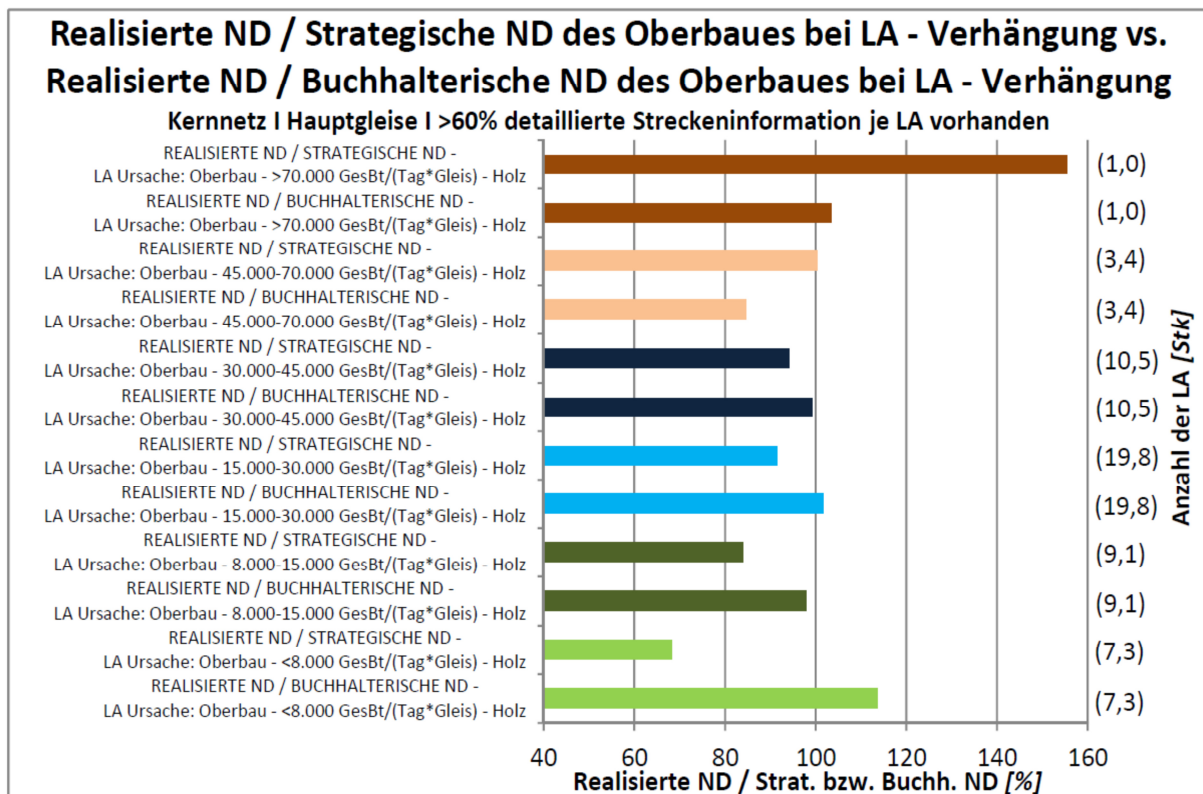


Abbildung 27 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
Belastung – Holz

4.4.3 Durchschnittliche Dauer der LA – LA Ursache „Oberbau“

Für die Berechnung der durchschnittlichen Dauer von LA wurden sämtliche Daten, inklusive bestehender LA, verwendet. Für laufende LA ist noch nicht bekannt, wann diese aufgelöst werden. Aus diesem Grund sind diese Datensätze zur Dauerermittlung ungeeignet. Betrachtet wurden auch für diese Ermittlung nur jene Daten, bei denen mehr als 60 % detaillierte Information je LA vorhanden war. Bei höheren Belastungsklassen liegt eine deutlich geringere Datenanzahl vor, als bei niedrigeren Klassen. Auch bei hohen Belastungsklassen sind deutliche Tendenzen vorzufinden.

Zur Bestimmung der durchschnittlichen LA Dauer wurde einerseits eine jahrgenaue Auswertung, andererseits eine taggenaue Auswertung, durchgeführt. Abbildung 28 zeigt die taggenaue Dauerermittlung für die wichtigsten LA Ursachen.

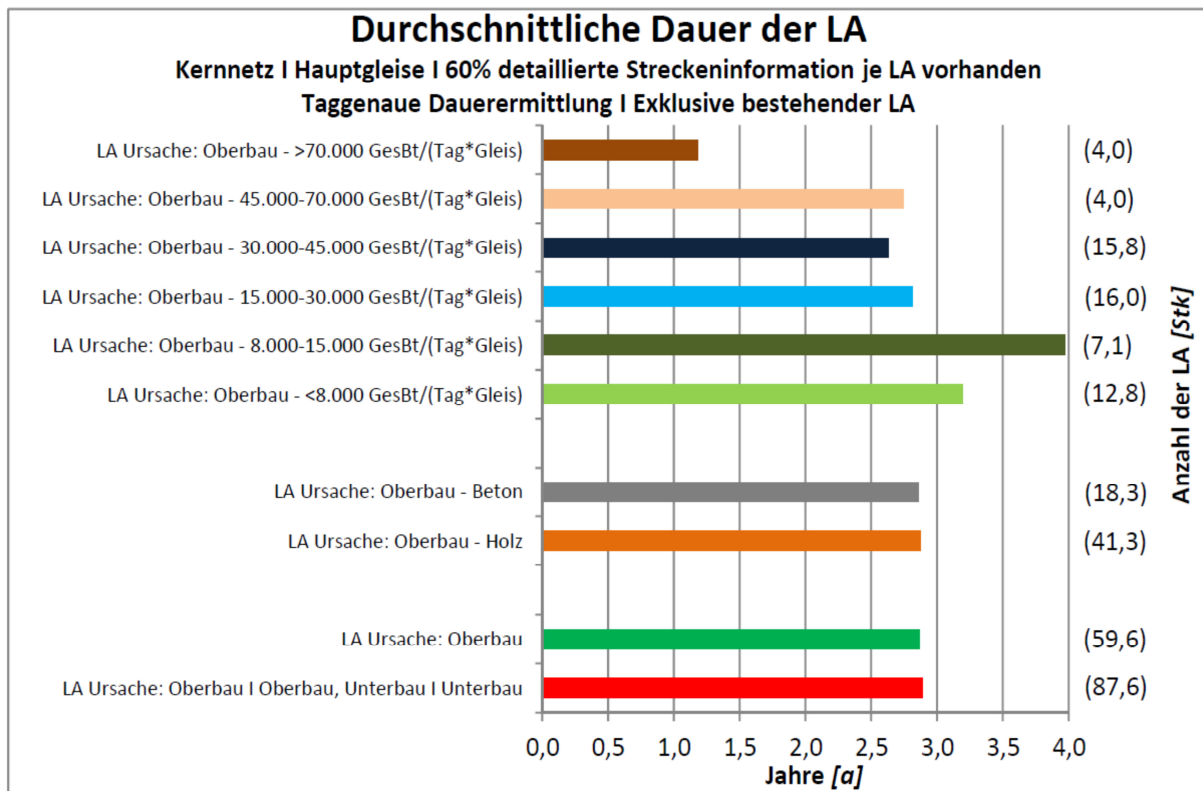


Abbildung 28 Durchschnittliche Dauer von LA – taggenaue Auswertung

Das Problem bei der taggenauen Auswertung besteht darin, dass bei einer großen Anzahl der LA die exakte Datumsangabe in den LA-Statistiken nicht vorhanden ist. Bei einer Anzahl von zirka 88 ausgewerteten LA ist für etwa 21 Stück der exakte Tag für Anfang und Ende der LA angegeben. Das hat zur Folge, dass für den größten Teil dieser Darstellung der Tag geschätzt wurde.

Abbildung 29 zeigt im Vergleich dazu die jahrgenaue Dauerermittlung für die wichtigsten LA Ursachen.

