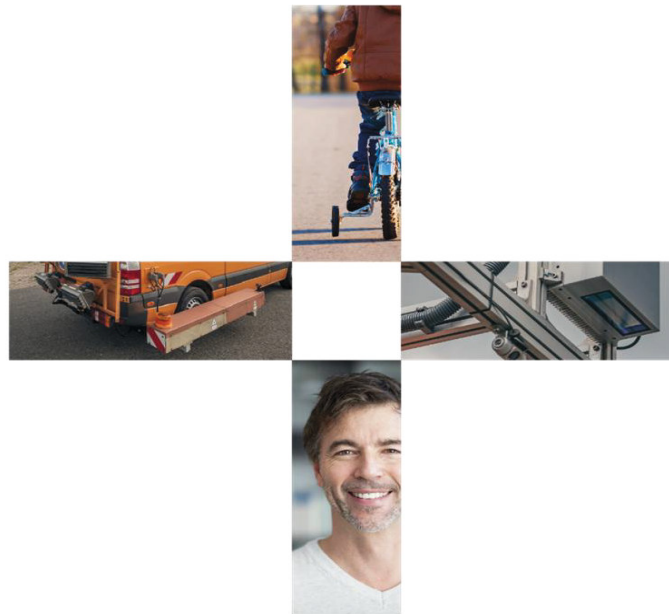


Stadt Erlangen

Erläuterungsbericht

Messtechnische Zustandserfassung der Hauptverkehrsstraßen
im Stadtgebiet Erlangen



Erfurt, 05.11.2025

GINGER
LEHMANN+PARTNER

Inhaltsverzeichnis

1	Zielstellungen des Projektes	3
2	Vorgehen bei der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)	4
2.1	Vorbereitung und Übernahme der Datengrundlagen	4
2.2	Messtechnische Aufnahme (S.T.I.E.R.3)	4
2.3	Datenermittlung	6
2.3.1	Erfassung der Längsebenheit TP 1a	6
2.3.2	Erfassung der Querebenheit TP 1b	7
2.3.3	Erfassung der Substanzmerkmale TP 3	8
2.4	Qualitätssicherung, Kalibrierung, Reproduzier- und Wiederholbarkeit	10
2.4.1	Zeitbefristete Betriebszulassung durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)	10
2.4.2	Eigenüberwachungen	10
2.4.3	Erfassungsgeschwindigkeit sowie Absicherung und Begleitfahrzeug	10
2.5	Auswertung der Zustandsdaten Messsystem (S.T.I.E.R.)	11
2.5.1	Längsebenheit	11
2.5.2	Querebenheit	11
2.5.3	Substanzmerkmale	12
2.6	Normierung der erfassten Zustandsgrößen	13
2.7	Visualisierung der Zustandsdaten	15
2.8	Qualitätssicherung und Eigenüberwachungen	16
3	Weitere Projektinformationen	17
4	Ergebnisse der Zustandserfassung und -bewertung	18
5	Erhaltungsmanagement	20
5.1	Operatives Erhaltungsmanagement	23
5.2	Strategisches Erhaltungsmanagement	27
5.3	Empfehlungen	29
6	Anlagen	30
6.1	Abkürzungsverzeichnis	30
6.2	Eigenüberwachungsprotokolle	32

1 Zielstellungen des Projektes

Mit der Durchführung einer messtechnischen Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) gemäß der ZTV ZEB-StB sollten die Hauptverkehrsstraßen der Stadt Erlangen nach objektiven Kriterien erfasst und bewertet werden.

Grundlage für die Befahrung war das vom AG bereitgestellte Netz mit einer Gesamtlänge von ca. 350 km. Die Erfassung erfolgte dabei, falls möglich, in beide Richtungen auf allen Fahrstreifen einschließlich einzelner Verbindungsrampen.



Abbildung 1: Erfassungsnetz – Quelle Kartenhintergrund: OSM

Ziele des Projektes waren insbesondere:

- Zustandserfassung und -bewertung der Hauptverkehrsstraßen
- Erstellen einer üblichen ERG-Tabelle
- anonymisierte Frontbilder
- hochauflösende Oberflächenbilder
- Visualisierung der Zustandsdaten (QGIS)
- thematische Zustandskarten
- homogene Zustandsabschnitte
- operatives Bauprogramm
- strategisches Erhaltungsmanagement
- Erläuterungsbericht

2 Vorgehen bei der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)

2.1 Vorbereitung und Übernahme der Datengrundlagen

Folgende Daten wurden vom Auftraggeber bereitgestellt:

- TP0-Grunddaten
- Übersichtskarte Befahrungsnetz

2.2 Messtechnische Aufnahme (S.T.I.E.R.3)

Die Zustandserfassung erfolgte mittels dem von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zertifizierten Messsystem S.T.I.E.R. Die Befahrung erfolgte im März 2025. Beim Messverfahren S.T.I.E.R. handelt es sich um ein schnellfahrendes Messsystem zur Erfassung des Straßenzustandes. Das Trägerfahrzeug ist ein Mercedes Sprinter (Breite 2,20 m). Das Messsystem erfasst alle Daten unabhängig von der gefahrenen Geschwindigkeit. Dabei sind Erfassungen bis 100 km/h möglich. Die Fahrzeugabmessungen wurden so gewählt, dass eine Befahrung des gesamten klassifizierten sowie des nachgeordneten Straßennetzes möglich ist. Das Messfahrzeug ist selbstsichernd gemäß den geltenden Vorschriften ausgerüstet, hat keine Überbreite und benötigt somit keine Absicherung oder polizeiliche Begleitung. Weiterhin ist es modular aufgebaut und verfügt über alle erforderlichen Technologien für die Erfassung der Teilprojekte 1a, 1b und 3.



Abbildung 2: Messfahrzeug S.T.I.E.R.

Es werden neben den in der ZEB bewährten elektronischen Standardbauteilen (z.B. der Laser) vor allem im Bereich der Bilderfassung neue verbesserte Komponenten verwendet, die den zukünftigen Anforderungen an gute und hoch aufgelöste Bildinformationen gerecht werden.

Herzstück der inertialen Messplattform ist ein hochgenaues Kreiselssystem, das sämtliche Messwerte mit einer hoch präzisen Lageinformation verknüpft. Das Kreiselssystem wird durch

ein DGPS-System und eine Wegstreckenmeseinrichtung gestützt, so dass die Lage- und Winkelangaben auch bei längeren Messungen praktisch drifffrei sind.

Zur Verarbeitung in den weiteren Messsystemen stehen u.a. DGPS-Koordinaten in einer Lagegenauigkeit von $< 1\text{m}$ (1 Sigma), GPS-Zeitinformationen und ein weggesteuertes Triggersignal (z.B. alle 0,1 m) zur Verfügung.

Die Dimensionierung des Kofferaufbaus, der Stromversorgung und aller weiteren Module erlaubt eine Anpassung an zukünftige Erfordernisse. Neben den geforderten Kamerapositionen ist bereits ein Kamerasystem für die exakte Einmessung von Sachverhalten installiert.

Zur Dokumentation der Messfahrten dient ein Dachkamarasystem mit digitaler Bildaufzeichnung. Sämtliche Bildinformationen werden georeferenziert abgelegt.

Anhand der Kameras werden Straßenraumbilder in einem Abstand von ca. 5 m aufgenommen. Es handelt sich um Messkameras die keine Belichtungszeitmessung haben (technisch nicht möglich). Die Steuerung der Belichtung erfolgt durch Analyse des letzten aufgenommenen Bildes. Bei einer starken Änderung der Umgebungsbedingungen benötigt das System mehrere Bilder bis zu einer optimalen Regelung (maximal 6 Bilder).

Alle Daten wurden im Fahrzeug als Rohdaten aufgezeichnet. Die Bestimmung der gefahrenen Linie (Trajektorie) erfolgte im Postprocessing in der häuslichen Aufbereitung. Zur Verbesserung der GPS Qualität wurden SAPOS Daten (1 Basisstation) verwendet.

Zur Dokumentation der Messfahrten dient ein Dachkamarasystem mit digitaler Bildaufzeichnung. Sämtliche Bildinformationen werden georeferenziert abgelegt.

