



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Strassen ASTRA

RICHTLINIE

ÜBERWACHUNG DER FAHRBAHN

Zustandserhebung und -bewertung

Ausgabe 2024 V1.00

ASTRA 11021

Impressum

Autoren

Gerrit Bartels	ASTRA, N, SSI, Vorsitz
Marc Delaby	Nibuxs Sàrl, Ecublens VD
Jürg Bodenmann	Vico Group, Chur

Begleitgruppe

Charles-Henri Demory	ASTRA, N, SSI
Cédric Vuilleumier	ASTRA, I-W, EP
Laurent Linder	ASTRA, I-W, EP
Matthias Meyer	ASTRA, I-W, FU
Fabian Traber	ASTRA, I-O, FU
Patrick Lochmatter	ASTRA, F2, EP
Urs Bolliger	ASTRA, F3, EP
Simon Metzger	ASTRA, F4, EP

Originalsprache

Deutsch

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch heruntergeladen werden.

© ASTRA 2024

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Die Richtlinie beschreibt ein standardisiertes und einheitliches, flächendeckendes Vorgehen bei der Zustandserhebung und -bewertung der Fahrbahn von Nationalstrassen. Sie legt die zu erhebenden Zustandsgrössen fest sowie die Zeitintervalle und die räumliche Differenzierung der Datenerhebung, welche für die Zustandserhebung massgebend sind. Zudem regelt sie die Erfassung und Pflege von Substanzdaten, welche alle nötigen Informationen über die Fahrbahnen und Beläge enthalten. Sie beschreibt aktuelle Verfahren, Messdaten und Ausgabewerte.

Die Richtlinie gilt für Nationalstrassen 1., 2. und 3. Klasse und ist bei Zustandserhebungskampagnen auf dem gesamten Nationalstrassennetz anzuwenden. Sie gilt für alle Achstypen der Nationalstrassen.

Nicht Gegenstand dieser Richtlinie ist die Erhaltungsplanung der Fahrbahn (Analyse und Massnahmenplanung).

Die Daten über den Fahrbahnzustand und die Fahrbahngeometrie, die gemäss dem in dieser Richtlinie beschriebenen Vorgehen erhoben werden, dienen jedoch unter anderem im Rahmen der Erhaltungsplanung als Grundlage für die Massnahmenplanung.

Bundesamt für Strassen

Jürg Röthlisberger
Direktor

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort.....	3
1 Einleitung	7
1.1 Zweck der Richtlinie	7
1.2 Geltungsbereich	7
1.3 Adressaten	7
1.4 Inkrafttreten und Änderungen	7
2 Grundsätze.....	8
2.1 Erhaltungsmanagement und -planung im ASTRA	8
2.2 Ziele der Zustandserhebung	8
2.2.1 Erhaltungsplanung Trasse	8
2.2.2 Sicherheit	9
2.2.3 Netzzustandsbericht.....	9
2.3 Abgrenzungen	9
2.3.1 Erhaltungsplanung	9
2.3.2 Beobachtungen	9
2.3.3 Abnahme- und Kontrollmessungen.....	10
2.3.4 Lärm	10
2.3.5 Tragfähigkeit.....	10
2.3.6 Fachanwendung Video	10
2.4 Gesetzliche Grundlagen, relevante Normen und Standards	10
2.4.1 Rechtliche Grundlagen.....	10
2.4.2 Fachliche und technische Grundlagen.....	11
2.5 Einführung nicht normierter Erhebungsmethoden	11
3 Zustandsmerkmale	12
3.1 Allgemeines	12
3.2 Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI	13
3.3 Längsebenheit I2, IRI und NBO	14
3.4 Querebenheit I3 und WT	16
3.5 Griffigkeit I4	17
4 Zustandserhebung und -bewertung.....	18
4.1 Räumliche und zeitliche Vorgaben	18
4.2 Erhebungsmethode	19
4.2.1 Allgemeines	19
4.2.2 Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI	20
4.2.3 Längsebenheit I2	20
4.2.4 Längsebenheit IRI	21
4.2.5 Längsebenheit NBO	21
4.2.6 Querebenheit I3	22
4.2.7 Querebenheit WT	22
4.2.8 Griffigkeit I4	23
4.3 Bewertung	24
4.3.1 Allgemeines	24
4.3.2 Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI	24
4.3.3 Längsebenheit I2	24
4.3.4 Querebenheit I3	25
4.3.5 Griffigkeit I4	25
4.3.6 Erhebung oder Bewertung nicht möglich	26
4.3.7 Zustandsklassen	26

4.3.8	Darstellungskategorien	27
4.4	Gesamtindex	28
5	Geometrie und Nutzung und weitere Eigenschaften	29
5.1	Geometrie und Nutzung	29
5.2	Längs- und Querneigung	29
6	Erhebungskampagne	31
6.1	Allgemeines	31
6.2	Ausschreibung der Erhebungskampagne	31
6.2.1	Allgemeines	31
6.2.2	Pflichtenheft	31
6.2.3	Mengengerüst	31
6.2.4	Beilagen zur Ausschreibung	32
6.2.5	Technische Eignungskriterien	32
6.3	Durchführung und Auswertung	32
6.3.1	Allgemeines	32
6.3.2	Teststrecken	32
6.3.3	Datenerhebung	33
6.3.4	Datenlieferung	33
6.3.5	Datenprüfung und -freigabe	33
6.3.6	Auswertung	34
7	Qualitätssicherung	35
7.1	Allgemeines	35
7.2	Vollständigkeit	35
7.3	Aktualität	36
7.4	Korrektheit	36
7.5	Genauigkeit	36
7.6	Vergleichbarkeit	37
8	Datenhaltung und Auswertung	38
8.1	Datenhaltung	38
8.2	Erste Analyse und Prüfung von Sofortmassnahmen	38
8.2.1	Grundsätzlicher Ablauf	38
8.2.2	Erste Analyse	39
8.2.3	Prüfung von Sofortmassnahmen	39
8.3	Darstellung und Auswertung	40
8.3.1	Darstellung der Ergebnisse	40
8.3.2	Auswertungsbeispiele	41
	Anhänge	45
	Glossar	49
	Literaturverzeichnis	51
	Auflistung der Änderungen	53

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Die Richtlinie schafft die Grundlage für ein standardisiertes, einheitliches und flächendeckendes Vorgehen bei der Zustandserhebung und -bewertung der Fahrbahn. Sie legt die zu erhebenden Zustandsmerkmale, die zeitlichen und räumlichen Vorgaben, die Erhebungsmethoden und die Bewertungsregeln fest.

Sie enthält die Anforderungen an die Organisation und die Durchführung von Zustandserhebungskampagnen auf dem gesamten Nationalstrassennetz und regelt die Datenhaltung und Auswertung des Fahrbahnzustands.

Die Richtlinie regelt weiter auch die Erhebung und Pflege der Substanzdaten zur Geometrie und Nutzung der Fahrbahn, die gleichzeitig mit dem Zustand der Fahrbahn erhoben werden. Die Substanzdaten zu den Belägen werden hier nicht behandelt, da die Erhebung und Pflege dieser Informationen unabhängig von der Zustandserhebung erfolgt [29].

Die Daten über den Fahrbahnzustand und die Fahrbahngeometrie, die gemäss dem in dieser Richtlinie beschriebenen Vorgehen erhoben werden, dienen unter anderem im Rahmen der Erhaltungsplanung als Grundlage für die Massnahmenplanung.

1.2 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die regelmässige Erhebung und Bewertung des Fahrbahnzustands der Nationalstrassen der 1., 2. und 3. Klasse. Sie gilt für alle Achstypen der Nationalstrassen, d.h. für Stamm-, Zubringer-, Rampen- und Anschlussachsen.

1.3 Adressaten

Die Richtlinie richtet sich an den Bauherrn und den Betreiber der Nationalstrassen (ASTRA), sowie an alle Beauftragten, welche mit der Organisation und Durchführung der Zustandserhebungskampagnen betraut sind oder die Ergebnisse der Erhebungskampagnen prüfen und auswerten.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Dieses Dokument tritt am 18.10.2024 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 53 zu finden.

2 Grundsätze

2.1 Erhaltungsmanagement und -planung im ASTRA

Das ASTRA als Eigentümer und Betreiber muss für einen technisch ausreichenden und kostengünstigen Unterhalt der Nationalstrassen sorgen und den Zustand der Strassenlage periodisch überprüfen [2]. Die Massnahmen sind so zu koordinieren, dass die Leistungsfähigkeit und die Verfügbarkeit der Nationalstrassen langfristig sichergestellt sind. Hierfür betreibt es ein Erhaltungsmanagement Trasse.

Für das Erhaltungsmanagement der Nationalstrassen gelten konkret folgende Ziele:

- **Verfügbarkeit:** Die Nationalstrassen sind täglich lückenlos verfügbar und benutzbar.
- **Leistungsfähigkeit:** Die langfristige Leistungsfähigkeit der Nationalstrassen für den Personen- und den Güterverkehr ist erhalten.
- **Wert- und Substanzerhalt:** Der nachhaltige Wert- und Substanzerhalt der Nationalstrasseninfrastrukturen ist sichergestellt.
- **Sicherheit:** Die Nationalstrassen sind für die Verkehrsteilnehmenden sicher befahrbar, sowohl bezogen auf Unfall- als auch auf Naturgefahren und ihre Auswirkungen.
- **Wirtschaftlichkeit:** Der Unterhalt der Nationalstrassen ist kosteneffizient sichergestellt.

Damit diese Ziele erreicht werden können, muss der Zustand der Nationalstrasseninfrastruktur regelmässig überprüft werden. Dazu gehört auch die Zustandserhebung der Fahrbahnen, die Gegenstand dieser Richtlinie ist. Die Verfügbarkeit von zuverlässigen, einheitlichen und aktuellen Daten ist entscheidend. Diese sind die Basis einer optimalen und systematischen Erhaltungsplanung, die sich an folgender Maxime orientiert: die richtige Massnahme, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und mit dem richtigen Umfang. Eine Abweichung bereits in einem Punkt führt unweigerlich zu einer schlechteren Erfüllung der oben genannten Ziele, namentlich auch, was die Wirtschaftlichkeit betrifft.

Das Erhaltungsmanagement beim ASTRA legt für alle Teilsysteme (Fahrbahn, Kunstbauten, Tunnel, Betriebs- und Sicherheitsausrüstung) die übergeordneten Grundsätze fest. Die langfristige Erhaltungsplanung (30 Jahre) erfolgt auf der Ebene des Objektportfolios. Basierend auf diesem werden die einzelnen Projekte je nach Bedürfnissen und Anforderungen langfristig (15-30 Jahre), mittelfristig (5-15 Jahre) oder kurzfristig (0-5 Jahre) geplant.

Im Handbuch Erhaltungsplanung [24] wird zwischen Beobachtungen, die nicht Gegenstand dieser Richtlinie sind (siehe Kapitel 2.3.2), und Inspektionen unterschieden, die periodisch und systematisch durchgeführt werden. Für das Teilsystem Fahrbahn werden die im Handbuch erwähnten Hauptinspektionen in der Regel Zustandserhebungskampagnen genannt.

Die Zustandserhebung ermöglicht die Erstellung von Zustandsberichten für die untersuchten Abschnitte (siehe auch Kapitel 8.3.2). Auf Basis der darin gezeigten Ergebnisse und Analysen können anschliessend Empfehlungen für die zu planenden Erhaltungsmassnahmen abgeleitet werden.

Auf der Ebene des gesamten Nationalstrassennetzes dient die Zustandsbewertung auch dazu, die Entwicklung des Netzzustands und die Erreichung der strategischen Ziele Netzkonformität, Verfügbarkeit und Sicherheit zu überwachen und die Zweckmässigkeit und Wirksamkeit des Erhaltungsmanagements zu überprüfen.