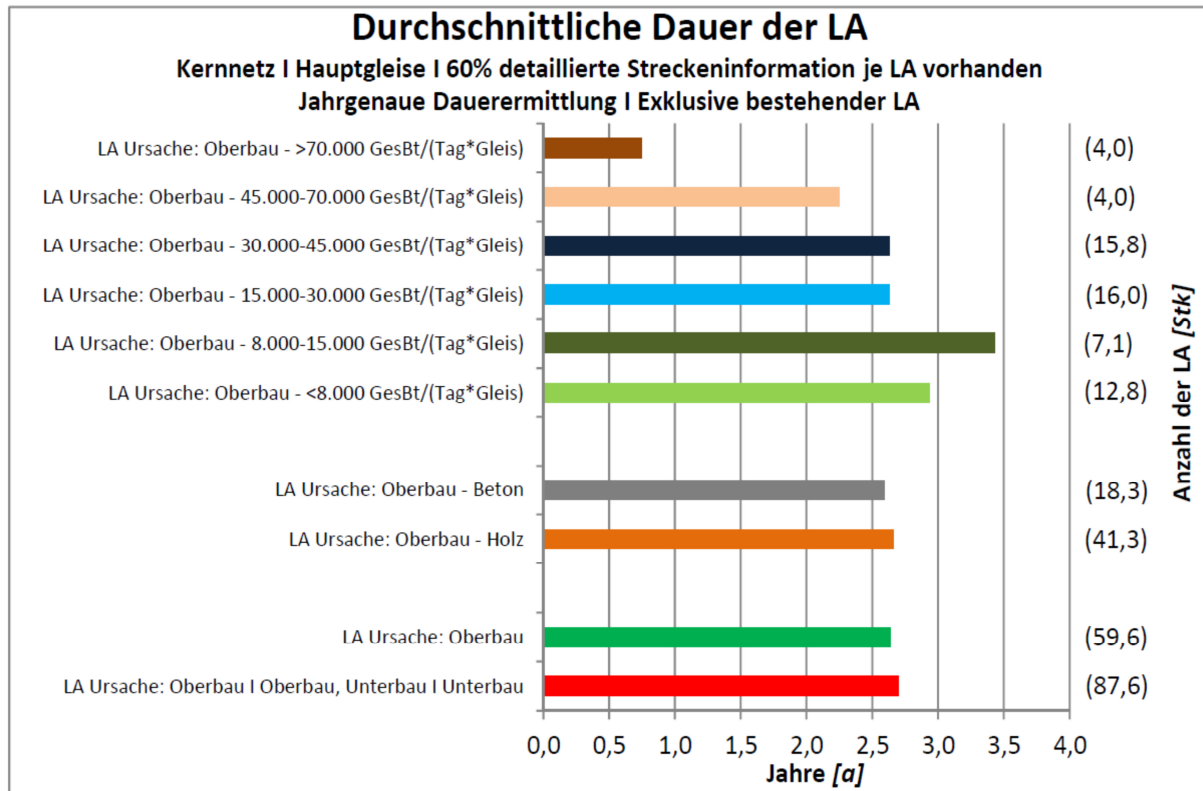


Abbildung 29 Durchschnittliche Dauer von LA – jahrgenaue Auswertung

Die jahrgenaue Auswertung liefert im Vergleich zur taggenauen Auswertung für sämtliche Ursachen niedrigere Werte. Das lässt sich darauf zurückführen, dass sich bei der taggenauen Auswertung aufgrund geschätzter Daten differenzierte LA Dauern ergeben. Welche Schätzfehler bei der taggenauen Auswertung auftreten können, wird an folgendem Beispiel gezeigt.

Bei einer LA ohne exakte Datumsangabe ist nur bekannt, dass diese am 1. Jänner 2005 verhängt gewesen ist. Am ersten Jänner des Jahres zuvor und danach war diese LA nicht vorhanden. Bei der jahrgenaue Auswertung geht diese LA mit einem Jahr, also 365 Tagen in die LA Dauerermittlung ein. Bei der taggenauen Auswertung kann dieser Wert zwischen einem Tag und etwa zwei Jahren, genauer gesagt 729 Tagen, schwanken. Wegen dieser extremen Unsicherheiten wird von der taggenauen Auswertung Abstand genommen und es wird im Folgenden ausschließlich die jahrgenaue Auswertung detaillierter betrachtet.

Es ergeben sich mittlere LA Dauern zwischen 2,6 und 2,7 Jahren. Bei einer belastungsabhängigen Betrachtung schwanken diese Werte deutlich stärker. Hier zeigt sich, dass mit Zunahme der Belastungsklasse die LA Dauern abnehmen. Diese Abnahme ist zu erwarten, da LA gleicher Dauer bei hohen Belastungsklassen unwirtschaftlicher sind, als bei niedrigen Klassen. Erstaunlicherweise ist jedoch der Maximalwert nicht bei der niedrigsten Belastungsklasse zu finden, sondern bei jener mit 8.000-15.000 GesBt/Tag, Gleis.

Dieser Maximalwert liegt bei 3,4 Jahren und ist somit deutlich über jenem der niedrigsten Klasse, der mit 2,9 Jahren beziffert werden kann.

Eine Erklärung für diese Diskrepanz ist, dass der buchhalterische Erreichungsgrad bei der niedrigsten Belastungsklasse trotz kürzerer LA Dauer am höchsten ist. Bleibt der strategische Erreichungsgrad unberücksichtigt, scheint eine weitere Streckung der Nutzungsdauer bei rein buchhalterischer Betrachtungsweise als nicht sinnvoll. Aus diesem Grund wird vermutlich einer frühzeitigen Oberbauerneuerung zugestimmt.

4.4.4 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – LA Ursache „Unterbau“ vs. „Oberbau; Oberbau, Unterbau, Unterbau“

Trotz dürftiger Datenmenge für LA mit der Ursache „Unterbau“ wurde entschieden, Auswertungen durchzuführen, um Trends dieser Datengruppe abzubilden. Abbildung 30 zeigt für die LA Ursache „Unterbau“ und „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“ für LA-Bereiche die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues sowie die Liegedauer des Oberbaues bei LA – Verhängung.

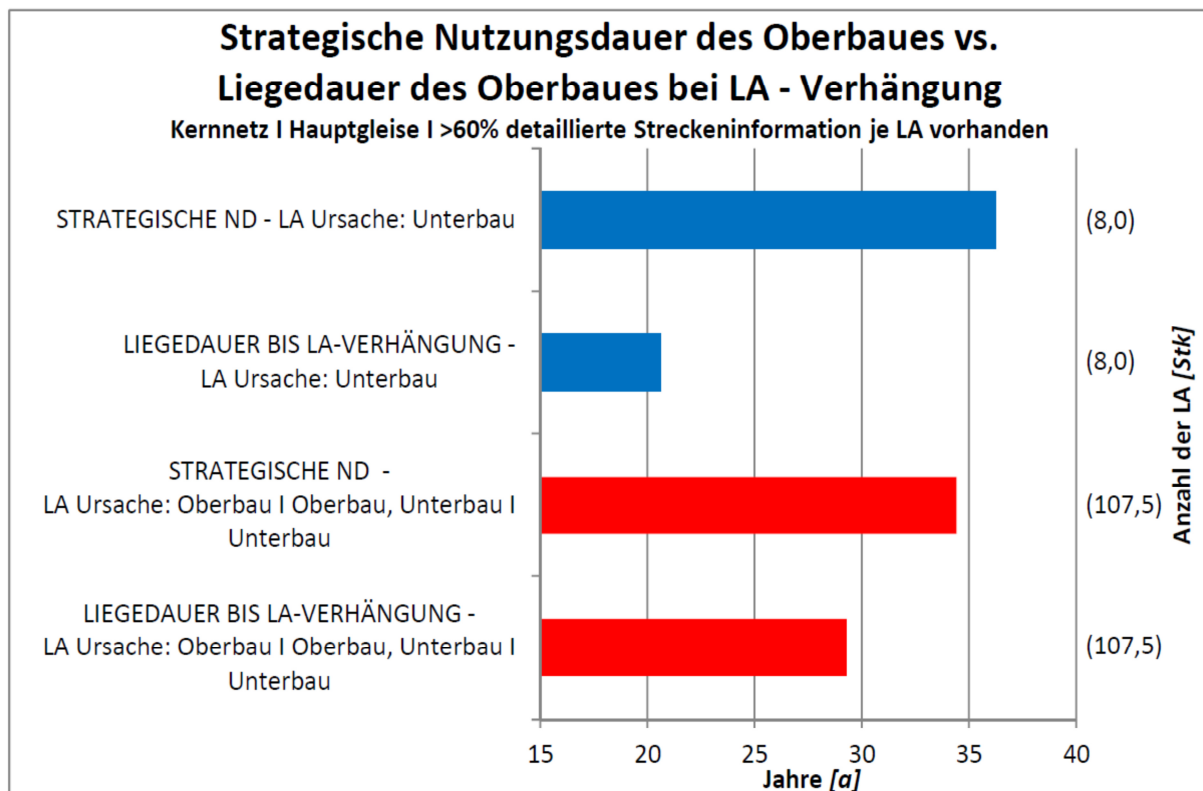


Abbildung 30 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Unterbau

Abbildung 31 zeigt für die LA Ursache „Unterbau“ und „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“ für LA Bereiche den strategischen sowie den buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues.