Es erfolgte eine Mehrbildphotogrammetrie mit folgenden Kamerapositionen:

- Frontkamera, Seitenkamera (links), Seitenkamera (rechts)



Abbildung 3: anonymisiertes Frontbild

2.3 Datenermittlung

Die Datenermittlung erfolgte häuslich aus den Messbildern durch qualifiziertes Personal, das regelmäßig intensiv geschult wird. Im Rahmen der Auswertung werden jeweils die in den Messbildern zum Zeitpunkt der Erfassung gut sichtbaren Elemente ausgewertet. Zur Vermeidung von Ungenauigkeiten werden dabei keine Daten aus den Bildrandbereichen ermittelt. Anhand der entstandenen Fotodokumentation können die erhobenen Daten jederzeit nachgeprüft werden. Maßgebend hierbei ist ein interner Erfassungskatalog. Um die Qualität der ermittelten Daten sicher zu stellen, werden spezifische Kontrollen durchgeführt. Es erfolgt eine interne Kontrolle durch einen zweiten unabhängigen Bearbeiter. Dabei werden stichprobenhaft einzelne Abschnitte überprüft und Abweichungen dokumentiert.

2.3.1 Erfassung der Längsebenheit TP 1a

Die Messeinrichtung zur Erfassung der Längsebenenheiten besteht aus vier Laserdistanzsonden (Triangulationslaser), die nach dem HRM-Prinzip unter dem Fahrzeug angebracht sind. Die Erfassung in der rechten Rollspur des aufzunehmenden Fahrstreifens ist gewährleistet. Die Messwerte werden weggesteuert im Abstand von 0,1 m abgelegt. Die Laser arbeiten mit einer Frequenz von 5.000 Hz. Es werden alle Rohdaten aufgezeichnet. Aus den Rohdaten können auch Texturparameter (z.B. MPD) berechnet werden.

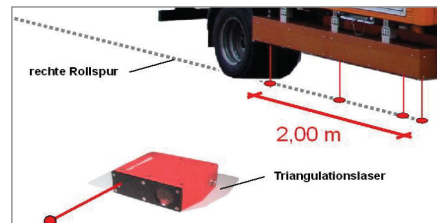


Abbildung 4: HRM Verfahren zur Ermittlung des „wahren“ Höhenlängsprofils

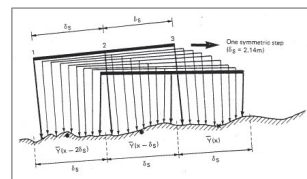


Abbildung 5: Messprinzip Längsebenheit, Quelle: TRLL Lab Report 922

2.3.2 Erfassung der Querebene TP 1b

Die Erfassung der Querebene erfolgt mit Hilfe eines Laserscanners des Fraunhofer Institutes in Freiburg.

Die Spezifikationen des Scanners sind:

- 900 Punkte je Scan (im Querprofil)
- Erfassungsbreite: 4,00 m
- Punktabstand im Querprofil variabel (nach ZTV ZEB-StB 06 10 cm)
- 800 Hz Aufnahmefrequenz – alle 2 cm 1 Querprofil
- Laserklasse 1 – augensicher

Durch entsprechende Algorithmen und Methoden der LEHMANN+PARTNER GmbH können die Daten analog der Aufnahme mit einem Laserquerbalken ausgewertet werden.

Das System wurde bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vorgestellt und besitzt eine zeitbefristete Betriebszulassung.



Abbildung 6: Messsystem Querebene

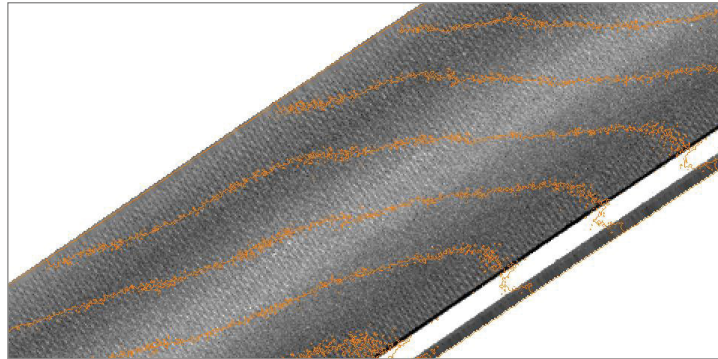


Abbildung 7: Dreidimensionale Auswertung der Straße mit Hilfe des Laserscanners

Im Rahmen der Auswertung der erfassten Querprofile werden die Querprofile so beschnitten, dass nur der Fahrstreifen ausgewertet wird. Dazu wird softwaretechnisch ein sogenannter ‚Grid‘ gesetzt. Dieser legt fest in welchem Bereich die Laserdaten berücksichtigt und damit die Daten ausgewertet werden. Für Asphaltflächen wird dieser zwischen den Fahrbahnmarkierungen (Fahrbahnrand und Mittelstreifen), für Betonflächen auf den Rändern der Betonplatten gesetzt. Damit ist gewährleistet, dass Borde oder Bankette unberücksichtigt bleiben.

2.3.3 Erfassung der Substanzmerkmale TP 3

Das Oberflächenbild der Straße wird durch eine am Fahrzeug angebrachte, senkrecht nach unten, gerichtete, Zeilenkamera aufgenommen. Die Messbreite beträgt 4,60 m. Eine LED-Zeile dient zur Ausleuchtung des Sichtbereiches



Abbildung 8: Messsystem Substanzmerkmale

Die Beleuchtung ist so optimiert, dass Risse seitlich beleuchtet und durch den entstehenden Schattenwurf bestmöglich bei der Auswertung erkannt werden können und der nachfolgende Verkehr nicht beeinträchtigt wird. Das System kann Risse ab einer Breite von 0,5 mm sicher erkennen. Das wurde am Testbild der BAST nachgewiesen (vgl. Abb. BAST Testbild, Beispielkachel).

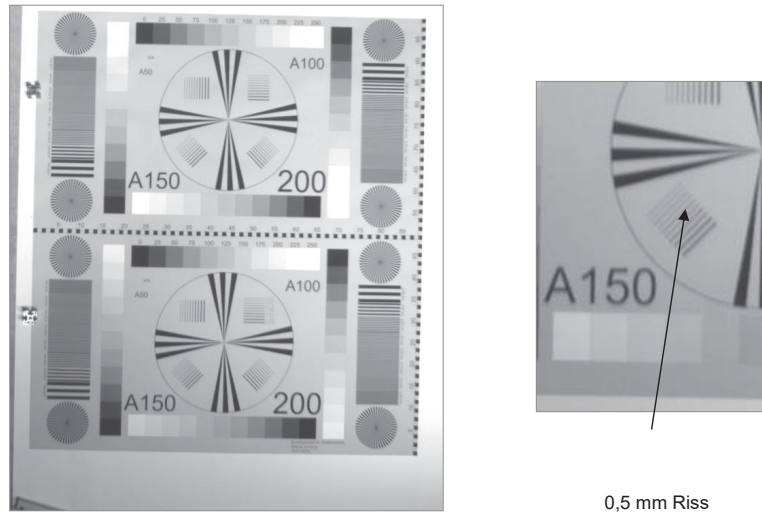


Abbildung 9: BAST Testbild, Erkennbarkeit von Rissen

Alle Aufnahmen TP 3 werden im Rohdatenformat digital auf Harddisk gespeichert.

2.4 Qualitätssicherung, Kalibrierung, Reproduzier- und Wiederholbarkeit

2.4.1 Zeitbefristete Betriebszulassung durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Einmal pro Jahr durchläuft das Messfahrzeug die Prüfungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), um eine zeitbefristete Betriebszulassung zu erhalten. Es muss ein von der BASt festgelegtes Kollektiv an Referenzstrecken gemessen und ausgewertet werden. Die Auswertung wird anschließend von der BASt geprüft und bei Einhaltung gewisser Toleranzen die zeitbefristete Betriebszulassung für ein Jahr vergeben.

2.4.2 Eigenüberwachungen

Während der Messkampagne wird die Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit alle 14 Messtage auf einer mit der BASt abgestimmten Eigenüberwachungsstrecke durchgeführt und beurteilt. Die Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit müssen in bestimmten, durch den Vertrag festgelegten Toleranzen liegen, andernfalls sind die Messungen bis zur letzten bestandenen Eigenüberwachung zu verwerfen und die Systeme auf Fehler zu prüfen.