2.2 Ziele der Zustandserhebung

2.2.1 Erhaltungsplanung Trasse

Die Zustandserhebung und -bewertung liefert einen unverzichtbaren Input für die Erhaltungsplanung der Fahrbahnen, indem aufgezeigt wird, wo der Zustand einen bestimmten

Grenzwert erreicht hat, der die Planung von Erhaltungsmaßnahmen erfordert. Es müssen daher alle Zustandsmerkmale erhoben werden, die für die Erarbeitung von Empfehlungen für Erhaltungsmaßnahmen im Hinblick auf die Projektgenerierung wichtige Aussagen liefern können.

Gleichzeitig sind die Zustandserhebungen notwendig, um die Wirksamkeit des Erhaltungsmanagements zu ermitteln. So zeigen die Zustandsdaten, inwiefern der Netzzustand mittels des Erhaltungsmanagements erhalten werden konnte bzw. inwiefern er sich verschlechtert oder verbessert hat.

Die erhobenen Zustandsmerkmale müssen so bewertet werden, dass sie die erwarteten Anforderungen an die Qualität der Fahrbahn auf dem Nationalstrassennetz widerspiegeln und gleichzeitig eine kontrastreiche Kategorisierung der verschiedenen Abschnitte des Netzes ermöglichen, damit die erforderlichen Erhaltungsmaßnahmen der Fahrbahn priorisiert werden können.

Um eine zeitgerechte Erhaltungsplanung zu ermöglichen, muss es möglich sein, aus den erhobenen Zuständen Prognosen für die weitere Entwicklung zu machen. Dazu müssen die im Abstand von einigen Jahren erhobenen Werte vergleichbar sein, was eine hohe Qualität und einheitliche Kalibrierung der Zustandserhebung erfordert.

2.2.2 Sicherheit

Die systematisierte Zustandserhebung leistet einen grundlegenden Beitrag zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit der Nationalstrassen. Wenn für den sicheren Gebrauch relevante Merkmale einen definierten Schwellenwert erreichen, müssen Sofortmassnahmen geprüft werden.

2.2.3 Netzzustandsbericht

Die Zustandserhebung der Fahrbahnen liefert die nötigen Grundlagen bezüglich des Teilsystems Fahrbahn für die Erstellung des jährlichen Netzzustandsberichts. Dieser dient zur Information für die Öffentlichkeit sowie zur Bestimmung der Entwicklung des Zustands des gesamten Nationalstrassennetzes.

Für diesen Netzzustandsbericht wird ein Gesamtindex (Kapitel 4.4) des Fahrbahnzustands berechnet, der über mehrere Jahre nachvollziehbar und vergleichbar sein muss. Der so bewertete Gesamtzustand des Teilsystems Fahrbahn wird dann mit den anderen Teilsystemen verglichen, um den Gesamtzustand der Infrastruktur der Nationalstrassen darzustellen, deren Entwicklung zu verfolgen und zu beurteilen, ob die Ziele zum Zustand des Netzes erreicht werden.

2.3 Abgrenzungen

2.3.1 Erhaltungsplanung

Die vorliegende Richtlinie befasst sich mit der Erhebung, Bewertung und Auswertung des Fahrbahnzustands. Weiter wird aufgezeigt, wie in einer ersten Analyse geprüft wird, ob und auf welchen Strecken allenfalls Sofortmassnahmen notwendig sind.

Die weiteren Schritte der Erhaltungsplanung (netzweite Analyse, Massnahmenplanung, etc.) sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie, sie werden in einer separaten, noch zu erarbeitenden Richtlinie thematisiert.

2.3.2 Beobachtungen

Beobachtungen im Sinne des Handbuchs Erhaltungsplanung [24], Kapitel 3.1.1 sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Beobachtungen sind eine ständige Tätigkeit, bei welcher die Gebrauchstauglichkeit mittels einfacher visueller Kontrollen durch das Betriebspersonal überprüft wird und gleichzeitig Warnungen von Dritten berücksichtigt werden.

2.3.3 Abnahme- und Kontrollmessungen

Die Richtlinie gilt primär für die regelmässig durchzuführenden Zustandserhebungen. Auf die Besonderheiten von Abnahmemessungen nach der Fertigstellung von Bau- oder Erhaltungsprojekten oder zusätzlichen Kontrollmessungen für die Griffigkeit wird nicht eingegangen.

Abnahme- und Kontrollmessungen, die im Rahmen der regulären Erhebungskampagnen durchgeführt werden, müssen die hier formulierten Anforderungen erfüllen.

Für Abnahme- und Kontrollmessungen, die ausserhalb der regulären Erhebungskampagnen stattfinden, können die in dieser Richtlinie formulierten Anforderungen als Empfehlung dienen.

2.3.4 Lärm

Netzweite Lärmmessungen (CPX-Messungen) sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Die Einhaltung der Lärmschutzverordnung wird im ASTRA mittels einer spezifische Zustandserfassung Lärm (ZEL) kontrolliert. Dazu werden statistische Vorbeifahrtmessungen (SPB), Stichproben-Emissionsmessungen (SEM) und CPX-Messungen durchgeführt. Für die Durchführung der CPX-Messungen existiert bereits eine eigenständige Dokumentation [25].

Die Ergebnisse der ZEL-Lärmmessungen werden anschliessend im Rahmen von Erhaltungsprojekten berücksichtigt oder führen bei der Feststellung eines Handlungsbedarfs zu Lärmschutzprojekten [23]. Als Grundlage für Lärmschutzprojekte dient hierbei ein Erhaltungskonzept (EK).

2.3.5 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit I5 des Belags (des Oberbaus) wird mittels Deflektionsmessung nach der Norm VSS 40 330 [18] bestimmt und nach der Norm VSS 40 925B [20] bewertet.

Da auf den Schweizer Nationalstrassen keine grossflächigen Probleme mit der Tragfähigkeit vorhanden sind und zudem derzeit auch kein Messgerät existiert, das für eine Erfassung im Verkehrsfluss geeignet ist, wird die Tragfähigkeit nicht flächendeckend und netzweit erhoben. In dieser Richtlinie wird daher nicht weiter darauf eingegangen. Im Rahmen von Erhaltungsprojekten werden allerdings auf den betroffenen Abschnitten Tragfähigkeitsmessungen durchgeführt, um die geeigneten Erhaltungsmassnahmen festzulegen.

Zu erwähnen ist, dass eine lokal ungenügende Tragfähigkeit oft indirekt anhand der Oberflächenschäden erkannt werden kann und die Tragfähigkeit so auch bereits heute in der Erhaltungsplanung mitberücksichtigt wird.

2.3.6 Fachanwendung Video

Die Aufnahme des Strassenkorridors für die Fachanwendung Video ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie, da sich diese Aufnahmen einerseits nicht auf die Fahrbahn beschränken und andererseits damit keine Zustandserhebungen durchgeführt werden.

Diese Erhebungen können jedoch, soweit möglich, zur gleichen Zeit organisiert werden, so dass die Videoaufnahmen und der bewertete Zustand dem gleichen Zeitraum entsprechen.

2.4 Gesetzliche Grundlagen, relevante Normen und Standards

2.4.1 Rechtliche Grundlagen

- Bundesgesetz über die Nationalstrassen [1]
- Nationalstrassenverordnung [2]
- Bundesbeschluss über das Nationalstrassennetz (Netzbeschluss) [3]

Massgebende Anforderungen an die Erhaltung und der damit zusammenhängenden Zustandserhebung von Nationalstrassen leiten sich aus den nachstehend zitierten Artikeln des Nationalstrassengesetzes (NSG) [1] sowie der Nationalstrassenverordnung (NSV) [2] ab:

- NSG, Art. 49: «Die Nationalstrassen und ihre technischen Einrichtungen sind nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten so zu unterhalten und zu betreiben, dass ein sicherer und flüssiger Verkehr gewährleistet ist und die Verfügbarkeit der Strasse möglichst uneingeschränkt bleibt.»
- NSV, Art. 46.1: «Das ASTRA sorgt für einen technisch ausreichenden und kostengünstigen Unterhalt und überprüft periodisch den Zustand der Strassenanlage.»
- NSV, Art. 46.2: «Es plant Unterhaltsmassnahmen langfristig. Die Massnahmen sind so zu koordinieren, dass die Leistungsfähigkeit der Nationalstrassen sichergestellt ist und die Anzahl der Baustellen auf einem Abschnitt möglichst geringgehalten werden kann.»

Im Bundesbeschluss über das Nationalstrassennetz (Netzbeschluss) [3] werden sämtliche Strassen aufgeführt, die Bestandteil des Nationalstrassennetzes sind.

2.4.2 Fachliche und technische Grundlagen

Bei der Zustandserhebung und -bewertung der Fahrbahn sind grundsätzlich die nachfolgenden Dokumente nach der aufgelisteten Hierarchie zu beachten:

1. Weisungen und Richtlinien des ASTRA
2. Schweizer Normenwerk (VSS, CEN, etc.)
3. Fachhandbücher des ASTRA
4. IT-Dokumentationen und Dokumentationen des ASTRA
5. Nicht normierte Regeln und Techniken, die dem Stand der Strassenbautechnik entsprechen (Forschungsberichte, Publikationen etc.)

Nachfolgend wird in der Richtlinie auf wichtige fachliche und technische Grundlagen für die Organisation und Durchführung der Zustandserhebung und -bewertung explizit hingewiesen. Grundsätzlich ist zu beachten, dass das technische Regelwerk in der jeweils aktuell gültigen Fassung zu berücksichtigen ist. Wo nötig, liefert die Richtlinie die notwendigen Klarstellungen für die Anwendung.

2.5 Einführung nicht normierter Erhebungsmethoden

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) hat seine Strategie zur Erhebung und Bewertung des Zustands der Fahrbahnbeläge bisher auf Methoden gestützt, die grösstenteils normiert sind und sich in der Praxis bewährt haben. Diese Methoden sind in der vorliegenden Richtlinie beschrieben.

Neue Technologien können neue Erhebungsmethoden hervorbringen, die geeignet sind, die Effizienz und/oder die Genauigkeit der Zustandserhebung und -bewertung zu verbessern. Zu diesen Technologien gehören beispielsweise die Bildverarbeitung durch KI, die dynamische Analyse in Fahrzeugen sowie Ansätze, die auf nicht normierten relativen Werten basieren.

Dieses Kapitel zielt darauf ab, den Weg für neue, nicht normierte Methoden zu ebnen, die zwar vielversprechend sind, aber noch Validierungsphasen durchlaufen müssen. Die vorliegende Richtlinie erlaubt es explizit, solche neuen Methoden als Ergänzung zu den heutigen Erhebungsmethoden einzuführen (siehe Kapitel 3.1).

Bevor damit aber heutige Erhebungsmethoden ersetzt werden können, braucht es eine wissenschaftlich fundierte Validierung, mit welcher die Korrektheit, Genauigkeit und Vergleichbarkeit nachgewiesen wird. Dieser Ansatz stellt sicher, dass die Anwendung neuer Methoden verlässliche und reproduzierbare Ergebnisse liefert und die Ziele des Erhaltungsmanagements der Fahrbahnen weiterhin erfüllt werden können.

3 Zustandsmerkmale

3.1 Allgemeines

Der Zustand einer Fahrbahn (siehe auch Kapitel 4.1) lässt sich mittels verschiedenster Zustandsmerkmale beschreiben. Hierbei wird generell zwischen sichtbaren Oberflächenschäden, der Ebenheit in Längsrichtung, der Ebenheit in Querrichtung, der Griffigkeit und der Tragfähigkeit differenziert [20]. Die genannte Differenzierung der verschiedenen Merkmale ist für eine systematische Zustandsbewertung einer Fahrbahn zentral, da damit jedes Zustandsmerkmal unterschiedliche Aspekte des Zustands einer Fahrbahn berücksichtigt.

Zusammengefasst ist die Erhebung verschiedener Zustandsmerkmale erforderlich für:

- Die objektive Auswertung des Fahrbahnzustands und die Planung von Erhaltungsmaßnahmen.
- Die Kontrolle der für die Sicherheit massgebenden Schwellenwerte (Griffigkeit und theoretische Wassertiefe).
- Die langjährige Dokumentation des Fahrbahnzustands.