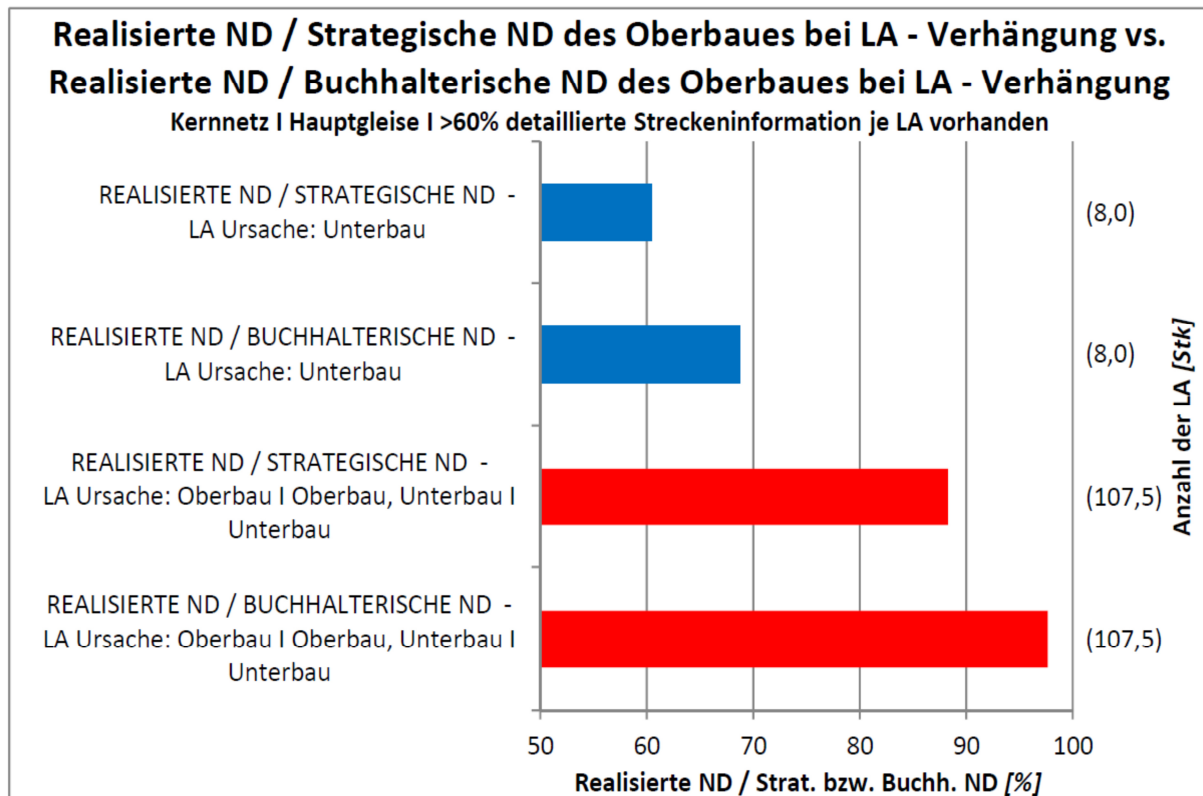


Abbildung 31 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad Unterbau

Für sämtliche Unterbaubetrachtungen werden wegen der gering verwendbaren bzw. gering vorhandenen Datenmenge nicht exakte Werte diskutiert, sondern ausschließlich Tendenzen.

Ein deutlicher Unterschied von LA mit der Ursache „Unterbau“ zu den anderen betrachteten Ursachen liegt darin, dass diese deutlich früher verhängt werden. Die sehr geringen Liegedauern von etwa 20 Jahren bis zur LA deuten für die untersuchten Bereiche auf mögliche Entwässerungsprobleme hin.

4.4.5 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – Detaillierte Betrachtung von LA mit der Ursache „Unterbau“

Abbildung 32 und Abbildung 33 zeigen eine detaillierte Betrachtung von LA mit der Ursache „Unterbau“. Dabei werden die Daten nach Schwellentyp in Holzschwellen und Betonschwellen aufgeteilt. Die Darstellungen beziehen sich auf den Zeitpunkt der LA – Verhängung.

Es zeigt sich, dass die Werte der strategischen Nutzungsdauer und der Oberbauliegedauer bei Betonschwellen höher sind, als bei Holzschwellen. Die Erreichungsgrade der Nutzungsdauern liegen bei Betonschwellen ebenso über jenen der Holzschwellen. Diese teil-

weise vorhandene Diskrepanz zu den Auswertungen der LA Ursachen „Oberbau“ wird aufgrund der geringen Datenmenge nicht näher analysiert.

Die durchschnittliche Dauer von LA bei einer jahrgenaue Auswertung für die LA Ursache „Unterbau“ liegt bei 3,5 Jahren. Im Vergleich dazu liegt der Wert für die LA Ursache „Oberbau“ bei 2,6 Jahren.

Wegen der geringen Datenbasis wird auf eine Unterteilung in Belastungsklassen komplett verzichtet.

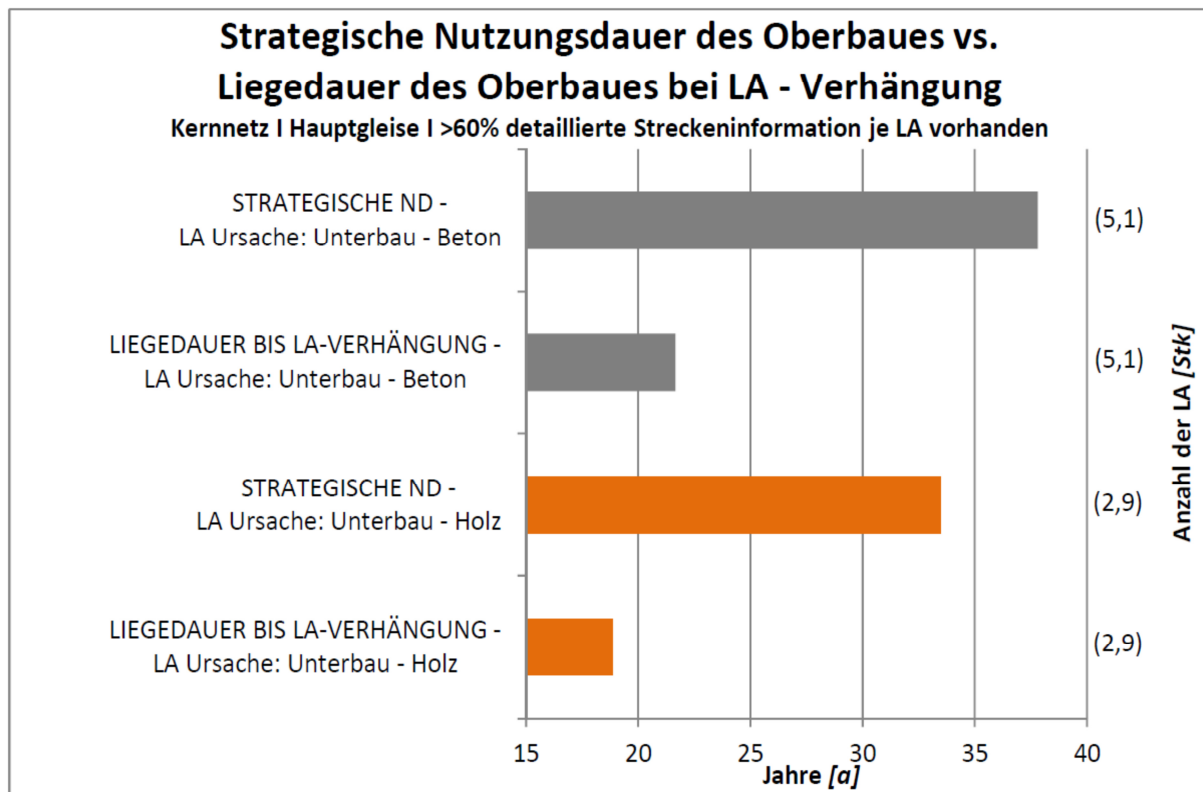


Abbildung 32 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer
Unterbau – Schwelle

