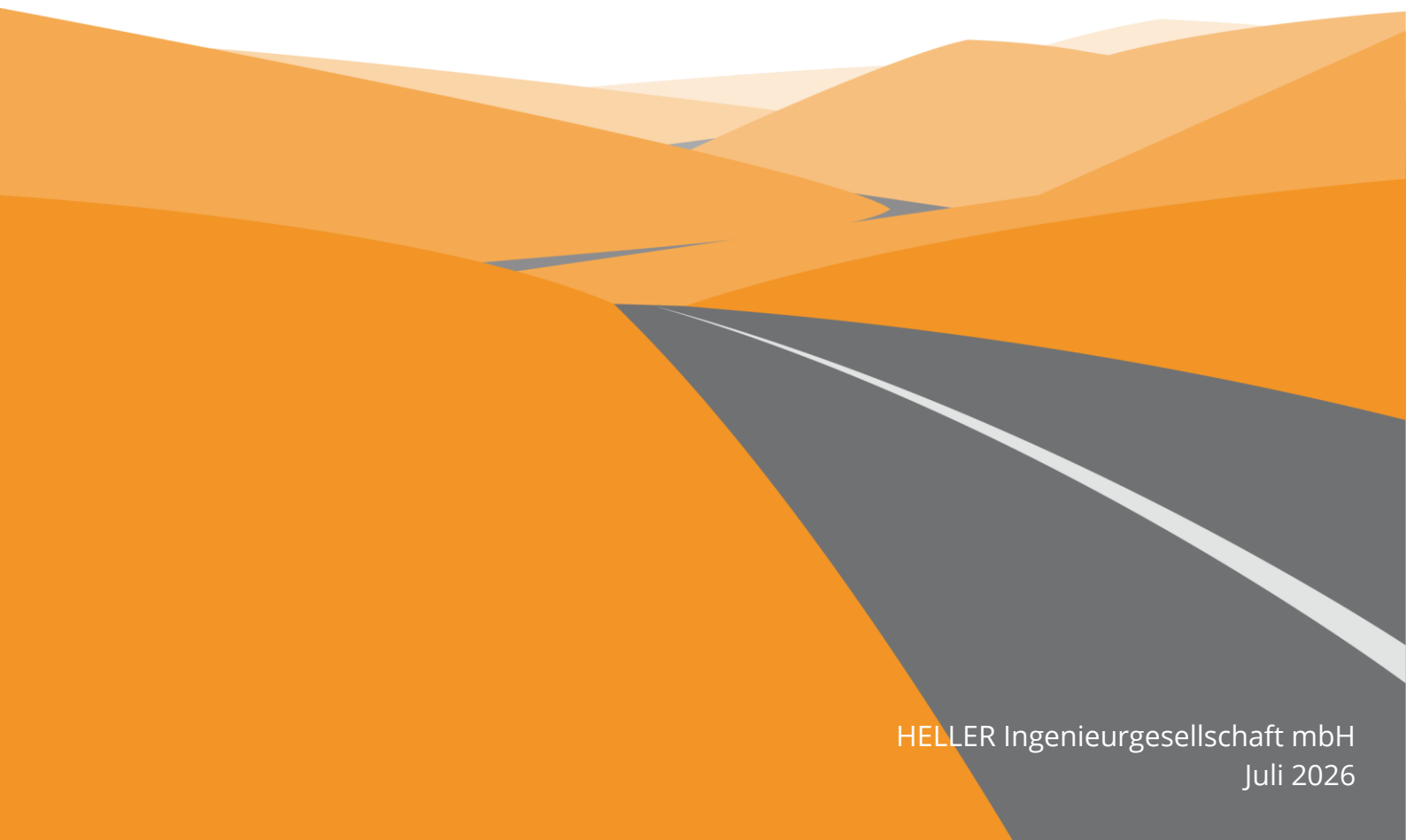


Zustandserfassung und -bewertung der Kreisstraßen 2026 des Landkreis Konstanz

Schlussbericht



Impressum

HELLER Ingenieurgesellschaft mbH

Otto-Hesse-Straße 19/T9
64293 Darmstadt
www.heller-ig.com

für das **Landratsamt Konstanz**

Straßenbauamt
Max-Stromeyer-Str. 166-168
78467 Konstanz

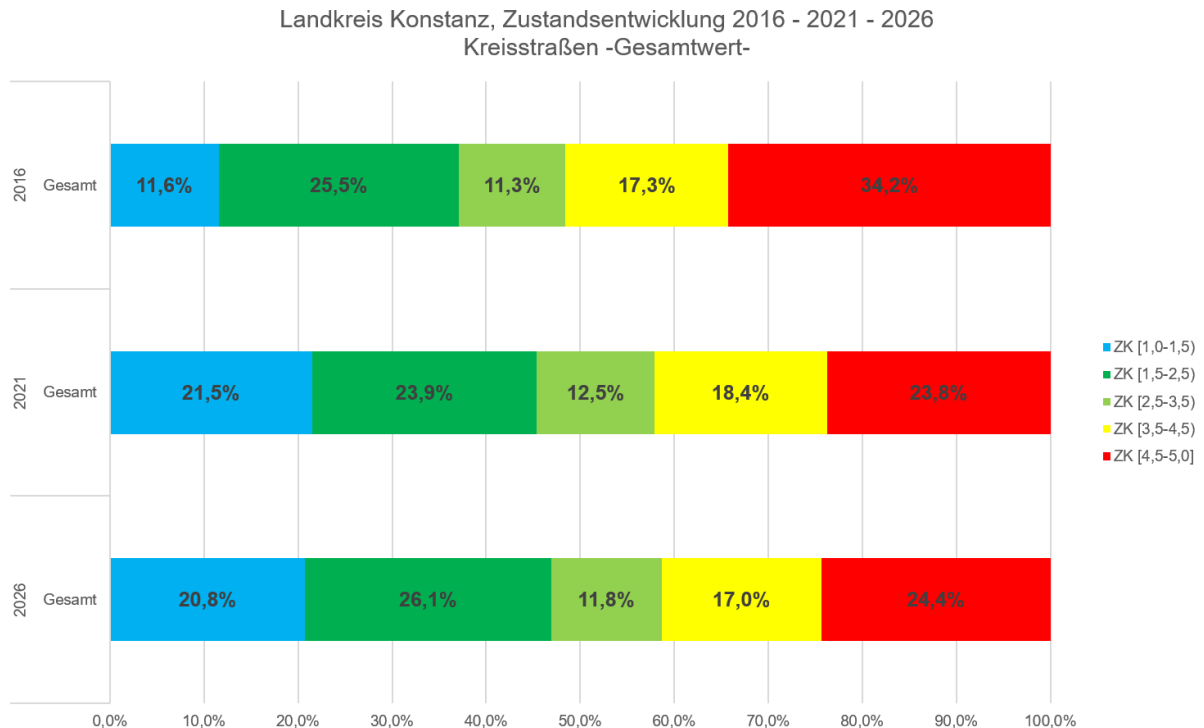
Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
1 Einleitung.....	8
2 Vorgehen im Projekt und eingesetzte Verfahren	10
2.1 Projektbeteiligte	10
2.2 Straßennetz / Erfassungsumfang	10
2.3 Verfahren der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)	10
2.4 Zustandserfassung	11
2.4.1 Erfassung der Längs- und Querebenheit (Teilprojekt 1)	11
2.4.2 Erfassung der Substanzmerkmale (Oberfläche) (Teilprojekt 3)	13
2.5 Zuordnung der Daten zum Straßennetz	14
2.6 Auswerteraster	15
2.7 Berechnung der Zustandsgrößen	15
2.8 Zustandsbewertung	15
3 Ergebnisse der ZEB.....	19
3.1 Zustandsverteilung - Gesamtnetz	19
3.2 Zustandsverteilung - Freie Strecke ($\geq 6,0$ m)	21
3.3 Zustandsverteilung - Ausbau ($<6,0$ m).....	22
3.4 Zustandsverteilung - Ortsdurchfahrten	24
3.5 Mittelwerte.....	25
3.6 Zustandskarten.....	25
3.7 Rohdatenprofile	27
3.8 Streckenbilder	27
4 Auswertung der realisierten Maßnahmen.....	28
5 Ermittlung des Erhaltungsbedarfs	31
6 Bewertung der Zustandsentwicklung und des Erhaltungsbedarfs 2021 – 2026	37
6.1 Systematikwechsel in der Bildung von Erhaltungsabschnitten	37
6.2 Zustandsentwicklung und Deckeneffekt im Bereich Ausbau	37
6.3 Fehleinschätzung einzelner Abschnitte in der Kampagne 2021	40

6.4	Interpretation	41
7	Finanz- und Bedarfsprognose	41
7.1	Zielsetzung und Modellansätze	42
7.1.1	Einführung.....	42
7.1.2	Aufgabenstellung.....	42
7.1.3	Modellannahmen	44
7.1.4	Ergebnisse der Untersuchung	45
8	Zusammenfassung.....	46
8.1	Zustandsentwicklung.....	46
8.2	Erhaltungsplanung	47
8.3	Bewertung der Bedarfsentwicklung	47
8.4	Finanz- und Bedarfsprognose.....	48
	Abkürzungen	49
	Abbildungsverzeichnis.....	50
	Tabellenverzeichnis	51

Kurzfassung

Zustandsentwicklung



Der Anteil am ganzen Streckennetz in den Zustandsklassen [1,0-1,5), [1,5-2,5) und [2,5-3,5) hat sich von **57,90 % (ZEB 2021)** um 0,8 Prozentpunkt auf **58,70 % (ZEB 2026) verbessert**, und ist auf einem weitestgehend gleichbleibenden Niveau. Der Anteil über dem Schwellenwert [4,5-5,0] hat sich von **23,8 % (ZEB 2021)** um 0,6 Prozentpunkte auf **24,4 % (ZEB 2026) verschlechtert**. Der allgemeine Netzzustand von 2021 konnte somit gehalten werden.

Eine genaue Analyse der Zustandsentwicklung und Interpretation kann aus den Kapiteln 3 und 6 entnommen werden.

Operative Erhaltungsbedarf

Operativer Erhaltungsbedarf: Der operative Erhaltungsbedarf beschreibt den zum Auswertzeitpunkt bereits bestehenden, unmittelbaren Sanierungsbedarf des Straßennetzes, ermittelt aus den identifizierten Erhaltungsabschnitten und den zugehörigen Kosten je Maßnahmenart. Er stellt damit eine Momentaufnahme des aktuellen "Sanierungsstau" dar.

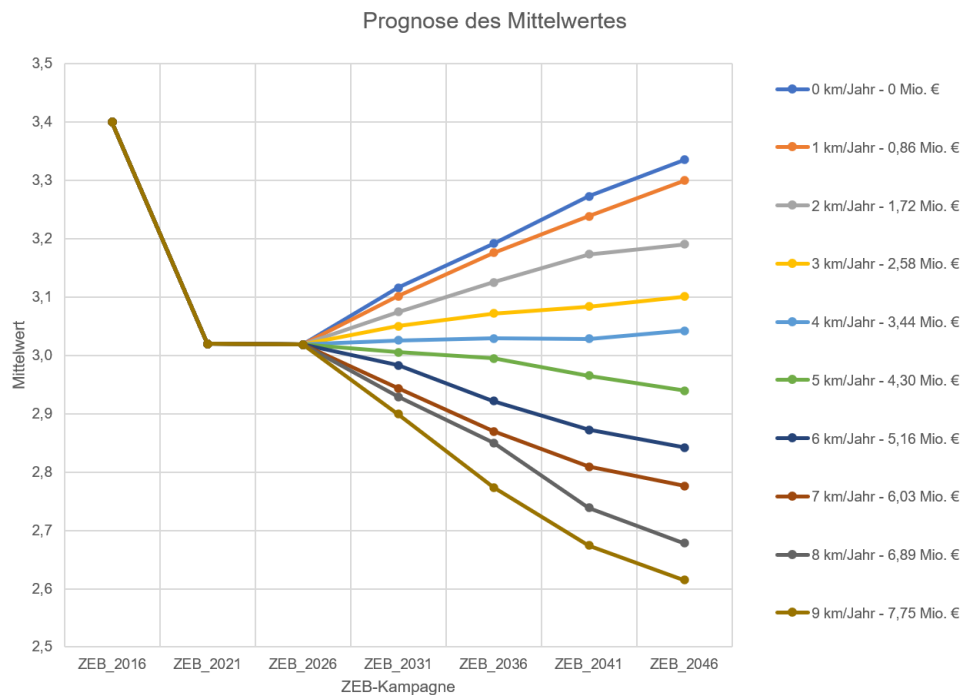
Operativer Erhaltungsbedarf					
Maßnahmenart	Freie Streck (≥ 6,0 m)	Freie Strecke (< 6,0 m)	Ortsdurchfahrt	Summe	Ergebnis- haushalt
Tiefenbau Deckschicht	538.000 €	2.981.000 €	1.659.000	5.178.000 €	5.178.000 €
Grundhafte Erneuerung	-		1.710.000 €	1.710.000 €	Investitions- haushalt
Ausbau		24.810.000 €		24.810.000 €	26.520.000 €
Summe	538.000 €	27.791.000 €	3.369.000 €	31.698.000 €	

Operativer Erhaltungsbedarf				
Maßnahmenart	Freie Streck (≥ 6,0 m)	Freie Strecke (< 6,0 m)	Ortsdurchfahrt	Summe
Tiefenbau Deckschicht	3,3 km	27,3 km	11,6 km	42,2 km
Grundhafte Erneuerung	-		3,5 km	3,5 km
Ausbau		28,5 km		28,5 km
Summe	3,3 km	55,8 km	15,1 km	74,2 km
Anteil Netzlänge	4,5 % 72,3 km	27,8 % 200,7 km	26,0 % 58,0 km	22,4 % 331,0 km

Der Erhaltungsbedarf beläuft sich auf der **Freien Strecke** auf insgesamt **3,3 km**, **Ausbau auf 55,8 km** und in den **Ortsdurchfahrten** beläuft sich der Erhaltungsbedarf auf insgesamt **15,1 km**. Insgesamt umfasst die Erhaltungsplanung 86 Abschnitte mit einem rückständigen Erhaltungsbedarf von **31,698 Mio. Euro** wovon 5,178 Mio. € dem Ergebnishaushalt und 26,520 Mio. € dem Investitionshaushalt zuzuordnen sind.

Strategischer Erhaltungsbedarf (Finanz- und Bedarfsprognose)

Strategischer Erhaltungsbedarf: Der strategische Erhaltungsbedarf beschreibt den zukünftigen, über mehrere Jahre simulierten Erhaltungsbedarf des Straßennetzes auf Grundlage eines Prognosemodells, dass die Zustandsentwicklung in Abhängigkeit von Budgethöhe und Maßnahmenumfang fortschreibt. Er zeigt damit auf, welches jährliche Budget erforderlich ist, um den Netzzustand langfristig zu stabilisieren oder zu verbessern – im Unterschied zum operativen Erhaltungsbedarf, der den bereits heute bestehenden Sanierungsrückstand abbildet. Die Ergebnisse dienen als Entscheidungsgrundlage für die mittelfristige Haushalts- und Investitionsplanung.



Die Finanz- und Bedarfsprognose basiert auf den Zustandsdaten der ZEB-Kampagnen 2021 und 2026 sowie den im Zwischenzeitraum realisierten Erhaltungsmaßnahmen und wurde mittels eines statistischen Simulationsmodells für zehn Budgetvarianten über einen Prognosehorizont bis 2048 durchgeführt. Der aktuelle Netzzustand mit einem mittleren Gesamtwert von 2,99 lässt sich mit einer jährlichen Erhaltungsleistung von rund 5 km und einem Budget von 4,30 Mio. € stabil halten. Eine nachhaltige Zustandsverbesserung erfordert hingegen eine jährliche Erhaltungsleistung von mindestens 8 km bei einem Budget von 6,89 Mio. €. Budgets unterhalb dieser Schwelle führen mittelfristig zu einem erneuten Anstieg des Sanierungsstaus und einer Verschiebung hin zu kostenintensiveren Maßnahmentypen.

Anmerkung Streckenbereiche Ausbau: Unabhängig des aktuellen und prognostizierten Straßenzustandes sind Strecken mit einem Querschnitt kleiner als 6,0 m auf einen regelkonformen Straßenquerschnitt ($\geq 6,0$ m) auszubauen. Dies trifft für 200,7 km des Kreisstraßennetzes zu. Bei einem Flächenanteil von fast 1,0 Mio. Quadratmeter, entspricht dies einem Finanzierungsbedarf von 200,0 Mio. €

1 Einleitung

Die Sicherstellung der Mobilität ist aktuell ein viel diskutiertes und politisch wie gesellschaftlich relevantes Thema. Neben der Energieeffizienz und der Weiterentwicklung intelligenter Fahrzeuge ist insbesondere eine anforderungsgerechte Verkehrsinfrastruktur eine grundlegende Voraussetzung für die Aufrechterhaltung der Mobilität als Garant für eine funktionstüchtige und erfolgreiche Wirtschaft. Die Verkehrsinfrastruktur stellt volkswirtschaftlich betrachtet den größten Vermögenswert unserer Gesellschaft dar.

Diesen gilt es durch ein adäquates Management zu sichern. Als Grundlage hierfür sind Kennzahlen, sogenannte Key Performance Indicators (KPI), erforderlich, die sich zur Beschreibung des Status quo sowie zum Aufzeigen von Trends eignen und damit für Investitionsentscheidungen, für das Controlling bzw. zur Erarbeitung von Strategien genutzt werden können.



Bild 1 Kreislauf der Erhaltungsplanung

Im Landkreis Konstanz sind die Daten der ZEB ein fester Bestandteil bei der Entscheidungsfindung im Prozess der Erhaltungsplanung (Bild 1). Die Erhaltungsplanung erfolgt nicht direkt auf der Grundlage der Ergebnistabelle bzw. Zustandskarte. Damit eine effiziente und effektive Planung mit einem möglichst hohen Nutzen möglich ist, werden die vergleichsweise kurzen erhaltungsbedürftigen Zustandsabschnitte gezielt zu längeren Erhaltungsabschnitten aggregiert und visualisiert.

Dafür kommt ein von der HELLER Ingenieurgesellschaft mbH (im weiteren Text HELLER) entwickeltes Verfahren zum Einsatz, bei dem die erhaltungsrelevanten Bereiche auf Basis der Ergebnisse der ZEB herausgearbeitet und dargestellt werden. Abschnittsbezogene Kennzahlen ermöglichen eine Priorisierung der einzelnen Erhaltungsabschnitte. Das Verfahren ist transparent und nachvollziehbar und trägt nachhaltig zu einer Verbesserung des Netzzustands bei optimalem Einsatz der Erhaltungsmittel bei.

Inhalt dieses Berichtes ist die Darstellung der statistischen Auswertung zur 2026 durchgeführten messtechnischen Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) der Kreisstraßen sowie des daraus abgeleiteten Erhaltungsbedarfs.

Um die Entwicklung des Zustands aufzeigen zu können wurden die Daten der vorangehenden ZEB-Projekte des Jahres 2016 und 2021 in die Auswertung einbezogen. Die Zustandsdaten 2026 wurden von der LEHMANN+PARTNER GmbH aus Erfurt messtechnisch erfasst. Die Datenprüfung und

Auswertung erfolgte dabei jeweils durch HELLER. Alle nachfolgend dargestellten Auswertungen basieren auf den sogenannten Ergebnistabellen. Diese beinhalten die Zustandsabschnitte mit den zugehörigen Zustandsgrößen und Zustandswerten.

Die Ergebnistabelle bildet u.a. die Grundlage für die kartografische Darstellung des Zustands und die Berechnung statistischer Kennzahlen zum Netz. Durch den Netzbezug lassen sich die Zustandsdaten mit den Daten vorangehender Kampagnen vergleichen bzw. mit Bestands- und Maßnahmenendaten anwendungsbezogen verschneiden. Detailliertere Darstellungen des Straßenzustands lassen sich darüber hinaus anhand der sogenannten Rohdaten und des darin gespeicherten Netzbezugs erzeugen. Die Zustandsdaten können in den unterschiedlichen Aggregationsstufen bzw. nach entsprechender Auswertung und Verschneidung mit weiteren Informationen zur Infrastruktur sowohl auf der strategischen, der taktischen als auch der operativen Entscheidungsebene eingesetzt werden. Im Laufe der letzten 20 Jahre hat sich der Anwendungsbereich sukzessive erweitert. In der folgenden Übersicht (**Bild 2**) werden die wesentlichen Anwendungsfelder der ZEB zusammen mit den jeweiligen Inputdaten bzw. Aggregationsstufen dargestellt.

		Aggregationsstufen der Zustandsdaten							
		Maschinenrohdaten	Standardisierte Rasterrohdaten	Zustandsgrößen	Zustandswerte	Komplexe Zustandsindikatoren	Statistische Indikatoren für Objekte oder Regionen	Key Performance Indicators (KPI)	
Anwendung der Zustandsdaten	Qualitätssicherung der ZEB-Daten								Operative Entscheidungsebene
	Analysen zur Schadensursache								
	Erarbeitung von Modellen zur Zustandsprognose								
	Analysen und Gutachten bei Fahrzeugschäden								
	Planung von Erhaltungsmaßnahmen								Taktische Entscheidungsebene
	Planung von Erhaltungsprogrammen								
	Bewertung von Bauweisen und Technologien								
	Zuweisung der Finanzmittel für Bauämter und andere Regionen								
	Monetäre Bewertung / Bilanzierung der Straßeninfrastruktur								Strategische Entscheidungsebene
	Analyse räumlicher Trends und Disparitäten								
	Information des Eigentümers (Parlament, Regierung) zum Bestand und Zustand der Infrastruktur								
	Information der Öffentlichkeit								

Bild 2 Anwendungsfelder der ZEB und jeweils erforderliche Inputdaten

Die Zustandsdaten dieser ZEB wurden nach dem gleichen Verfahren bewertet, wie die Landesstraßen in Baden-Württemberg. Es basiert auf dem Verfahren, das seit 2015 auf Bundesebene für die Bewertung von Bundesfernstraßen eingesetzt wird. In der aktuellen Version der ZTV ZEB-StB ist dieses Verfahren beschrieben.