Im Rahmen einer Zustandserhebung auf den Nationalstrassen sind die folgenden Zustandsmerkmale zu erheben und zu bewerten:

Oberflächenschäden	RISS	Anteil Fläche mit Rissen
	AUS	Anteil Fläche mit Ausbrüchen
	FLI	Anteil Fläche mit Flickern
Längsebenheit	I2	Winkelwert
	IRI	International Roughness Index
	NBO	Wellenbandanalyse für kurze, mittlere und lange Wellen (PO, MO, GO)
Querebenheit	I3	Spurrinnentiefe
	WT	Theoretische Wassertiefe
Griffigkeit	I4	Reibungskoeffizient für 40, 60 oder 80 km/h

Die oben aufgeführten Zustandsmerkmale sind im Rahmen einer Erhebungskampagne zwingend zu erheben. Den einzelnen Filialen ist es freigestellt, bei Bedarf weitere Zustandsmerkmale zu erheben.

Eine nähere Beschreibung der oben aufgeführten Merkmale erfolgt in den nachfolgenden Unterkapiteln. Hierbei werden einerseits auf die jeweiligen zu Grunde liegenden Normen verwiesen und andererseits die notwendigen Messwerte genannt und erläutert.

Das in der bisherigen Praxis des ASTRA erhobene Zustandsmerkmal I0 für Oberflächenschäden sowie dessen Hauptgruppen IAI bzw. IBI [20] müssen nicht mehr erhoben werden. Die auf der Deutschen Methode [30] basierenden Zustandsmerkmale RISS, AUS und FLI beschreiben die Oberflächenschäden hinreichend und sind dank einer automatisierten Erhebung objektiver und kostengünstiger.

Die Zustandsmerkmale IRI und NBO werden als Ergänzung zum Zustandsmerkmal I2 für die Längsebenheit erhoben. Der IRI erlaubt aufgrund seiner internationalen Anerkennung und Verwendung Vergleiche mit anderen Ländern. Die NBOs liefern aufgrund der Differenzierung in verschiedene Wellenbänder zusätzliche Informationen, welche für die Erhaltungsplanung von Nutzen sind. Die Erhebung des IRI und der NBOs ist kostengünstig, da sie auf den gleichen Messungen basieren wie der I2.

Das in der bisherigen Praxis des ASTRA ebenfalls erhobene Zustandsmerkmal BLP (Bewertetes Längsprofil) muss nicht mehr erhoben werden, da es keinen Mehrwert gegenüber den anderen Zustandsmerkmalen der Längsebene bringt.

Im Rahmen der Erhebungskampagnen wurde bisher kein Zustandsmerkmal zur Tragfähigkeit erhoben und es muss auch weiterhin keines erhoben werden (siehe Kapitel 2.3.5).

3.2 Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI

Die Zustandsmerkmale **RISS – Risse**, **AUS – Ausbrüche** und **FLI – Flicke** sind eine in Deutschland schon länger angewandte und bewährte Methode zur Erhebung und Bewertung der Oberflächenschäden und in den Publikationen der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV [30] [32] beschrieben.

Erhoben wird der Anteil der Fahrbahnoberfläche, in dem Risse, Ausbrüche bzw. Flicke vorkommen. Diese Schäden werden dabei automatisch anhand von hochauflösenden Bildaufnahmen erkannt. Dazu wird der Fahrstreifen in der Breite in drei gleich breite Teilstreifen und in Längsrichtung in Teilabschnitte mit einer Länge von 1 m aufgeteilt. Jedes so gebildete Rechteck wird anschliessend auf Vorhandensein des jeweiligen Schadens untersucht. Der Anteil der Rasterfelder mit vorhandenen Schäden ergibt dann den entsprechenden Anteil der schadhaften Fahrbahnoberfläche in Prozent.

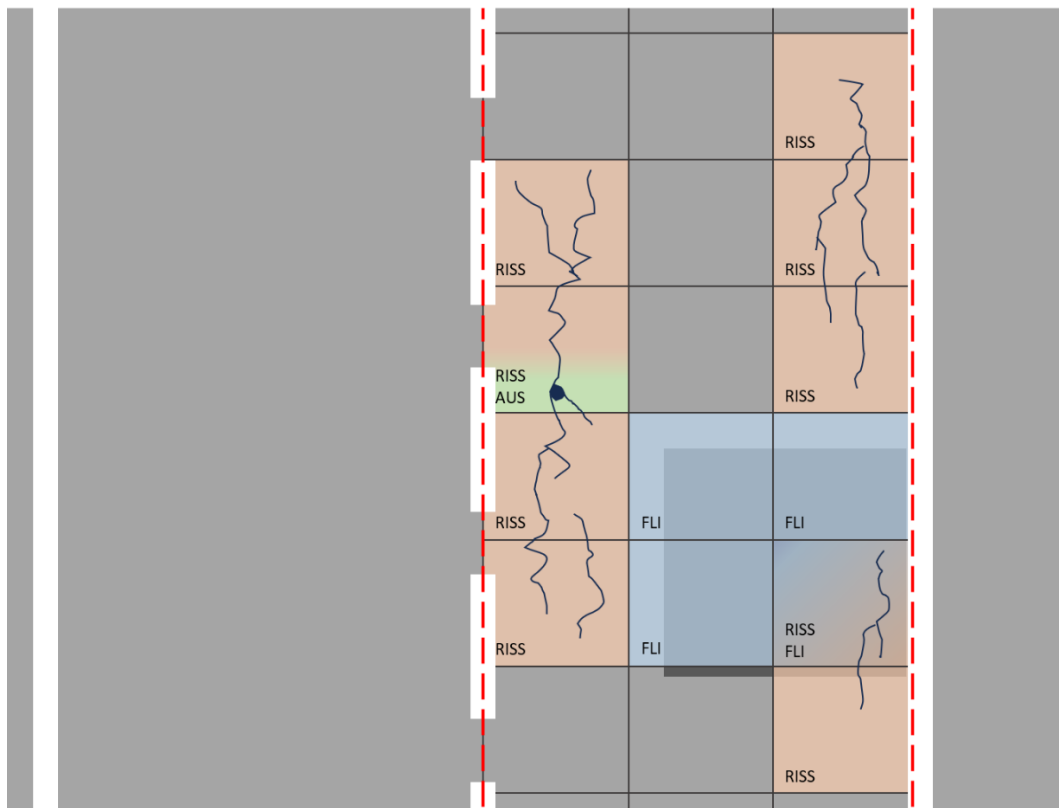


Abb. 3.1 Darstellung der Erhebung von Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI.

Die Zustandsmerkmale RISS und AUS wurden bereits in früheren Erhebungskampagnen des ASTRA erhoben. Auf das Zustandsmerkmal FLI wurde verzichtet, da es auf Autobahnen und Autostrassen kaum Flicke gibt.

Da das Nationalstrassennetz mit dem NEB um viele Strassen 3. Klasse erweitert wurde und auf diesen Strassen durchaus auch Flicke vorkommen können, soll neu auch das Zustandsmerkmal FLI erhoben werden. Aus Gründen der Durchgängigkeit und Einheitlichkeit wird auch dieses Merkmal bei allen Nationalstrassenklassen erhoben.

3.3 Längsebenheit I2, IRI und NBO

Das Zustandsmerkmal **I2 – Längsebenheit** ist in den Normen VSS 40 517 [11] und VSS 40 925B [20] beschrieben. Anhand einem erhobenen Längsprofil der Fahrbahnoberfläche werden die Winkelwerte W und die Standardabweichung dieser Winkelwerte sW ermittelt.

Der W -Wert entspricht der Neigungsänderung in ‰ im Längsprofil der Fahrbahnoberfläche. Er wird mit Hilfe von zwei benachbarten Sehnen mit einer Länge von je 1 m bestimmt. Der sW -Wert entspricht der Standardabweichung aller W -Werte im Analysesegment.

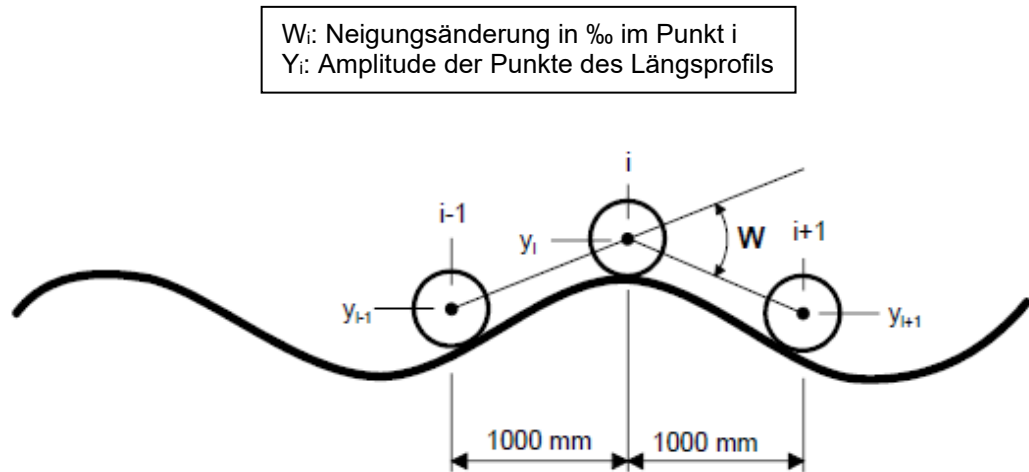
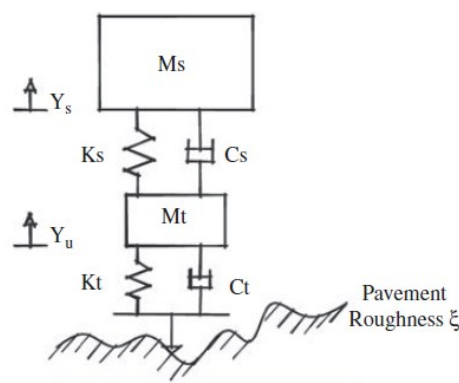


Abb. 3.2 Darstellung der Winkelwertes W für die Erhebung des I2 [11].

Mit dem I2 können Wellenlängen zwischen 0.3 bis 6.0 Meter abgebildet werden. Entsprechend dient der Index in erster Linie zur Beurteilung von lokalen Unebenheiten.

Das Zustandsmerkmal **IRI – International Roughness Index** ist ein international verwendeter Indikator zur Beschreibung der Ebenheit in Längsrichtung und wird in den Normen VSS 40 517 [11] und SN-EN 13036-5 [14] beschrieben. Der IRI bildet die Auswirkungen der Unebenheiten der Fahrbahn auf ein stark vereinfachtes und standardisiertes Fahrzeug ab. Dazu wird das erhobene Längsprofil der Fahrbahn mit einem «Viertel-Fahrzeug-Modell» simulativ durchfahren. Der IRI bildet die am simulierten Fahrzeug auftretenden Vertikalbewegungen aufgrund der Unebenheiten in der Fahrbahn ab.



$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^x |\ddot{Y}_u - \ddot{Y}_s| dt$$

Abb. 3.3 Illustration des Viertel-Fahrzeug-Modells für die Erhebung des IRI [37].

Die Vorteile des IRI sind die einfach nachvollziehbare Aussage zum Fahrkomfort. Gleichzeitig bietet der IRI aufgrund seiner internationalen Anwendung eine gute Vergleichsgrundlage.

Das Zustandsmerkmal **NBO – Wellenbandanalyse** (Notes par bandes d'ondes) ist in den Normen VSS 40 517 [11] und SN-EN 13036-5 [14] beschrieben. Das erhobene Längsprofil der Fahrbahnoberfläche wird dabei in verschiedene wellenlängenbegrenzte Profile gefiltert. Für jedes daraus entstehende Wellenband wird anschliessend die Energie des Signals berechnet.