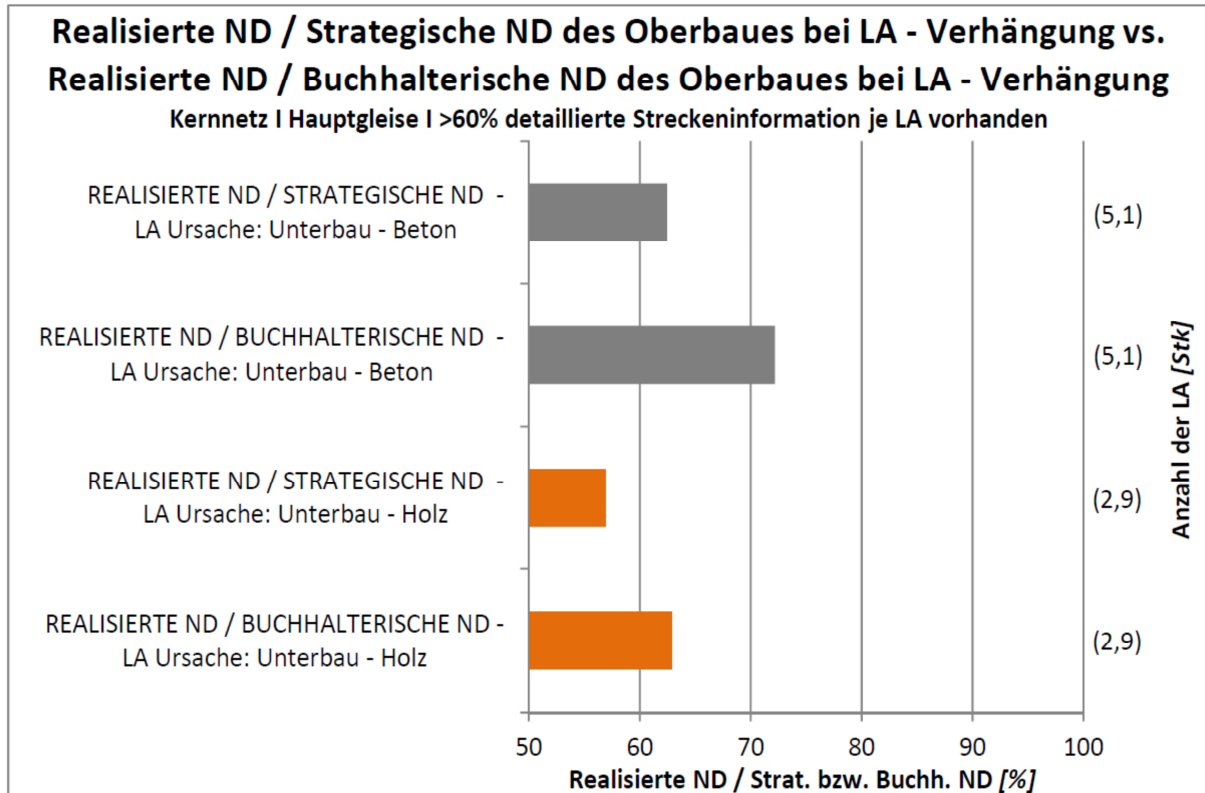


Abbildung 33 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
 Unterbau – Schwelle

4.5 Darstellung der Streuungen – Erreichungsgrade der Nutzungsdauer bei LA – Verhängung

In den bisherigen Untersuchungen wurden Mittelwerte betrachtet. In Abbildung 34, Abbildung 35, Abbildung 36 und Abbildung 37 wird verdeutlicht, welche Streuungen sich bei den Auswertungen ergeben haben. Für die Darstellung der Streuungen wurden anzahlbezogene und längenbezogene Auswertungen durchgeführt. Damit ein besserer Vergleich der folgenden 4 Abbildungen durchgeführt werden kann, werden sowohl für die anzahlbezogenen, als auch für die längenbezogenen Auswertungen nur jene Daten herangezogen, bei denen > 60% detaillierte Streckeninformation je LA vorhanden ist.

Abbildung 34 zeigt für die LA Ursache „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“, Abbildung 35 für die Ursache „Oberbau“ den strategischen sowie den buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues bei LA – Verhängung. Dabei werden auf der vertikalen Achse die Prozent der betrachteten Anzahl aufgetragen und auf der horizontalen Achse die Erreichungsgrade, abgestuft in 10 Prozent Intervalle.

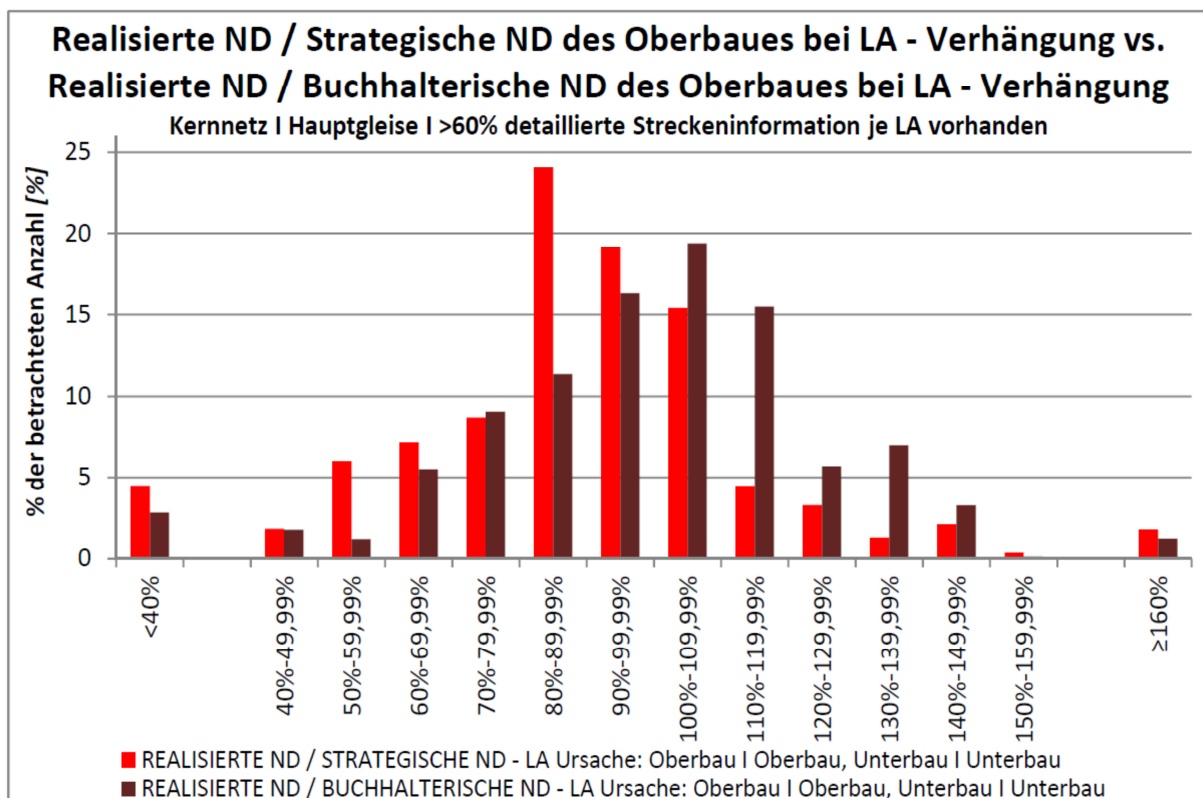


Abbildung 34 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
Streuungsdarstellung – Anzahlbezogene Auswertung