2.4.3 Erfassungsgeschwindigkeit sowie Absicherung und Begleitfahrzeug

Das Messfahrzeug ist selbstsichernd gemäß den geltenden Vorschriften (HSM 2000) ausgerüstet, hat keine Überbreite und benötigt somit keine Absicherung oder polizeiliche Begleitung. Das Fahrzeug "schwimmt" während der Messfahrten im fließenden Verkehr mit und wird entsprechend der deutschen RSA, § 46 Abs. 2 StVO und § 70 StVZO so gesichert, dass bei Messung auf dem jeweils rechten oder linken Fahrstreifen kein Sicherungsfahrzeug eingesetzt werden muss. Das Sicherungsfahrzeug ist nur bei Messungen auf dem mittleren Fahrstreifen sowie dem Standstreifen erforderlich.

2.5 Auswertung der Zustandsdaten Messsystem (S.T.I.E.R.)

Die Zustandsdaten werden nach dem Regelwerk ZTV ZEB-StB 2006 gemäß Abschnitt 4 ausgewertet. Dies betrifft im Detail:

2.5.1 Längsebenheit

Mit Hilfe des Systems wurde das „wahre Höhenlängsprofil“ der Straße erfasst. Anhand dieser Profile können verschiedene Kenngrößen berechnet werden. Für die Bereiche der Stadt Erlangen waren dies die Werte für „Allgemeine Unebenheiten (AUN)“, „Max. Abweichung unter der 4m-Latte [mm] (PGR-MAX)“ und der „Mittelwert der max. Abweichung unter der 4m-Latte [mm] (PGR-AVG)“.

2.5.2 Querebenheit

Die Querprofile wurden alle 1,00 m ausgewertet. Für jedes Querprofil werden die Parameter Spurrinntiefe (MSPT) und fiktive Wassertiefe (MSPH) bestimmt.

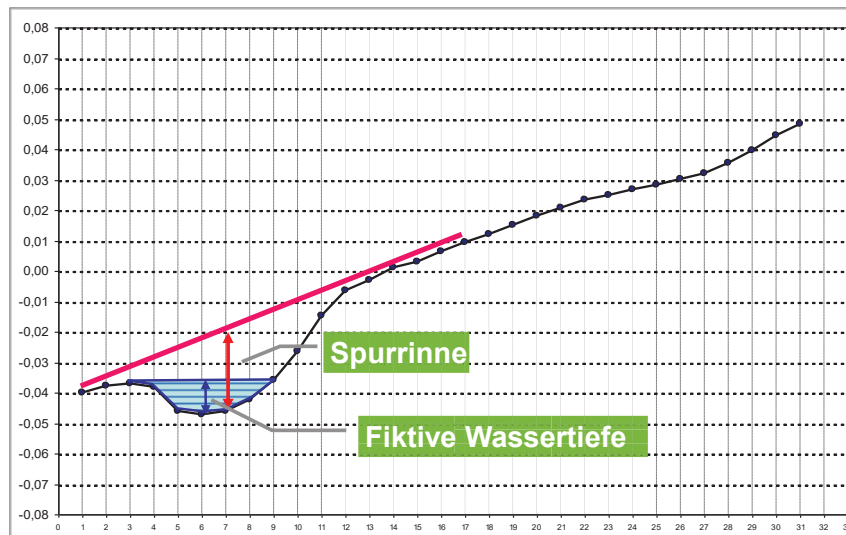


Abbildung 10: Querprofil

2.5.3 Substanzmerkmale

Die Substanzmerkmale wurden gemäß ZTV ZEB-StB 2006 im 1 m Raster ausgewertet.

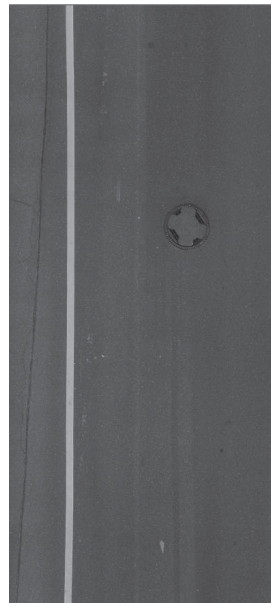


Abbildung 11: Beispiel Oberflächenbild (10 m-Bild)

Dazu wird eine webbasierte Auswertesoftware eingesetzt. Die Software wurde gemeinsam durch Ramboll und LEHMANN+PARTNER GmbH entwickelt.

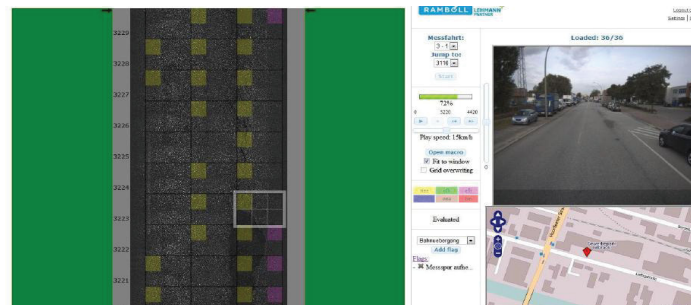


Abbildung 12: Beispiel Auswertearbeitsplatz für Asphaltflächen

Zur Auswertung von Betonoberflächen kann das Softwareverfahren auf die Schadensmerkmale und das Auswertungsraaster für Beton eingestellt werden.

2.6 Normierung der erfassten Zustandsgrößen

Die ermittelten Werte aus der Zustandserfassung sind mit physischen Einheiten behaftet und werden über bestimmte Normierungsfunktionen bei der Zustandsbewertung (siehe Schaubild) in dimensionslose Zustandswerte eingestuft. Es handelt sich hierbei um Notenwerte von 1 (sehr guter Zustand) bis 5 (sehr schlechter Zustand).

Die Normierungsfunktionen verlaufen bei allen Zustandsmerkmalen durch drei Stützstellen, die wie folgt definiert sind:

- Übernahmewert (1,5): Bei den Ebenheitsmerkmalen entspricht dieser Wert den Toleranzen bei der Abnahme. Er beschreibt auch die Grenze eines ordnungsgemäßen neuwertigen Zustandes.
- Warnwert (3,5): Dieser Wert beschreibt den Zustand, dessen Erreichen Anlass zur Analyse der Ursachen für die Zustandsverschlechterung und zur Planung von geeigneten Maßnahmen gibt.
- Schwellenwert (4,5): Dieser Wert beschreibt einen Zustand, bei dessen Erreichen in der Regel Erhaltungsmaßnahmen oder eventuell Verkehrsbeschränkungen eingeleitet werden sollen.

Wie im Schaubild zu erkennen ist, werden die Noten in verschiedene Farben unterteilt. Diese Einteilung erzielt eine optisch verbesserte Abgrenzung hinsichtlich der Zustandsbewertung.

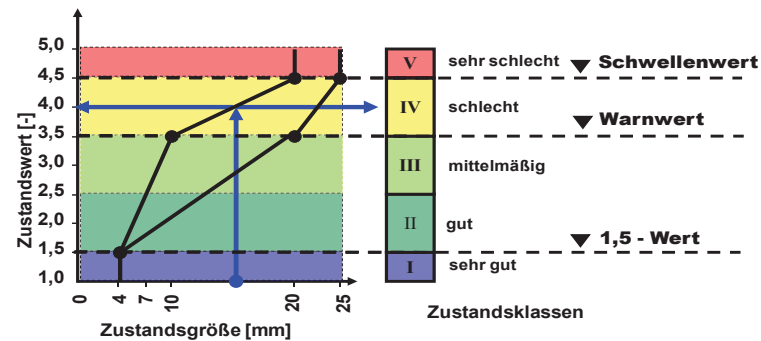


Abbildung 13: Normierung der Zustandsgrößen zu Zustandswerten

Die Bewertung erfolgte zunächst analog der letzten Kampagne 2017.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Grenzwerte für die Bewertung.