Das für dieses Projekt eingesetzte Bewertungsverfahren ist im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

2 Vorgehen im Projekt und eingesetzte Verfahren

2.1 Projektbeteiligte

Die vom Landkreis beauftragte Zustandserfassung und -bewertung der Fahrbahnen wurde im Zeitraum Januar 2026 bis Juni 2026 realisiert. Die messtechnische Erfassung der Fahrbahnen wurde von der **LEHMANN+PARTNER GmbH** (Erfurt) realisiert. Die Aus- und Bewertung der Erfassungsdaten wurde von der **HELLER Ingenieurgesellschaft mbH** (Darmstadt) durchgeführt.

2.2 Straßennetz / Erfassungsumfang

Für die Referenzierung der ZEB-Daten wurde die vorhandene digitale Straßennetzgrundlage verwendet. Diese wurde vom Verkehrsministerium Baden-Württemberg bereitgestellt und umfasste die

- geografischen Netzverläufe der Straßen mit dem zugehörigen Knoten- / Kantenmodell und die
- administrativen Informationen (Baulast, Ortsdurchfahrtsgrenzen, Aufbau- und Querschnittsdaten).

Das digitale Straßennetz bildete die Grundlage für die örtliche Erfassung.

Insgesamt ergab sich eine zu erfassende Gesamtlänge von rund **331 Kilometern** (273 km freie Strecke und 58 km Ortsdurchfahrten).

2.3 Verfahren der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)

Die Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) ist ein standardisiertes Verfahren für die netzweite, messtechnische Erfassung und Bewertung des Straßenzustands. Sie liefert wichtige Inputdaten primär für die Bilanzierung des Anlagevermögens der Straßeninfrastruktur, für die Dokumentation des Ist-Zustands und die Prognose der Zustandsentwicklung sowie für das systematische Erhaltungsmanagement auf strategischer wie auch auf operativer Ebene.

Der Straßenzustand wird bei der ZEB in Merkmalsgruppen gegliedert:

- Ebenheit im Längs- bzw. Querprofil (Teilprojekte 1a und b)
- Substanzmerkmale (Oberfläche) (Teilprojekt 3)

Jede dieser Merkmalsgruppen umfasst dabei einzelne Zustandsmerkmale wie z. B. die Spurrinnentiefe oder den Flächenanteil an Rissen, die in Form von messbaren (physikalischen) Zustandsgrößen beschrieben sind.

Durch eine weitreichende Standardisierung der Messverfahren und Auswerteprozesse ermöglicht die ZEB die transparente und nachvollziehbare Bewertung des Zustands.

Die ZEB wurde zu Beginn der 90er Jahre durch den Bund initiiert und zunächst nach der Einführungsphase primär für die Untersuchung des Bundesfernstraßennetzes eingesetzt. Mittlerweile hat sie sich als Routineverfahren für die Bewertung der Bundesautobahnen, Bundes- und Landesstraßen bzw. teilweise auch im Kommunalbereich (Kreis- und Gemeindestraßen) etabliert.

Die Bearbeitung des Regelwerkes ist im Arbeitskreis 4.1.3 Zustandserfassung und -bewertung der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) angesiedelt, in dem Vertreter des Bundes, der Bundesanstalt für Straßenwesen, der Baulastträger der Länder und Kommunen, der Forschungseinrichtungen und der Privatwirtschaft (Messgerätebetreiber und Ingenieurbüros) sitzen. Die Anforderungen an das Verfahren sind in den *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen*

und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen, Ausgabe 2018, ZTV ZEB-StB dokumentiert.

2.4 Zustandserfassung

Bei der Zustandserfassung wird der zu erfassende Fahrstreifen mit einem für diese Aufgabe von der Bundesanstalt zertifizierten Messfahrzeug befahren. Dabei werden die relevanten Oberflächeneigenschaften messtechnisch erfasst und in Form standardisierter Zustandsgrößen abschnittsbezogen gespeichert.

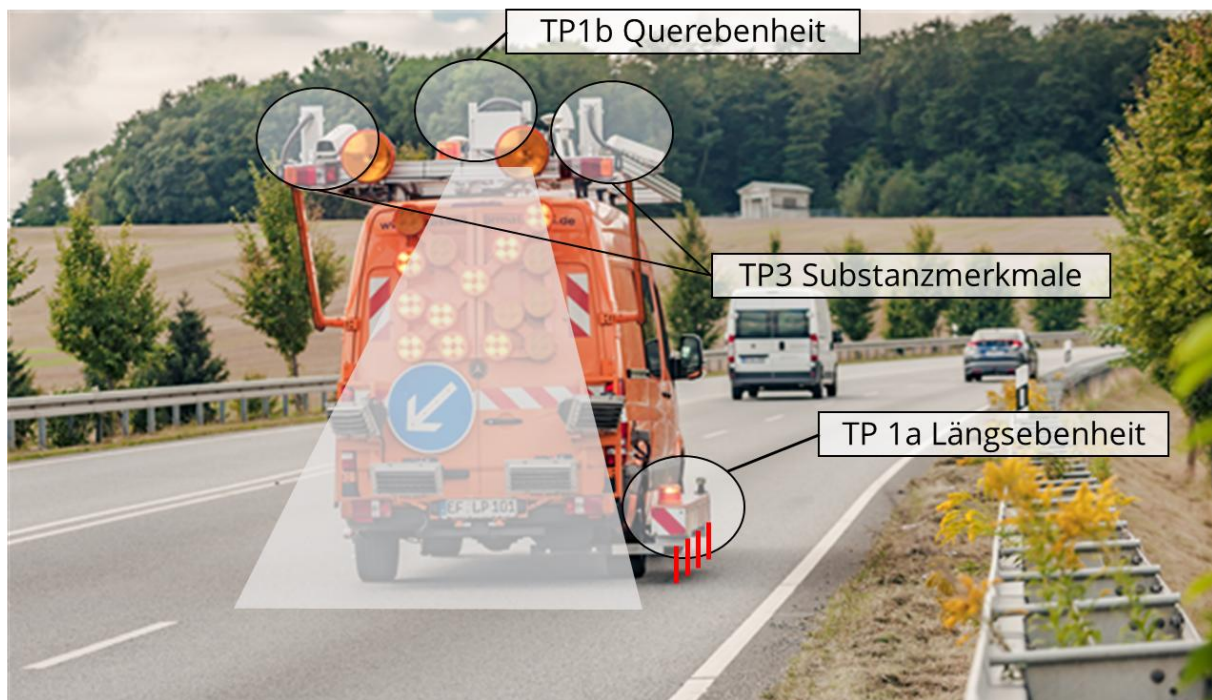


Bild 3: Erfassung der Ebenheit und Substanzmerkmale
Messfahrzeug: LEHMANN+PARTNER GmbH

2.4.1 Erfassung der Längs- und Querebenheit (Teilprojekt 1)

Nachfolgend sind die im Projekt eingesetzten Zustandsmerkmale zur Beschreibung der Längs- und Querebenheit aufgeführt.

Tabelle 1 Längs- und Querebenheit – Zustandsgrößen

Zustandsmerkmal	Zustandsindikator	Kürzel
Allgemeine Unebenheit	Aus der Betrachtung der einzelnen Wellenlängen des Höhenlängsprofil bestimmtes Unebenheitsmaß [cm ³]	AUN
Spurrinnentiefe	Maximum aus linker und rechter Spurrinnentiefe unter der 2-m-Latte (Mittelwert) [mm]	SPT

Zustandsmerkmal	Zustandsindikator	Kürzel
Fiktive Wassertiefe	Maximum aus linker und rechter Fiktiver Wassertiefe [mm]	SPH

Das Höhenlängsprofil wird mit dem sogenannten HRM-Verfahren (High-Speed-Road-Monitoring) in der rechten Rollspur erfasst. Die Höhenpunkte des Profils haben einen Längsabstand von 10 cm und eine Höhenauflösung von ca. 1/10 mm. Das Profil bildet mit der vorgenommenen Trendbereinigung die für eine fahrdynamische Bewertung der Landstraßen relevanten Wellenlängen von 20 cm bis 50 m ab. Das Profil wird hierfür in seine einzelnen Wellenanteile zerlegt (**Bild 4**). Für die einzelnen Wellenanteile wird die spektrale Leistungsdichte bestimmt. Lange Wellenlängen weisen typischerweise große, kurze Wellenlängen hingegen kleine Amplituden auf. Bei logarithmischer Darstellung ergibt sich ein nahezu linearer Verlauf. Die Steigung der Regressionsgeraden beschreibt die Welligkeit. Die Allgemeine Unebenheit entspricht der spektralen Leistungsdichte bei der Wellenlänge von 6,3 m.

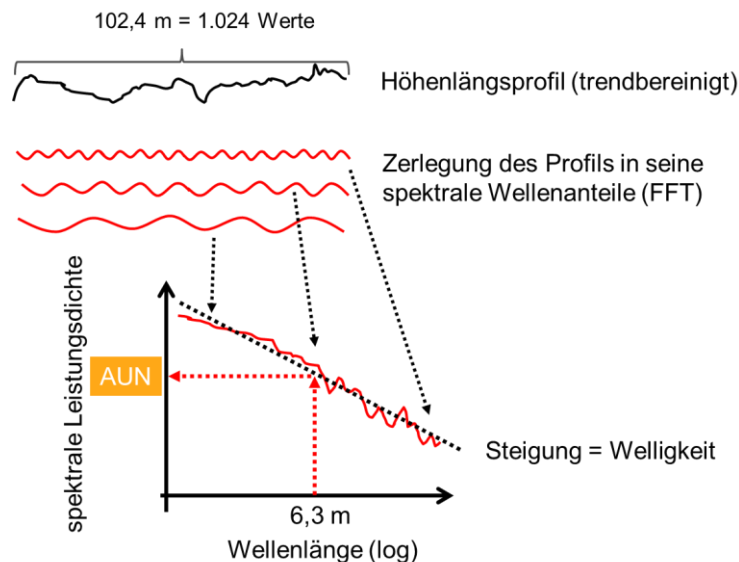


Bild 4 Bestimmung der Allgemeinen Unebenheit anhand des Längsprofils, HELLER

Je Meter wird mittels Lasersonden ein Querprofil erfasst. Der Querabstand der einzelnen Messpunkte beträgt 10 cm, die Höhenauflösung beträgt 1/10 mm.

Die Spurrinnentiefe wird nach dem Prinzip einer gleitenden 2-m-Latte berechnet (Bild 5, oben). Für die rechte und linke Rollspur werden dabei jeweils die maximalen Abstände zwischen der Latte und der Fahrbahnoberfläche angegeben.

Für die Bestimmung der Fiktiven Wassertiefe wird je Querprofil berechnet, wie hoch sich Wasser in den Spurrinnen stauen kann (**Bild 5**, unten). Dieses ist ein theoretischer Wert, da hierbei nicht die Entwässerung in Längsrichtung betrachtet wird.

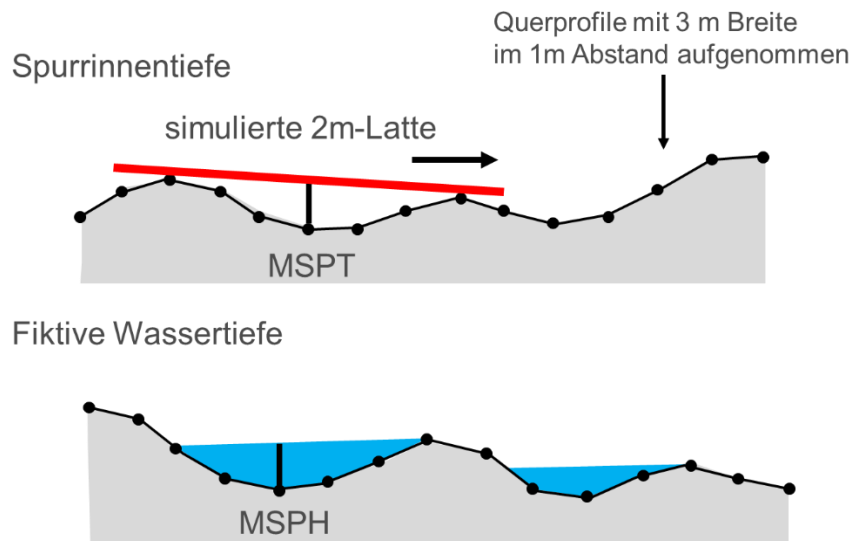


Bild 5 Bestimmung der Ebenheit im Querprofil, HELLER

2.4.2 Erfassung der Substanzmerkmale (Oberfläche) (Teilprojekt 3)

Nachfolgend sind die für die Bewertung des Erhaltungsbedarfs relevanten Oberflächenmerkmale aufgeführt.

Tabelle 2 Substanzmerkmale (Oberfläche) - Zustandsgrößen

Zustandsmerkmal	Zustandsindikator	Kürzel
Netzrisse, Risshäufungen und Einzelrisse	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	RISS
Flickstellen, eingelegt	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	EFLI
Flickstellen, aufgebracht	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	AFLI
Ausbrüche	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	AUS
Offene Arbeitsnähte	betroffener Flächenanteil der Fahrbahnoberfläche [%]	ONA

In **Bild 6** bzw. Tabelle 3 ist dargestellt, wie die unterschiedlichen Schadensbilder den Substanzmerkmalen der ZEB zugeordnet werden.

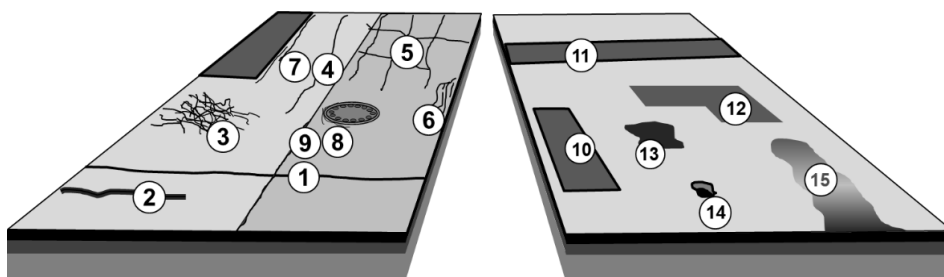
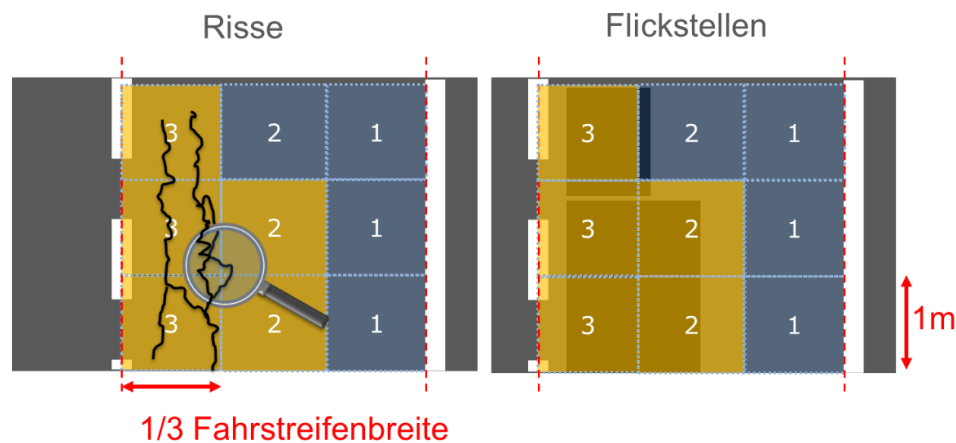


Bild 6 Schematische Beispiele zu den Substanzmerkmalen, HELLER

Tabelle 3 Substanzmerkmale und Zuordnung zu den Zustandsgrößen der ZEB

Beispiel	Merkmal	Beispiel	Merkmal
1) Querriss	RISS	9) Offene Arbeitsnaht	ONA
2) Vergossener Riss	RISS	10) Eingelegte Flickstelle	EFLI
3) Netzkrisse	RISS	11) Aufgrabung	EFLI / AFLI
4) Längsriss	RISS	12) Aufgelegte Flickstelle	AFLI
5) Blockrisse	RISS	13) Verfülltes Schlagloch	AFLI
6) Randrisse	RISS	Flickstellen, gesamt	FLI
7) Setzungsrisse an Aufgrabungen	RISS	14) Schlagloch / Ausbruch	AUS
8) Setzungsrisse an Einbauten	RISS	15) Bindemittelanreicherung	BIN

Während die Erfassung der Zustandsmerkmale der Ebenheit rein messtechnisch anhand einer Laserabtastung der Straßenoberfläche erfolgt, werden die Substanzmerkmale der Oberfläche zunächst digitalfototechnisch aufgenommen und anschließend von geschultem Personal ausgewertet. Dazu wird der aufgenommene Fahrstreifen in der Breite in drei Segmente aufgeteilt. In einem zweiten Schritt wird registriert, welches Segment von den Merkmalen Riss, Flickstellen usw., betroffen ist (**Bild 7**). Ein Segment kann auch mehr als eine Schadensart aufweisen.


Bild 7 Markierung der betroffenen Segmente, HELLER

2.5 Zuordnung der Daten zum Straßennetz

Bei der Zustandserfassung und -bewertung erfolgt die Zuordnung der gemessenen Zustandsrohdaten über die Projektion der Geokoordinaten, die mit dem GPS im 10-m-Abstand erfasst wurden, auf die als Polylinie vorliegende Straßenachse (Netzknotenabschnitt und Stationswert). Das Zuordnungsverfahren funktioniert automatisiert und ist daher sehr effizient anwendbar. Bei Netzänderungen, z.B. der Teilung von Netzabschnitten, lassen sich vorhandene Altdaten neu projizieren und damit mit neueren Daten vergleichen. Typischerweise lassen sich mit dem Verfahren Stationswerte mit einer Lagegenauigkeit von ± 5 m ermitteln.

2.6 Auswerteraster

Auswerteabschnitte auf freier Strecke weisen eine Länge von 100 m, in Ortsdurchfahrten von 20 m auf (**Bild 8**). Das Raster beginnt jeweils am Start des Netzknotenabschnitts. Am Ende können sich damit Zustandsabschnitte ergeben, die kürzer als 100 bzw. 20 m sind.

Alle 100-m-Abschnitte, die ganz oder teilweise innerhalb einer Ortsdurchfahrt liegen werden mit 20-m-Abschnitten aufgefüllt. Bei dieser Vereinfachung kann es dazu kommen, dass die Ortsdurchfahrtsgrenze nicht unmittelbar mit dem 20-m-Abschnitt beginnt bzw. abschließt.

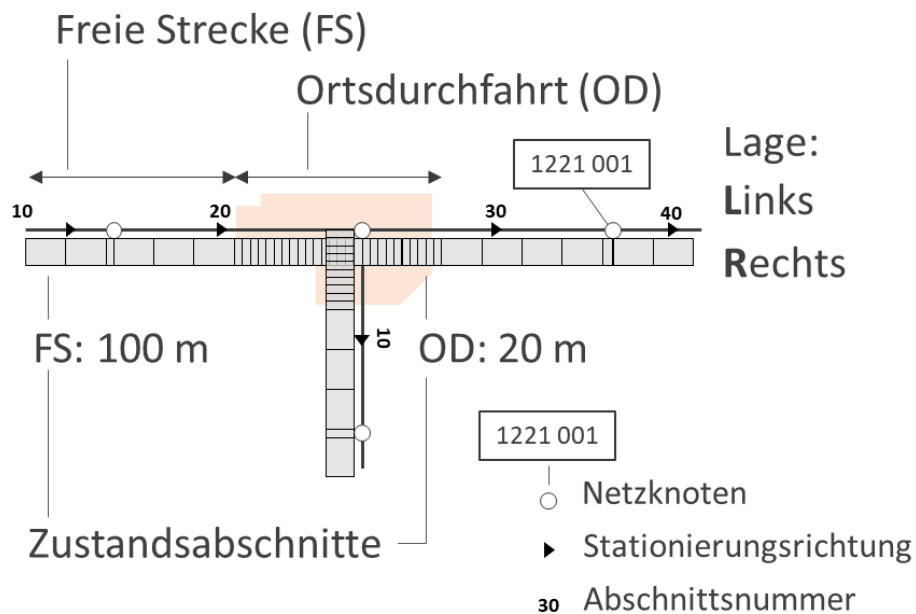


Bild 8 Auswerteraster der ZEB, HELLER

2.7 Berechnung der Zustandsgrößen

Die Zustandsgröße beschreibt die Ausprägung der unterschiedlichen Zustandsmerkmale innerhalb des Zustandsabschnitts. Es handelt sich hierbei um physikalische Größen und noch keine Notenwerte.

Die Berechnung der Zustandsgrößen erfolgte durch eine abschnittsweise Aggregation der in den Zustandsrohdaten hinterlegten elementaren Zustandsinformationen.

Die ermittelten Zustandsgrößen werden in der sogenannten Ergebnistabelle mit dem jeweiligen Netzbezug (Zustandsabschnitt) gespeichert.

2.8 Zustandsbewertung

Für die Verknüpfung der einzelnen Zustandsgrößen im Sinne einer allgemeinverständlicheren Betrachtung und globaleren Bewertung der Substanz- bzw. der Gebrauchseigenschaften, werden alle Zustandsgrößen zunächst in einheitliche dimensionslose Zustandswerte (1 bis 5) überführt (**Bild 9**). Die Normierungsfunktionen der ZEB sind jeweils über drei Fixpunkte definiert.