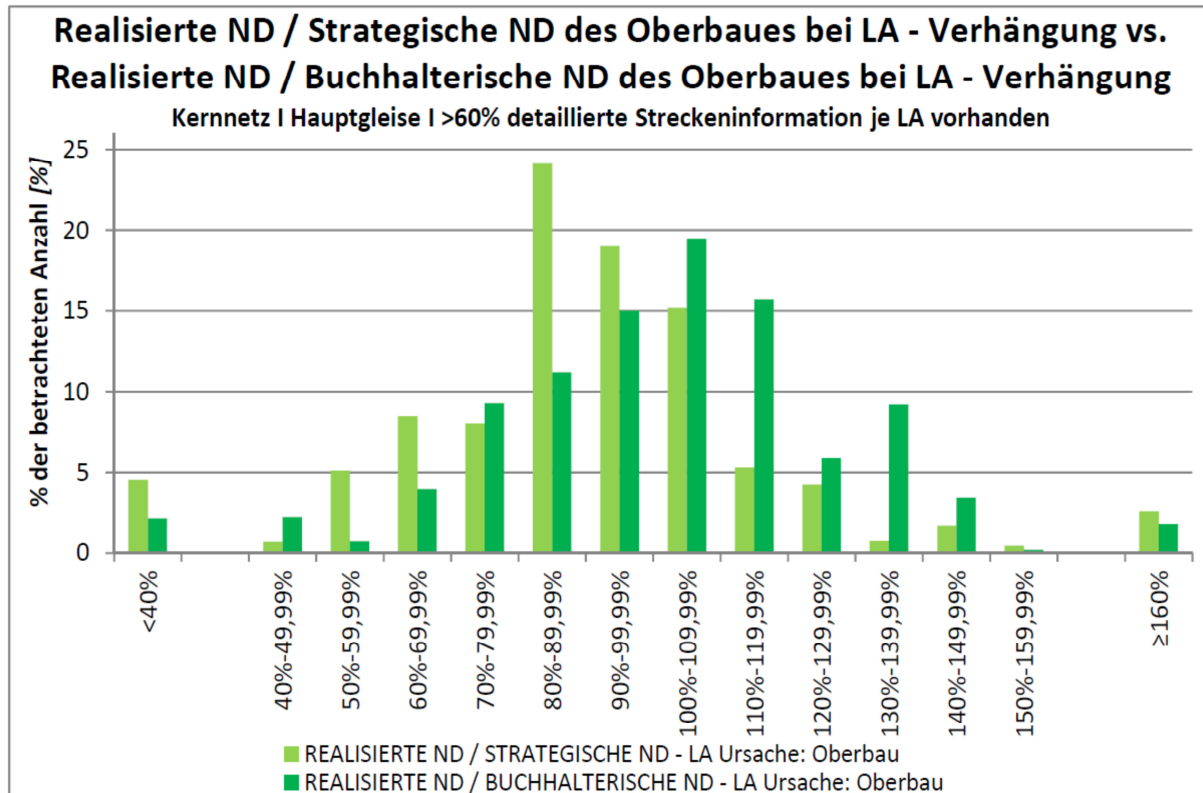


Abbildung 35 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
 Streuungsdarstellung – Anzahlbezogene Auswertung – LA Ursache „Oberbau“

Abbildung 36 zeigt ebenso für die LA Ursache „Oberbau; Oberbau, Unterbau; Unterbau“, Abbildung 37 für die Ursache „Oberbau“ den strategischen sowie den buchhalterischen Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues bei LA – Verhängung. Der Unterschied zu den zuvor dargestellten Abbildungen liegt darin, dass auf der vertikalen Achse die Prozent der betrachteten Länge aufgetragen sind.

Dank der vier Darstellungen wird deutlich, welche beträchtlichen Streuungsbreiten bei den Auswertungen auftreten. Außerdem wird der Unterschied zwischen anzahlbezogener Auswertung und längenbezogener Auswertung ersichtlich. Betrachtet man diesen Unterschied für die LA Ursache „Oberbau“ detaillierter, ergeben sich bei der anzahlbezogenen Auswertung für Erreichungsgrade unter 100 % höhere Werte, bei der längenbezogenen Auswertung für die Bereiche über 100 % höhere Werte. Folglich werden längere LA später verhängt, als kürzere.

Weiters spiegelt sich in diesen Ergebnissen wider, dass die Maxima der strategischen Erreichungsgrade eher im linken Diagrammbereich zu finden sind, die Maxima der buchhalterischen Erreichungsgrade im rechten Diagrammbereich.

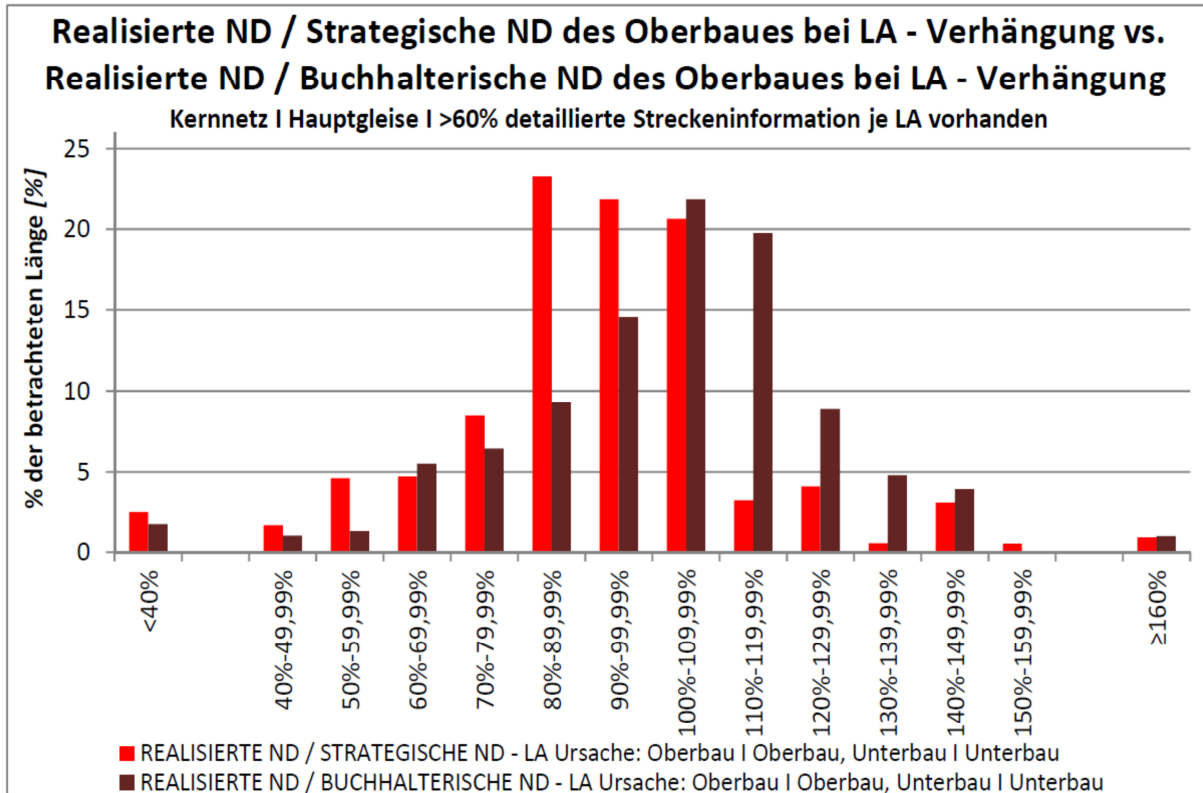


Abbildung 36 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
 Streuungsdarstellung – Längenbezogene Auswertung