Zustandswert ZW Zustandsgröße	1,5 Wert ZW = 1,5	Warnwert ZW = 3,5	Schwellenwert ZW = 4,5
PGR_MAX [mm]	4	12	16
PGR_AVG [mm]	1	2,5	3,5
MSPT [mm]	4	15	25
MSPH [mm]	0,1	6	9
RISS [%]	1	15	25
FLI [%]	1	15	25

Abbildung 14: Normierungskennwerte Asphalt

Alle Daten liegen im 1,00 m Rasterabstand vor. Diese Daten wurden zu 10 m Abschnitten zusammengefasst. Zu jedem Abschnitt sind sämtliche Einzelwerte verfügbar.

Die Zuordnung der Messdaten auf das Straßennetz erfolgte nach dem Verfahren der standardisierten Netzzuordnung (ZTV ZEB-StB 2006, Abschnitt 2.4).

2.7 Visualisierung der Zustandsdaten

Die Visualisierung der messtechnischen Zustandsdaten kann in digitaler Form als Shape-Dateien für die normierten Zustandswerte (ZW) ZWPGR_MAX, ZW_PGR_AVG, ZWSPT, ZWSPH, ZWRISS, ZWFLI. Hierzu wurden die Zustandswerte in 4 Zustandsklassen eingeteilt.

I:	besser als Note 1,5	Darstellungsfarbe: blau
II:	zwischen 1,5 und 3,5	Darstellungsfarbe: grün
III:	Überschreitung Warnwert zwischen 3,5 und 4,5	Darstellungsfarbe: gelb
IV:	Überschreitung Schwellenwert von 4,5	Darstellungsfarbe: rot

Solche Visualisierungen wurden auch im Rahmen der Qualitätssicherung eingesetzt.
Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Visualisierung der Zustandssegmente.

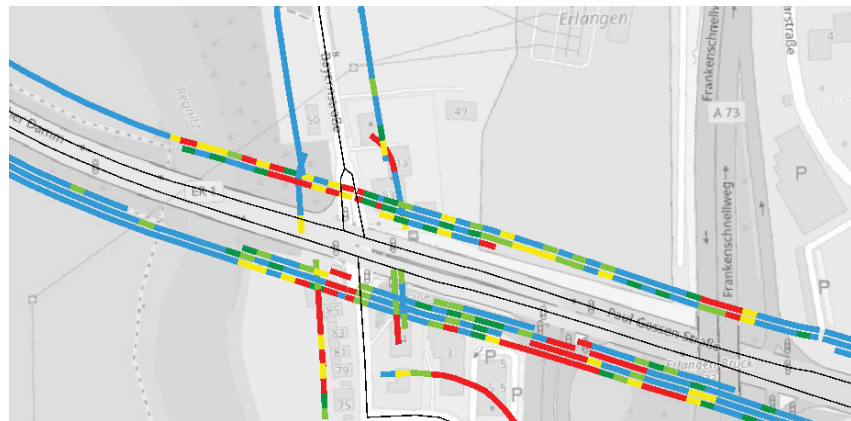


Abbildung 15: Beispiel Visualisierung ZWRISS – Quelle Kartenhintergrund: OSM

2.8 Qualitätssicherung und Eigenüberwachungen

Die Mitarbeiter der LEHMANN+PARTNER GMBH werden in regelmäßigen Abständen geschult. Die Prozesse sind nach ISO 9001 zertifiziert. Die Messfahrzeuge erhalten jährlich eine aktuelle zeitbefristete Zulassung.

Die Eigenüberwachungen sind Bestandteil der zertifizierten Prozesse und werden alle 14 Tage wiederholt durchgeführt. Im Rahmen der ZEB-Messungen der Hauptverkehrsstraßen der Stadt Erlangen 2024 erfolgten Eigenüberwachungen am 05.03.2025. Die Toleranzen wurden dabei alle eingehalten. Die Protokolle finden Sie in Anlage 5.2.

Die Messergebnisse wurden auf formale Richtigkeit, inhaltliche Plausibilität, Netzzuordnung und Vollständigkeit überprüft.

3 Weitere Projektinformationen

Die Messungen der Straßen fanden in folgendem Zeitraum statt:

TP1/TP3: 06.03.2025 bis 13.03.2025

Die Messergebnisse wurden mit den Standardwerkzeugen der ZEB bearbeitet und in die entsprechenden Zielstrukturen migriert.

Folgende Längen ergeben sich bei der Auswertung der Ergebnisdatei:

	TP1a [m]	TP1b [m]	TP3 [m]	
Gültigkeit				Erläuterung
0	335.602	337.471	337.568	gültige Messwerte
-91	1.453	-	-	offene Bereiche
-92	-	-	-	ungültige Rohdateneinträge
-93	-	-	-	keine Soll-Messgeschwindigkeit
-98	7.229	7.229	7.229	Baustellen, Umfahrung, Tunnel
-99	876	460	363	existiert nicht, falsche Lage
gesamt	345.160	345.160	345.160	

Abbildung 16: statistische Auswertung messtechnische Zustandserfassung

An den Auftraggeber werden folgende Ergebnisse übergeben:

- gefüllte Ergebnisdatei (ERG)
- QGIS-Projekt mit ERG und ansteuerbaren Bildern
- anonymisierten Umgebungsbilder
- hochauflösende Oberflächenbilder
- Georohdaten TP1a, TP1b und TP3
- Thematische Zustandskarten
- Erläuterungsbericht mit statistischer Auswertung der Ergebnisse

Die messtechnischen Zustandsdaten wurden im Standardformat nach ZTV ZEB-StB als ERG.DBF übergeben.

4 Ergebnisse der Zustandserfassung und -bewertung

Die folgende Übersicht zeigt die statistische Auswertung der Zustandswerte, der Teilzielwerte und des Gesamtwertes.

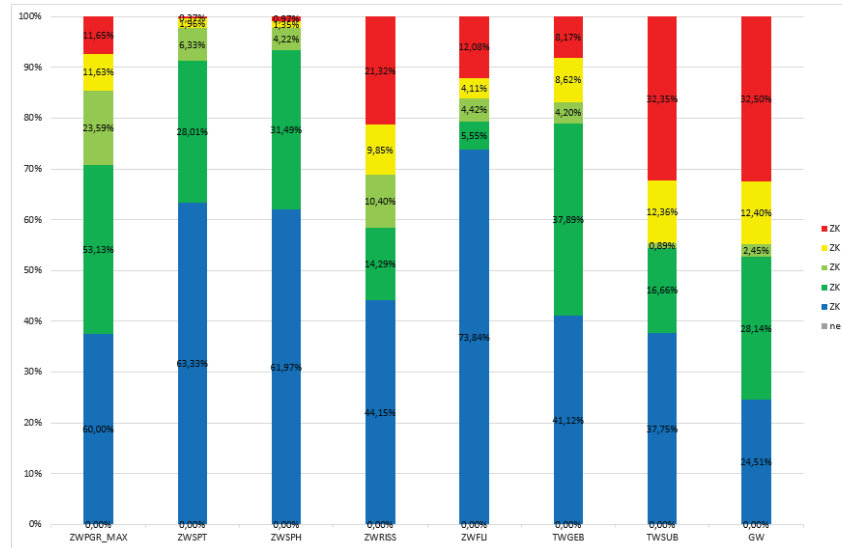


Abbildung 17: statistische Auswertung Zustandsbewertung mit Durchschlagsregel

Insbesondere bei den Rissen weisen viele Bereiche (ca. 42 % des Netzes) bereits deutliche Schäden auf. Da bei der Bewertung zunächst in Analogie zur Kampagne 2017 auch die Durchschlagsregel angewendet wurde, macht sich dies auch beim Substanzwert bzw. Gesamtwert bemerkbar.

Beim Vergleich zur Kampagne 2017 fällt auf, dass sich der Anteil der Straßen mit einem sehr schlechten Zustand um ca. 5% erhöht hat.