Die nachfolgende Abbildung enthält drei Diagramme und zeigt beispielhaft das Vorgehen bei der Berechnung der Energien für die Wellenbandanalyse: Im ersten Diagramm ist das gemessene Längsprofil der Fahrbahnoberfläche enthalten. Im zweiten Diagramm sind die gefilterten Längsprofile für die kurzen (PO), mittleren (MO) und langen (GO) Wellenlängen dargestellt. Im dritten Diagramm sind die durch Integration berechneten Energien pro Analysesegment dargestellt.

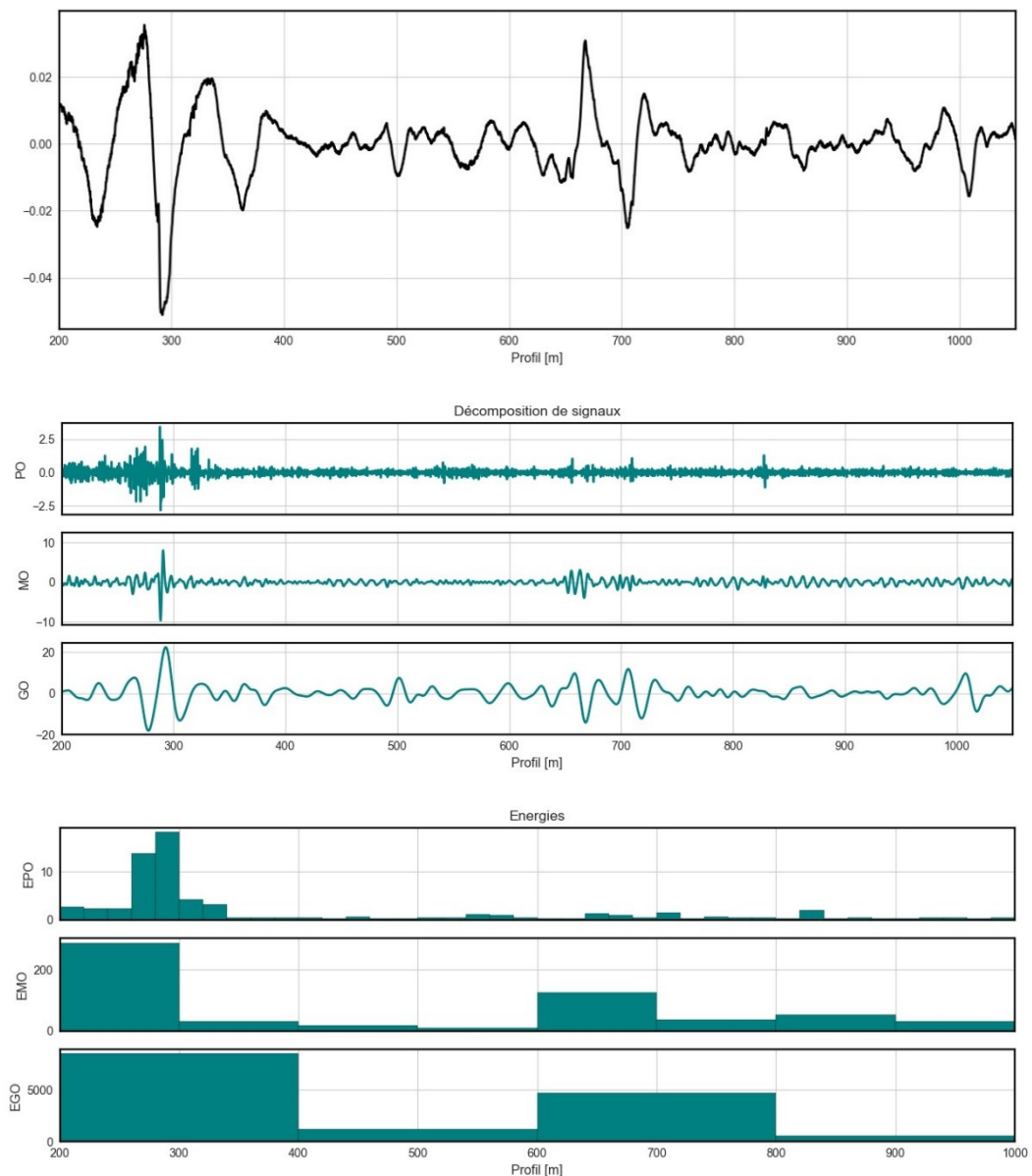


Abb. 3.4 Illustration des Berechnungsprinzips für Energien pro Wellenband [37].

Der Vorteil der NBOs gegenüber dem I2 sind die Aussagen zur Fahrqualität bei verschiedenen Geschwindigkeiten: die kurzen Wellen (0.7 bis 2.8 Meter) bilden die Fahrqualität bei geringer Geschwindigkeit ab, die mittleren Wellen (2.8 bis 11.3 Meter) bei mittleren Geschwindigkeiten und die langen Wellen (11.3 bis 45.5 Meter) bei hohen Geschwindigkeiten.

3.4 Querebenheit I3 und WT

Das Zustandsmerkmal **I3 – Querebenheit** ist in den Normen VSS 40 518 [12] und VSS 40 925B [20] beschrieben. Anhand einem erhobenen Querprofil der Fahrbahnoberfläche wird die Spurrinnentiefe T mit dem Seilverfahren bestimmt. Dabei wird eine Verbindungslinie zwischen den höchsten Punkten des Fahrstreifens aufgespannt. Als massgebender Wert gilt die tiefste Einsenkung mit der grössten Differenz zur Verbindungslinie.

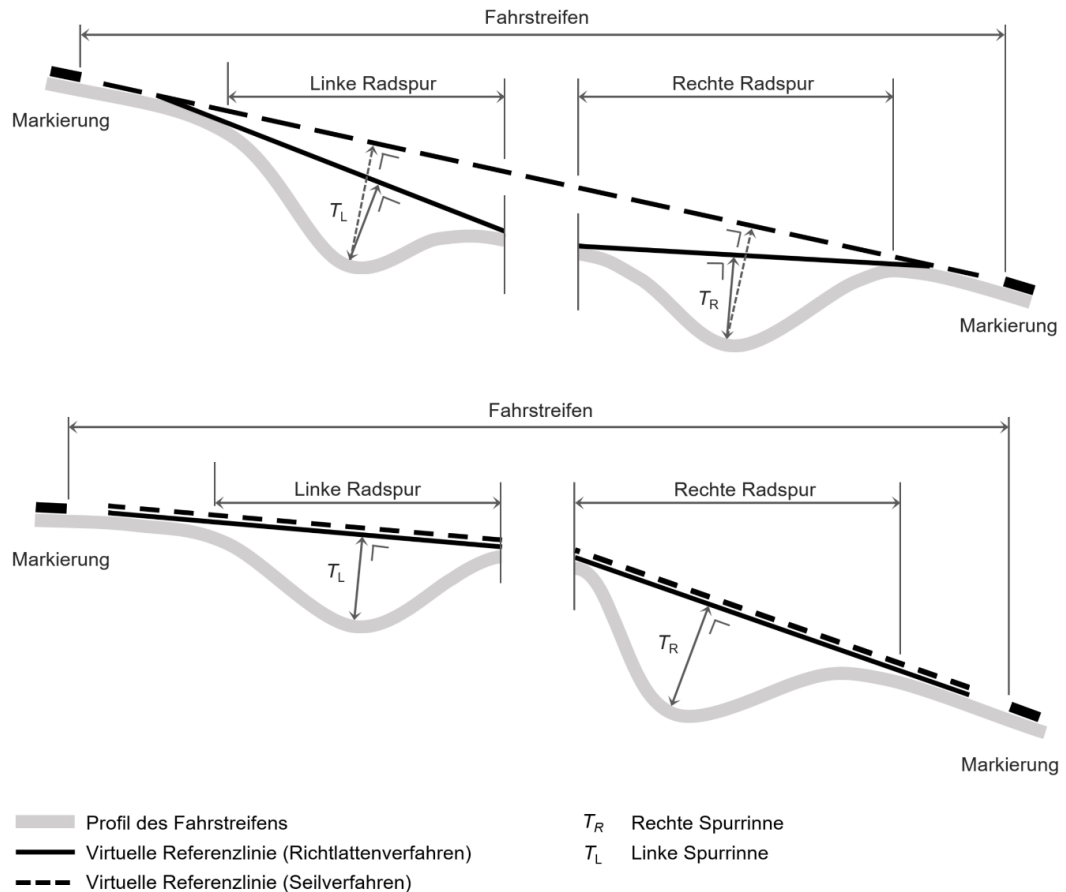


Abb. 3.5 Darstellung der Spurrinnentiefe T [12].

Aufgrund der fehlenden Anwendung wird das Richtlattenverfahren hier nicht näher beschrieben.

Das Zustandsmerkmal **WT – Theoretische Wassertiefe** ist ebenfalls in den Normen VSS 40 518 [12] und VSS 40 925B [20] beschrieben. Anhand des erhobenen Querprofils wird die theoretische Wassertiefe t ermittelt, welche bei einer Füllung der Spurrinne auftritt. Somit kann die theoretische Wassertiefe auch als vertikale Höhe der Spurrinne angesehen werden.

Der Wert erlaubt in erster Linie Aussagen zur Verkehrssicherheit. So besteht bei einer zu grossen Wassertiefe die Gefahr von «Aquaplaning».

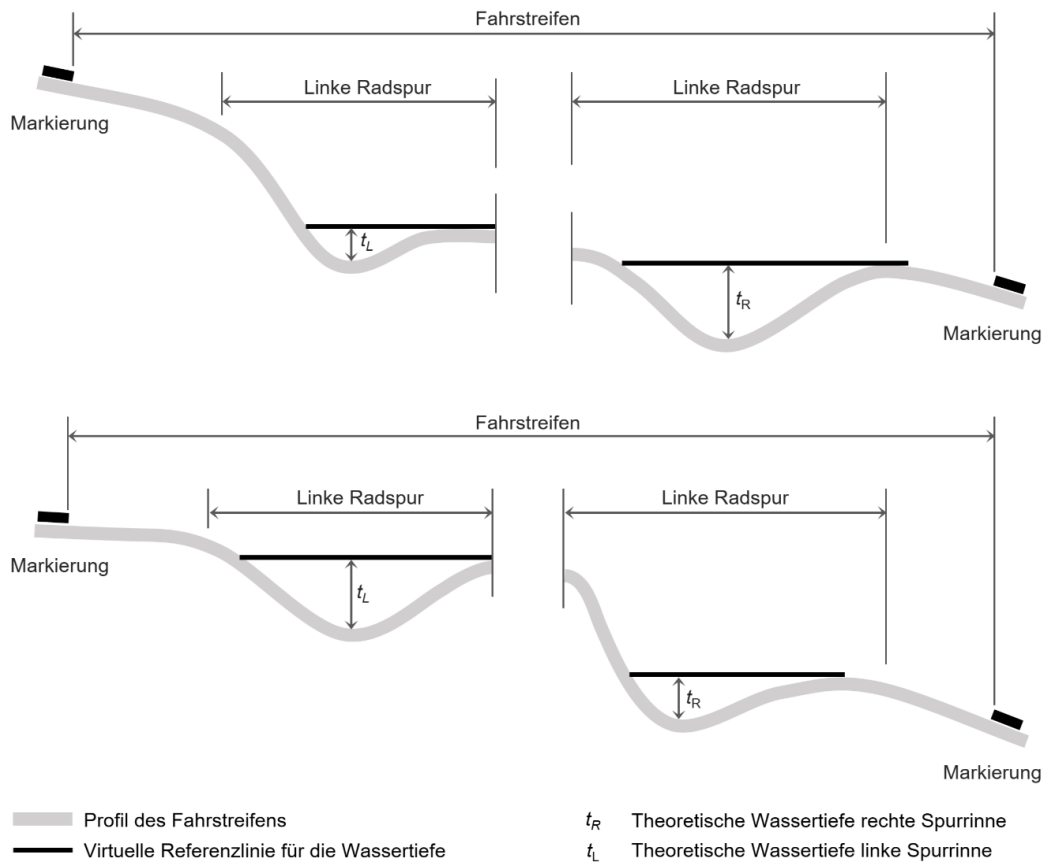


Abb. 3.6 Darstellung der theoretischen Wassertiefe t [12].