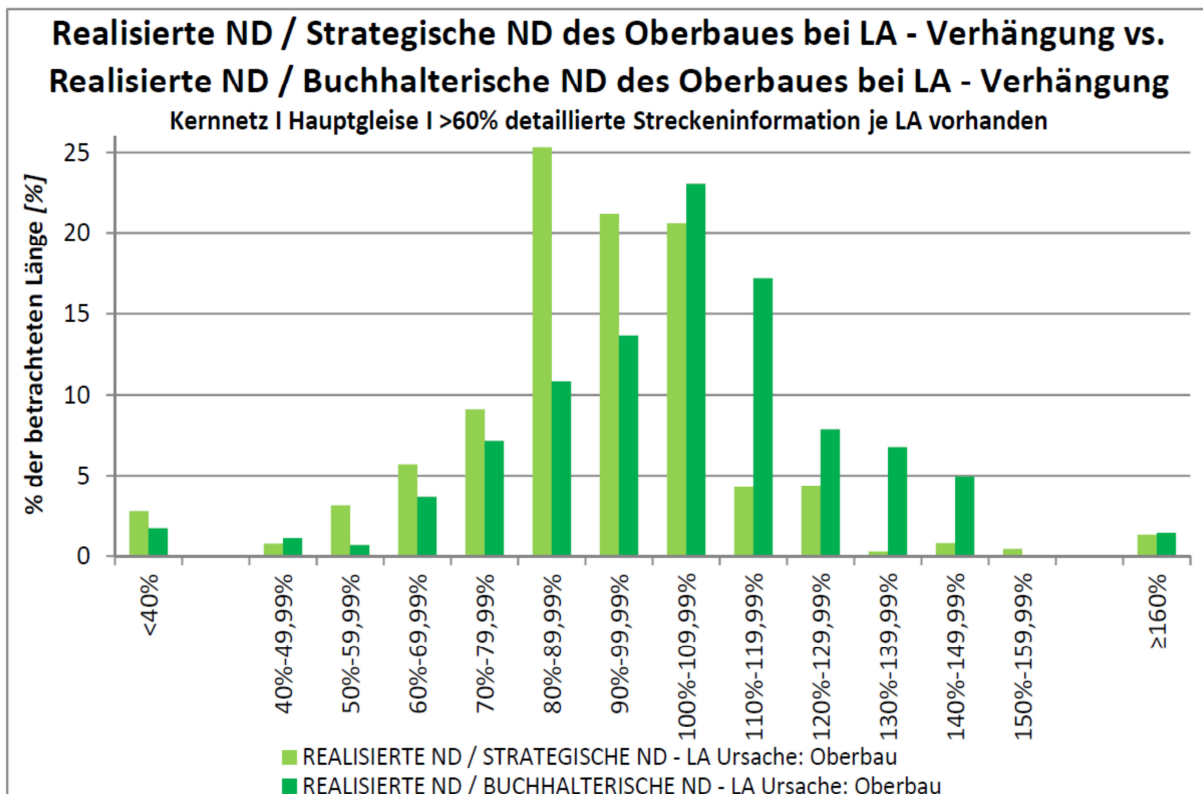


Abbildung 37 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
 Streuungsdarstellung – Längenbezogene Auswertung – LA Ursache „Oberbau“

4.6 Strategische Nutzungsdauern, Liegedauern und Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues – Betrachtungen von LA exklusive bestehender LA

Am Ende der Arbeit werden Diagramme dargestellt, bei denen neben dem Zeitraum bis zur LA – Verhängung auch die Dauer der LA in einer Abbildung gezeigt wird. In den bisherigen Betrachtungen wurden die Erreichungsgrade der Nutzungsdauern bzw. die strategischen Nutzungsdauern und die Liegedauern bis zur LA – Verhängung inklusive bestehender LA dargestellt. Die Dauer der LA wurde, da es nicht anders möglich ist, exklusive bestehenden LA berechnet. Damit eine einheitliche Datenbasis vorhanden ist, wurde entschieden, sämtliche Daten für die Abbildungen in der Zusammenfassung, exklusive bestehender LA anzuführen.

In diesem Kapitel soll gezeigt werden, welche Unterschiede auftreten, wenn bestehende LA nicht berücksichtigt werden. Dabei werden jene Daten gezeigt, die für das Fazit der Arbeit benötigt werden. In Abbildung 38 und Abbildung 39 werden belastungsabhängige Betrachtungen von LA mit der Ursache „Oberbau“ dargestellt.

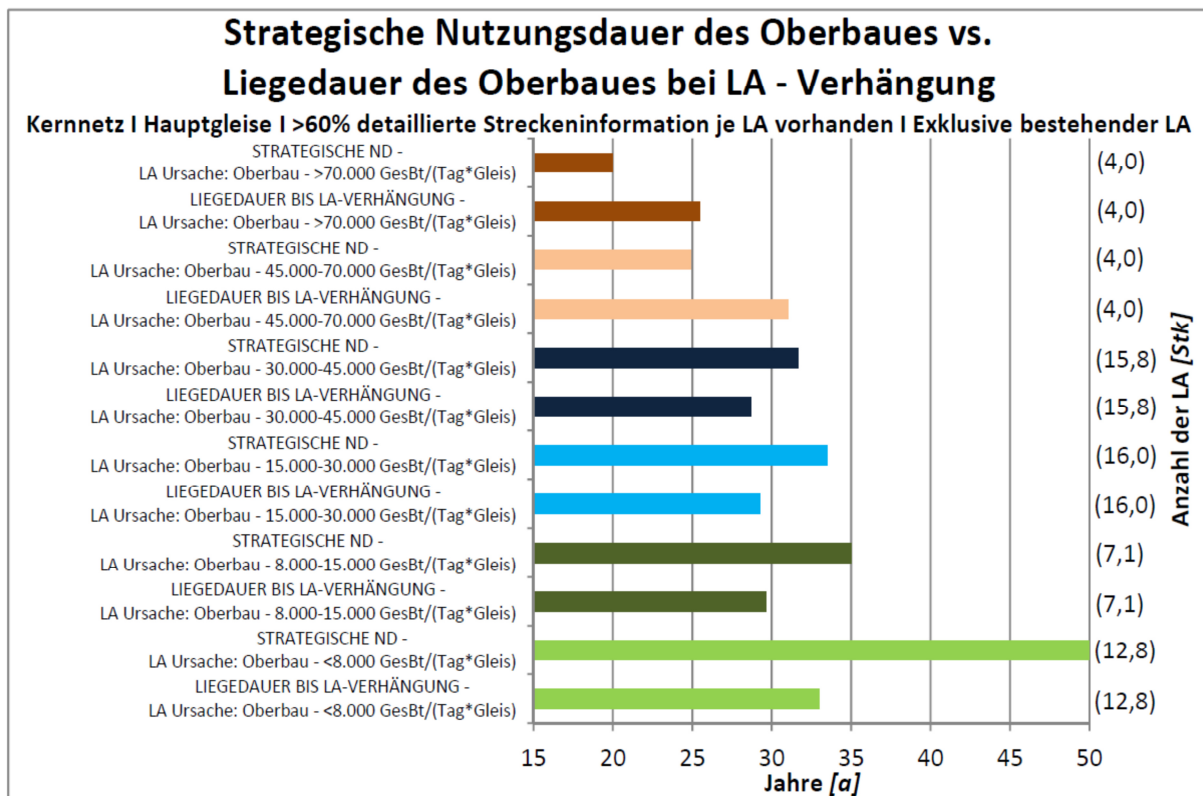


Abbildung 38 Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer Belastung – exklusive bestehender LA