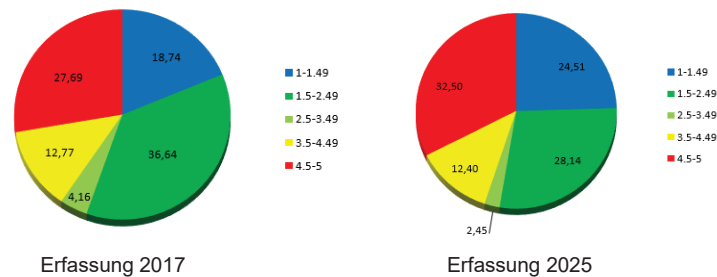


Abbildung 18: Vergleich der Zustandsentwicklung für den Gesamtwert (GW)

Die Berechnung der Teilzielwerte und des Gesamtwertes ohne Berücksichtigung der Durchschlagsregel bildet den tatsächlichen Zustand der Straßen aus unserer Sicht wesentlich realistischer ab. Man sieht aber auch in dieser Darstellung, dass bereits ca. 40% des Netzes deutliche Schäden aufweisen.

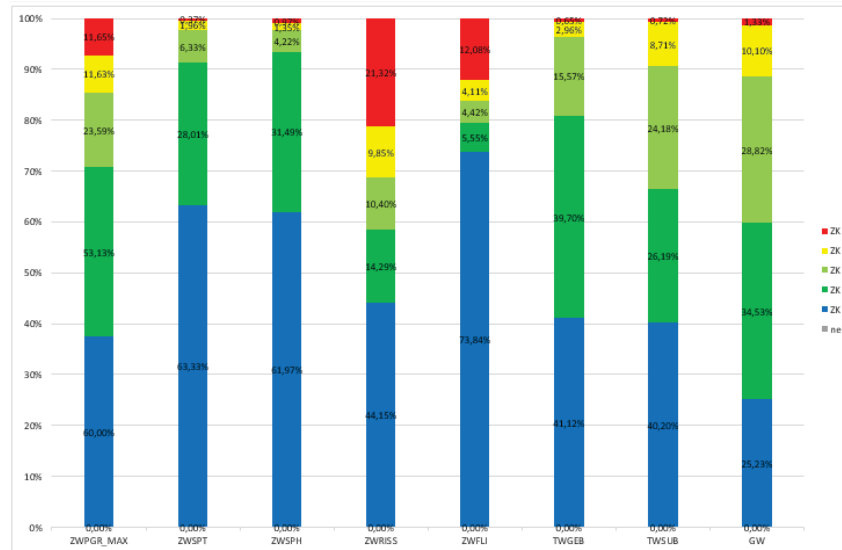


Abbildung 19: statistische Auswertung Zustandsbewertung ohne Durchschlagsregel

5 Erhaltungsmanagement

Voraussetzung für ein operatives Erhaltungsmanagement ist, dass die aufgenommenen und auf Messabschnitte bezogenen Zustandsdaten der einzelnen Merkmalsgruppen wie Ebenheit in Längs- und Querrichtung und die Substanzmerkmale wie Risse und Flickstellen (Schadenswert) zu homogenen Abschnitten zusammengefasst werden. Dies erfolgt in der Regel unter Berücksichtigung des Zustandes, des Aufbaus sowie des Ausbauszustandes. Die so gebildeten homogenen Abschnitte stellen die Vorstufe der späteren Bauabschnitte dar.

Im Rahmen eines operativen Erhaltungsmanagements erfolgte primär eine detaillierte Betrachtung einzelner Abschnitte mit dem Ziel, die Grundlagen für ein objektbezogenes Bauprogramm zu schaffen, die erforderlichen Kosten abzuschätzen sowie eine Dringlichkeitsreihung vorzunehmen. Aus der Kombination der einzelnen zustandsbeschreibenden Parameter (Mängelklassenmodell für Längs- und Querebenheit, Flickstellen und Risse) lassen sich Hinweise auf die mögliche Schadensursache ableiten. Über abgestimmte Einheitspreise für unterschiedliche Maßnahmenarten (Erneuerung der Deckschicht, grundhafter Ausbau, etc.) lassen sich dann zu erwartende Kosten abschätzen.

Gebrauchswert	Schadenswert			4
	≤ 1,50	> 1,50 ≤ 3,50	> 3,50 ≤ 4,50	
≤ 1,50	Klasse S (sehr gut)	Klasse Lo (gut, leichte Schäden - langfristig)	Klasse Ko (schlecht wegen Oberflächenschäden - kurzfristig)	Klasse Ü
> 1,50 ≤ 3,50 (Warnwert)	Klasse Lu (gut, leichte Unebenheiten - langfristig)	Klasse M (mittelmäßig - mittelfristig)		
> 3,50 ≤ 4,50 (Schwellenwert)	Klasse Ku (schlecht wegen Längs- / Querebenheiten - kurzfristig)		Klasse V (sehr schlecht - vordringlich)	
> 4,5	Klasse O (sehr schlecht - überfällig)			

Abbildung 20: Kreuzklassifizierung

Eine Dringlichkeitsreihung kann beispielsweise nach der Kreuzklassifizierung erfolgen. Ein Abgleich zwischen der Ausprägung des Gebrauchswertes (Befahrbarkeit; ergibt sich aus Längs- und Querebenheit) sowie des Schadenswertes (Substanzmerkmale, Griffigkeit, Flickstellen und Risse) führt zu den in der Abbildung aufgeführten Klassen, welche Hinweise auf den Eingreifzeitpunkt liefern. Hierbei sollten die Klasse Ü (sehr schlecht – überfällig) zum sofortigen und die Klassen (Ko, V und Ku) zum kurzfristigen Maßnahmebedarf gezählt werden.

Der Zeithorizont eines operativen Erhaltungsmanagements umfasst den vordringlichen und den kurzfristigen primären Bedarf für die nächsten Jahre.

Das strategische Erhaltungsmanagement orientiert sich demgegenüber langfristig über einen Zeitraum und betrachtet ein komplettes Netz bzw. Teilnetze. Aufbauend auf verfügbaren Prognosemodellen werden konkrete Strategien verfolgt, welche beispielsweise budget- oder zustandsorientiert ausgerichtet sind. Über Nutzen-/Kosten-Analysen können die unterschiedlichen Auswirkungen von Straßenbaumaßnahmen quantifiziert werden.

Die unterschiedlichen Herangehensweisen des operativen und strategischen Erhaltungsmanagements sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

operativ	strategisch
Ziel: fundiertes Bauprogramm	Ziel: Netzbetrachtung / Strategie
➤ detaillierte Betrachtung im Netz (objektscharf) ➤ objektbezogenes Bauprogramm ➤ Dringlichkeitsreihung über Priorisierungsparameter ➤ Koordination der Maßnahmen	➤ Netzbetrachtung (pauschal) ➤ netzweites Bauprogramm ➤ Dringlichkeitsreihung über Nutzen- / Kosten-Analyse ➤ Erhaltungsplanung

Abbildung 21: Unterscheidung zwischen operativem und strategischem Straßenbaumanagement

Wesentlicher Bestandteil des strategischen Erhaltungsmanagements ist die Beschreibung der Zustandsentwicklung. Nachfolgende Abbildung zeigt dieses Prinzip: Die Prognose der zu homogenen Abschnitten aggregierten Zustandswerte wird getrennt für jede Merkmalsgruppe unter Anwendung verfügbarer mathematischer Funktionen bis zum Erreichen eines kritischen Zustandes (Warn- oder Schwellenwert) beschrieben. Somit lässt sich der Zeitpunkt (Eingreifzeitpunkt), an dem eine Sanierungsmaßnahme erforderlich wird, abschätzen. Zum Eingreifzeitpunkt werden dann mehrere Maßnahmen, die sich in Art und Ausprägung unterscheiden, hinsichtlich Ihrer Folgewirkung und Berücksichtigung des vorgegebenen Planungs- bzw. Betrachtungszeitraumes untersucht. Im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse wird dann berechnet, ob eine kleinere bzw. preiswertere Erhaltungsmaßnahme (z.B. Tiefenbau der Deckschicht) einen größeren Nutzen hat als eine umfangreichere und kostenintensivere investive Maßnahme (z.B. grundlegende Erneuerung). Die Nutzen-Kosten-Analyse hängt jedoch von der grundsätzlichen Zielstellung bei der Straßenplanung ab.