3.5 Griffigkeit I4

Das Zustandsmerkmal **I4 – Griffigkeit** ist in den Normen VSS 40 512 [10] und VSS 40 925B [20] beschrieben. Um Aussagen zur Griffigkeit machen zu können, wird für die Erhebungskampagnen des ASTRA die Methode der Messung des Reibungskoeffizient μ eines schräggestellten Messrads auf einer mit Wasser besprühten Fahrbahn angewendet [Abb. 3.7]. Alternativ und unter bestimmten Voraussetzungen kann für gewisse Einsatzbereiche auch ein System mit einem geraden Messrad zugelassen werden [4.2.8].

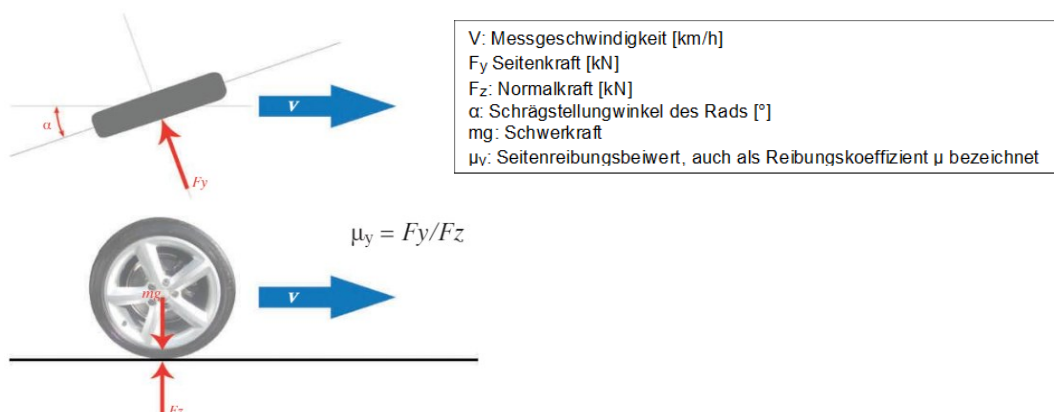


Abb. 3.7 Darstellung des Reibungskoeffizienten μ eines schräggestellten Messrads [10]

Der gemessene Wert ist dabei abhängig von der Geschwindigkeit des Messfahrzeugs und wird daher mittels einer Korrekturformel auf die nächstgelegene, standardisierte Messgeschwindigkeit 40, 60 oder 80 km/h umgerechnet.

4 Zustandserhebung und -bewertung

4.1 Räumliche und zeitliche Vorgaben

Im Rahmen der regulären Zustandserhebungskampagnen ist der Fahrbahnzustand **auf dem gesamten Nationalstrassennetz mindestens alle 5 Jahre** zu erheben. Eine Aufteilung der Zustandserhebung auf einzelne Abschnitte innerhalb dieser 5 Jahre bleibt den einzelnen Filialen freigestellt. Die Zielvorgabe ist, dass die letzten erhobenen Zustandsdaten für keinen Abschnitt älter als 5 Jahre sind.

Die Fahrbahn im Sinne dieser Richtlinie ist die Fahrbahnoberfläche des vom fließenden Fahrzeugverkehr genutzten Teils des Normalprofils. Sie umfasst die Fahrstreifen einschliesslich der äusseren Randlinien [5], [8]. Pannestreifen¹, Bankette, Mittelstreifen, Entwässerungselemente und Markierungen oder dergleichen sind nicht Bestandteil der Fahrbahn.

Flächen des Langsamverkehrs werden bei der Zustandserhebungskampagne nur berücksichtigt, wenn sie auf der Fahrbahn liegen.

In Bezug auf die in der Richtlinie ASTRA 1B001 [6] definierten Inventarobjekte betrifft die vorliegende Richtlinie die Objektgruppen «Fahrbahn», «Kunstabauten», «Tunnel» sowie «Galerie» und darin jeweils das konstituierende Element «Fahrstreifen». Das konstituierende Element «Pannestreifen»² und die «Fahrstreifen» im Objekttyp «Unterhaltungsweg» sind nicht betroffen.

Damit die Zustandsdaten auf Netzebene für die Erhaltungsplanung sowie zur Sicherheitsüberprüfung genutzt werden können, müssen diese zwingend für alle Strassenklassen und Achstypen erhoben werden:

- Nationalstrassen 1. Klasse, 2. Klasse und 3. Klasse
- Stamm-, Zubringer-, Rampen- und Anschlussachsen

Der Fahrbahnzustand ist dabei auf sämtlichen vom fahrenden Verkehr genutzten Streifen zu erheben. Konkret sind das die folgenden Streifen in Abhängigkeit der jeweiligen Strassenklasse:

- NS 1. und 2. Klasse: Fahrstreifen (FS), Pannestreifenumnutzung (PUN)
- NS 3. Klasse: Fahrstreifen (FS), Fahrstreifen mit Radstreifen (FSR), Busstreifen (BS), Bus- und Radstreifen (BSR)

Auf Pannestreifen (PS) und weiteren Fahrbahnflächen, die nicht oder nur selten vom fahrenden Verkehr genutzt werden, wird kein Zustand erhoben.

Auf Rampen- und Anschlussachsen wäre es teilweise unverhältnismässig aufwändig, alle Fahrstreifen zu erheben. Es gilt daher die Regel, dass für jede Achse mindestens der am stärksten befahrenen Fahrstreifen zu erheben ist. Die Filialen können bei der Organisation der Erhebungskampagne weitere Streifen bezeichnen, die ebenfalls zu erheben sind.

Aufgrund von technischen Einschränkungen kann der Fahrbahnzustand auf gewissen Abschnitten nicht in vollem Umfang erhoben werden. Diese technischen Einschränkungen resultieren aus den in Kapitel 4.2 beschriebenen Erhebungsmethoden und betreffen insbesondere:

- Minimale Länge der Messabschnitte für die Auswertung der Längsebenheit (I2, IRI und NBO) (siehe auch Kapitel 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5)

¹ Eine Ausnahme bildet die Pannestreifenumnutzung (PUN), die derzeit nicht separat in den Inventarobjekten erfasst wird, deren Zustand aber aufgrund ihrer häufigen Nutzung für den Verkehr erhoben werden muss.

² Siehe Fussnote 1.

- Minimale Messgeschwindigkeit und minimaler Kurvenradius für die Messung der Griffigkeit (I4) (siehe auch Kapitel 4.2.8)

4.2 Erhebungsmethode

4.2.1 Allgemeines

Grundsätzlich haben die Messungen für die einzelnen zu beurteilenden Zustandsmerkmale und die weitere Verarbeitung der Messdaten in **Übereinstimmung mit den jeweiligen spezifischen Normen** zu erfolgen.

Alle Messungen werden mit **schnellfahrenden Messsystemen** durchgeführt (mitschwimmen im Verkehr), damit der Verkehr möglichst nicht behindert wird.

Die Messungen dürfen nur bei **trockener Fahrbahn** und bei **guten Lichtverhältnissen** durchgeführt werden.

Die **Analysesegmente** werden **pro Streifen** mit den folgenden Längen gebildet:

- Auf den **Stamm- und Zubringerachsen** werden pro erhobenem Streifen Analysesegmente mit **100 m Länge** gebildet.
- Auf **Rampen- und Anschlussachsen** werden pro erhobenem Streifen Analysesegmente mit **20 m Länge** gebildet, um eine detailliertere Identifizierung und Abgrenzung der problematischen Streckenabschnitte zu ermöglichen, insbesondere in den Kurven und Bremszonen.

Die Analysesegmente werden pro RBBS-Sektor beginnend beim Bezugspunkt gebildet. Das letzte Analysesegment wird dann um maximal 50% verkürzt oder verlängert, um den gesamten Sektor abzudecken.

Ausgenommen sind die Zustandsmerkmale PO, MO und GO des NBO, die fixe Analysesegmente von 20, 100 und 200 m Länge erfordern [11].

Zur Begrenzung der Datenmenge werden die Ergebnisse der **20 m Analysesegmente³ zusammengelegt** sofern die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Analysesegmente liegen auf dem gleichen Streifen.
- Die Analysesegmente liegen im gleichen RBBS-Sektor.
- Die Analysesegmente liegen in der gleichen Zustandsklasse (gilt für RISS, AUS, FLI, I2, I3 und I4) bzw. in der gleichen Darstellungskategorie (gilt für IRI, NBO und WT), siehe Kapitel 4.3.7 und 4.3.8.
- Die Analysesegmente zur Griffigkeit wurden auf die gleiche standardisierte Messgeschwindigkeit 40, 60 oder 80 km/h umgerechnet.

Es werden maximal 10 benachbarte Analysesegmente zusammengelegt. Die Note, die Werte und die Messgeschwindigkeit entsprechen dem Durchschnittswert der zusammengelegten Analysesegmente.

Analysesegmente mit Noten ab der Zustandsklasse 3 bzw. Werten ab der Darstellungskategorie 3 werden nicht zusammengelegt, damit sie im Detail ausgewertet werden können, siehe Kapitel 4.3.7 und 4.3.8.

In den folgenden Unterkapiteln werden die massgebenden Vorgaben zu den Erhebungsmethoden für jedes Zustandsmerkmal in einer Tabelle festgehalten.

³ 20 m Analysesegmente werden für Zustandsmerkmal PO auf allen Achstypen und für alle übrigen Zustandsmerkmale auf Rampen- und Anschlussachsen gebildet, siehe auch Kapitel 4.2.2 bis 4.2.8.

4.2.2 Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI

Normen	FGSV ZTV ZEB-StB (Deutschland) [30] FGSV AP 9 M [32]
Erhobene Zustandswerte	Anteil der Fahrbahnoberfläche mit dem untersuchten Schaden im Analyse-segment (Einheit %)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Hochauflösenden Bildaufnahmen Rasterung des Analyse-segments bestimmen Rasterfelder mit Schäden erkennen Anteile mit Schäden berechnen
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Auswertebreite ist durch den inneren Rand der Randmarkierung und/oder der Markierung zwischen den Streifen begrenzt Raster mit drei gleich breiten Teilstreifen pro Streifen Raster mit Teilstücken von 1 m Länge Risserkennung ab einer Rissweite von 1 mm Zuverlässige Erkennung der Schäden, auch wenn im gleichen Rasterfeld mehrere Schäden vorhanden sind
Länge der Analyse-segmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m Längentoleranz letztes Analyse-segment pro Sektor: 50%
Ergebnislieferung Wert 1	Flächenanteil pro Analyse-segment in %
Wert 2	-
Wert 3	-
Messintervall	1 m
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analyse-segment
Methoden-Typ TRA	RISS / AUS / FLI

4.2.3 Längsebenheit I2

Normen	VSS 40 517 [11] VSS 40 925B [20]
Erhobene Zustandswerte	Standardabweichung sW aller Neigungsänderungen im Analyse-segment (Einheit ‰)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Profilometrisches Messverfahren Längsprofil der Fahrbahnoberfläche in der rechten Radspur Neigungsänderungen als W-Wert an den Punkten des Längsprofils ermit-teln Standardabweichung sW aller W-Werte im Analyse-segment berechnen
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Aufnahme von Profilwerten des Längsprofils in einem Abstand ≤ 50 mm Höhengenaugigkeit der Punkte des Längsprofils ≤ 0.5 mm (dynamische Messung) Länge des gesamten Messabschnitts ≥ 55 m Genauigkeit Messwegerfassung ≤ 0.5 % (5 m auf 1000 m) Mindestens 1000 W-Werte pro Analyse-segment Genauigkeit: $\Delta sW < \pm 0.2$ ‰ ¹
Länge der Analyse-segmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m Längentoleranz letztes Analyse-segment pro Sektor: 50%
Ergebnislieferung Wert 1	sW in ‰
Wert 2	max. W in ‰
Wert 3	-
Messintervall	Abstand der ermittelten Winkelwerte
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analyse-segment
Methoden-Typ TRA	SWW

¹ In den Normen wird eine Genauigkeit $\Delta sW < \pm 0.05$ ‰ verlangt, die in der Realität aber nicht erreicht wird. Für die Zustandserhebung auf den Nationalstrassen ist eine Genauigkeit $\Delta sW < \pm 0.2$ ‰ realistisch und hinrei-chend.