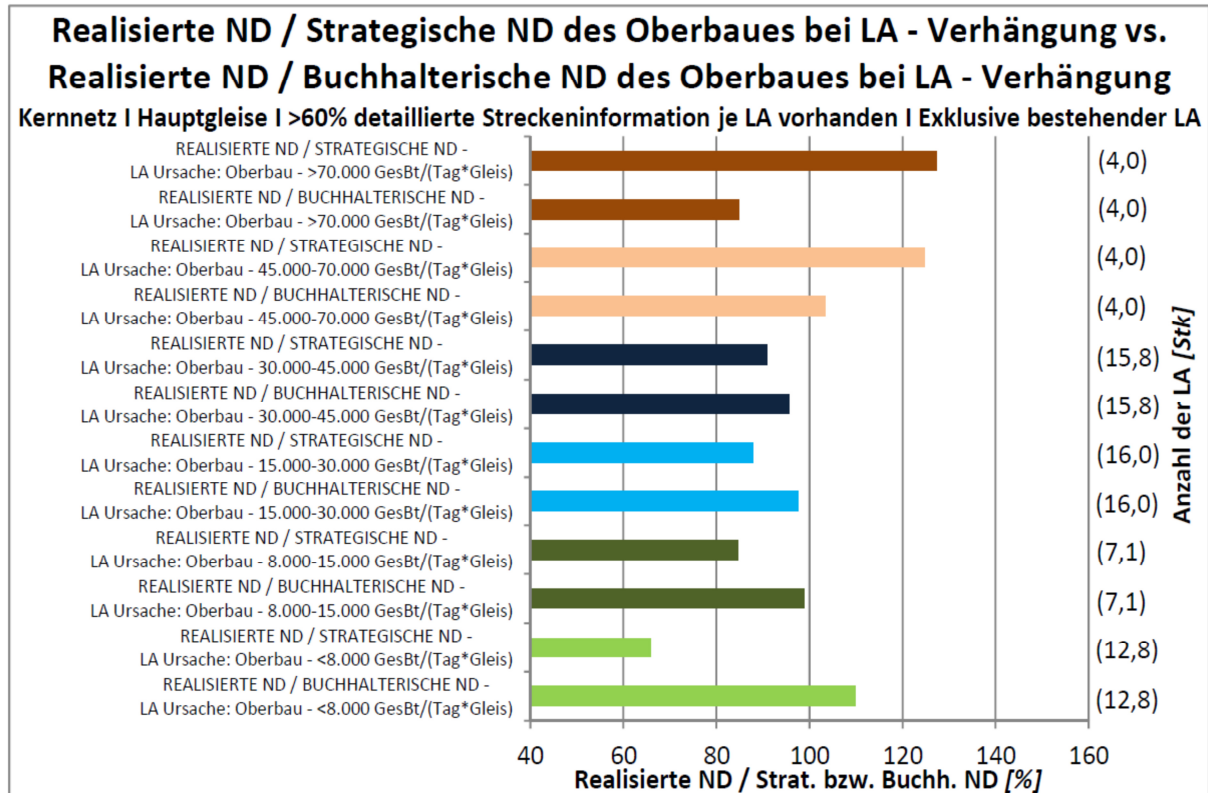


Abbildung 39 Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad
 Belastung – exklusive bestehender LA

Die Unterschiede zu den in Abbildung 22 und Abbildung 23 gezeigten Diagrammen, deren Datenbasis abgeschlossene und laufende LA sind, ist gering. Die Abweichungen liegen für alle Belastungsklassen mit einer Ausnahme unter 5 %. Für die Belastungsklasse 40.000-70.000 GesBt/Tag, Gleis liegen die Abweichungen bei 10-15 %. Ein Grund für die größeren Abweichungen ist die gering vorhandene Datenmenge für diese Klasse.

5 Zusammenfassung

Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen zusammenfassend die Ergebnisse für die LA Ursache „Oberbau“ die Liegedauer bis zur LA – Verhängung inklusive der LA Dauer. Betrachtet wird der Zeitraum zwischen 2000 und 2013. Dabei handelt es sich um eine anzahlbezogene Auswertung für jene LA, bei denen mehr als 60 % detaillierte Streckeninformation je LA vorhanden ist. Es wird das Kernnetz mit den Hauptgleisen betrachtet, wobei laufende LA nicht abgebildet werden. In Abbildung 40 wird die Summe aus LA Ursache „Oberbau“ sowie eine schwellentypabhängige Unterteilung dargestellt. In Abbildung 41 wird die LA Ursache „Oberbau“ nach Belastungsklassen aufgeteilt. Außerdem findet sich in den Darstellungen als Linie dargestellt die strategische und buchhalterische Nutzungsdauer für die betrachteten Unterteilungen.

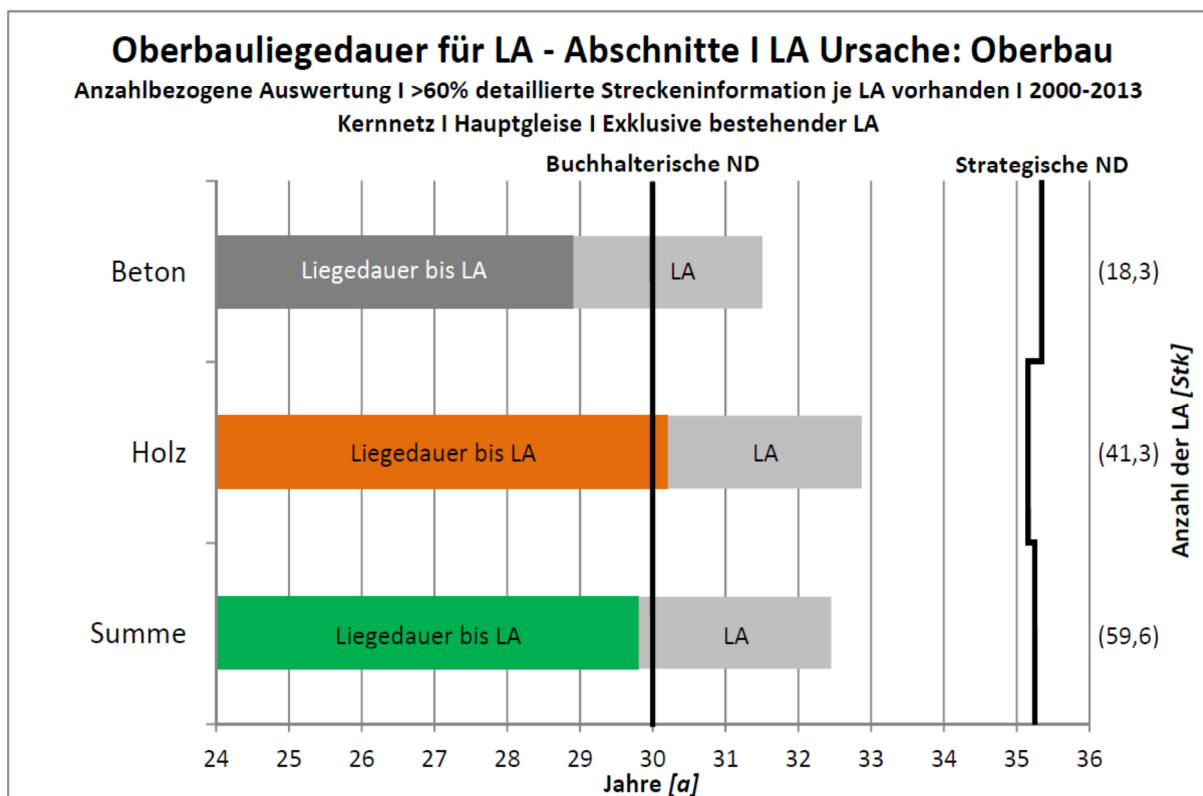


Abbildung 40 Zusammenfassung – Oberbauliegedauer mit Ursache „Oberbau“

Im Mittel werden LA, wie in Abbildung 40 dargestellt, mit der Ursache „Oberbau“ beim Erreichen der buchhalterischen Nutzungsdauer verhängt. Betrachtet man ausschließlich Holzschwellen, ergeben sich etwas höhere Werte. Bei Betonschwellen zeigen sich niedrigere Werte. Die Dauer der LA liegt bei einer belastungsunabhängigen Betrachtung zwischen 2,6 und 2,7 Jahren. Außerdem wird die strategische Nutzungsdauer bei einer belastungsunabhängigen Betrachtung im Durchschnitt nicht erreicht.