■ 1,5-Wert

beschreibt einen idealen Straßenzustand

- **Warnwert**
gibt Anlass zur intensiven Beobachtung und Analyse, ggf. Planung von Maßnahmen
- **Schwellenwert**
Einleitung baulicher oder verkehrsbeschränkender Maßnahmen nötig

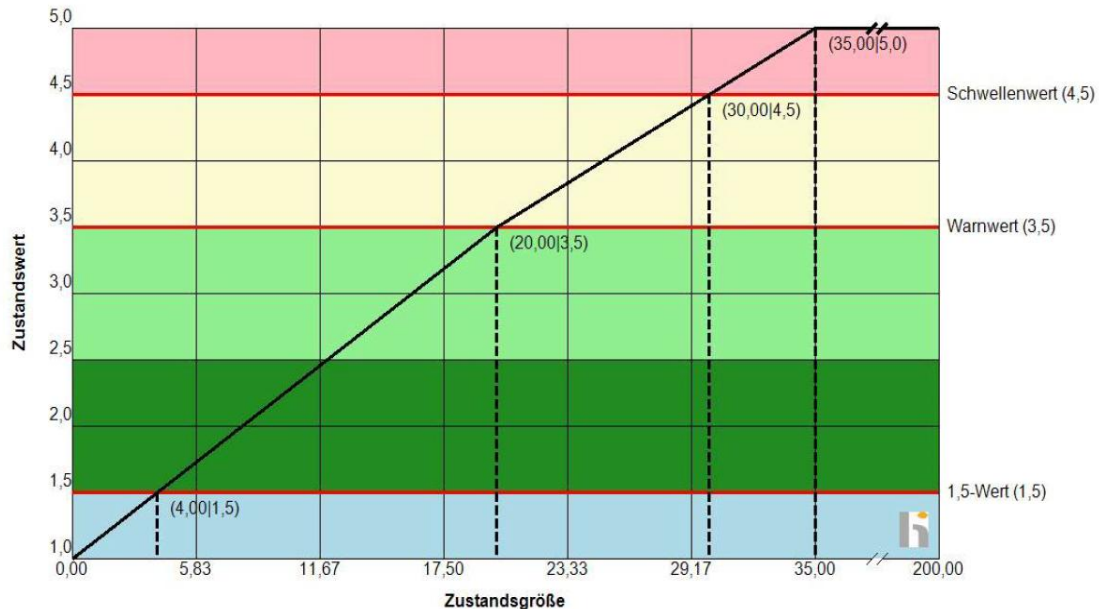


Bild 9 Normierung der Zustandsgrößen zu dimensionslosen Zustandswerten, HELLER

Bei der Normierung der Zustandsgrößen werden die in **Tabelle 4** angegebenen Stützstellen verwendet.

Kürzel	Freie Strecke					Ortsdurchfahrt				
	1,0 - Wert (1)	1,5 - Wert (1,5)	Warnwert (3,5)	Schwellenwert (4,5)	5 - Wert (5)	1,0 - Wert (1)	1,5 - Wert (1,5)	Warnwert (3,5)	Schwellenwert (4,5)	5 - Wert (5)
AUN_15	0	1,2	6	18	24	0	1,2	6	18	24
LWI_15	0	0,6	3	9	12	0	0,6	3	9	12
DBL_15	0	10,8	54	78	90	0	15,6	78	114	132
SBL_15	0	1,8	9	13	15	0	2,6	13	19	22
SPT_15	0	4	20	30	35	0	4	20	30	35
SPH_15	0	1,6	8	12	14	0	1,6	8	12	14
GRI_15	0,62	0,58	0,44	0,37	0,34	0,66	0,63	0,49	0,42	0,38
RISS_15	0	2	10	20	25	0	2	10	20	25
FLI_15	0	2	10	15	17,5	-	-	-	-	-
AFLI_15	-	-	-	-	-	0	3	15	25	30
RSFA_15	0	3	15	30	37,5	0	3	15	30	37,5
LQRL_15	0	0,4	2	4	5	0	0,4	2	4	5
LQRP_15	0	4,6	23	35	41	0	4,6	23	35	41
RSFB_15	0	4,6	23	35	41	0	4,6	23	35	41

Tabelle 4 Normierungsfaktoren, HELLER

Die einzelnen Zustandswerte werden danach zu Teilwerten bzw. dem sogenannten Gesamtwert verknüpft (**Bild 10**).

Im gegenständlichen Projekt wurde für die Normierung der Zustandsgrößen und die Synthese der Teilwerte bzw. des Gesamtwerts das vom Land Baden-Württemberg für die Landesstraßen seit 2016 eingesetzte Verfahren verwendet. Dieses orientiert sich an dem aktuellen Verfahren des Bundes gemäß ZEB-StB 2006 (Ausgabe 2018) mit der Ausnahme, dass Freie

Strecken wie Ortsdurchfahrten bewertet werden und die Griffigkeit (TP2) nicht in die Berechnung des Gebrauchswertes und somit des Gesamtwertes einbezogen wurde.

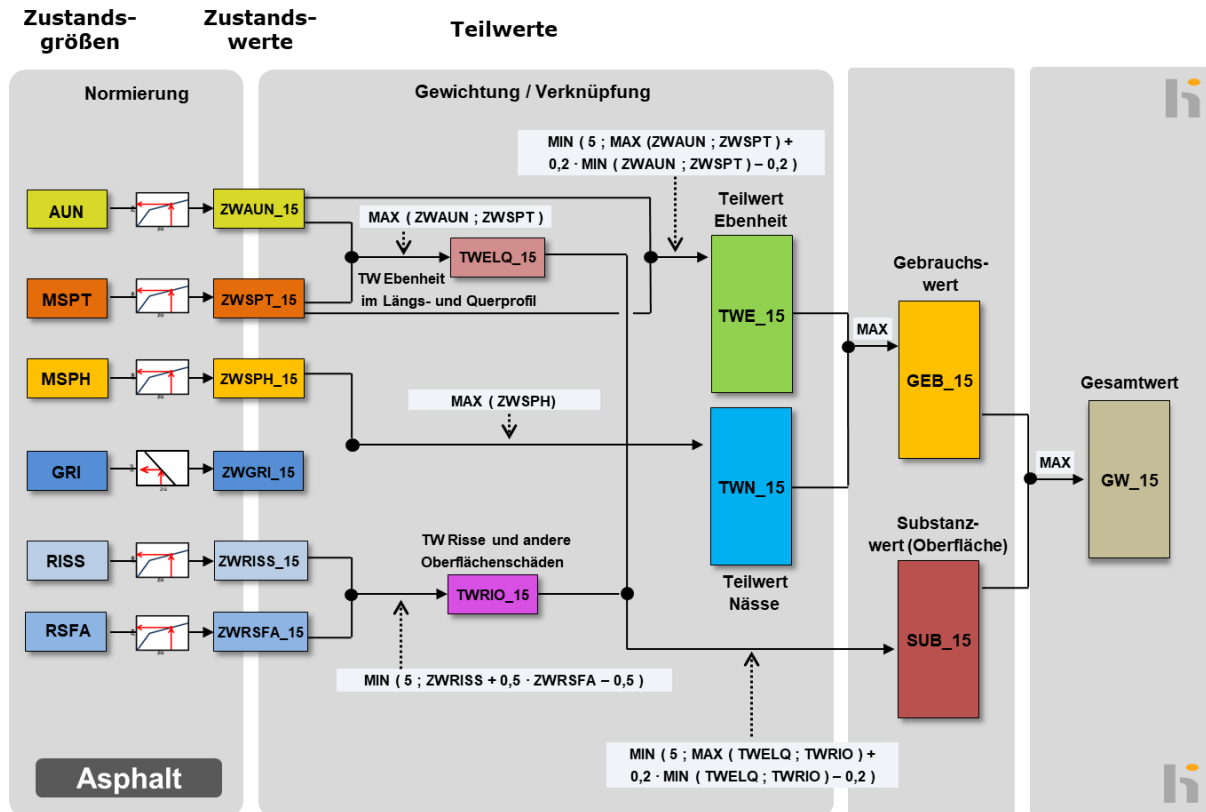


Bild 10 Wertesynthese

Der **Substanzwert (Oberfläche)** beschreibt den für die Erhaltungsplanung wesentlichen, baulichen Zustand. In die Berechnung fließen die erfassten Oberflächenschäden (Risse, Flickstellen) und die Unebenheiten im Längs- und Querprofil ein.

Der **Gebrauchswert** repräsentiert die für den Nutzer relevanten Eigenschaften wie Fahrkomfort (Ebenheit) und Sicherheit (fiktive Wassertiefe).

Der **Gesamtwert** wird aus dem Maximum aus Gebrauchs- und Substanzwert gebildet (**Bild 11**).

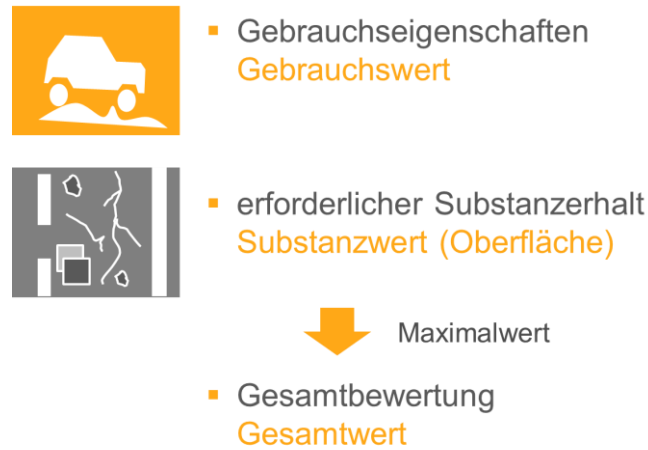


Bild 11 Teilwerte und Gesamtwert der ZEB, HELLER

Für statistische Auswertungen werden die berechneten Zustandswerte in Zustandsklassen eingeteilt. Üblicherweise werden fünf Klassen verwendet (Tabelle 5). Die eckigen Klammern in der nachfolgenden Tabelle bedeuten, dass der dargestellte Zustandswert jeweils noch zur Klasse zählt. Bei einer runden Klammer fällt der dargestellte Wert in die nächsthöhere Zustandsklasse.

Farbe	Klassengrenzen	Beschreibung
	[1,0 - 1,5)	1,5-Wert unterschritten, neuwertig
	[1,5 - 2,5)	sehr guter bis guter Zustand
	[2,5 - 3,5)	guter bis mittlerer Zustand
	[3,5 - 4,5)	Warnwert (3,5) überschritten, Anlass zur intensiven Beobachtung und Analyse, ggf. Planung von Maßnahmen
	[4,5 - 5,0]	Schwellenwert (4,5) überschritten, Einleitung baulicher oder verkehrsbeschränkender Maßnahmen

Tabelle 5 Zustandsklassen

3 Ergebnisse der ZEB

3.1 Zustandsverteilung - Gesamtnetz

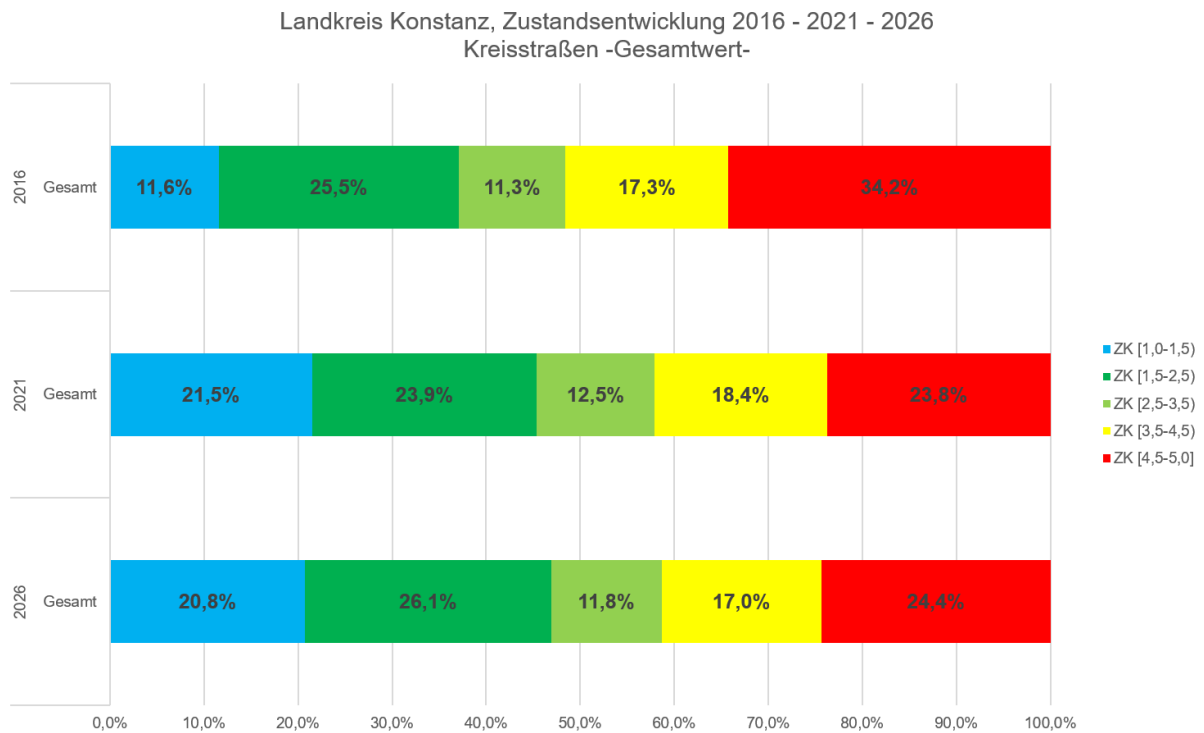


Bild 12 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%], Gesamtnetz - Gesamtwert

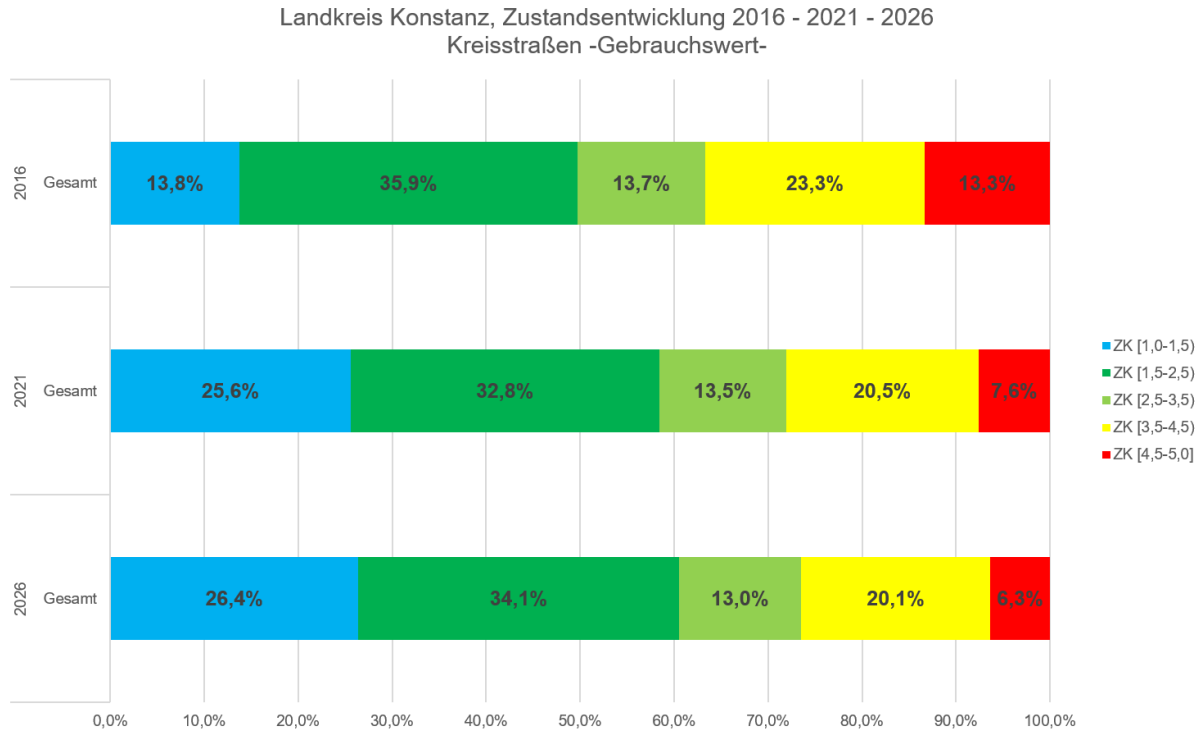


Bild 13 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%], Gesamtnetz - Gebrauchswert

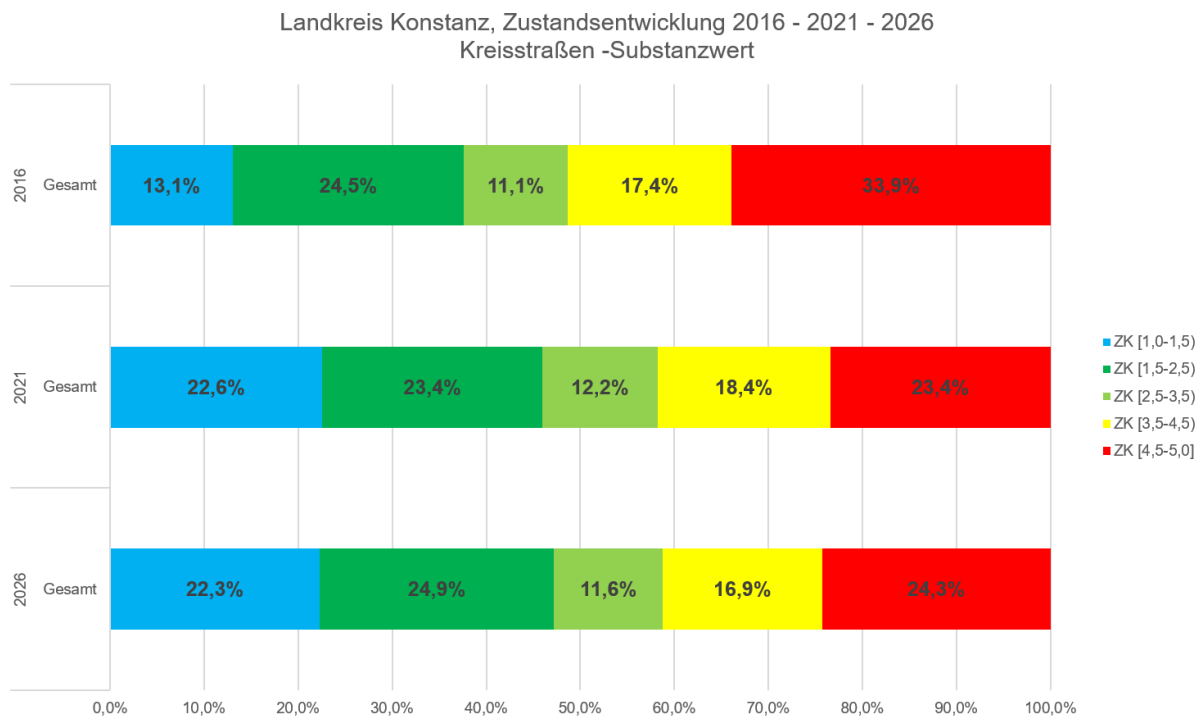


Bild 14 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%], Gesamtnetz – Substanzwert

3.2 Zustandsverteilung - Freie Strecke (≥ 6,0 m)

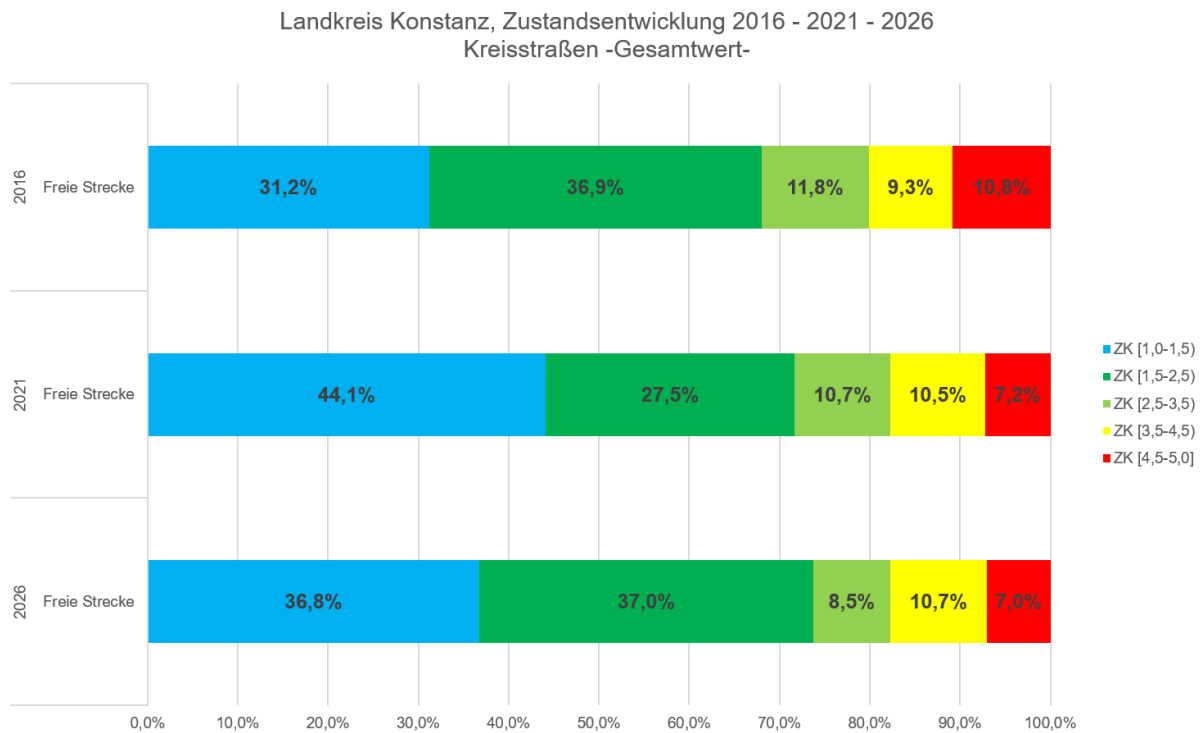


Bild 15 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%] Freie Strecke (≥ 6,0 m) - Gesamtwert