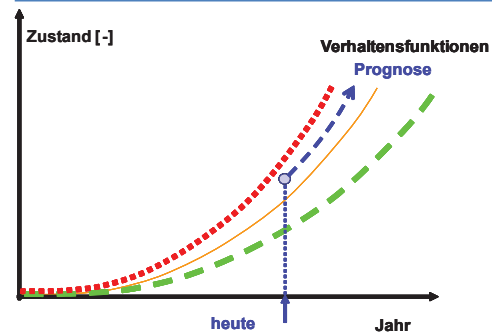


Abbildung 22: Prinzip der Zustandsentwicklung

Die Zielstellung einer Straßenbaustrategie bzw. die Vorgehensweise bei der Mittelverwendung ist prinzipiell in Abb. 23 dargestellt. Entspricht der Zustand eines Abschnittes dem eines unmittelbaren Erneuerungsbedarfs sollte abgewogen werden, ob es genügt, die funktionalen Anforderungen (Befahrbarkeit, Sicherheit) durch eine weniger tiefgreifende Maßnahme (grün gestrichelte Linie) wiederherzustellen oder aber eine tiefgreifende Maßnahme mit besonderem Fokus auf die Nachhaltigkeit zu realisieren (grün durchgezogene Linie). Es ist offensichtlich, dass die „kleinere“ und demnach auch deutlich preiswertere Maßnahme im Betrachtungszeitraum häufiger zu wiederholen ist, als die „tiefgreifendere“ und somit auch die nachhaltigere Maßnahme. In Anbetracht der Haushaltslage der Baulastträger wird häufiger die „kleinere“ Erhaltungsmaßnahme umgesetzt, da somit ausreichend Mittel für weitere Maßnahmen zur Verfügung bleiben. Um jedoch Maßnahmen nachhaltig durchzuführen ist zu empfehlen, die Variante mit den tiefgreifenden, investiven Maßnahmen umzusetzen.

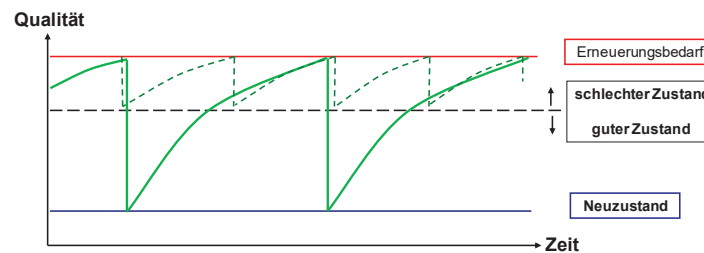


Abb. 23: Entscheidungskriterien für die Wahl geeigneter Straßenbaustrategien

Für die Ermittlung des vordringlichen und kurzfristigen Straßenbaubedarfs wurden folgende Prozesse durchgeführt:

Das Bilden homogener Abschnitte basiert vornehmlich auf den Ergebnissen der Zustandsbewertung, der Bauweise sowie dem Ausbauzustand. In der Regel wurden in Abhängigkeit der genannten Parameter homogene Abschnitte gebildet. In einem weiteren Schritt wurden die homogenen Abschnitte zu längeren Abschnitten mit ähnlichem Verhalten zusammengefügt, die im Folgenden als „Bauabschnitte“ bezeichnet werden.

© LEHMANN + PARTNER GmbH

Mängelklassen und Maßnahmen

Nachfolgende Abbildung zeigt das zugrunde gelegte Mängelklassenmodell, welches den Vorgaben des Technischen Regelwerkes (FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/R1 zur Erhaltungsplanung. Reihe R: Rechnergestützte Erhaltungsplanung für Fahrbahnbefestigungen) entspricht. Basierend auf vorliegenden Erfahrungen wurden den einzelnen Mängelklassen Maßnahmen zugewiesen, die in der Regel bei vorliegenden Schadensbildern zur Anwendung kommen.

Mängel- klasse	ZWAUN	ZWSPT	ZWSPH	ZWGRI	TW SCHA	Maß- nahme
WAS	< 3,0	< 3,0	> 3,5	1,0 bis 5,0	< 3,0	OB
OFS	< 2,5	< 2,5	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	> 3,5	DT
SVS	< 2,5	> 3,5	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	≤ 3,5	TD
TGS	< 2,5	> 3,5	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	> 3,5	TG
TGE	≥ 2,5 bis < 3,5	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	> 3,5	TG
NSU	> 3,5	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	≥ 2,5 bis < 3,5	TO
UOT	> 3,5	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	1,0 bis 5,0	> 3,5	TO

Abb. 25: Mängelklassenmodell für Straßennetz

Eine TO-Maßnahme sollte nur bei gleichzeitiger Kanalmaßnahme erfolgen.

Abkürzungen:

WAS: konstruktiv bedingter Wasserrückhalt (Decke)

OFS: Oberflächenschäden

SVS: Schubverformungen Deck- und Binderschicht

TGS: (mangelnde) Tragfähigkeit der gebundenen Schichten (Spurrinnen)

TGE: (mangelnde) Tragfähigkeit der gebundenen Schichten (Ebenheit)

NSU: (mangelnde) Tragfähigkeit der ungebundenen Schichten (Risse < 3,5)

UOT: (mangelnde) Tragfähigkeit der ungebundenen Schichten (Risse > 3,5)

ZWAUN: Zustandswert allgemeine Unebenheit

ZWSPT: Zustandswert Spurrinnentiefe

ZWSPH: Zustandswert fiktive Wassertiefe

ZWGRI: Zustandswert Griffigkeit (wurde nicht erfasst)

TW SCHA: Schadenswert Substanzmerkmale

Für die einzelnen Maßnahmearten wurden folgende Kostenansätze abgestimmt:

Maßnahme	Beschreibung	Kosten (m ² in €)
OB	Oberflächenbehandlung	15,00
DT	Fräsen und Tiefeinbau der Deckschicht	60,00
TD	Tiefeinbau der Deck- und Binderschicht	80,00
TG	Tiefeinbau der gebundenen Schichten bei Asphaltbauweise	120,00
TO	Tiefeinbau des gesamten Oberbaus in Asphalt	220,00

Abb.26: Kostenansätze für Baumaßnahmen

Priorisierung

Mit dem operativen Ansatz orientiert sich die Zielsetzung am Objekt und mündet in der Aufstellung einer Prioritätenliste des Maßnahmebedarfs. Zur Priorisierung werden vorwiegend der gemessene Zustand sowie weitere ortsspezifische Faktoren herangezogen.

In Zusammenhang mit dem operativen Erhaltungsmanagement wurde eine Priorisierung anstehender Maßnahmen durchgeführt.

Bei dieser Priorisierung werden die homogenen Abschnitte nach einer Dringlichkeitsreihung untergliedert. Diese Priorisierung wird anhand folgender Parameter durchgeführt:

- Teilwert Gebrauch (TWGEB)
- Teilwert Substanz (TWSUB)
- Verkehrsbedeutung
- laufende Planungen

Für die homogenen Zustandsabschnitte wurden Werte entsprechend der Schadensmatrix in Anlehnung an die KEB-Priorisierung (Infrastrukturmanagement Straße – Kirschbaum Verlag 2018) ermittelt. Weiterhin wurden die Verkehrsbedeutung sowie die laufenden Planungen bei der Priorisierung berücksichtigt.

Die folgende Auflistung zeigt die Schadensmatrix.