4.2.4 Längsebenheit IRI

Normen	VSS 40 517 [11] SN-EN 13036-5 [14] und Anhang
Erhobene Zustandswerte	Vertikale Bewegung eines simulierten Viertelfahrzeugs pro Kilometer (Einheit m/km)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Profilometrisches Messverfahren Längsprofil der Fahrbahnoberfläche in der rechten Radspur Befahrung des Analysesegments mit einem Viertelfahrzeug simulieren Vertikalbewegungen kumulieren und durch die Länge des Analysesegments dividieren
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Aufnahme von Profilwerten des Längsprofils in einem Abstand ≤ 50 mm Höhen Genauigkeit der Punkte des Längsprofils ≤ 0.5 mm (dynamische Messung) Länge des gesamten Messabschnitts ≥ 150 m Genauigkeit Messwegerfassung ≤ 0.5 % (5 m auf 1000 m)
Länge der Analysesegmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m Längentoleranz letztes Analysesegment pro Sektor: 50%
Ergebnislieferung Wert 1	IRI rechts in m/km
Wert 2	-
Wert 3	-
Messintervall	-
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analysesegment
Methoden-Typ TRA	IRI

4.2.5 Längsebenheit NBO

Normen	VSS 40 517 [11] SN-EN 13036-5 [14] und Anhang
Erhobene Zustandswerte	Energie des Signals für die gefilterten Längsprofile PO, MO und GO (Einheit cm^3)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Profilometrisches Messverfahren Längsprofil der Fahrbahnoberfläche in der rechten Radspur Längsprofil in drei Wellenbänder PO, MO und GO filtern Energie EPO, EMO, EGO für jedes Wellenband ermitteln Noten NPO, NMO, NGO berechnen ¹
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Aufnahme von Profilwerten des Längsprofils in einem Abstand ≤ 50 mm Höhen Genauigkeit der Punkte des Längsprofils ≤ 0.5 mm (dynamische Messung) Länge des gesamten Messabschnitts: PO ≥ 25 m, MO ≥ 110 m, GO ≥ 210 m Genauigkeit Messwegerfassung ≤ 0.5 % (5 m auf 1000 m)
Länge der Analysesegmente	kurze Wellen PO: 20 m mittlere Wellen MO: 100 m lange Wellen GO: 200 m keine Längentoleranz
Ergebnislieferung Wert 1	$\text{EPO}_{20} \text{ rechts} / \text{EMO}_{100} \text{ rechts} / \text{EGO}_{200} \text{ rechts in cm}^3$
Wert 2	$\text{NPO}_{20} \text{ rechts} / \text{NMO}_{100} \text{ rechts} / \text{NGO}_{200} \text{ rechts}$
Wert 3	-
Messintervall	-
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analysesegment
Methoden-Typ TRA	GO / MO / PO

¹ Die Noten NPO, NMO und NGO sind nicht mit dem Zustandsindex zu verwechseln, da diese Noten nach der Französischen Skala berechnet werden, in der 10 die beste Note und 0 die schlechteste Note ist.

4.2.6 Querebenheit I3

Normen	VSS 40 518 [12] VSS 40 925B [20]
Erhobene Zustandswerte	Durchschnittliche Spurrinnentiefe T für die tiefere Radspur (Einheit mm)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Profilometrisches Messverfahren Querprofil der Fahrbahnoberfläche Seil über das Querprofil aufspannen (virtuell) Pro Querprofil die maximale Spurrinnentiefe links und rechts senkrecht zum Seil ermitteln Durchschnitt im Analysesegment für alle Spurrinnentiefen links und alle Spurrinnentiefen rechts berechnen Der grössere Wert der beiden Spurrinnentiefen ist der massgebende Wert
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Querprofil muss die gesamte Streifenbreite umfassen (bis 3.50 m) Auswertbreite ist durch den inneren Rand der Randmarkierung und/oder der Markierung zwischen den Streifen begrenzt Aufnahme von Profilwerten des Querprofils in einem Abstand ≤ 100 mm Höhen Genauigkeit der Punkte des Längsprofils ≤ 0.5 mm (dynamische Messung) Erhebung von mindestens 10 gleichmässig über das betrachtete Auswertungsintervall verteilten Querprofilen Messgenauigkeit: $\Delta T < +/- 1$ mm
Länge der Analysesegmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m Längentoleranz letztes Analysesegment pro Sektor: 50%
Ergebnislieferung Wert 1 Wert 2	max. (T links / T rechts) in mm 90% Perzentil der Werte aus denen Wert 1 berechnet wurde in mm
Wert 3 Messintervall Messgeschwindigkeit Methoden-Typ TRA	T rechts in mm Abstand der Querprofile Durchschnitt im Analysesegment ST P90

4.2.7 Querebenheit WT

Normen	VSS 40 518 [12] VSS 40 925B [20]
Erhobene Zustandswerte	Durchschnittliche theoretische Wassertiefe t der tieferen Radspur (Einheit mm)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Profilometrisches Messverfahren Querprofil der Fahrbahnoberfläche Horizontale Linie über die Spurrinnen aufspannen (virtuell) Pro Querprofil die maximale theoretische Wassertiefe links und rechts ermitteln Durchschnitt im Analysesegment für alle theoretischen Wassertiefen links und alle theoretischen Wassertiefen rechts berechnen Der grössere Wert der beiden Wassertiefen ist der massgebende Wert
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Querprofil muss die gesamte Streifenbreite umfassen (bis 3.50 m) Auswertbreite ist durch den inneren Rand der Randmarkierung und/oder der Markierung zwischen den Streifen begrenzt Aufnahme von Profilwerten des Querprofils in einem Abstand ≤ 100 mm Höhen Genauigkeit der Punkte des Längsprofils ≤ 0.5 mm (dynamische Messung) Erhebung von mindestens 10 gleichmässig über das betrachtete Auswertungsintervall verteilten Querprofilen Messgenauigkeit: $\Delta t < +/- 1$ mm
Länge der Analysesegmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m Längentoleranz letztes Analysesegment pro Sektor: 50%

Ergebnislieferung Wert 1	max. (t links / t rechts) in mm
Wert 2	90% Perzentil der Werte aus denen Wert 1 berechnet wurde in mm
Wert 3	t rechts in mm
Messintervall	Abstand der Querprofile
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analysesegment
Methoden-Typ TRA	WT P90

4.2.8 Griffigkeit I4

Normen	VSS 40 512 [9] VSS 40 925B [20] SN 640 513-8/CEN-TS 15901-8 [16]
Erhobene Zustandswerte	Reibungskoeffizient μ bei einer Messgeschwindigkeit von 40, 60 oder 80 km/h (dimensionslos, als kontinuierlicher Messwert)
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem Schräggestelltes Rad auf nasser Fahrbahn in der rechten Fahrspur Schlupfkraft und auf das Messrad wirkenden Last messen Seitenreibungsbeiwert μ_y berechnen, der auch als Reibungskoeffizient μ bezeichnet wird Mittelwert und Standardabweichung über das Analysesegment berechnen Messungen zwischen 30 und 49 km/h auf die standardisierte Messgeschwindigkeit 40 km/h korrigieren ¹ Messungen zwischen 50 und 69 km/h auf die standardisierte Messgeschwindigkeit 60 km/h korrigieren ¹ Messungen zwischen 70 und 90 km/h auf die standardisierte Messgeschwindigkeit 80 km/h korrigieren ¹
Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Minimaler Kurvenradius 35 m Minimale Messgeschwindigkeit 30 km/h Maximale Messgeschwindigkeit 90 km/h Messgenauigkeit: $\Delta \mu < \pm 0.03$
Länge der Analysesegmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m Längentoleranz letztes Analysesegment pro Sektor: 50%
Ergebnislieferung Wert 1	μ korrigiert auf 40, 60 oder 80 km/h
Wert 2	μ gemessen
Wert 3	Standardabweichung minus μ
Messintervall	-
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analysesegment (massgebend für die Ermittlung der standardisierten Messgeschwindigkeit)
Methoden-Typ TRA	RK-SKM

¹ Die Messgeschwindigkeit innerhalb eines Analysesegments soll bei der Erhebung möglichst konstant gehalten werden.

Die Erhebung der Griffigkeit I4 gemäss dieser Richtlinie basiert auf einem System mit schräggestelltem Messrad in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Normen VSS 40 925B [20] und VSS 40 525 [13]. Die alternative Verwendung eines Systems mit geradem Messrad kann genehmigt werden, sofern eine Korrelation mit den in dieser Richtlinie festgelegten Werten vor dem bestimmungsgemässen Einsatz nachgewiesen ist [13].

Der Einsatz eines Systems mit geradem Messrad kann auf gewissen Abschnitten sinnvoll sein, auf denen bedingt durch die Streckencharakteristik (z. B. enge Kurven) in Kombination mit technischen Einschränkungen (z. B. erforderliche Mindest-Messgeschwindigkeit) der Fahrbahnzustand nicht mit einem System mit schräggestelltem Messrad erhoben werden kann [4.1]. Diese Abschnitte können beispielsweise sein:

- Rampen bei Anschlüssen
- Ein- und Ausfahrten

Bei der alternativen Verwendung eines Systems mit geradem Messrad sind die Messwerte nach der Erhebung in die in dieser Richtlinie festgelegten Messwerte zu transferieren.

4.3 Bewertung

4.3.1 Allgemeines

Die erhobenen Werte der Zustandsmerkmale I2, I3 und I4 sind nach den Vorgaben der Norm VSS 40 925B [20] in die Zustandsindizes zu transformieren. Die resultierenden Noten werden auf einer Bewertungsskala von 0 (Zustand "gut") bis 5 (Zustand "schlecht") beschrieben.

Für die Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI, für die in den Schweizer Normen keine Bewertungsregeln enthalten sind, werden hier spezifische Bewertungsregeln für die Anwendung auf den Nationalstrassen vorgegeben.

Die Zustandsmerkmale IRI, NBO und WT werden nicht bewertet und nur anhand der Werte betrachtet, die sich aus der Erhebung ergeben.

4.3.2 Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI

Da die Schweizer Normen keine Bewertungsregeln für diese Zustandsmerkmale vorsehen, wird eine spezifische Bewertungsregel für die Nationalstrassen definiert, welche für die Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI anzuwenden ist. Die Regel wurde nach den folgenden Prinzipien hergeleitet:

- Bewertungsskala 0 bis 5 in Übereinstimmung mit den Schweizer Indizes.
- Bewertungskurve festlegen, welche zu einer Verteilung führt, die für die Oberflächenschäden der Nationalstrassen gemäss den Statistiken der Erhebungskampagnen ZEBNS21 F1-F5 und ZEBNS18 F2-F3-F4 als repräsentativ erachtet wird.
- Aus Gründen der Klarheit wird die gleiche Bewertungsregel für die Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI angewendet.
- Anwendung der gleichen Bewertungsregel für auf allen Strassenklassen.