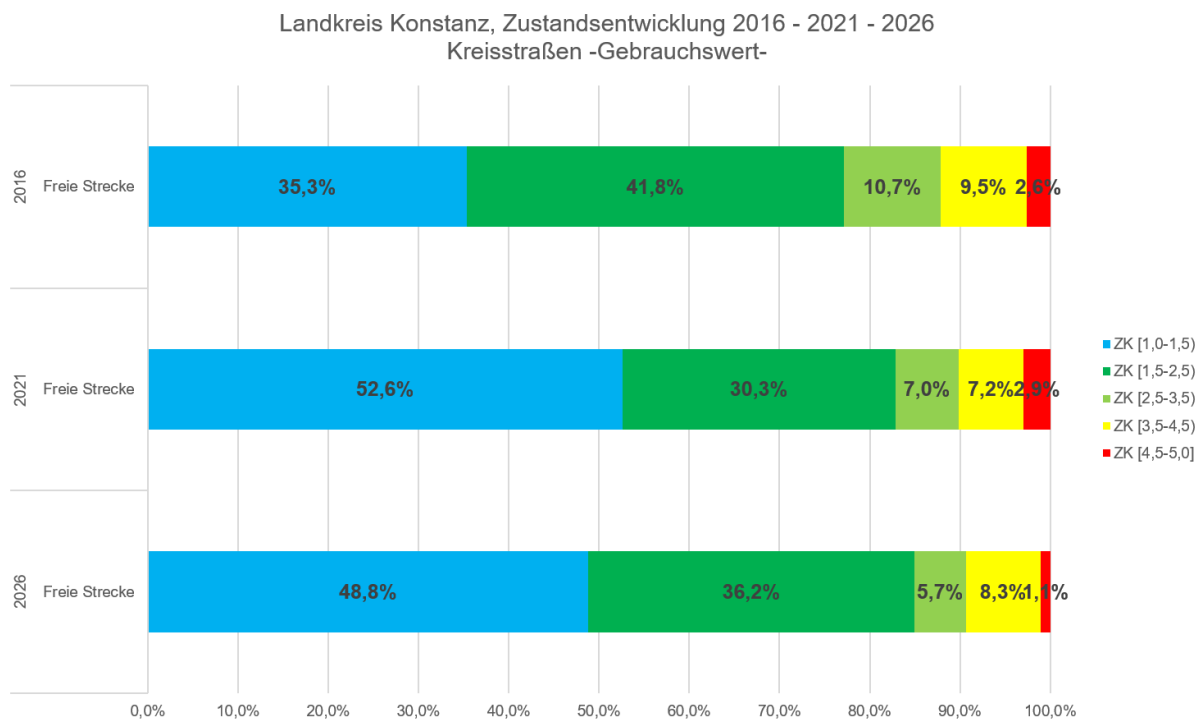


Bild 16 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%] Freie Strecke (≥ 6,0 m) - Gebrauchswert

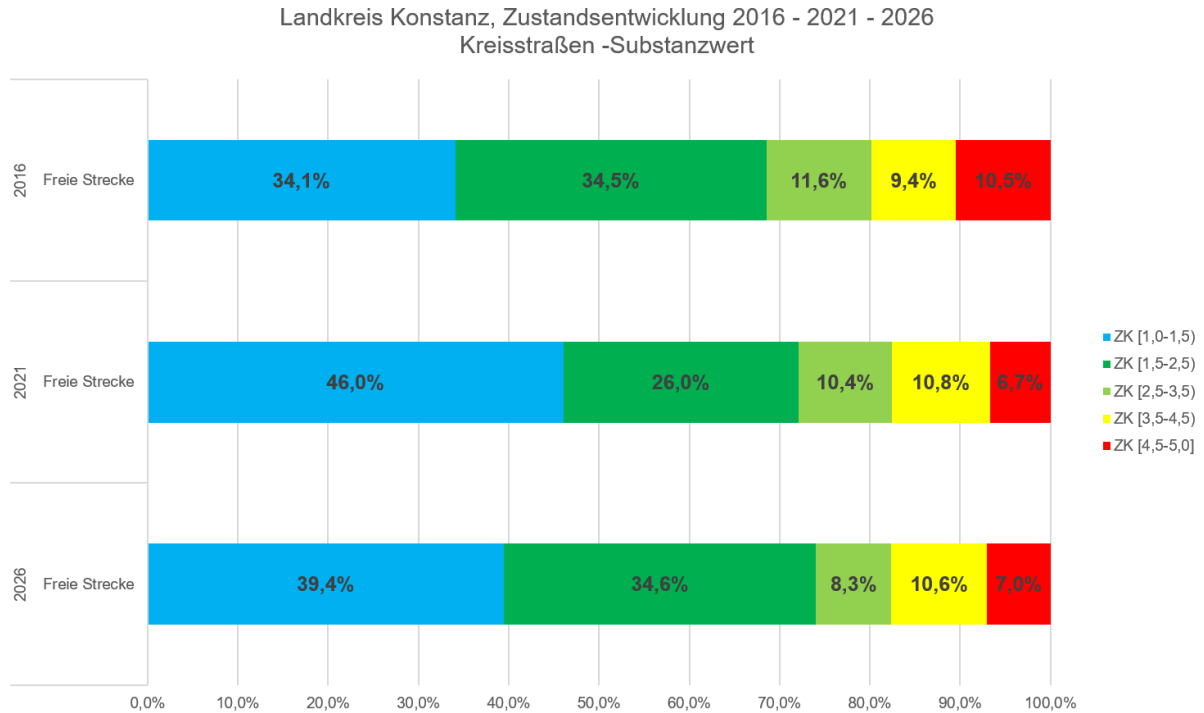


Bild 17 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%] Freie Strecke ($\geq 6,0$ m) - Substanzwert

3.3 Zustandsverteilung - Ausbau (<6,0 m)

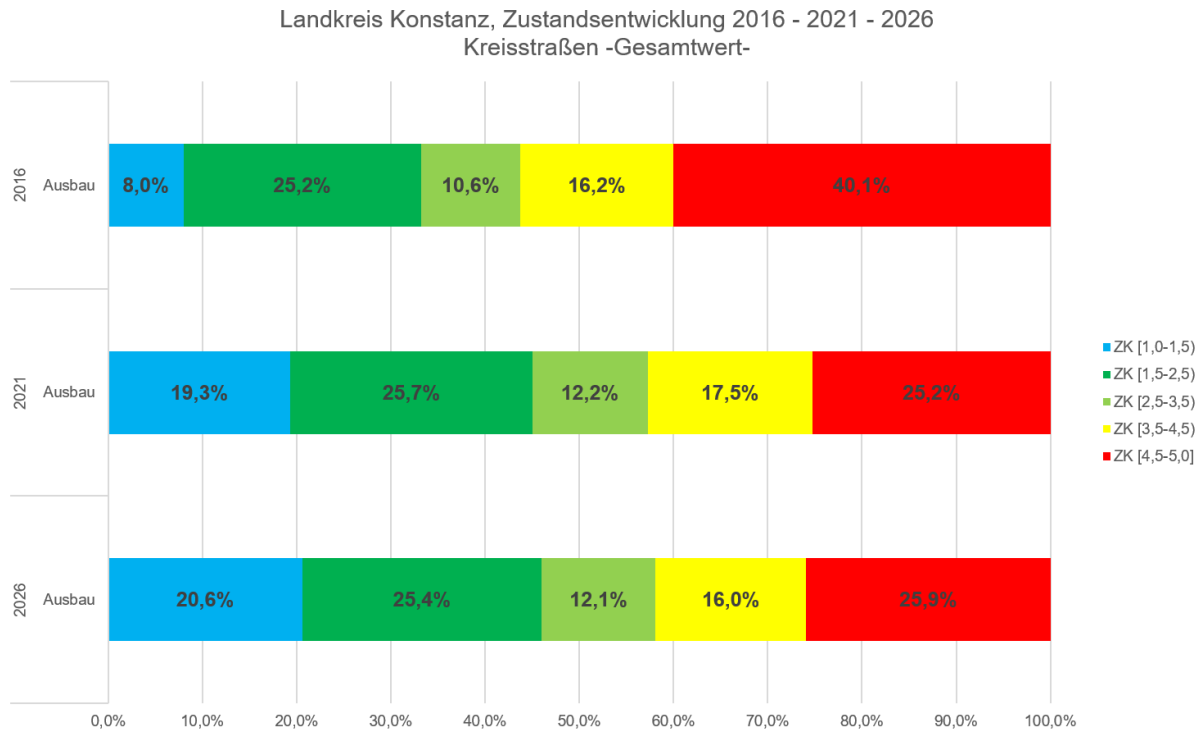


Bild 18 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ausbau (<6,0 m) - Gesamtwert

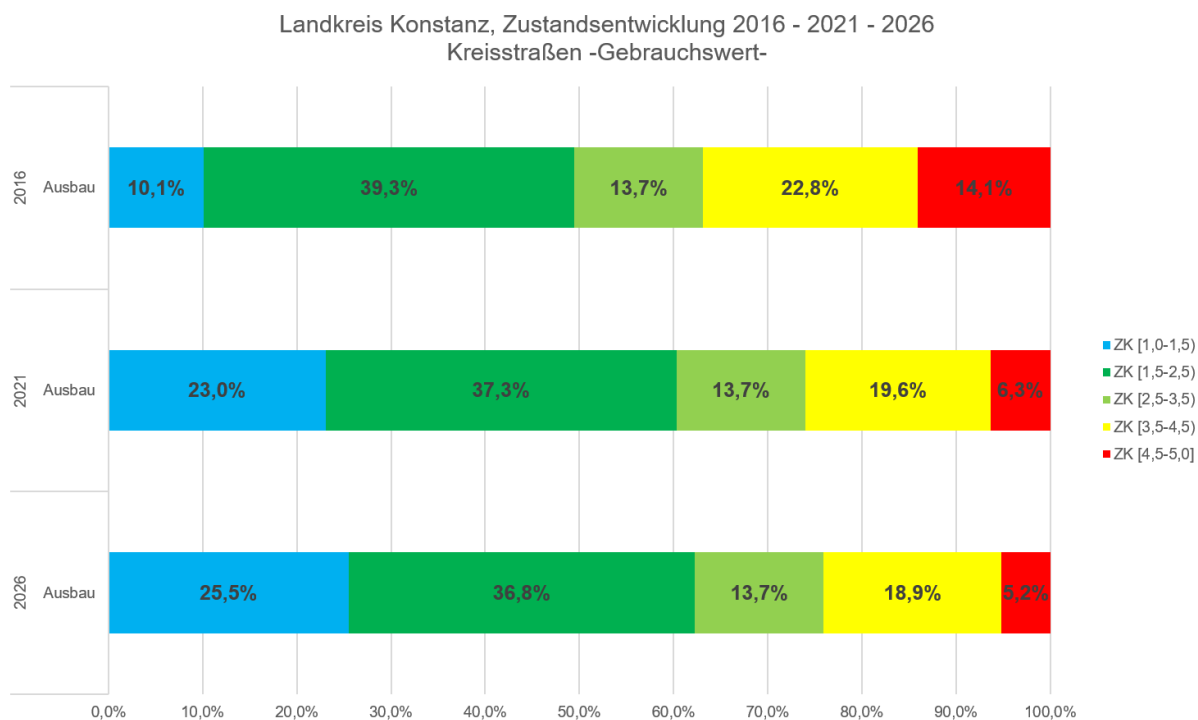


Bild 19 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ausbau (<6,0 m) - Gebrauchswert

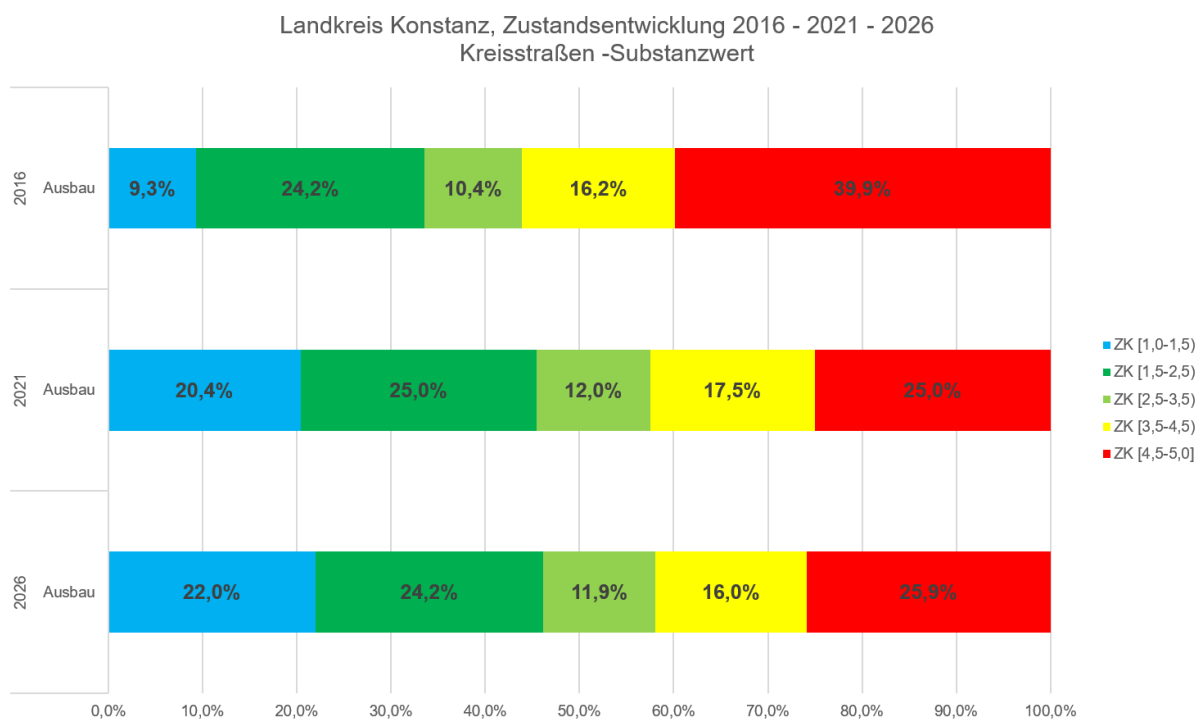


Bild 20 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ausbau (<6,0 m) – Substanzwert

3.4 Zustandsverteilung - Ortsdurchfahrten

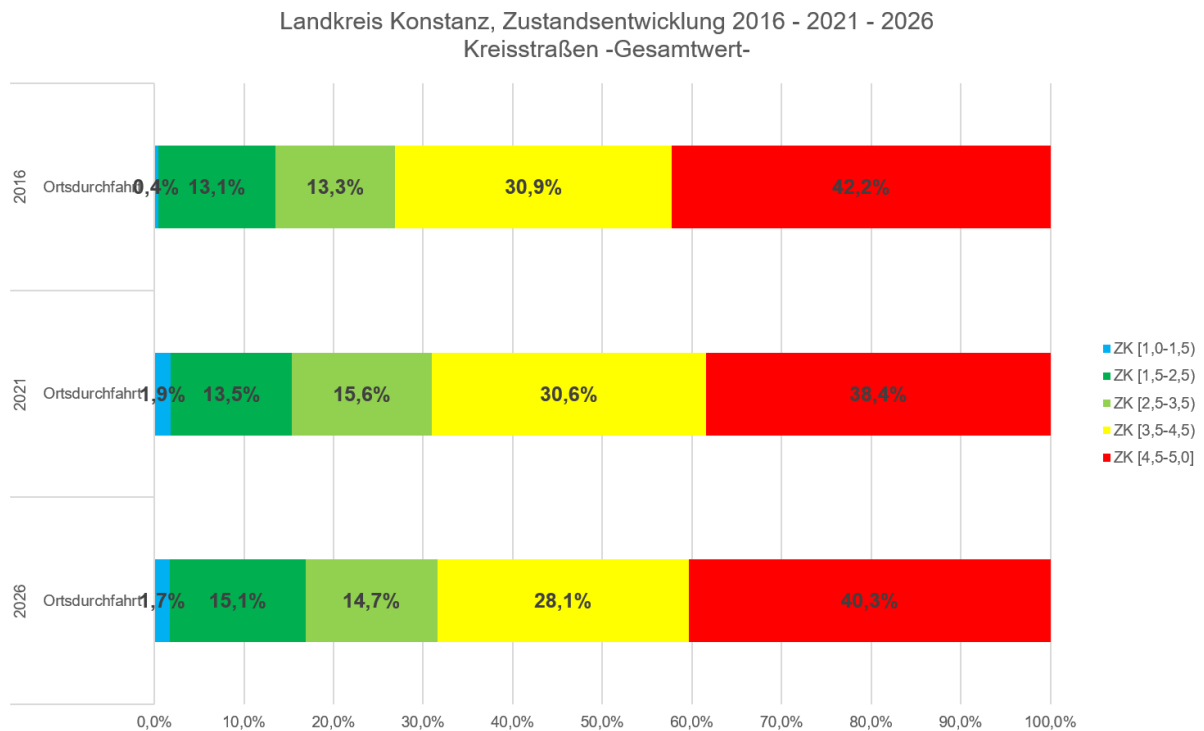


Bild 21 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ortsdurchfahrten - Gesamtwert

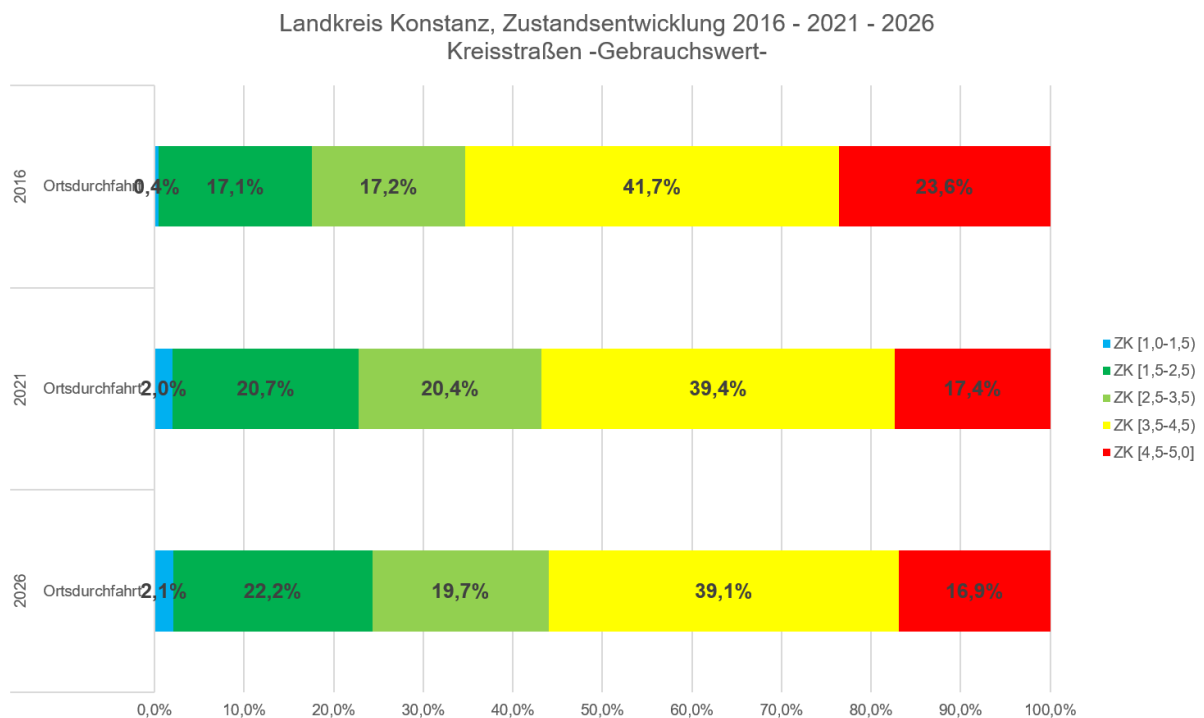


Bild 22 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ortsdurchfahrten - Gebrauchswert

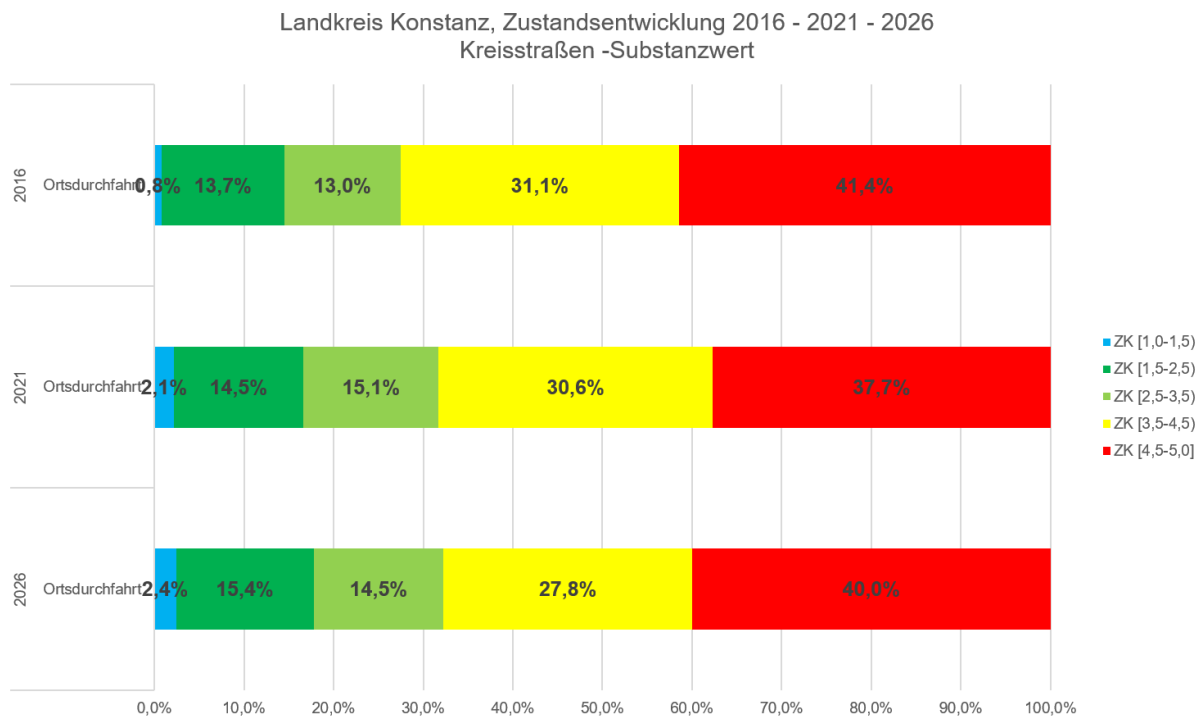


Bild 23 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ortsdurchfahrten - Substanzwert

3.5 Mittelwerte

Die folgende Tabelle enthält die längengewichteten Mittelwerte der ZEB 2016 bis ZEB 2026.