		TWIO																
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
TWGB	1,00	100	97	95	92	89	87	84	81	77	74	71	67	63	59	55	50	45
	1,25	98	95	92	90	87	84	81	78	75	72	68	65	61	57	53	48	43
	1,50	95	93	90	87	85	82	79	76	73	70	66	63	59	55	51	47	42
	1,75	93	90	88	85	82	80	77	74	71	68	65	61	58	54	50	45	40
	2,00	90	88	85	83	80	77	75	72	69	66	63	59	56	52	48	44	39
	2,25	88	85	83	80	78	75	72	70	67	64	61	57	54	50	47	42	38
	2,50	85	82	80	78	75	73	70	67	65	62	59	56	52	49	45	41	36
	2,75	82	80	77	75	73	70	68	65	62	60	57	54	50	47	43	39	35
	3,00	79	77	74	72	70	68	65	63	60	57	55	52	49	45	42	38	34
	3,25	76	74	72	69	67	65	62	60	58	55	52	50	47	43	40	36	32
3,50	73	71	68	66	64	62	60	57	55	53	50	47	44	41	38	35	31	
3,75	70	67	65	63	61	59	57	55	52	50	48	45	42	39	36	33	29	
4,00	66	64	62	60	58	56	54	52	50	47	45	43	40	37	34	31	28	
4,25	62	60	58	56	54	52	51	49	47	44	42	40	38	35	32	29	26	
4,50	58	56	54	52	51	49	47	45	43	41	39	37	35	33	30	27	24	
4,75	54	52	50	48	47	45	43	41	40	38	36	34	32	30	28	25	22	
5,00	49	47	45	43	42	40	39	37	36	34	32	31	29	27	25	22	20	

Abb. 27: Schadensmatrix zur Priorisierung in Anlehnung an KEB-Priorisierung

Für die Realisierung aller Maßnahmen ist ein langer Zeitraum erforderlich. Es ist deshalb wichtig, zunächst die kurzfristig zu realisierenden Maßnahmen (Zeitraum ca. 5 Jahre) zu definieren. Die folgende Abbildung zeigt eine Empfehlung für den Realisierungszeitraum.

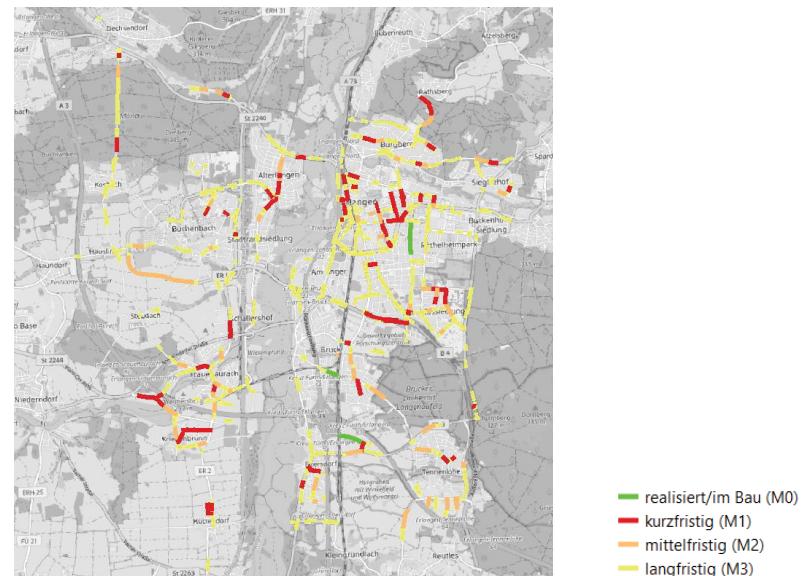


Abb. 28: Realisierungszeiträume der Erhaltungsmaßnahmen – Kartenhintergrund OSM

Für die kurzfristig zu realisierenden Erhaltungsmaßnahmen (Fahrstreifenlänge ca. 23 km) ergibt sich mit den abgestimmten Kostenansätzen ein Finanzbedarf von ca. 10 Mio. €.

5.2 Strategisches Erhaltungsmanagement

Aufbauend auf die Ergebnisse der Zustandserfassung und Zustandsbewertung und den empfohlenen Baumaßnahmen des operativen Bauprogramms erfolgt hier unter Berücksichtigung von verschiedenen Budgetansätzen eine Prognose der Zustandsentwicklung der Straßen in den nächsten 20 Jahren. Als Nutzungsdauer wurden jeweils 40 Jahre angesetzt. Bei den folgenden Betrachtungen haben wir jeweils eine jährliche Preissteigerung von 2% berücksichtigt.

Im ersten Berechnungsansatz sind wir von einem jährlichen Budget von 1,0 Mio. € für Straßenbaumaßnahmen auf Hauptverkehrsstraßen ausgegangen. Die folgende Grafik zeigt die Zustandsentwicklung in den nächsten 20 Jahren.

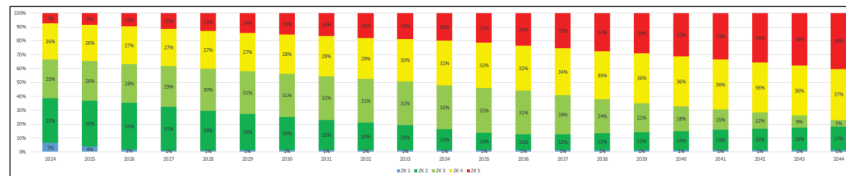


Abbildung 29: Zustandsentwicklung mit jährlichem Budget von 1,0 Mio. € für Hauptverkehrsstraßen

Es ist deutlich erkennbar, dass sich der Straßenzustand bei diesem Budgetansatz deutlich verschlechtern wird.

Im zweiten Berechnungsansatz sind wir von einem jährlichen Budget von 2,0 Mio. € für Straßenbaumaßnahmen auf Hauptverkehrsstraßen ausgegangen. Die folgende Grafik zeigt die Zustandsentwicklung in den nächsten 20 Jahren.



Abbildung 30: Zustandsentwicklung mit jährlichem Budget von 2,0 Mio. € für Hauptverkehrsstraßen

Auch bei diesem Budgetansatz wird sich der Anteil der Hauptverkehrsstraßen in schlechtem bzw. sehr schlechten Zustand deutlich erhöhen.

Im dritten Berechnungsansatz sind wir von einem jährlichen Budget von 3,0 Mio. € für Straßenbaumaßnahmen auf Hauptverkehrsstraßen ausgegangen. Die folgende Grafik zeigt die Zustandsentwicklung in den nächsten 20 Jahren.

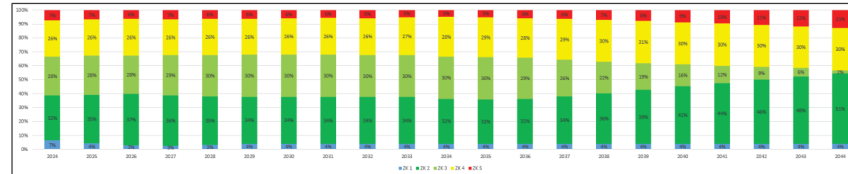


Abbildung 31: Zustandsentwicklung mit jährlichem Budget von 3,0 Mio. € für Hauptverkehrsstraßen

Bei diesem Budgetansatz wird sich der Anteil der Hauptverkehrsstraßen in gutem bzw. sehr guten Zustand deutlich erhöhen. Der Anteil der Straßen in schlechtem bzw. sehr schlechten Zustand ist zwar aufgrund des Investitionsstaus immer noch hoch, er dürfte sich aber in den Folgejahren reduzieren.

5.3 Empfehlungen

Der Werterhalt der Straßeninfrastruktur ist eine zentrale Aufgabe für die öffentliche Verwaltung. Hier standen jedoch in den vergangenen Jahren häufig jedoch nicht ausreichend Mittel für die Erhaltung und Reinvestition zur Verfügung. Dies lässt sich sehr gut aus den jeweiligen Bewertungen des Straßenzustandes ableiten. Auch in der Stadt Erlangen ist der Erhaltungs- und Investitionsstau der Hauptverkehrsstraßen erkennbar. Umfassende Straßenbaumaßnahmen sind in den nächsten Jahren deshalb zwingend erforderlich. Bei ca. 32 % der Hauptverkehrsstraßen sind diese bereits jetzt bzw. in den folgenden Jahren notwendig. Die Zustandswerte zeigen aber auch, dass ständig weitere Maßnahmen hinzukommen werden.

Zur Verbesserung der Qualität der Straßeninfrastruktur ist es deshalb unerlässlich, dass der Erhaltungs- und Investitionsstau deutlich verringert wird. Dies kann nur gelingen, wenn in den nächsten Jahren deutlich mehr Finanzmittel für die Hauptverkehrsstraßen zur Verfügung stehen. Neben den finanziellen Mitteln sind hier auch in der Verwaltung die personellen Voraussetzungen für die Bearbeitung der Maßnahmen zu schaffen.