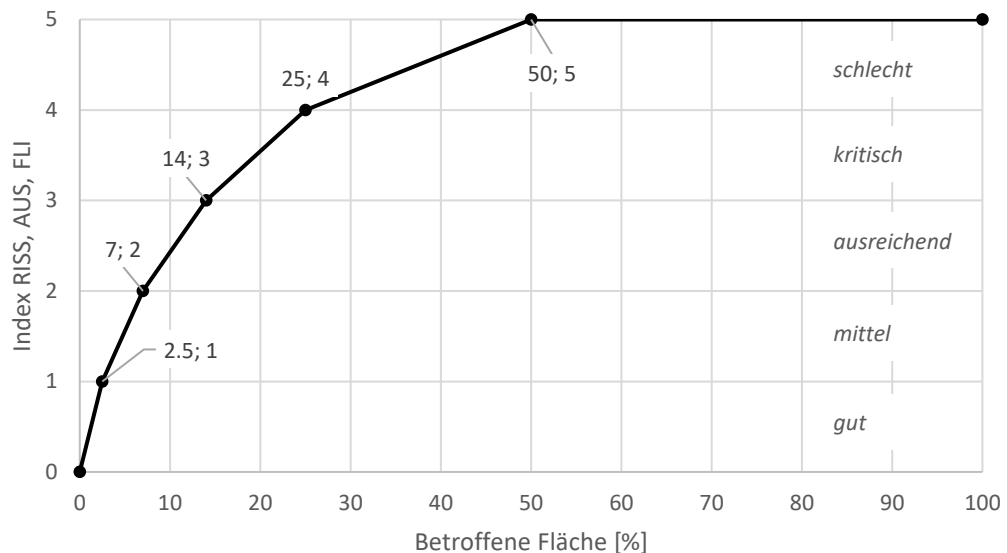
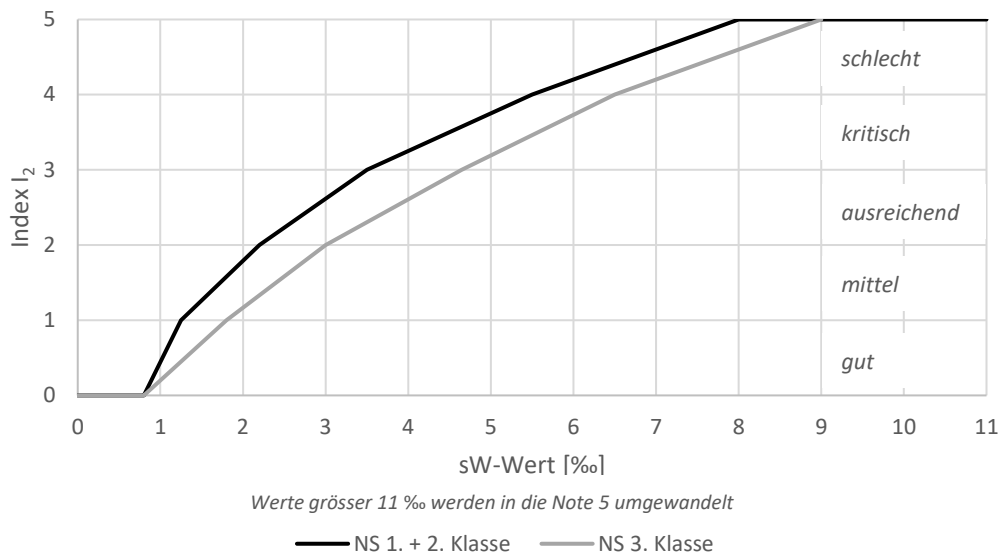


Abb. 4.1 Bewertungskurve für Oberflächenschäden RISS, AUS und FLI.

4.3.3 Längsebenheit I2

Die Bewertung der Längsebenheit I2 erfolgt gemäss der Norm VSS 40 925B [20] abhängig vom Strassentyp (HLS, HVS, VS/SS/ES). Als Annäherung an diese Regel erfolgt die Bewertung auf den Nationalstrassen abhängig von der Strassenklasse:

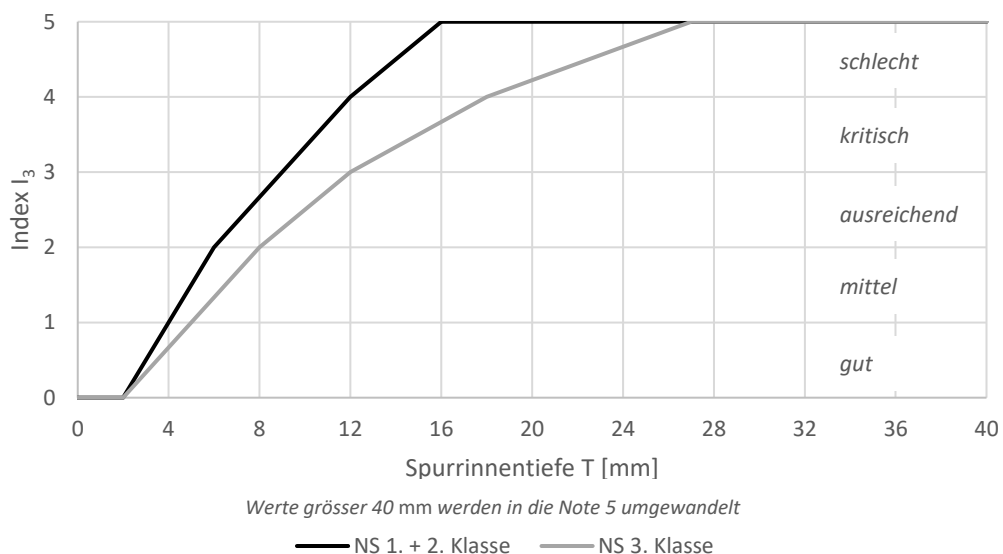
- Nationalstrassen 1. und 2. Klasse: Bewertungskurve HLS
- Nationalstrassen 3. Klasse: Bewertungskurve HVS


Abb. 4.2 Bewertungskurve der Längsebenheit I₂ in Übereinstimmung mit [20].

4.3.4 Querebenheit I₃

Die Bewertung der Querebenheit I₃ erfolgt gemäss der Norm VSS 40 925B [20] abhängig vom Strassentyp (HLS, HVS, VS/SS/ES). Als Annäherung an diese Regel erfolgt die Bewertung auf den Nationalstrassen abhängig von der Strassenklasse:

- Nationalstrassen 1. und 2. Klasse: Bewertungskurve HLS
- Nationalstrassen 3. Klasse: Bewertungskurve HVS


Abb. 4.3 Bewertungskurve der Querebenheit I₃ in Übereinstimmung mit [20].

4.3.5 Griffigkeit I₄

Die Bewertung der Griffigkeit I₄ mit einem System mit schräggestelltem Messrad erfolgt, wie in der Norm VSS 40 925B [20] beschrieben, abhängig von der standardisierte Messgeschwindigkeit (40, 60 oder 80 km/h):

- Messgeschwindigkeit 30 bis 49 km/h: Bewertungskurve 40 km/h
- Messgeschwindigkeit 50 bis 69 km/h: Bewertungskurve 60 km/h
- Messgeschwindigkeit 70 bis 90 km/h: Bewertungskurve 80 km/h

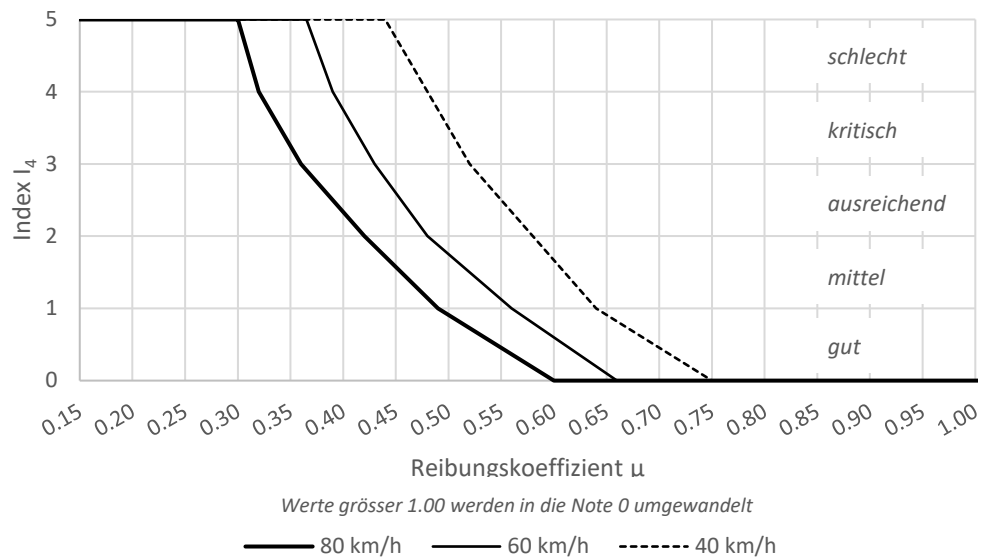


Abb. 4.4 Bewertungskurve der Griffigkeit I_4 in Übereinstimmung mit [20].

4.3.6 Erhebung oder Bewertung nicht möglich

Für Analysesegmente, die nicht befahren werden konnten oder auf denen der Fahrbahnzustand aus einem anderen Grund nicht erhoben werden konnte, wird die Note 9 vergeben. Diese Note basiert auf einem gelieferten Zustandswert 999'999.9999, welcher bei der Zustandsbewertung für alle Zustandsmerkmale zusätzlich zu den oben definierten Kurven in die Note 9 transformiert wird.

Die Daten dieser Analysesegmente dürfen nicht gelöscht werden, damit auch später ersichtlich ist, wo in einer bestimmten Erhebungskampagne kein Fahrbahnzustand erhoben werden konnte.

Wenn ein Zustandswert erhoben wurde, dieser aber ausserhalb der Bewertungskurve liegt, kann er nicht in eine Note transformiert werden. In diesen Fällen bleibt die Note leer.

4.3.7 Zustandsklassen

Die erhobenen Zustandsmerkmale werden gemäss den oben beschriebenen Regeln bewertet und in Übereinstimmung mit der Norm VSS 40 925B [20] in fünf Zustandsklassen eingeteilt, deren Bedeutung in Tab. 4.1 erläutert ist.

Die zu nutzenden Farben werden über einen Bereich von Grün (gut) über Gelb bis Rot (schlecht) definiert.

Abschnitte, auf denen keine Erhebung möglich war, werden dunkelgrau dargestellt. Erhobene Abschnitte, die (noch) nicht bewertet wurden oder deren Zustandswerte ausserhalb der Bewertungskurve liegen und somit nicht bewertet werden können, werden hellgrau dargestellt.

Tab. 4.1 Zustandsklassen für bewertete Zustandsmerkmale

Zustandsklasse	Note	Farbe (RGB)
1 – Gut	$0 \leq N < 1$	(70,200,70)
2 – Mittel	$1 \leq N < 2$	(200,230,30)
3 – Ausreichend	$2 \leq N < 3$	(255,255,0)
4 – Kritisch	$3 \leq N < 4$	(255,125,0)
5 – Schlecht	$4 \leq N \leq 5$	(255,0,0)
9 – Erhebung nicht möglich	N = 9	(191, 191, 191)
(noch) nicht bewertet / nicht bewertbar	Andere	(242, 242, 242)

4.3.8 Darstellungskategorien

Für die nicht bewerteten Zustandsmerkmale IRI, NBO und WT werden folgende Darstellungskategorien gebildet:

Tab. 4.2 Darstellungskategorien für IRI

Darstellungskategorie	Wert 1	Farbe (RGB)
1	$0 \leq \text{IRI} < 1.6$	(115,255,223)
2	$1.6 \leq \text{IRI} < 3.1$	(0,197,255)
3	$3.1 \leq \text{IRI} < 4.2$	(0,112,255)
4	$4.2 \leq \text{IRI} \leq 10$	(0,38,115)
9 – Erhebung nicht möglich	999'999.9999	(191, 191, 191)

Tab. 4.3 Darstellungskategorien für PO

Darstellungskategorie	Wert 1	Farbe (RGB)
1	$0 \leq \text{EPO20} < 2.2$	(115,255,223)
2	$2.2 \leq \text{EPO20} < 10.6$	(0,197,255)
3	$10.6 \leq \text{EPO20} < 23.6$	(0,112,255)
4	$23.6 \leq \text{EPO20} \leq 100$	(0,38,115)
9 – Erhebung nicht möglich	999'999.9999	(191, 191, 191)

Tab. 4.4 Darstellungskategorien für MO

Darstellungskategorie	Wert 1	Farbe (RGB)
1	$0 \leq \text{EMO100} < 79$	(115,255,223)
2	$79 \leq \text{EMO100} < 362$	(0,197,255)
3	$362 \leq \text{EMO100} < 677$	(0,112,255)
4	$677 \leq \text{EMO100} \leq 3000$	(0,38,115)
9 – Erhebung nicht möglich	999'999.9999	(191, 191, 191)

Tab. 4.5 Darstellungskategorien für GO

Darstellungskategorie	Wert 1	Farbe (RGB)
1	$0 \leq \text{EGO200} < 3795$	(115,255,223)
2	$3795 \leq \text{EGO200} < 15215$	(0,197,255)
3	$15215 \leq \text{EGO200} < 31153$	(0,112,255)
4	$31153 \leq \text{EGO200} \leq 100000$	(0,38,115)
9 – Erhebung nicht möglich	999'999.9999	(191, 191, 191)

Tab. 4.6 Darstellungskategorien für WT

Darstellungskategorie	Wert 1	Farbe (RGB)
1	$0 \leq \text{WT} < 2$	(115,255,223)
2	$2 \leq \text{WT} < 4$	(0,197,255)
3	$4 \leq \text{WT} < 8$	(0,112,255)
4	$8 \leq \text{WT} < 40$	(0,38,115)
9 – Erhebung nicht möglich	999'999.9999	(191, 191, 191)

4.4 Gesamtindex

Für die jährliche Erstellung des Netzzustandsberichts (NZB) wird ein Gesamtindex des Fahrbahnzustands benötigt, um den Zustand der Fahrbahnen mit dem Zustand anderer Teilsysteme der Nationalstrasseninfrastruktur vergleichen zu können.