Zustandswert	ZEB 2016 Mittelwert [1-5]	ZEB 2021 Mittelwert [1-5]	ZEB 2026 Mittelwert [1-5]
Gesamtwert	3,36	3,01	2,99
Gesamtwert (Freie Strecke)	2,35	2,19	2,18
Gesamtwert (Ausbau)	3,53	3,03	3,02
Gesamtwert (Ortsdurchfahrt)	3,98	3,88	3,87

Tabelle 6 Mittelwerte

3.6 Zustandskarten

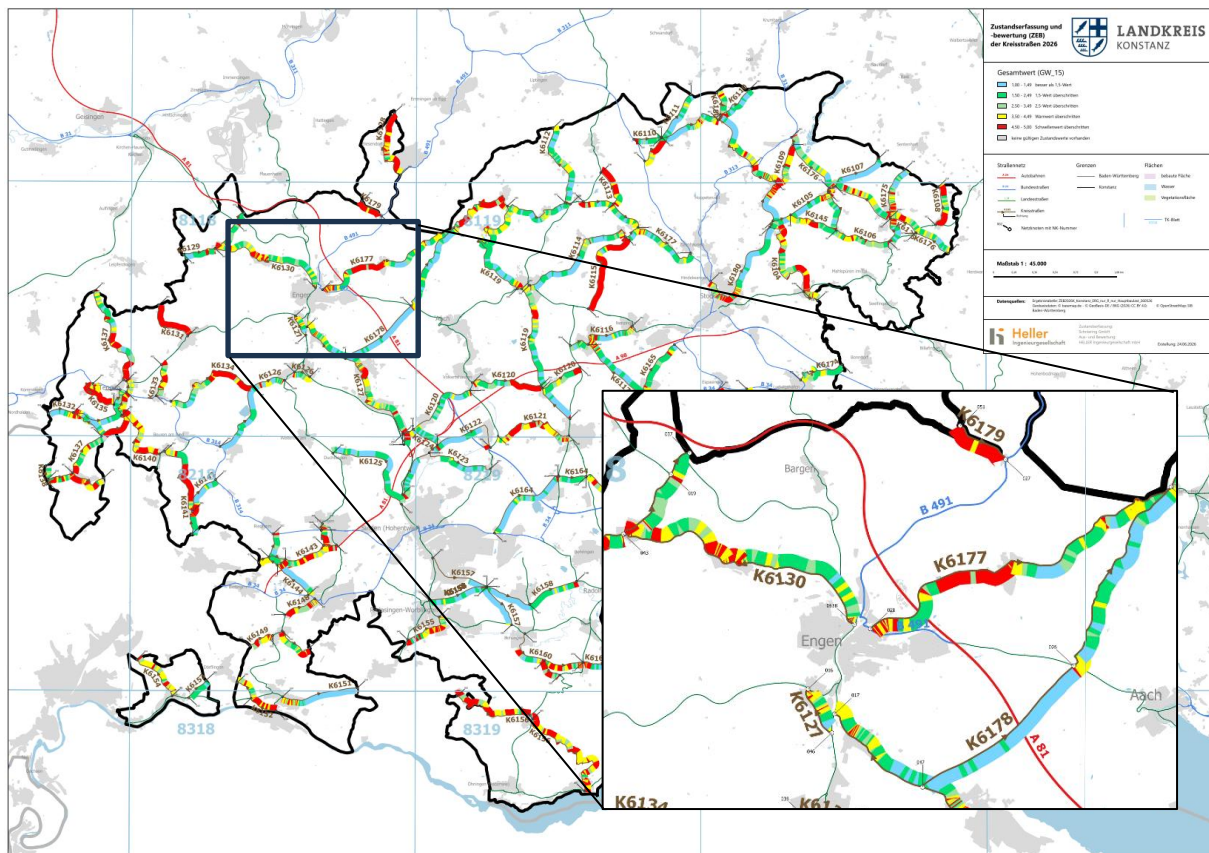
Die folgenden Zustandskarten wurden erstellt und in Form von PDF-Dateien dem Landratsamt Konstanz übergeben.

Dateiname	dargestelltes Merkmal
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_GEB_15.pdf	Gebrauchswert

Dateiname	dargestelltes Merkmal
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_GW_15.pdf	Gesamtwert
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_SUB_15.pdf	Substanzwert (Oberfläche)
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_ZWAUN_15.pdf	Allgemeine Unebenheit
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_ZWFLI_15.pdf	Flickstellen auf freien Strecken
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_ZWRISS_15.pdf	Risse
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_ZWRSFA_15.pdf	Restschadensfläche Asphalt
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_ZWSPH_15.pdf	Fiktive Wassertiefe
ZEB2026K_LK_Konstanz_KARTE_ZWSPT_15.pdf	Spurrinnentiefe

Tabelle 7 Zustandskarten

Der Zustand der einzelnen ZEB-Abschnitte (100 m freie Strecke, 20 m Ortsdurchfahrten) wird merkmalsbezogen auf Karten (**Bild 24**) mit Lagebezug rechts bzw. links der Achse dargestellt. Die Farben repräsentieren die jeweilige Zustandsklasse.


Bild 24 Auszug aus der Zustandskarte mit Darstellung des Gesamtwerts, HELLER

3.7 Rohdatenprofile

Die Zustandsrohdaten wurden für jede Straße bzw. Erfassungsrichtung in Form von Rohdatenprofilen visualisiert (Bild 25). Die Profile werden über das interaktive Auskunftssystem OnKo3 bereitgestellt.

Mit dem von HELLER erarbeiteten Verfahren lassen sich die im 1-m- bzw. 10-cm-Raster erfassten elementaren Zustandsdaten so visualisieren, dass sie für die operative Planung von Erhaltungsmaßnahmen, die Schadensdiagnose oder die Unfallanalyse genutzt werden können. Auf der X-Achse ist der lineare Netzbezug abgebildet. Auf der Y-Achse sind die einzelnen Zustandsgrößen grafisch bzw. in Form von Zahlenwerten dargestellt. Die Farben repräsentieren die jeweilige Zustandsklasse.

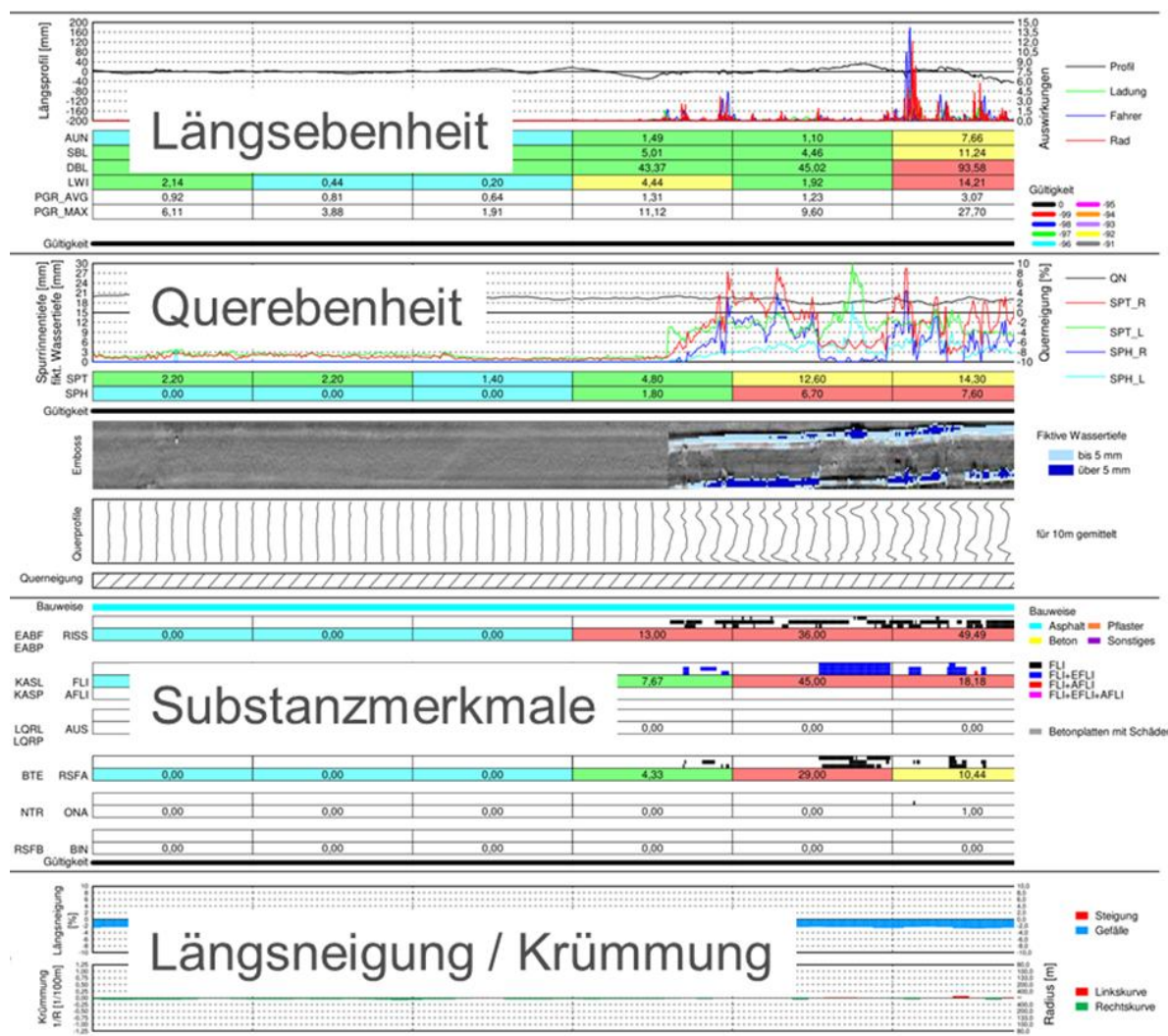


Bild 25 Profil mit Visualisierung der Zustandsrohdaten (Beispiel), HELLER

3.8 Streckenbilder

Bei der Zustandserfassung und -bewertung werden standardmäßig Bilder vom Straßenraum aufgenommen. Im 10-m-Abstand wurden Front-, Seiten- und Rückkamerabilder aufgezeichnet (**Tabelle 8** bzw. **Bild 26**). Parallel dazu wurde der befahrene Fahrstreifen in Form von

Oberflächenbildern dokumentiert. Die Bilder lassen sich über die aufgenommene Koordinate bzw. den laufenden Meter der Messung synchronisieren.

Im sog. EXIF-Header des Bildes sind das Aufnahmedatum und die Koordinate (WGS84) gespeichert.

Kameraperspektive	Bildgröße [Pixel]
Frontkamera	1920 x 1080
Seitenkamera links	1920 x 1080
Seitenkamera rechts	1920 x 1080
Rückkamera	1920 x 1080
Oberflächenkamera	3296 x 6890

Tabelle 8 Kameraperspektiven

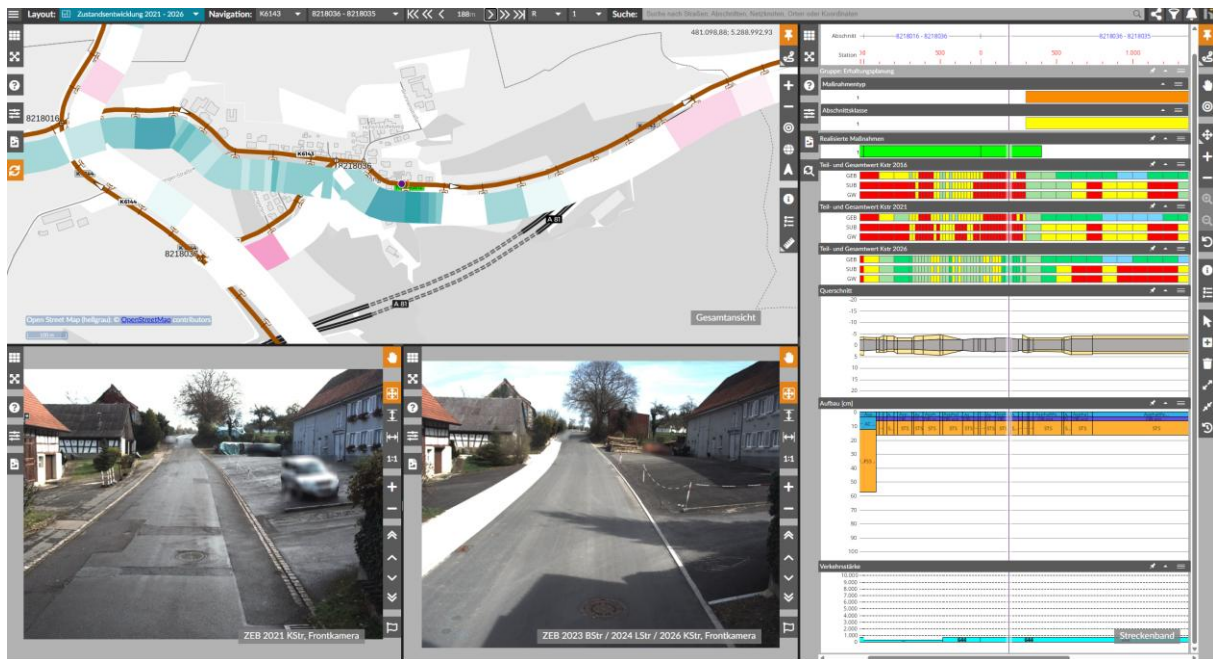


Bild 26 Streckenbilder in der Online-Visualisierung

4 Auswertung der realisierten Maßnahmen

Als vorbereitende Maßnahme für die Durchführung der Prognose wurden, die im jeweiligen Kampagnenzeitraum realisierten Erhaltungsmaßnahmen erfasst, durch den Auftraggeber übermittelt sowie durch den Auftragnehmer verifiziert und plausibilisiert. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über Umfang und Netzanteil der berücksichtigten Maßnahmen:

Kampagnen-Zeitraum	Länge [km]	Anzahl [Stk]	Anteil an Netzlänge [%]
ZEB 2016 – ZEB 2021	82,2 km	94	25 %
ZEB 2021 – ZEB 2026	31,0 km	46	9 %

Die Analyse der realisierten Maßnahmen umfasste die Bewertung ihres Wirkungsgrads hinsichtlich Effizienz, Effektivität und Nachhaltigkeit. Die verwendeten Begriffe sind wie folgt definiert:

Effizienz beschreibt den Längenanteil der sanierten Abschnitte, der zum Zeitpunkt der Maßnahme oberhalb des Schwellenwertes ($ZW \geq 4,5$) lag - d. h. den Anteil der Maßnahmen, der auf tatsächlich dringend sanierungsbedürftige Abschnitte entfiel („Trefferquote“).

Effektivität beschreibt, in welchem Maß die durchgeführten Maßnahmen zu einer messbaren Zustandsverbesserung im Netz geführt haben - d. h. den tatsächlichen Wirkungsgrad des Bauprogramms auf den Netzzustand insgesamt.

Nachhaltigkeit beschreibt in diesem Zusammenhang die Nutzungsdauer einer Maßnahme, also den Zeitraum, über den eine realisierte Erhaltungsmaßnahme ihre Wirkung entfaltet, bevor eine erneute Maßnahme erforderlich wird. Übergeordnetes Ziel ist es, dass realisierte Maßnahmen eine möglichst lange Nutzungsdauer erreichen, denn nur über einen möglichst langen Nutzungszeitraum wird der ökonomische und ökologische Nutzen einer Maßnahme tatsächlich ausgeschöpft. Eine allgemeingültige Definition, ab welcher Nutzungsdauer eine Maßnahme als nachhaltig einzustufen ist, gibt es aktuell noch nicht.

Beide Kennwerte sind in ihrer Interpretation kontextabhängig. Ein hohes Maß an Effizienz - also eine konsequente Konzentration der Mittel auf die schlechtesten Abschnitte - ist nicht zwingend gleichbedeutend mit einer Verbesserung des Gesamtzustands, wenn das eingesetzte Bauvolumen insgesamt zu gering ist. Umgekehrt kann eine geringe Effizienz bei gleichzeitig hoher Effektivität ein Hinweis darauf sein, dass Mittel nicht ausreichend zielgerichtet eingesetzt werden. Letzteres ist jedoch differenziert zu betrachten: In Netzen mit einem insgesamt guten Zustandsniveau liegen die sanierungsbedürftigen Abschnitte häufig räumlich verteilt und nicht in zusammenhängenden Bereichen, was eine hohe Trefferquote strukturell erschwert. Darüber hinaus ist es im Sinne einer präventiven Erhaltungsstrategie fachlich geboten, Erhaltungsmaßnahmen einzuleiten, bevor der Schädigungsgrad eines Abschnitts den Schwellenwert erreicht - da zu diesem Zeitpunkt in der Regel noch kostengünstigere konsumtive Maßnahmen ausreichen und eine spätere Grundinstandsetzung vermieden werden kann.

Die nachfolgenden Grafiken stellen die Zustandsverteilung der Maßnahmenbereiche zu drei Zeitpunkten dar:

- **ZEB N-1:** Zustandsverteilung der Maßnahmenbereiche vor Durchführung der Erhaltungsmaßnahme
- **ZEB N+0:** Zustandsverteilung nach der ersten Folgeerfassung
- **ZEB N+1:** Zustandsverteilung nach der zweiten Folgeerfassung

Im konkreten Fall des Landkreises Konstanz ergibt sich folgende Zuordnung:

	ZEB 2016-2021	ZEB 2021-2026
ZEB N-1	2016	2021
ZEB N+0	2021	2026
ZEB N+1	2026	-

Für die im Zeitraum 2016 bis 2021 realisierten Maßnahmen liegen damit zwei Folgeerfassungen vor; für den Zeitraum 2021 bis 2026 steht zum gegenwärtigen Zeitpunkt erst eine Folgeerfassung zur Verfügung.

Der Vergleich der Zustandsverteilungen beider Zeiträume im Bereich ZEB N-1 zeigt, dass die Effizienz des Bauprogramms von 56,4 % im Zeitraum 2016/2021 auf 41,4 % im Zeitraum 2021/2026 zurückgegangen ist. Dieser Rückgang ist erheblich, jedoch vor dem Hintergrund der Zustandsentwicklung des Kreisstraßennetzes erklärbar: Der mittlere Gesamtzustandswert verbesserte sich zwischen 2016 und 2021 von 3,40 auf 3,02 - eine Verbesserung, die als signifikant einzustufen ist. Mit einem Mittelwert von 3,02 befindet sich der Landkreis Konstanz in einem vergleichsweise guten Zustandsbereich; zum Vergleich: Die Landesstraßen Baden-Württemberg wiesen 2024 einen Mittelwert von 3,40 auf. In einem Netz mit diesem Zustandsniveau ist eine strukturell bedingte Abnahme der Effizienz - wie oben erläutert - methodisch zu erwarten.

Die wesentliche Erkenntnis dieser Analyse liefert Bild 27: Die im Zeitraum 2016 bis 2021 realisierten Maßnahmen weisen auch nach der zweiten Folgeerfassung - d. h. nach einem Zeitraum von bis zu zehn Jahren - noch weitgehend denselben Zustand auf wie unmittelbar nach ihrer Herstellung. Dies belegt, dass im betrachteten Zeitraum nicht nur ein hohes Maßnahmenvolumen umgesetzt wurde, sondern dass die eingesetzten Maßnahmen auch qualitativ nachhaltig wirksam sind und nicht lediglich zu einer kurzfristigen Zustandsverbesserung geführt haben. Für die im Zeitraum 2021 bis 2026 realisierten Maßnahmen steht zum gegenwärtigen Zeitpunkt erst ein Datenpunkt zur Verfügung; eine abschließende Beurteilung der Nachhaltigkeit dieser Maßnahmen ist daher noch nicht möglich und bleibt der nächsten Erfassungskampagne vorbehalten.

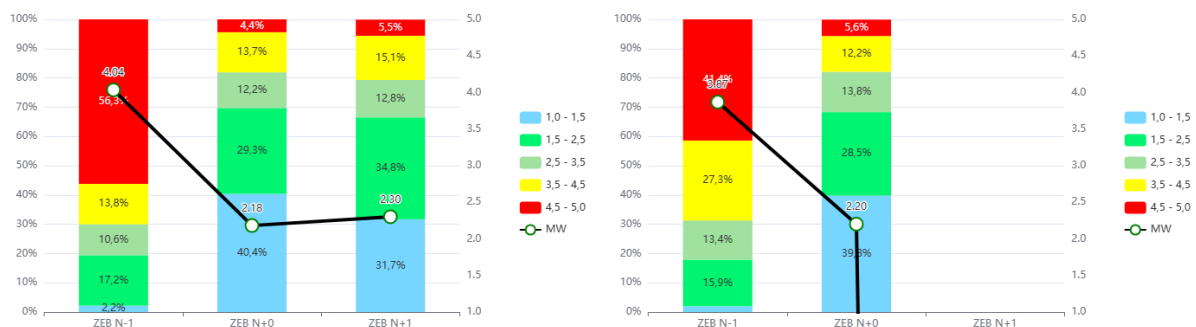


Bild 27 Realisierte Maßnahmen im Zeitraum ZEB 2016 - ZEB 2021 (Links) und ZEB 2021 – ZEB 2026 (Rechts)

5 Ermittlung des Erhaltungsbedarfs

In der Praxis werden Straßenabschnitte erst dann saniert, wenn die geschädigten Bereiche eine ausreichende Schadensschwere und eine gewisse Mindestlänge bzw. -fläche aufweisen. Insofern ist es zielführend, die erhaltungsbedürftigen 100 m bzw. 20 m langen ZEB-Zustandsabschnitte zu längeren Erhaltungsabschnitten zusammenzufassen.