Eine Verbesserung des Straßenzustandes wird sich nur dann einstellen, wenn zukünftig jedes Jahr ca. 3,0 Mio. € für Straßenbaumaßnahmen an Hauptverkehrsstraßen zur Verfügung stehen. Damit wird man den Erhaltungs- und Investitionsstau kontinuierlich abbauen. Weiterhin muss auch berücksichtigt werden, dass kontinuierlich kleinere Schäden auftreten, die zeitnah zu beheben sind, um größeren Folgeschäden vorzubeugen. Dafür sind jährlich ausreichend Mittel für die Unterhaltung und Behebung kleinerer Schäden notwendig.

Die Empfehlungen basieren auf der Straßenzustandsbewertung aus 2025, den abgestimmten Kostenansätzen für entsprechende Straßenbaumaßnahmen und den Empfehlungen über den Finanzbedarf der Straßenerhaltung in den Kommunen (M FinStraKom – Ausgabe 2019) für die jährliche bauliche Unterhaltung (1,30 €/m²). Weiterhin sind natürlich auch entsprechende Finanzmittel für z.B. Nebenstraßen, Nebenanlagen sowie Ingenieurbauwerke erforderlich.

Die Kostenentwicklung sowie die Entwicklung des Straßenzustandes kann für die nächsten Jahre nicht vorhergesagt werden. Deshalb muss der Finanzbedarf hier ggf. auch angepasst werden.

6 Anlagen

Anlage 5.1: Abkürzungsverzeichnis

Anlage 5.2: Muster Eigenüberwachungsprotokolle

6.1 Abkürzungsverzeichnis

Gesetze, Richtlinien, Organisationen:

ASB	Anweisung Straßeninformationsbank
ZEB	Zustandserfassung und –bewertung von Straßen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
EEMI	Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen
ZTV ZEB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Straßen
RIN	Richtlinie für Integrierte Netzgestaltung
RStO	Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus
DIN	Deutsches Institut für Normung

Straßennetz

GIS	Geoinformationssystem
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
DFK	Digitale Flur Karte
DOP	Digitale Orthophotos
TK	Topographische Karte
VNK	Von-NetzKnoten
NNK	Nach-NetzKnoten

Zustandserfassung und –bewertung

AUN	Allgemeine Unebenheiten
PGR_MAX	Maximalwert der 4-m Lattensimulation
PGR_AVG	Mittelwert der 4-m Lattensimulation
FLI	Flickstellen
RISS	Risse
SPT	Spurrinnentiefe
SPH	Fiktive Wassertiefe
GRI	Griffigkeit
ZWAUN	Zustandswert für Allgemeine Unebenheiten
ZWPGR_MAX	Zustandswert für Maximalwert der 4-m Lattensimulation
ZWPGR_AVG	Zustandswert für Mittelwert der 4-m Lattensimulation
ZWFLI	Zustandswert für Flickstellen
ZWRISS	Zustandswert für Risse
ZWSPT	Zustandswert für Spurrinnentiefe
ZWSPT	Zustandswert für die fiktive Wassertiefe
ZWGRI	Zustandswert für Griffigkeit
TWGEB	Teilzielwert für die Gebrauchsmerkmale
TWSUB	Teilzielwert für die Substanzmerkmale
GW	Gesamtwert für den Zustand (Note 1 bis 5)
FK	Funktionsklasse nach RIN (Richtlinie für Integrierte Netzgestaltung)

Sonstige

EBF	Einzelbildfolge
GPS	Global-Positioning-System
SAPOS	Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung
WGS 84/UTM	World Geodetic System 1984 / Universal Transverse Mercator (Amtliches Koordinatensystem)

6.2 Eigenüberwachungsprotokolle

Eigenüberwachung ZEB 2025

Längsebenheit

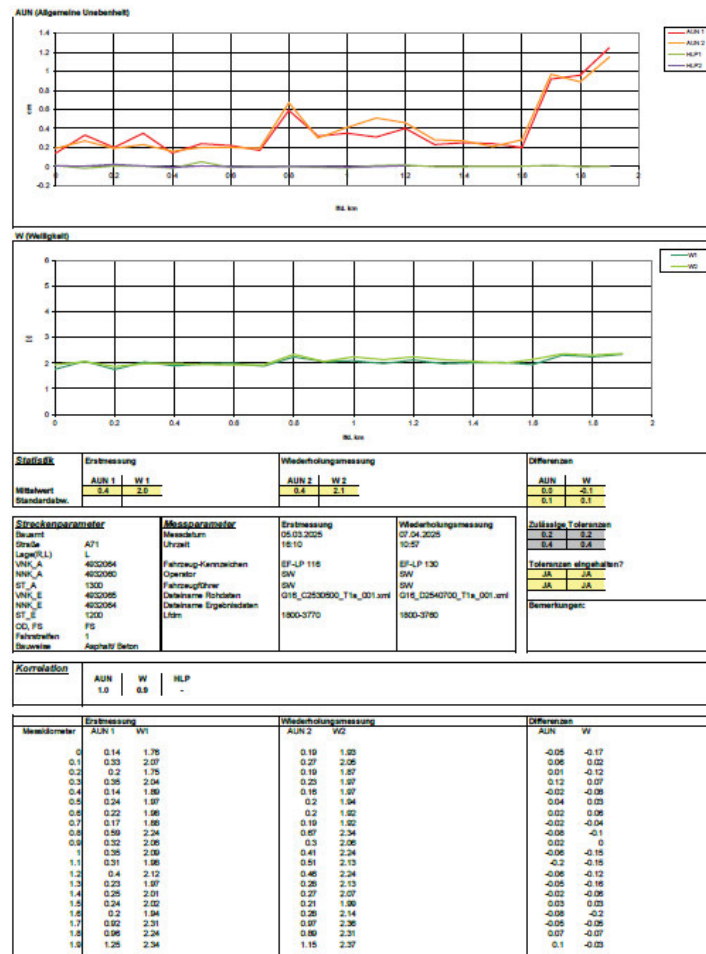


Abbildung 32: Protokoll Eigenüberwachung Längsebenheit

Eigenüberwachung ZEB 2025

Querebene

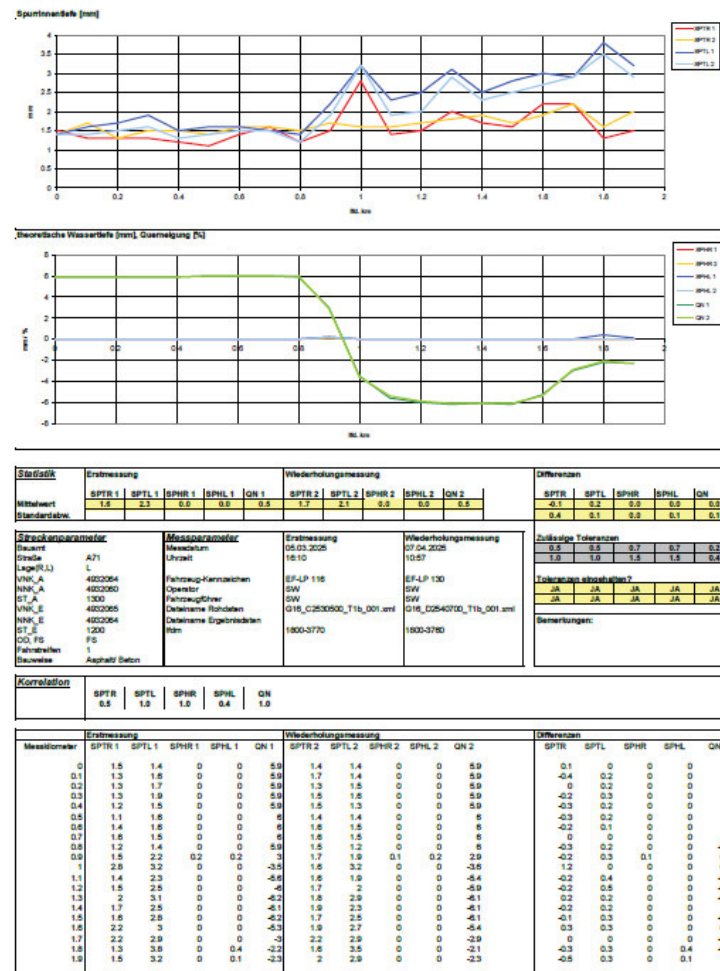


Abbildung 38: Protokoll Eigenüberwachung Querebene