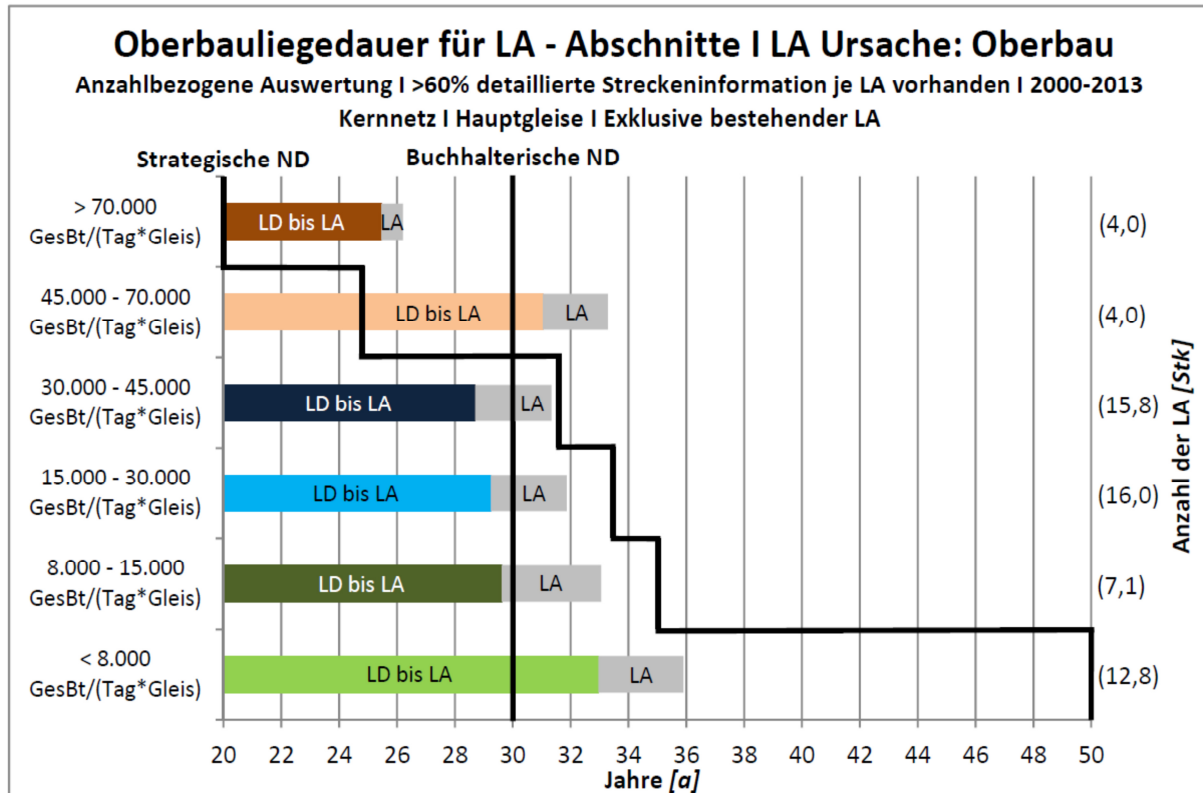


Abbildung 41 Zusammenfassung – Oberbauliegedauer mit Ursache „Oberbau“
 Belastung

Obwohl in Abbildung 41 für hohe Belastungsklassen nur wenige Daten vorliegen, können deutliche Trends ausgelesen werden. Bei hohen Belastungsklassen liegt die Oberbauliegedauer bei LA-Verhängung über jenen der strategischen Nutzungsdauer des Oberbaues. Bei niedrigen Belastungsklassen liegt die Oberbauliegedauer bei LA-Verhängung deutlich unter jenen der strategischen Nutzungsdauer. Es ist zu erkennen, dass bei hohen Belastungen LA zum Erreichen der buchhalterischen Nutzungsdauer verwendet werden, obwohl die strategische Nutzungsdauer des Oberbaues für diese Klassen bereits überschritten ist. Bei niedrigen Belastungsklassen werden LA zur Verlängerung der buchhalterischen Nutzungsdauer bzw. zur Erhöhung des strategischen Nutzungsdauererreichungsgrades verwendet.

Eine Abnahme der LA Dauer mit Zunahme der Belastung ist, wie erwartet, zu verzeichnen, da LA gleicher Dauer bei hohen Belastungsklassen unwirtschaftlicher sind, als bei niedrigen Klassen.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Arbeit ist, dass sich die durchschnittliche Liegedauer von Streckenabschnitten, auf denen LA verhängt wurden, seit dem Jahr 2000 deutlich erhöht hat. Genauer kann aus Abbildung 7 und Abbildung 8 entnommen werden.

Es ist auch festzuhalten, dass LA mit der Ursache „Unterbau“ früher verhängt werden, als andere betrachtete Ursachen, jedoch höhere Dauern aufzeigen.

Die Untersuchung der Arbeit zeigt damit die noch immer vorhandene Bedeutung der buchhalterischen Nutzungsdauer auf Einzelentscheidungen für spezifische Streckenabschnitte. Da die buchhalterische Nutzungsdauer jedoch immer einen Mittelwert darstellt und damit nicht auf Streckenspezifika reagieren kann, sollte diese Vorgehensweise in Zukunft vermieden werden.

6 Verzeichnisse

6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Signalisierung vorübergehender LA in Österreich [10]	10
Abbildung 2	Analyse normalisierter Ist-Kosten für hoch belastete Strecken – > 150 Züge/Tag vgl. [7]	11
Abbildung 3	Anzahl der LA – Stand 1. Jänner j. J. vgl. [3]	19
Abbildung 4	Durchschnittliche Länge der am 1. Jänner j. J. gezählten LA vgl. [3] ...	20
Abbildung 5	Durchschnittliche V Reduktion der am 1. Jänner j. J. gezählten LA vgl. [3]	21
Abbildung 6	Unterschied der Auswertungsverfahren	24
Abbildung 7	Durchschnittliche Oberbauliegedauer – 1	25
Abbildung 8	Durchschnittliche Oberbauliegedauer – 2	26
Abbildung 9	Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 1	27
Abbildung 10	Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 2	27
Abbildung 11	Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 1 ...	28
Abbildung 12	Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – 2 ...	29
Abbildung 13	Vergleich der Nutzungsdauererreichungsgrade des Oberbaues	30
Abbildung 14	Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – Schwelle	31
Abbildung 15	Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – Schwelle	31
Abbildung 16	Strategischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – Be- lastung	32
Abbildung 17	Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad des Oberbaues – Be- lastung	32
Abbildung 18	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Oberbau	34
Abbildung 19	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Oberbau	35
Abbildung 20	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Oberbau – Schwelle	36
Abbildung 21	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Oberbau – Schwelle	37
Abbildung 22	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Belastung	38
Abbildung 23	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Be- lastung	38

Abbildung 24	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Belastung – Beton	40
Abbildung 25	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Belastung – Beton	40
Abbildung 26	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Belastung – Holz	41
Abbildung 27	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Belastung – Holz	41
Abbildung 28	Durchschnittliche Dauer von LA – taggenaue Auswertung	42
Abbildung 29	Durchschnittliche Dauer von LA – jahrgenaue Auswertung	43
Abbildung 30	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Unterbau.....	44
Abbildung 31	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Unterbau	45
Abbildung 32	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Unterbau – Schwelle.....	46
Abbildung 33	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Unterbau – Schwelle.....	47
Abbildung 34	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Streuungsdarstellung – Anzahlbezogene Auswertung.....	48
Abbildung 35	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Streuungsdarstellung – Anzahlbezogene Auswertung – LA Ursache „Oberbau“	49
Abbildung 36	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Streuungsdarstellung – Längenbezogene Auswertung.....	50
Abbildung 37	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad Streuungsdarstellung – Längenbezogene Auswertung – LA Ursache „Oberbau“	50
Abbildung 38	Strategische Nutzungsdauer vs. Liegedauer – Belastung – exklusive bestehender LA	51
Abbildung 39	Strategischer vs. Buchhalterischer Nutzungsdauererreichungsgrad – Belastung – exklusive bestehender LA.....	52
Abbildung 40	Zusammenfassung – Oberbauliegedauer mit Ursache „Oberbau“	53
Abbildung 41	Zusammenfassung – Oberbauliegedauer mit Ursache „Oberbau“ – Belastung	54

6.2 Literaturverzeichnis

- [1] ÖBB-Infrastruktur AG: *LA-Statistiken, 2000-2013*, Praterstern 3, Wien
- [2] ÖBB-Infrastruktur AG: *Streckeninformationen – Kernnetz, 2007 und 2013*, Praterstern 3, Wien
- [3] Bauer, M.: *Langsamfahrstellen im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG*, Masterprojekt – Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft – TU Graz, 2013, Graz
- [4] Berghold, A.: *Die Gleisqualität in Dauerlangsamfahrstellen*, Masterarbeit – Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft – TU Graz, 2011, Graz
- [5] Redtenbacher M., *Realisierte Gleisliegedauern im ÖBB-Netz*, Masterarbeit – Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft – TU Graz, 2013, Graz
- [6] Veit, P.; Marschnig, S.: *Projekt Strategie Komponenten: Schienen*, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft – TU Graz, 2005, Graz
- [7] Lichtberger, B.: *Handbuch Gleis*, DVV Media Group GmbH | Eurailpress, 2010, Hamburg
- [8] Fendrich, L.: *Handbuch Eisenbahninfrastruktur*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007, Berlin
- [9] http://de.wikipedia.org/wiki/Eisenbahnsignale_in_%C3%96sterreich, entnommen am 06.10.2013
- [10] <http://de.wikipedia.org/wiki/Langsamfahrstelle>, entnommen am 02.10.2013

WISSEN ▪ TECHNIK ▪ LEIDENSCHAFT