Diese lassen sich anhand des mittleren Zustands und weiterer relevanter Kriterien, z.B. der verkehrlichen Bedeutung oder sonstiger relevanter Kriterien, priorisieren und so als Grundlage für die Planung des mehrjährigen Bauprogramms nutzen (Bild 28).

Die Fläche der auf diese Weise ermittelten Erhaltungsabschnitte bildet gleichzeitig den rückständigen Erhaltungsbedarf ab. Um diesen zu monetarisieren, bedarf es geeigneter Einheitskosten sowie einer Abschätzung der Verteilung der unterschiedlichen infrage kommenden Maßnahmenarten der Erhaltung und Instandsetzung.

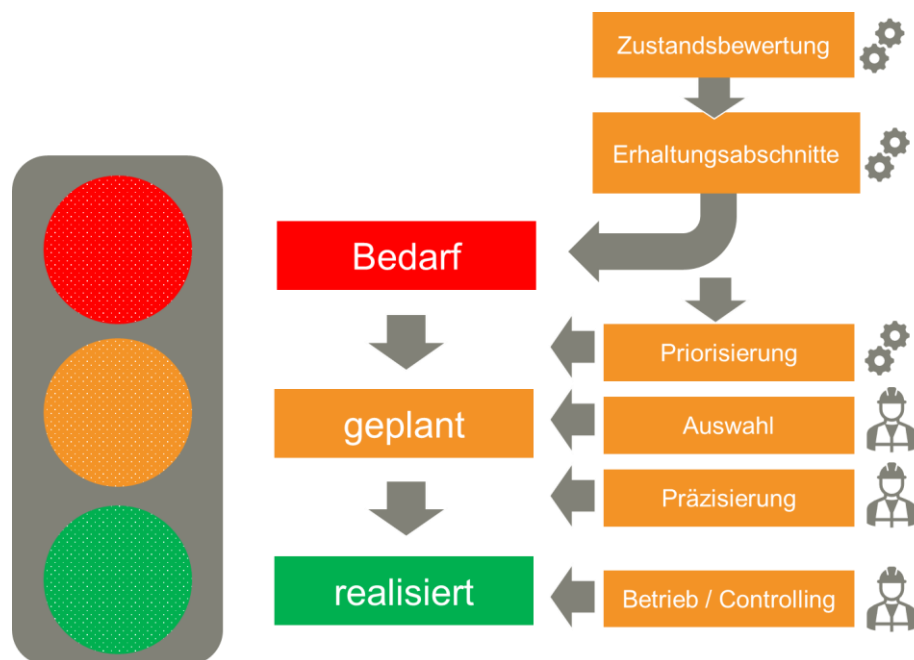


Bild 28 Bildung und Priorisierung von Erhaltungsabschnitten (HELLER)

In das von HELLER speziell für das Erhaltungsmanagement der Kreise konzipierte Verfahren der **Ingenieurtechnischen Abschnittsbildung** gehen der Oberflächenzustand (ZEB), die Bauweise und die Breite ein. Die Teilung der Erhaltungsabschnitte erfolgt nach Freie Strecke ($\geq 6,0$ m), Ausbau ($< 6,0$ m) und Ortsdurchfahrten.

Bei der Klassifizierung der Erhaltungsabschnitte wird eine erste Einschätzung zum erforderlichen Substanzerhalt getroffen. Diese resultiert aus der Betrachtung der Strecken- und Oberflächenbilder sowie des Oberflächenzustands aus der aktuellen ZEB.

Da diese Einschätzung ausschließlich die Oberflächeneigenschaften berücksichtigt und nicht auf den Aufbau und Baugrund eingeht, sind vor der Wahl der konkreten Maßnahmenart tiefergreifende Untersuchungen, z.B. durch ein Baustofflabor vor Ort, erforderlich.

Je nach Schadensbild und vorhandenem Budget, können bei einzelnen Abschnitten auch unterschiedliche Maßnahmenarten zum Einsatz kommen.

Die folgende Klassifizierung der Erhaltungsabschnitte wurde 2026 in Abstimmung mit dem Auftraggeber erstellt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9 Klassifizierung der Erhaltungsabschnitte (Landkreis Konstanz)

Farbe	Klassifizierung	Erforderlicher Substanzerhalt	Maßnahmenkosten
	Deckenbaumaßnahme	Instandsetzung bzw. Erneuerung der Deckschicht im Hoch- bzw. Tiefeinbau	Freie Strecke: 22,5 €/m ² Ortsdurchfahrt: 25,0 €/m ²
	Grundhafte Erneuerung	Grundhafte Erneuerung des Straßenaufbaus.	Freie Strecke: 100,0 €/m ² Ortsdurchfahrt: 100,0 €/m ²
	Ausbau	Sonderbauweise für Strecken, die einer Grundhaften Erneuerung bedürfen, jedoch der Straßenquerschnitt kleiner als 6,0 m ist.	Freie Strecke: 200,0 €/m ²

Die Einteilung der Abschnitte erfolgte durch HELLER mit dem Verfahren der Ingenieurtechnischen Abschnittsbildung. Die Zustandsdaten und Streckenbilder wurden dazu in die Online-Visualisierung (OnKo3) übernommen. Nachfolgend ist ein Beispiel für einen Abschnitt in der Klasse „Erneuerung der Deckschicht“ dargestellt (**Bild 29**).

Hinweis: Bei den Maßnahmenkosten für „Grundhafte Erneuerung“ und „Ausbau“ kann es durch PAK-belastetes Material (umgangssprachlich „Teer“) aufgrund der sehr hohen Entsorgungskosten (ca. 100 €/Tonne) zu einer zusätzlichen Preissteigerung kommen.

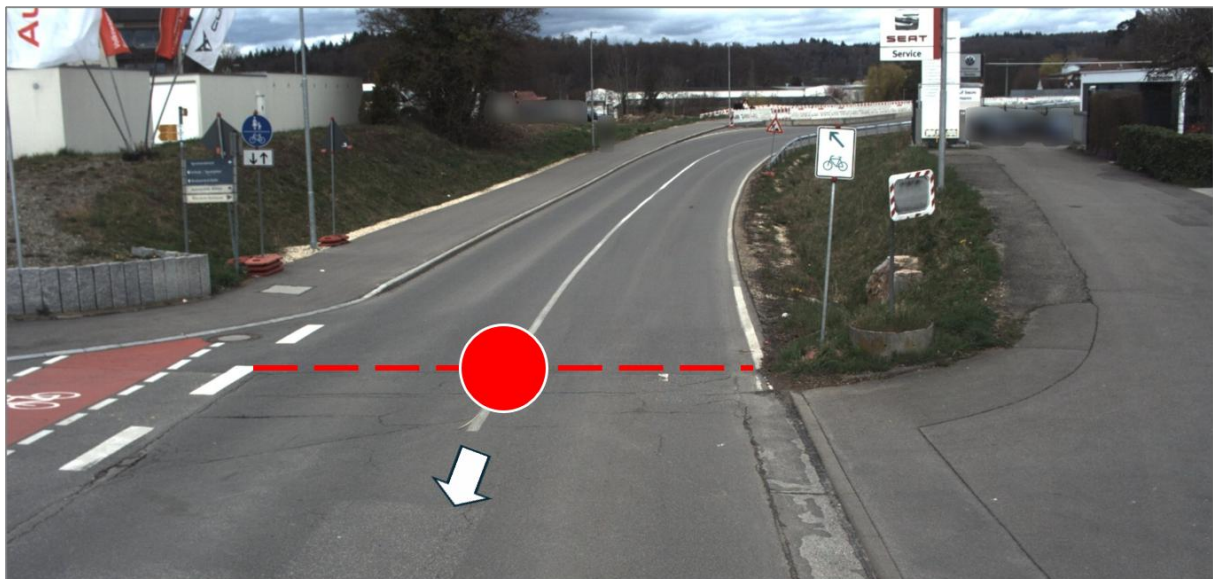
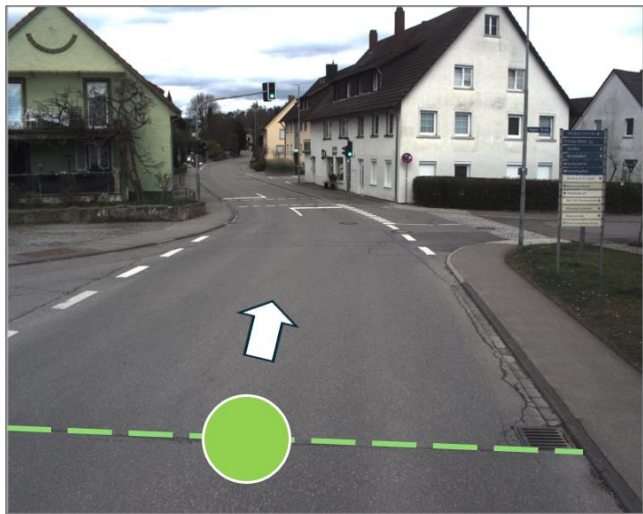
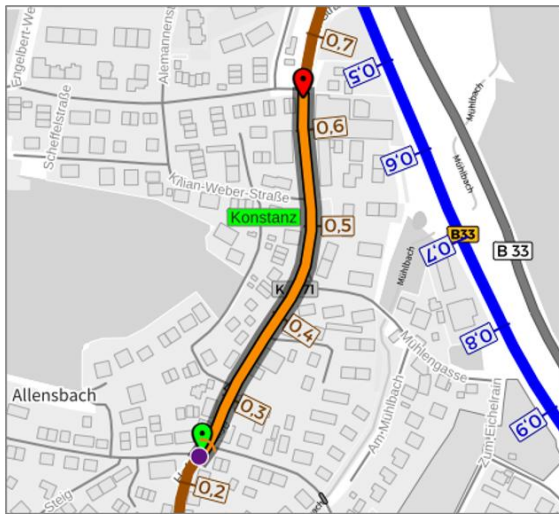


Bild 29 Beispiel für einen erhaltungsbedürftigen Abschnitt

Die einzelnen Erhaltungsabschnitte werden als interaktive „Objekte“ in der Online-Visualisierung vorgehalten und in der Karte (Bild 30) bzw. als Tabelle (Tabelle 10) visualisiert.

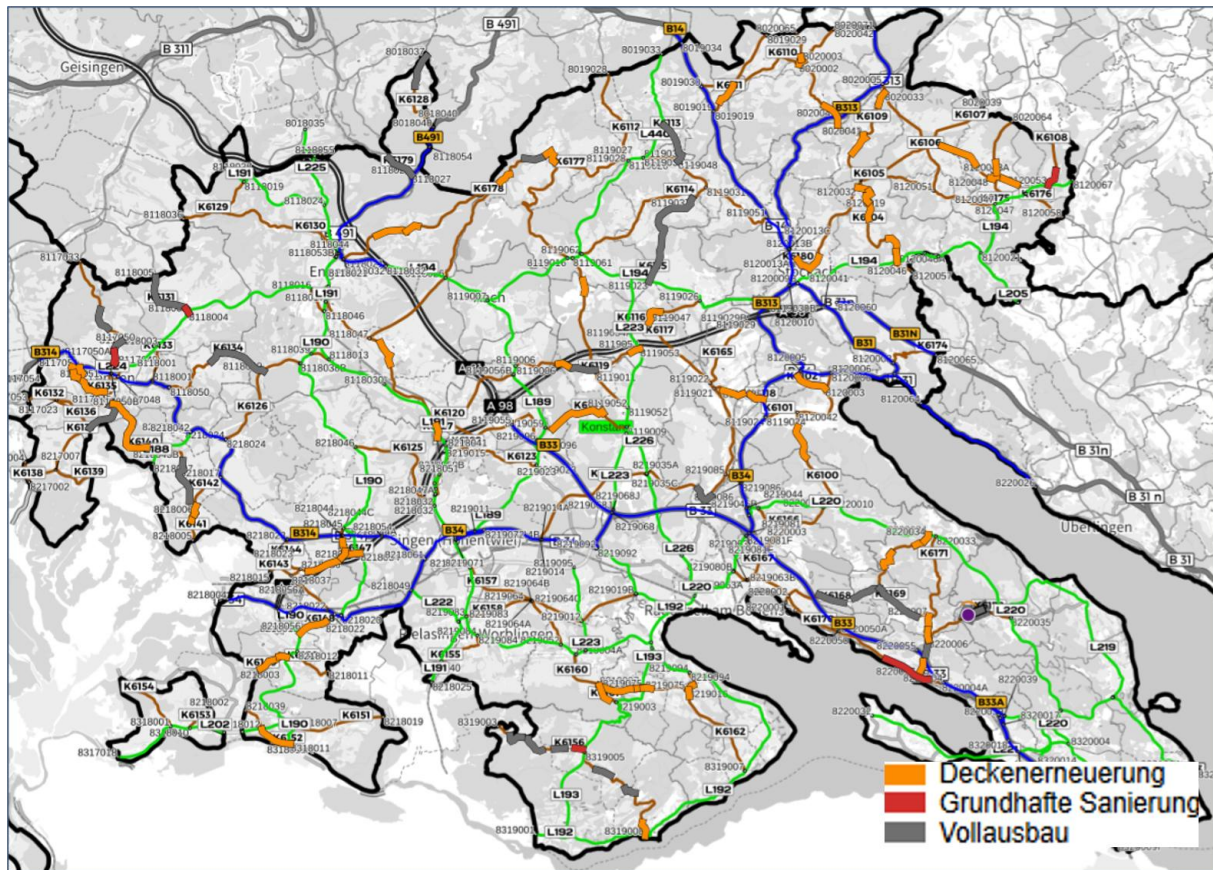


Bild 30 Kartendarstellung der Erhaltungsabschnitte (OnKo3 Landkreis Konstanz)

Tabelle 10 Liste mit Erhaltungsabschnitten - Ausbau (OnKo3 Landkreis Konstanz)

[illegible]

Zu allen Abschnitten wurden Kennzahlen (Zustand, Verkehrsmengen, Netzfunktion, ÖPNV) die für die Priorisierung relevant sind automatisch berechnet.

Grundsätzlich lassen sich die Abschnitte nach unterschiedlichen Aspekten priorisieren. Im gegenständlichen Projekt wurde das in Anlage ZEB2026_LK_Konstanz_Priorisierungsparameter_260527 beschriebene Verfahren verwendet.

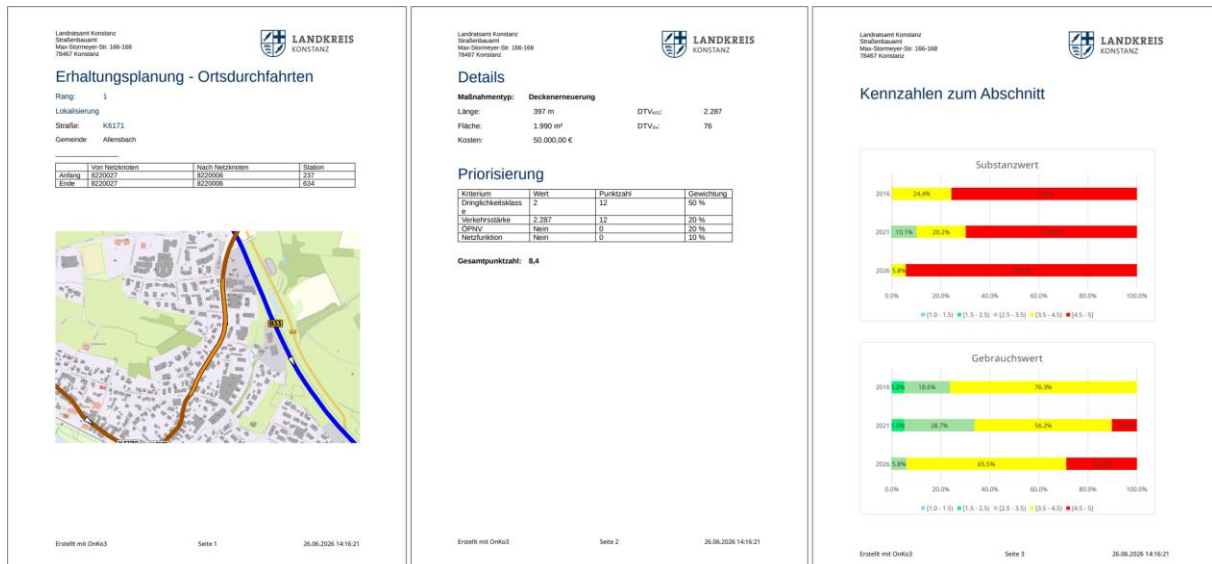


Bild 31 Projektsteckbriefe zu jedem Erhaltungsabschnitt (automatisiert erzeugt mit OnKo3)

Wichtiger Hinweis: Die Abschnittsbildung und die Klassifizierung der Erhaltungsabschnitte erfolgte ausschließlich auf der Grundlage des vorliegenden Bildmaterials und des 2026 erfassten Oberflächenzustands. Für die konkrete Planung baulicher Maßnahmen sind in der Regel weitere Untersuchungen des Baugrunds und des Straßenaufbaus sowie der eingebauten Baustoffe erforderlich. Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass ein Anteil, der mit „Deckenbaumaßnahme“ gekennzeichneten Abschnitte grundhaft saniert werden muss. Genauso ist damit zu rechnen, dass ein Teil, der mit „Unterhaltungsmaßnahme“ gekennzeichneten Bereiche durch Ersatz der Deckschicht oder das Aufbringen einer Oberflächenbehandlung zu sanieren ist.

Die Erhaltungsplanung auf Basis der ingenieurtechnischen Abschnittsbildung liefert damit nicht nur eine flächendeckende und objektiv priorisierte Übersicht über den Erhaltungsbedarf des Kreisstraßennetzes, sondern schafft gleichzeitig eine strukturierte Grundlage für die mehrjährige Bauprogrammplanung. Die Kombination aus zustandsbasierter Abschnittsbildung, monetarisiertem Erhaltungsbedarf und abschnittsbezogenen Kennzahlen ermöglicht es, Erhaltungsentscheidungen transparent, nachvollziehbar und gegenüber Dritten begründbar zu treffen.

Insgesamt wurden 74,2 km des Kreisstraßennetzes - entsprechend rund 22 % der Gesamtnetzlänge von 331 km - als erhaltungsbedürftig eingestuft. Den größten Anteil bildet mit 55,8 km die Kategorie Ausbau (<6,0 m), gefolgt von den Ortsdurchfahrten mit 15,1 km und der Freien Strecke mit 3,3 km. Maßnahmentypisch dominiert der Tiefenbau Deckschicht mit 42,2 km, während für 27,9 km eine Ausbaumaßnahme und für 4,1 km eine grundhafte Erneuerung vorgesehen ist. Der daraus resultierende operative Erhaltungsbedarf beläuft sich auf insgesamt 31,7 Mio. €, wovon 5,2 Mio. € dem Ergebnishaushalt und 26,5 Mio. € dem Investitionshaushalt zuzuordnen sind.

Operativer Erhaltungsbedarf					
Maßnahmenart	Freie Streck (≥ 6,0 m)	Ausbau (< 6,0 m)	Ortsdurchfahrt	Summe	Ergebnis- haushalt
Tiefenbau Deckschicht	538.000 €	2.981.000 €	1.659.000	5.178.000 €	5.178.000 €
Grundhafte Erneuerung	-	-	1.710.000 €	1.710.000 €	Investitions- haushalt
Ausbau		24.810.000 €		24.810.000 €	26.520.000 €
Summe	538.000 €	27.791.000 €	3.369.000 €	31.698.000 €	

Bild 32 Rückständiger Erhaltungsbedarf nach Straßenklasse und Maßnahmenart

Anmerkung Streckenbereiche Ausbau: Unabhängig des aktuellen und prognostizierten Straßenzustandes sind Strecken mit einem Querschnitt kleiner als 6,0 m auszubauen auf einen regelkonformen Straßenquerschnitt. Dies trifft für 200,7 km des Kreisstraßennetzes zu. Bei einem Flächenanteil von fast 1,0 Mio. Quadratmeter, entspricht dies einem Finanzierungsbedarf von 200,0 Mio. €.

6 Bewertung der Zustandsentwicklung und des Erhaltungsbedarfs 2021 – 2026

Der Vergleich der Zustandserfassungen (ZEB) 2021 und 2026 zeigt zunächst ein scheinbar widersprüchliches Bild: Der mittlere Netzzustand hat sich kaum verändert, während der in der Erhaltungsplanung ausgewiesene Bedarf gegenüber 2021 deutlich gestiegen ist. Dafür gibt es drei nachvollziehbare, sich ergänzende Ursachen, die im Folgenden anhand der Daten aus beiden Kampagnen erläutert werden:

- ein Wechsel in der Methodik zur Bildung von Erhaltungsabschnitten (automatisiert 2021, manuell 2026),
- eine reale Zustandsverschlechterung, die durch die Bewertungsskala teilweise verdeckt wird (Deckeneffekt),
- eine im Nachhinein erkennbare Fehleinschätzung einzelner Abschnitte bei der Kampagne 2021.

6.1 Systematikwechsel in der Bildung von Erhaltungsabschnitten

Die Erhaltungsabschnitte 2021 wurden automatisiert und regelbasiert ermittelt: Getrennt nach Ortsdurchfahrten und Freier Strecke wurden zusammenhängende Bereiche mit kritischem Zustand zusammengefasst, sofern sie eine Mindestlänge erreichten (250 m innerorts, 500 m außerorts). Ein realer Schaden, der kürzer als diese Mindestlänge ist oder durch einen Streckentyp- bzw. Breitenwechsel unterbrochen wird, bleibt bei diesem Verfahren unerkannt.

Das lässt sich an den Daten festmachen: 2021 war dadurch nur rund ein Viertel der tatsächlich schadhafte Länge bei den Ortsdurchfahrten und gut die Hälfte bei Freier Strecke/Ausbau methodisch überhaupt erfassbar. Die 2021-Planung bildete den realen Bedarf also von vornherein nur unvollständig ab.

Die aktuelle, manuell erstellte Planung 2026 erfasst diesen zuvor unsichtbaren Bestandsbedarf zusätzlich. Wichtig für die Einordnung: Das ist keine großzügigere Auswahl. Der mittlere Substanzwert der 2026 eingeplanten Abschnitte liegt in allen Kategorien höher (schlechter) als 2021:

Kategorie	Ø Substanzwert 2021	Ø Substanzwert 2026
Freie Strecke	4,12	4,26
Ortsdurchfahrten	4,26	4,58
Ausbau	4,58	4,67

Tabelle 11 Veränderung des Ø Substanzwert in der Erhaltungsplanung 2021 zu 2026

6.2 Zustandsentwicklung und Deckeneffekt im Bereich Ausbau

Für die 51 als Ausbau eingestuften Abschnitte (rund 55,75 km) zeigt sich eine reale Verschlechterung zwischen 2021 und 2026, unabhängig von der Erfassungsmethodik:

Merkmal	2021	2026
Gesamtwert	4,47	4,67
Substanzwert	4,46	4,67
Zustandsgröße Riss [%]	24,9 %	30,0 %

Tabelle 12 Mittlere Zustandskennwerte der Ausbau-Abschnitte, 2021 im Vergleich zu 2026

Diese Zahlen wirken auf den ersten Blick nach einer moderaten Verschlechterung. Tatsächlich unterschätzen sie das Ausmaß erheblich, weil die Bewertungsskala nach oben begrenzt ist (Höchstwert 5,0): 55,4 % der Ausbau-Netzlänge lagen bereits 2021 praktisch am oberen Skalenende. Diese Abschnitte können sich im Kennwert nicht mehr verschlechtern, selbst wenn der bauliche Verfall real weitergeht – man spricht hier von einem Deckeneffekt.

Beschränkt man die Auswertung auf die verbleibenden 44,6 % der Ausbau-Länge, die 2021 noch nicht am Skalenende lagen, zeigt sich die tatsächliche Verfallsgeschwindigkeit deutlich: Der Riss-Anteil steigt dort von 8,3 % auf 15,8 % – er verdoppelt sich nahezu. Der über alle Ausbau-Abschnitte gemittelte, moderat wirkende Anstieg (24,9 % auf 30,0 %) ist also kein Beleg für eine geringe Verschlechterung, sondern ein Mittelwert, der zur Hälfte aus Abschnitten besteht, die sich rechnerisch gar nicht mehr verschlechtern können.

Summenlinien für die 51 Ausbau-Abschnitte (< 6,0 m), n=54.9 km

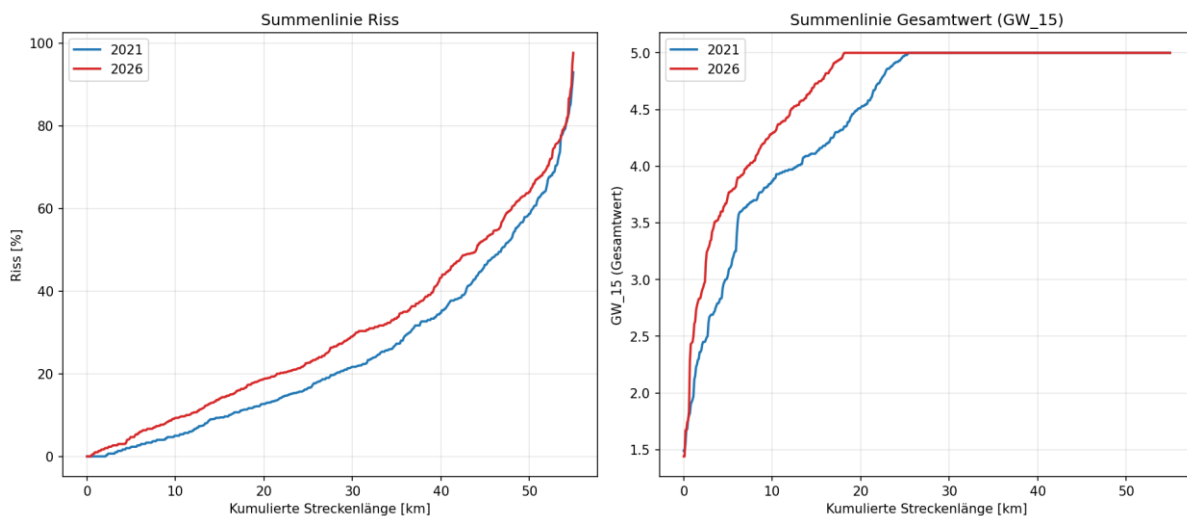


Bild 33 Summenlinien für die 51 Ausbau-Abschnitte – links Riss-Anteil, rechts Gesamtwert. Rechts zeigt sich deutlich, wie ein wachsender Teil der Netzlänge den oberen Skalenwert erreicht (Deckeneffekt).

Ein konkretes Beispiel veranschaulicht das: Der Abschnitt K6120 (Gemeinde Steißlingen, Station 2.900–3.200 m) liegt bereits 2021 mit einem Substanz- und Gesamtwert von 4,81 nahe am oberen Skalenende und erreicht 2026 mit 5,0 den Höchstwert. Die zugrunde liegenden Schadensmerkmale zeigen jedoch eine deutlich stärkere Verschlechterung, als dieser geringe Anstieg vermuten lässt: Der Riss-Anteil steigt von 23,2 % auf 45,2 %, der Flickstellen-Anteil steigt von 7,1 % auf 19,9 %, und Ausbrüche in der Fahrbahnoberfläche nehmen von 0,4 % auf 16,3 % zu. Der Gesamtwert allein hätte diese Entwicklung nur unzureichend abgebildet.

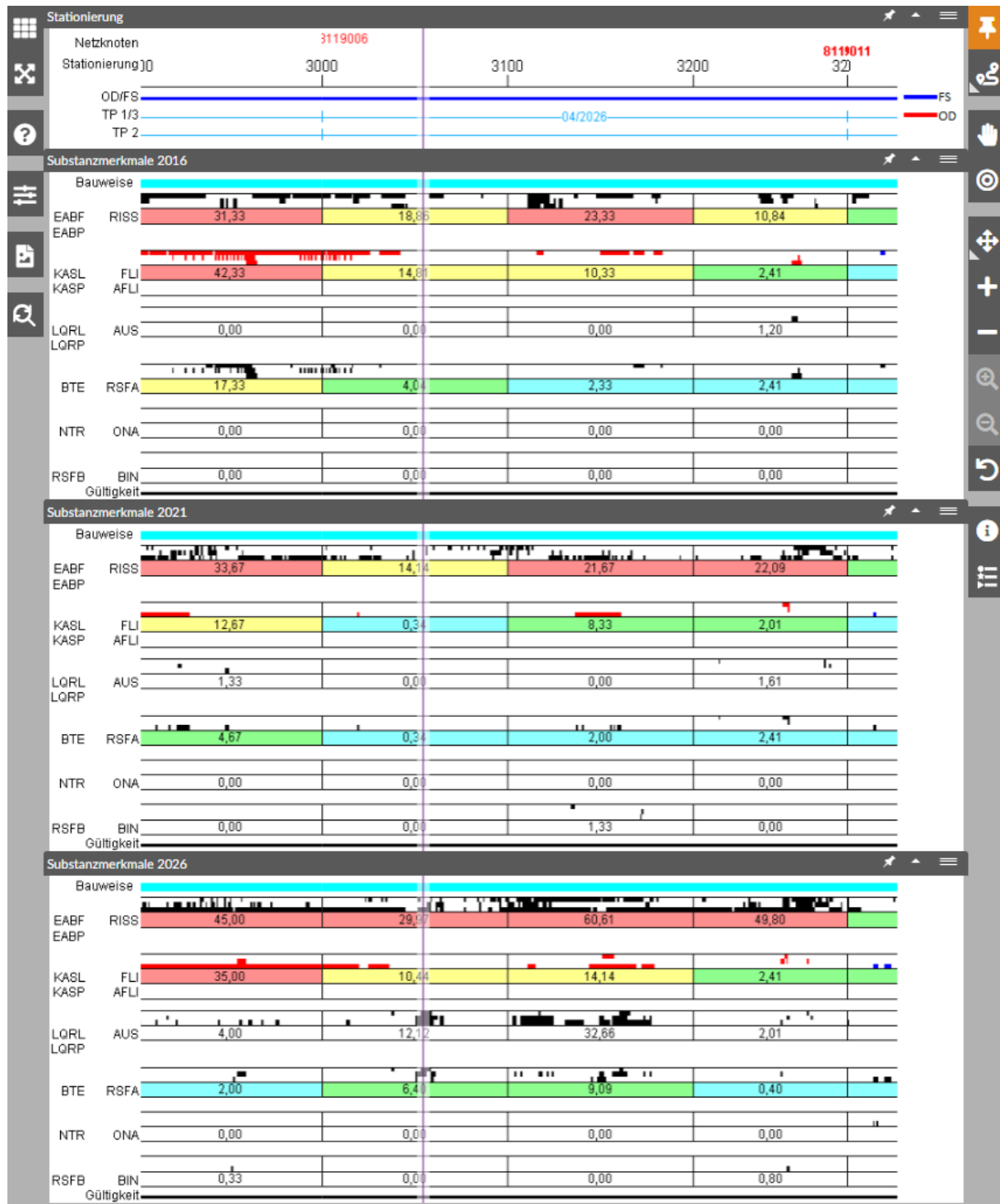


Bild 35 Auszug Rohdatenprofil, Substanzmerkmale 2016 – 2021 – 2026

6.3 Fehleinschätzung einzelner Abschnitte in der Kampagne 2021

Die automatisierte Planung 2021 und die aktuelle Ausbau-Planung 2026 wurden räumlich verschnitten, um zu prüfen, wie sich die zugeordneten Maßnahmentypen entwickelt haben. Von den Abschnitten, die 2021 noch mit der leichten Maßnahme „Tiefenbau Deckschicht“ eingeplant waren, mussten 52,9 % (8.266 von 15.624 m) innerhalb von nur fünf Jahren auf einen Vollausbau hochgestuft werden.

Entscheidend dabei: Für genau diese hochgestuften Abschnitte hat sich der Zustand zwischen 2021 und 2026 kaum verändert (Gesamtwert 4,88 im Jahr 2021 gegenüber 4,91 im Jahr 2026). Diese Abschnitte waren also bereits 2021 in einem Zustand, der einen Vollausbau erfordert hätte – sie sind nicht zwischenzeitlich in diesen Zustand hineingerutscht. Die damalige Einstufung als „nur Deckschichterneuerung ausreichend“ war bei einem Gesamtwert von 4,88 (nahe am Skalenmaximum) fachlich nicht zutreffend. Dies ist damit kein Beleg für fortschreitenden Verfall, sondern für eine Fehleinschätzung des Sanierungsbedarfs im Jahr 2021, die sich erst mit der aktuellen Kampagne korrigiert.

6.4 Interpretation

Der gestiegene Erhaltungsbedarf zwischen 2021 und 2026 lässt sich auf drei sich ergänzende Ursachen zurückführen: Ein Teil war bereits 2021 real vorhanden, wurde aber durch die automatisierte Methodik nicht erfasst (6.1). Ein weiterer Teil ist eine tatsächliche, im Gesamtwert wegen des Deckeneffekts nur teilweise sichtbare Verschlechterung, insbesondere im bereits stark belasteten Ausbau-Abschnitt (6.2). Und ein dritter Teil geht auf eine 2021 zu optimistische Einstufung einzelner Abschnitte zurück, die jetzt korrigiert werden musste (6.3). Der weitgehend stabile Netzdurchschnitt und der gestiegene Erhaltungsbedarf widersprechen sich damit nicht – sie beschreiben zwei unterschiedliche Ausschnitte derselben Entwicklung.

7 Finanz- und Bedarfsprognose

Für die Ermittlung des aktuellen und prognostizierten Erhaltungsbedarfs wurden die Zustandsdaten aus den letzten beiden abgeschlossenen ZEB-Kampagnen in den Jahren 2021 und 2026 sowie die Daten zu den zwischen diesen ZEB-Kampagnen durchgeführten Maßnahmen herangezogen, die dem Gutachter von dem Landkreis Konstanz übermittelt wurden. Demnach beträgt die Gesamtlänge der zusammenhängenden Richtungsfahrbahnen der Kreisstraßen **331 km** und die durchschnittliche Fahrbahnbreite **5,50 m**. Daraus ergibt sich eine Fahrbahnfläche von rund **1.820.500 m²**.

Die Zustandsdaten werden im Rahmen der ZEB-Kampagnen für die Landkreise regelmäßig, meistens alle 5 Jahre, nach einem gleichen oder vergleichbaren technischen Standard erhoben. Damit ist es möglich, einen sog. Zustandsverhaltensmodell zu entwickeln, um die Entwicklung des Zustands im Langzeitverlauf zu bewerten. Der Vergleich der Zustandsdaten aus einzelnen ZEB-Kampagnen ist zum einen wichtig für die operativen Aufgaben im Erhaltungsmanagement, zum anderen lässt sich daraus die Entwicklung des Sanierungsstaus ableiten.

Für die Beschreibung des technischen Fahrbahnzustands werden je nach Fragestellung unterschiedliche Kennzahlen verwendet. Zu dem am häufigsten verwendeten gehört der Mittelwert des Gesamtwertes. Die Abschnitte mit dem Gesamtwert über Warnwert bzw. Schwellenwert gelten in der Regel als sanierungsbedürftig und es sollte geprüft werden, ob geeignete bauliche oder verkehrliche Maßnahmen eingeleitet werden sollten.

7.1 Zielsetzung und Modellansätze

7.1.1 Einführung

Der Fahrbahnzustand unterliegt kontinuierlichen Veränderungen. Er verschlechtert sich unter dem Einfluss des Schwerverkehrs, verstärkt durch klimatische und atmosphärische Einflüsse. Im Gegenzug führen bauliche Maßnahmen zur Verbesserung des Zustands.

Der zeitliche Verlauf dieser Zustandsveränderung kann in Form eines statistischen *"Verhaltensmodells"* auf der Grundlage der Zustandsdaten aus früheren Erfassungen und unter Einbeziehung der Informationen über die zwischen den ZEB-Kampagnen durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen abgebildet werden. Dieses Verhaltensmodell beschreibt sowohl die voranschreitende Zustandsverschlechterung in ZEB-Abschnitten ohne Maßnahmen als auch die Zustandsverbesserung als Folge der durchgeführten Maßnahmen.

Ein solches statistisches Modell projiziert die in der Vergangenheit festgestellten Zusammenhänge auf die Zukunft und ermöglicht somit die Prognose des Zustands in Abhängigkeit von den möglichen *"Erhaltungsszenarien"*, die wiederum von den verfügbaren finanziellen Mitteln abhängen. Das für diese Zwecke entwickelte Simulationsmodell zeigt die Auswirkungen verschiedener Erhaltungsbudgets auf den Zustand. So lässt sich auch abschätzen, welche finanziellen Mittel bzw. welche *"Finanzströme"* erforderlich sind, um einen bestimmten Zustand des Gesamtnetzes zu erreichen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Ermittlung des Sanierungsbedarfs der Kreisstraßen im Landkreis Konstanz. Angesichts der Tatsache, dass nach der ZEB 2026 der **Mittelwert des Gesamtwertes 2,99** betrug, sollten die notwendigen Aufwendungen beziffert werden, die den aktuellen Zustand stabilisieren bzw. zu einer Zustandsverbesserung führen.

Die Frage nach den notwendigen Mitteln zur Erreichung bestimmter Qualität des Straßennetzes gehört zur Kategorie der so genannten *"Qualitätsszenarien"*. Unabhängig von diesem Ziel wurde im Rahmen des gegenständigen Auftrags ein Vorschlag für den konkreten Sanierungsplan für den Zeitraum 2026-2031 entwickelt, der zu der Kategorie der *"Budgetszenarien"* gehört (der finanzielle Rahmen wurde festgelegt). Für jeden der oben genannten Modellansätze wurden geeignete Verfahren entwickelt und angewendet.

Die pauschale Ermittlung des Sanierungsbedarfs erforderte statistische Analysen der Ergebnisse der letzten ZEB-Messung (im Kalenderjahr 2026).

Die angewendeten Modelle sollten die tatsächliche Vorgehensweise bei der Erstellung der Bauprogramme abbilden, um somit eine realitätsnahe Ermittlung des Sanierungsbedarfs zu ermöglichen.

7.1.2 Aufgabenstellung

Es ist stets zu beachten, dass sich der Zustand der Fahrbahn kontinuierlich verändert. Selbst wenn alle sanierungsbedürftigen ZEB-Abschnitte eines Straßennetzes oder Teilnetzes in einem bestimmten Zeitraum saniert würden, was allerdings aufgrund finanzieller und sonstiger Beschränkungen kaum realistisch wäre, werden während dieses Zeitraums einige andere ZEB-Abschnitte, die sich in einem besseren Zustand befanden, den Schwellenwert überschreiten.

Für die Klärung der Frage nach langfristiger "Stabilität" des Zustandes ist daher entscheidend zu wissen, ob die Gesamtlänge der sanierungsbedürftigen Abschnitte im Laufe der Zeit zu- oder abnimmt. Eine Erhaltungsstrategie, die in diesem Zusammenhang "das Gleichgewicht" verspricht, wird als *Status-quo-Strategie* (oder *Status-quo-Szenario*) bezeichnet.

Die Beseitigung des Sanierungsstaus kann nur im Rahmen einer konsequenten, langfristigen Erhaltungsstrategie erreicht werden, die eine Serie von Sanierungsprogrammen für jeweils 5 Jahre beinhaltet. Der realistische Umfang solcher Sanierungsprogramme wird durch die finanzielle

Ausstattung und personelle Ressourcen der jeweiligen Straßenbauverwaltung limitiert. Es ist auch zu beachten, dass jede Baumaßnahme zu erheblichen Verkehrsbeeinträchtigungen führen kann und schränkt somit die Verfügbarkeit des Straßennetzes ein. Aus diesem Grund müssen die Auswirkungen aller Eingriffe in die Substanz der Straßeninfrastruktur sorgfältig analysiert und die Maßnahmen entsprechend terminlich gestreckt werden. Dabei sollten die geplanten Erhaltungsmaßnahmen auf der Fahrbahn mit den Erhaltungsplänen in Bezug auf Bauwerke, Straßenausstattung und auf andere Infrastruktursysteme im Straßenraum synchronisiert werden, damit die negativen Auswirkungen dieser Aktivitäten auf die Mobilität und auf Verkehrssicherheit minimiert werden.

Im Folgenden wird die Frage des Nachholbedarfs behandelt, indem nicht nur räumliche, sondern auch zeitliche Aspekte mittel- und langfristiger Erhaltungsstrategien berücksichtigt werden.

Für die Berechnung des Aufwands, der erforderlich ist, um bestimmte Qualitätsziele zu erreichen, müssen realistische Modellannahmen getroffen werden, die der etablierten Instandhaltungspraxis entsprechen. Sie beziehen sich natürlich in erster Linie auf die Preise und Kostensätze für die jeweiligen Baumaßnahmen, aber nicht weniger relevant sind die Annahmen über die Entscheidungsprozesse und vor allem über die Auswahl der zu sanierenden Streckenabschnitte. Man sollte sich nicht von berechneten optimalen Abläufen leiten lassen, sondern von solchen, die die seit Jahren bestehende Erhaltungspraxis widerspiegeln. Andernfalls verliert die Bedarfsprognose ihren Realitätsbezug.

Folgende zwei Modelle werden dabei eingesetzt:

- das Modell zur Planung der Maßnahmen auf der Grundlage bestimmter finanzieller Restriktionen (sog. VEP-Modell),
- das statistische (deterministische) Modell zur Prognose des Zustands in Abhängigkeit vom jeweiligen Erhaltungsprogramm.

Im statistischen Modell wird die Analyse für mehrere Budgetvarianten durchgeführt und gibt dem Auftraggeber so die Möglichkeit, die Auswirkungen des Budgets auf den prognostizierten Zustand abzuschätzen.

Beide Modelle wurden von HELLER im eigenen Haus entwickelt. Das VEP-Modell wird seit Mitte der 1990er Jahre im In- und Ausland massiv eingesetzt. Das statistische Modell zur Zustandsprognose wurde in den letzten Jahren von mehreren Straßenbaubehörden in Deutschland und auch im Ausland angewendet.

Als kleinste zeitliche „Planungseinheit“ des Simulationsmodells gelten 5 Jahre, weil in der Regel jede 5 Jahre eine ZEB-Kampagne auf den Kreisstraßen realisiert wird, und die ZEB-Messungen stellen die einzige empirische Datenquelle zu dem Zustand dar. Die in der Vergangenheit beobachtete Zustandsdynamik zwischen den ZEB-Kampagnen in den Jahren 2021 und 2026 auf den einzelnen ZEB-Abschnitten mit und ohne Maßnahmen ermöglichen die Aufstellung eines **Verhaltensmodells**. Das Verhaltensmodell beschreibt einerseits die (positiven) Auswirkungen von Erhaltungsmaßnahmen auf den Zustand in einzelnen ZEB-Abschnitten, andererseits das Ausmaß der (negativen) verkehrlichen und klimatischen Auswirkungen im Bereich der unbehandelten ZEB-Abschnitte. Ein solches auf der Grundlage empirischer Erkenntnisse aus den Beobachtungen der Zustandsentwicklung in der Vergangenheit aufgebautes Verhaltensmodell wird für die Prognose des Zustands in allen nächsten 5-jährigen Zyklen verwendet. Die Analyse wurde für die Zeitperiode von 2026 (letzte ZEB-Kampagne und verfügbare, empirische Zustandsdaten) bis 2036, also für 2 ZEB-Zyklen, separat für die Freien Strecken und Ortsdurchfahrten sowie für das gesamte Netz realisiert.

7.1.3 Modellannahmen

Die Zustandsentwicklung für jeden ZEB-Abschnitt (100m/20m) wird in Abhängigkeit von dem Ausgangszustand (Ergebnisse der letzten ZEB-Kampagne) auf der Grundlage eines statistischen Simulationsmodells bestimmt. Prognostiziert wird der Zustand, der in der jeweils nächsten ZEB-Kampagne „zu erwarten ist“. Anschließend wird in Abhängigkeit von diesem simulierten Zustand und unter den vorgegebenen finanziellen Restriktionen das **Erhaltungsprogramm** für das gesamte Straßennetz des Landkreis Konstanz, separat für die Freien Strecken und Ortsdurchfahrten nach bestimmten Regeln aufgestellt. Zu den wichtigsten Regeln und Annahmen für Aufstellung des Erhaltungsprogramms gehören folgende:

- Die Maßnahmen werden für die gesamte Fahrbahnbreite geplant, die Fahrbahnbreite beträgt im Schnitt 5,5m.
- Die Erhaltungsabschnitte werden für das gesamte Netz nach einheitlichen Kriterien gebildet. Als maßgebliches Zustandsmerkmal gilt der Gesamtwert. Die Mindestlänge der Erhaltungsabschnitte beträgt 500m auf Freien Strecken und 250 m auf Ortsdurchfahrten. Es wird erlaubt, dass 20% der Abschnitte einen besseren als erhaltungsbedürftigen Zustand aufweisen.
- Die Zustandsprognose wird für folgende 10 Varianten durchgeführt:



Die Budgetvariante „0“ stellt sog „do nothing“ – Variante dar (keine Maßnahmen).

- Bei der Planung des Erhaltungsprogramms wird zwischen den Maßnahmen der Kategorie „E“ und „I“ unterschieden. Das Kostenverhältnis im Erhaltungsbudget zwischen den E-

Maßnahmen (Grundhafte Erneuerung und Ausbau) und I-Maßnahmen (restlichen Maßnahmen) beträgt 4:1 (d.h. Anteil der Kosten für die E-Maßnahmen beträgt 80%).

- Die Preise für die E-Maßnahmen und I-Maßnahmen betragen entsprechend: 190 Euro/m² und 22,5 Euro/m². Daraus ergeben sich die pauschalen Kilometerpreise in Höhe von 860 Tsd. € (Mischkalkulation)
- Für das so generierte Erhaltungsprogramm werden zu jedem ZEB-Abschnitt die Ergebnisse der nächsten ZEB-Kampagne anhand eines statistischen Simulationsmodells prognostiziert. Es wird dabei die Lage der Maßnahme (Freie Strecke bzw. Ortsdurchfahrt) berücksichtigt sowie die Tatsache, ob eine Maßnahme realisiert wurde oder nicht.

Die Aufstellung der Erhaltungsprogramme nach solchen Regeln erfolgt in jedem 5-jährigen Zyklus und basierend auf diesen Erhaltungsprogrammen werden die Zustandsdaten für jede der zukünftigen ZEB-Kampagnen prognostiziert

7.1.4 Ergebnisse der Untersuchung

Die Simulationsanalysen wurden für 10 Budgetvarianten durchgeführt. Im Hinblick auf einen mehrjährigen Planungshorizont musste die Baupreissteigerung berücksichtigt werden. Da die ZEB-Kampagnen alle 5 Jahre durchgeführt werden und somit die Simulation des Zustandes auch in solchen ZEB-Zyklen erfolgt, wurden die diskontierten Kosten für diese "ZEB-Zyklen" ermittelt. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Hälfte der jährlichen Sanierungskosten im Kalenderjahr der jeweiligen ZEB-Kampagne für den Zeitraum vor der ZEB-Kampagne und die Hälfte nach der ZEB-Kampagne getragen werden.

Für jede Strategie (Budgetvariante) wurden in jedem ZEB-Zyklus die Erhaltungsabschnitte generiert und in Abhängigkeit von diesen Abschnitten der Zustand in der darauffolgenden ZEB-Kampagne simuliert. Die so simulierten Zustandsdaten wurden einer statistischen Analyse unterzogen und die Mittelwerte sowie die Häufigkeitsverteilungen bestimmt. In **Bild 36** sind die Auswirkungen unterschiedlicher Budgetvarianten und daraus resultierenden Erhaltungsprogramme auf die Mittelwerte des Gesamtwertes im gesamten Netz des Landkreis Konstanz dargestellt.

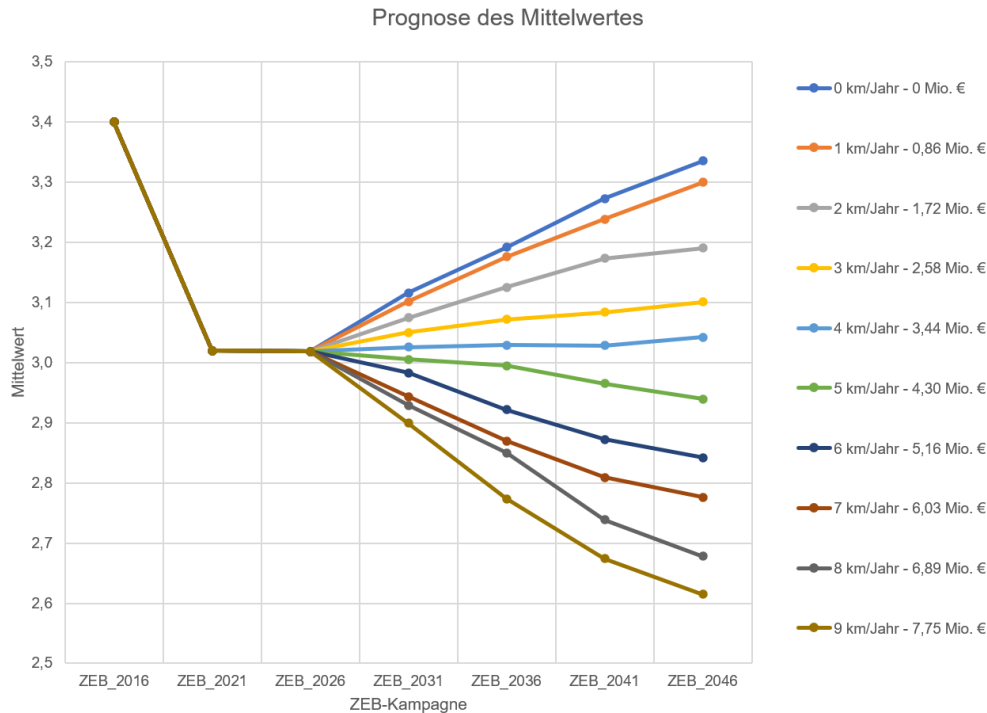


Bild 36: Auswirkung von Budgetvarianten auf den Netzzustand der Kreisstraßen – Mittelwerte des Gesamtwertes

Die Zustandsprognose zeigt, dass sich der Trend von der ZEB 2021 auf die ZEB 2026 mit einer jährlichen Erhaltungslänge von 5 Kilometern und einem Budget von 4,30 Mio. € fortsetzen lässt. Ab einer jährlichen Erhaltungslänge von etwa 8 km und einem Budget von 6,89 Mio. € stellt sich eine nachhaltige Zustandsverbesserung ein.

8 Zusammenfassung

Die im Zeitraum Januar bis Juni 2026 durchgeführte messtechnische Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) der Kreisstraßen im Landkreis Konstanz wurde planmäßig abgeschlossen. Das erfasste Netz umfasst insgesamt 331 Kilometer, bestehend aus 273 km freier Strecke und 58 km Ortsdurchfahrten. Die messtechnische Erfassung erfolgte durch die LEHMANN+PARTNER GmbH (Erfurt) mit einem von der Bundesanstalt für Straßenwesen zugelassenen Messfahrzeug nach dem Standardverfahren des Bundes. Die Auswertung und Bewertung wurde durch die HELLER Ingenieurgesellschaft mbH (Darmstadt) nach dem im Land Baden-Württemberg seit 2016 für Landesstraßen eingesetzten Verfahren durchgeführt.

8.1 Zustandsentwicklung

Der mittlere Gesamtzustandswert des Kreisstraßennetzes beträgt nach der ZEB 2026 für das Gesamtnetz 2,99, für die Freie Strecke 2,18 und für die Ortsdurchfahrten 3,87. Im Vergleich zur ZEB 2021 hat sich der Gesamtzustand auf einem weitgehend stabilen Niveau gehalten: Der Mittelwert des Gesamtwertes lag mit 2,99 nur geringfügig unter dem Wert der Vorkampagne (3,01). Die zwischen 2016 und 2021 erzielte signifikante Zustandsverbesserung – von einem Mittelwert von 3,36 auf 3,01 – konnte damit im Betrachtungszeitraum 2021 bis 2026 erfolgreich verstetigt werden.

Der Anteil des Netzes in den Zustandsklassen [1,0-1,5) bis [2,5-3,5) – d. h. unterhalb des Warnwerts – hat sich gegenüber der ZEB 2021 von 57,6 % auf 58,7 % leicht verbessert. Der Anteil oberhalb des Schwellenwertes (ZK 5, GW $\geq$ 4,5) hat sich demgegenüber von 24,0 % auf 24,4 % geringfügig erhöht. Diese Entwicklung ist vor dem Hintergrund des insgesamt deutlich reduzierten Maßnahmenumfangs im Zeitraum 2021 bis 2026 – 31,0 km gegenüber 82,2 km im Vorjahreszeitraum – als stabil zu bewerten. Mit einem Mittelwert von 2,99 befindet sich der Landkreis Konstanz in einem vergleichsweise guten Zustandsbereich; die Landesstraßen Baden-Württemberg wiesen 2024 zum Vergleich einen Mittelwert von 3,40 auf.

Die Analyse der realisierten Maßnahmen belegt darüber hinaus deren qualitative Nachhaltigkeit: Die im Zeitraum 2016 bis 2021 durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen weisen auch nach der zweiten Folgeerfassung – d. h. nach bis zu zehn Jahren – noch weitgehend denselben Zustand auf wie unmittelbar nach ihrer Herstellung. Dies ist ein belastbarer Nachweis dafür, dass die eingesetzten Maßnahmen nicht lediglich zu einer kurzfristigen Zustandsverbesserung geführt haben, sondern nachhaltig wirksam sind.

8.2 Erhaltungsplanung

Insgesamt wurden 74,2 km des Kreisstraßennetzes – entsprechend rund 22 % der Gesamtnetzlänge – als erhaltungsbedürftig eingestuft und zu 86 Erhaltungsabschnitten zusammengefasst. Den größten Anteil bildet mit 55,75 km die Kategorie Ausbau (< 6,0 m), gefolgt von den Ortsdurchfahrten mit 15,2 km und der Freien Strecke mit 3,3 km. Maßnahmentypisch dominiert der Tiefeinbau Deckschicht mit 42,2 km, während für 28,5 km eine Ausbaumaßnahme und für 3,5 km eine grundhafte Erneuerung vorgesehen ist. Der daraus resultierende operative Erhaltungsbedarf beläuft sich auf insgesamt 31,7 Mio. €, wovon 5,2 Mio. € dem Ergebnishaushalt (Tiefeinbau Deckschicht) und 26,5 Mio. € dem Investitionshaushalt (grundhafte Erneuerung und Ausbau) zuzuordnen sind.

8.3 Bewertung der Bedarfsentwicklung

Der auf den ersten Blick widersprüchliche Befund – ein weitgehend stabiler mittlerer Netzzustand bei gleichzeitig gestiegenem Erhaltungsbedarf – lässt sich auf drei sich ergänzende Ursachen zurückführen. Erstens wurde die Erhaltungsplanung 2021 automatisiert und regelbasiert ermittelt; dabei blieb methodisch bedingt nur rund ein Viertel der tatsächlich schadhafte Länge bei den Ortsdurchfahrten und gut die Hälfte bei Freier Strecke/Ausbau überhaupt erfassbar. Die aktuelle, manuell erstellte Planung 2026 bildet diesen zuvor unsichtbaren Erhaltungsbedarf zusätzlich ab, ohne dass die Aufnahmekriterien großzügiger geworden wären – der mittlere Substanzwert der 2026 eingeplanten Abschnitte liegt in allen Kategorien höher (schlechter) als 2021.

Zweitens zeigt sich im Bereich Ausbau (< 6,0 m) eine reale Zustandsverschlechterung, die durch die nach oben begrenzte Bewertungsskala teilweise verdeckt wird (Deckeneffekt): 55,4 % der Ausbau-Netzlänge lagen bereits 2021 praktisch am oberen Skalenende und können sich im Gesamtwert rechnerisch nicht weiter verschlechtern. Für die verbleibenden 44,6 % der Länge steigt der Riss-Anteil im Betrachtungszeitraum von 8,3 % auf 15,8 % – nahezu eine Verdopplung.

Drittens wurde ein erheblicher Teil der 2021 noch mit einer oberflächlichen Maßnahme (Tiefeinbau Deckschicht) eingeplanten Ausbau-Abschnitte innerhalb von nur fünf Jahren auf einen Vollausbau hochgestuft (52,9 % der betroffenen Länge), obwohl sich deren Zustand im selben Zeitraum kaum verändert hat. Dies belegt, dass die damalige Einschätzung des Sanierungsbedarfs bei einem Teil der Abschnitte zu optimistisch war und sich erst mit der aktuellen Kampagne korrigiert.

Der gestiegene Erhaltungsbedarf steht damit nicht im Widerspruch zum stabilen Netzdurchschnitt, sondern beschreibt eine methodisch und real begründete Weiterentwicklung derselben Ausgangslage.

8.4 Finanz- und Bedarfsprognose

Die Zustandsprognose zeigt, dass sich der positive Trend der vergangenen Kampagne mit einer jährlichen Erhaltungslänge von rund 5 km und einem Budget von 4,30 Mio. € fortschreiben lässt. Eine nachhaltige Zustandsverbesserung stellt sich ab einer jährlichen Erhaltungslänge von rund 8 km und einem Budget von 6,89 Mio. € ein. Budgets unterhalb dieser Schwelle führen mittelfristig zu einem erneuten Anstieg des rückständigen Erhaltungsbedarfs und einer fortschreitenden Verschiebung hin zu kostenintensiveren Maßnahmentypen. Eine regelmäßige Anpassung des Erhaltungsbudgets an die Entwicklung der Baupreisindizes ist dabei zwingend erforderlich, um die reale Kaufkraft des Budgets im Zeitverlauf zu erhalten.

Die Ergebnisse der ZEB 2026 bilden die Grundlage für die Planung und Priorisierung des Erhaltungsprogramms ab 2026. Die Erhaltungsabschnitte wurden in der Online-Visualisierung OnKo3 bereitgestellt und stehen dem Landratsamt Konstanz für die operative Erhaltungsplanung unmittelbar zur Verfügung.

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
AUN	Merkmal: Allgemeine Unebenheit
(ZEB-)Auswerteabschnitt	Das kleinste Segment des Erfassungsnetzes, für das die Zustandsgrößen bzw. Zustandswerte vorliegen. Der ZEB-Auswerteabschnitt hat eine Länge von 100 m in freien Strecken bzw. 20 m in Ortsdurchfahrten und erstreckt sich auf einen Fahrstreifen. Die Länge des ZEB-Auswerteabschnitts kann am Ende des Netzabschnitts kürzer als die Standardlänge sein.
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
ERG	Die Ergebnistabelle (ERG) ist eine Datenbank, in der alle Auswerteabschnitte mit den zugehörigen Identifikations- und Zustandsdaten gespeichert ist.
GRI	Griffigkeit
FS	Freie Strecke / Fahrstreifen (kontextabhängig)
GW	Gesamtwert
OD	Ortsdurchfahrt
OnKo3	Online-Auskunftssystem zur Nutzung der Zustandsdaten für die Erhaltungsplanung (HELLER Ingenieurgesellschaft mbH)
Schwellenwert	Der Zustandswert 4,5 wird als Schwellenwert bezeichnet und beschreibt einen Zustand, bei dessen Erreichen die Einleitung von baulichen oder verkehrsbeschränkenden Maßnahmen geprüft werden muss.
SKM	Seitenkraftmessverfahren
SPH	Fiktive Wassertiefe
SPT	Spurrinntiefe
SUB	Substanzwert: Komplexer Zustandsindikator, der den Bedarf für Erhaltungsmaßnahmen abbildet (Ebenheit, Risse, Flickstellen).
TP	Teilprojekt

Abkürzung	Bedeutung
Warnwert	Der Zustandswert 3,5 wird als Warnwert bezeichnet und beschreibt den Zustand, dessen Erreichen Anlass zu intensiver Beobachtung, zur Analyse der Ursachen für den schlechten Zustand und ggf. zur Planung von geeigneten Maßnahmen ist.
ZEB	Zustandserfassung und -bewertung
ZG	Zustandsgröße
ZTV ZEB-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Zustandserfassung und -bewertung von Straßen
ZW	Zustandswert

Tabelle 13 Abkürzungen

Abbildungsverzeichnis

Bild 1 Kreislauf der Erhaltungsplanung	8
Bild 2 Anwendungsfelder der ZEB und jeweils erforderliche Inputdaten.....	9
Bild 3: Erfassung der Ebenheit und Substanzmerkmale Messfahrzeug: LEHMANN+PARTNER GmbH	11
Bild 4 Bestimmung der Allgemeinen Unebenheit anhand des Längsprofils, HELLER	12
Bild 5 Bestimmung der Ebenheit im Querprofil, HELLER	13
Bild 6 Schematische Beispiele zu den Substanzmerkmalen, HELLER	13
Bild 7 Markierung der betroffenen Segmente, HELLER	14
Bild 8 Auswerteraster der ZEB, HELLER	15
Bild 9 Normierung der Zustandsgrößen zu dimensionslosen Zustandswerten, HELLER.....	16
Bild 10 Wertesynthese	17
Bild 11 Teilwerte und Gesamtwert der ZEB, HELLER	18
Bild 12 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%], Gesamtnetz - Gesamtwert.....	19
Bild 13 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%], Gesamtnetz - Gebrauchswert	20
Bild 14 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%], Gesamtnetz – Substanzwert.....	20
Bild 15 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%] Freie Strecke (≥ 6,0 m) - Gesamtwert.....	21
Bild 16 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%] Freie Strecke (≥ 6,0 m) - Gebrauchswert	21
Bild 17 Zustandsentwicklung 2016 – 2026 [%] Freie Strecke (≥ 6,0 m) - Substanzwert.....	22
Bild 18 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ausbau (<6,0 m) - Gesamtwert	22
Bild 19 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ausbau (<6,0 m) - Gebrauchswert.....	23

Bild 20 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ausbau (<6,0 m) – Substanzwert	23
Bild 21 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ortsdurchfahrten - Gesamtwert	24
Bild 22 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ortsdurchfahrten - Gebrauchswert	24
Bild 23 Zustandsentwicklung 2016 - 2026 [%] Ortsdurchfahrten - Substanzwert	25
Bild 24 Auszug aus der Zustandskarte mit Darstellung des Gesamtwerts, HELLER	26
Bild 25 Profil mit Visualisierung der Zustandsrohdaten (Beispiel), HELLER	27
Bild 26 Streckenbilder in der Online-Visualisierung	28
Bild 27 Realisierte Maßnahmen im Zeitraum ZEB 2016 - ZEB 2021 (Links) und ZEB 2021 – ZEB 2026 (Rechts)	30
Bild 28 Bildung und Priorisierung von Erhaltungsabschnitten (HELLER)	31
Bild 29 Beispiel für einen erhaltungsbedürftigen Abschnitt	33
Bild 30 Kartendarstellung der Erhaltungsabschnitte (OnKo3 Landkreis Konstanz)	34
Bild 31 Projektsteckbriefe zu jedem Erhaltungsabschnitt (automatisiert erzeugt mit OnKo3)	35
Bild 32 Rückständiger Erhaltungsbedarf nach Straßenklasse und Maßnahmenart	36
Bild 33 Summenlinien für die 51 Ausbau-Abschnitte – links Riss-Anteil, rechts Gesamtwert. Rechts zeigt sich deutlich, wie ein wachsender Teil der Netzlänge den oberen Skalenwert erreicht (Deckeneffekt).	38
Bild 34 K6120 Abschnitt 8119006 - 8119060, Station 2.900 – 3.200	39
Bild 35 Auszug Rohdatenprofil, Substanzmerkmale 2016 – 2021 – 2026	40
Bild 36: Auswirkung von Budgetvarianten auf den Netzzustand der Kreisstraßen – Mittelwerte des Gesamtwertes	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Längs- und Querebenheit – Zustandsgrößen	11
Tabelle 2 Substanzmerkmale (Oberfläche) - Zustandsgrößen	13
Tabelle 3 Substanzmerkmale und Zuordnung zu den Zustandsgrößen der ZEB	14
Tabelle 4 Normierungsfaktoren, HELLER	16
Tabelle 5 Zustandsklassen	18
Tabelle 6 Mittelwerte	25
Tabelle 7 Zustandskarten	26
Tabelle 8 Kameraperspektiven	28
Tabelle 9 Klassifizierung der Erhaltungsabschnitte (Landkreis Konstanz)	32
Tabelle 10 Liste mit Erhaltungsabschnitten - Ausbau (OnKo3 Landkreis Konstanz)	34
Tabelle 11 Veränderung des Ø Substanzwert in der Erhaltungsplanung 2021 zu 2026	37
Tabelle 12 Mittlere Zustandskennwerte der Ausbau-Abschnitte, 2021 im Vergleich zu 2026	38



Tabelle 13 Abkürzungen	50
------------------------------	----