Der Gesamtindex wird als eine **gewichtete Summe** der bewerteten Zustandsindizes definiert. Die nachfolgend beschriebene Gewichtungformel wurde so definiert, dass die Summe der Gewichte 100% nicht übersteigt.

Für den Gesamtindex werden die Zustandsindizes wie folgt gewichtet:

- 10 % Oberflächenschäden, bestehend aus
 - 5.0 % RISS
 - 2.5 % AUS
 - 2.5 % FLI
- 30 % Längsebenheit I2
- 30 % Querebenheit I3
- 30 % Griffigkeit I4

Der Gesamtindex wird als eine gewichtete Summe der bewerteten Zustandsindizes definiert. Die Summe der Gewichte beträgt 100%.

$$\text{Gesamtindex} = 5\% \text{ Note RISS} + 2.5\% \text{ Note AUS} + 2.5\% \text{ Note FLI} + 30\% \text{ Note I2} + 30\% \text{ Note I3} + 30\% \text{ Note I4}$$

Genauso wie die zugrundeliegenden Zustandsindizes, hat auch der Gesamtindex einen Zeitbezug. Da die verschiedenen Zustandsindizes aber nicht zwingend am gleichen Tag erhoben werden, wird der Gesamtindex nur auf das Jahr bezogen.

Die Berechnung des Gesamtindex erfolgt nur für die Abschnitte, für die im gleichen Jahr alle Zustandsindikatoren erhoben und bewertet wurden. Falls ein Index fehlt (z.B. aufgrund von Messbeschränkungen) wird kein Gesamtindex berechnet.

Der Gesamtindex «Fahrbahnen» ist ausschliesslich im Rahmen der Erstellung des jährlichen Netzzustandsberichts der Nationalstrassen (NZB) zu verwenden.

Er ist nicht für die Erhaltungsplanung anzuwenden.

5 Geometrie und Nutzung und weitere Eigenschaften

5.1 Geometrie und Nutzung

Um die Kosten der durchzuführenden Erhaltungsmassnahmen abschätzen zu können, braucht es Informationen zur Breite des Belags (befestigte Breite) und zu den Nutzungstreifen auf dem Belag (inkl. Pannestreifen, Trennstreifen, befestigter Mittelstreifen, etc.), aus denen dann die jeweiligen Flächen für die geplanten Erhaltungsmassnahmen berechnet werden können. Diese Informationen sind auch die Grundlage für die Bildung der Erhaltungsobjekte in der Fachanwendung TRA.

Für ein effizientes Erhaltungsmanagement ist es von Vorteil, wenn die Informationen zur Geometrie und Nutzung und zum Fahrbahnzustand konsistent sind. Aus diesem Grund wird die Geometrie und Nutzung zusammen mit den Fahrbahnzuständen erhoben.

Die benötigten Informationen können aus den hochauflösenden Bildaufnahmen ermittelt werden, die für die Erhebung der Oberflächenschäden aufgenommen werden. Um die Erhebung weiter zu automatisieren, ist auch der Einsatz von Lidar-Systemen möglich.

Die Modellierung der Geometrie und Nutzung in der Fachanwendung TRA ist im Datenerfassungshandbuch TRA [29] beschrieben. Darin sind auch die einzuhaltenden Regeln für die Erhebung der Geometrie und Nutzung beschrieben.

Für die Erhebung der Geometrie und Nutzung gibt es keine festen Analysesegmente. Die Länge der einzelnen Elemente hängt von den realen Änderungen an die Geometrie und Nutzung ab.

Falls einzelne Streifen nicht befahren werden können, sollen die Breiten dieser Streifen geschätzt werden (gemäss den Regeln im Datenerfassungshandbuch [29]). Falls einzelne Strecken gar nicht befahren werden können, werden für diese keine Daten zur Geometrie und Nutzung geliefert.

5.2 Längs- und Querneigung

Die Längs- und Querneigung der Fahrbahn sind geometrische Eigenschaften, die in der Projektplanung benötigt werden und auch bei anderen Fragestellungen zur Gestaltung des Strassenraums von Interesse sind.

Die Informationen zur Längs- und Querneigung können ohne grossen Aufwand aus den Längs- und Querprofilen ermittelt werden, die für die Erhebung der Längs- und Querebene gemessen werden. Die Informationen werden daher für die gleichen Analysesegmente geliefert, wie die Längs- und die Querebene.

Diese Informationen ermöglichen nützliche Hinweise für die Projektierung auf Abschnitten mit möglicherweise unzureichender Längs- oder Querneigung. Da sich die Daten der gemittelten Längs- und Querneigung auf ein gesamtes Analysesegment beziehen, ist keine gesicherte Aussage zu einzelnen Stellen möglich.

Erhobene Information	Neigung in Längs- und Querrichtung in %
Erhebungsmethode	Schnellfahrendes Messsystem
	Profilometrisches Messverfahren
	Neigung in Längs- und Querrichtung ermitteln
	Durchschnitt pro Analysesegment berechnen

Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung	Gleiche Anforderungen an das profilometrische Messverfahren wie für Längsebenheit I2 und Querebenheit I3
Länge der Analysesegmente	Stamm- und Zubringerachsen: 100 m Rampen- und Anschlussachsen: 20 m
Ergebnislieferung Wert 1	Neigung in % ¹
Wert 2	-
Wert 3	-
Messintervall	-
Messgeschwindigkeit	Durchschnitt im Analysesegment
Methoden-Typ TRA	IL / IQ

¹ Die Neigungen werden mit der folgenden Vorzeichenkonvention angegeben:
 - Längsneigung: in Fahrtrichtung abwärts = negativ; in Fahrtrichtung aufwärts = positiv
 - Querneigung: in Fahrtrichtung nach links = negativ; in Fahrtrichtung nach rechts = positiv

Für Analysesegmente, die nicht befahren werden konnten oder auf denen die Neigungen aus einem anderen Grund nicht erhoben werden konnten, wird in Anlehnung an die Zustandsmerkmale der Wert 999'999.9999 geliefert.

6 Erhebungskampagne

6.1 Allgemeines

Die Erhebung und Bewertung des Fahrbahnzustands, sowie die Erhebung der Geometrie und Nutzung und der weiteren Eigenschaften erfolgt im Rahmen von Erhebungskampagnen. Eine Erhebungskampagne umfasst dabei die einmalige Erhebung und Bewertung dieser Daten auf dem gesamten Nationalstrassennetz und dauert demnach maximal 5 Jahre (gemäss den Vorgaben in Kapitel 4.1).

6.2 Ausschreibung der Erhebungskampagne

6.2.1 Allgemeines

Die zentralen Unterlagen für die Ausschreibung der Erhebungskampagne sind das Pflichtenheft und das Mengengerüst, welches von jeder Filiale für ihr Nationalstrassennetz beigesteuert wird.

Der Ausschreibung beizulegen sind zudem diese Richtlinie, die Richtlinie Nationalstrassennetz als räumliches Basisbezugssystem RBBS, das Datenerfassungshandbuch TRA, das Anwendungshandbuch TRA und die Beschreibung der Interlis-Schnittstelle Trasse-Daten.

6.2.2 Pflichtenheft

Ein zentrales Dokument im Rahmen der Ausschreibung sowie der anschliessenden Leistungserbringung ist das Pflichtenheft [I.1]. Es definiert unter anderem die zu erbringenden Grundleistungen und die optionalen Leistungen, den Terminplan, die Anforderungen und Voraussetzungen und die Vorgaben für die Preisangaben.

Die zu erhebenden Zustandsmerkmale, die Erhebungsmethoden, die Anforderungen an Erhebung und Datenaufbereitung, die Länge der Analysesegmente und die Ergebnislieferungen sind in dieser Richtlinie und den referenzierten Normen definiert.

Das Vorgehen für die Erhebung der Geometrie und Nutzung ist in dieser Richtlinie und dem referenzierten Datenerfassungshandbuch TRA definiert.

Die weiteren zu erhebenden Eigenschaften der Fahrbahn und das Vorgehen für deren Erhebung sind in dieser Richtlinie definiert.

Unter den Anforderungen und Voraussetzung ist auch zu definieren, welche Teststrecken die Lieferantin zu befahren hat, dass sie einen Zugriff auf die Rohdaten bereitstellen muss, welche Voraussetzungen an die Messung und das Befahren der Nationalstrassen bestehen und wie die Zustandserhebungen konkret organisiert werden.

Zur Unterstützung der Ausschreibung liegt dieser Richtlinie im Anhang ein Muster des Pflichtenhefts bei.

6.2.3 Mengengerüst

Jede Filiale liefert ihr eigenes Mengengerüst [I.2] für die Zustandserhebung. Das Mengengerüst muss folgende Angaben enthalten:

- Summe der Achslänge pro Achstyp (definiert die Gesamtlänge für die zu erhebenden Geometrie und Nutzung)
- Summe der Streifenlänge pro Achstyp (definiert die Gesamtlänge für die zu erhebenden Zustandsmerkmale und weiteren Eigenschaften)
- Reserven für Ausbau der Fahrstreifen
- Vorgesehene Verteilung der Abschnitte auf die 5 Jahre der Erhebungskampagne

- Achs- und Streifenlänge der Teststrecken (sofern diese in der Filiale liegen)
- Achs- und Streifenlängen für optionale Erhebungen (z.B. zusätzliche Griffigkeitsmessungen) und Verteilung dieser Erhebungen auf die 5 Jahre der Erhebungskampagne

Zur Unterstützung der Ausschreibung liegt dieser Richtlinie im Anhang ein Muster des Mengengerüsts bei.

6.2.4 Beilagen zur Ausschreibung

Der Ausschreibung sind die folgenden, für Erfüllung des Auftrags benötigten Dokumente beizulegen (notwendige allgemeine Dokumente werden hier nicht aufgeführt):

- Richtlinie 10001d Nationalstrassennetz als räumliches Basis-Bezugssystem (RBBS) [4]
- IT-Dokumentation 61014 Datenerfassungshandbuch TRA [29]
- IT-Dokumentation 61011 1A Anwendungshandbuch TRA [26]
- IT-Dokumentation 61011 4 Interlis-Schnittstelle Trasse-Daten [28]

Sofern von den Filialen gewünscht und geliefert, können auch noch folgende filialspezifischen Dokumente beigelegt werden:

- Aktuelle Baustellenkarte
- Angaben zu den zu vermeidenden Stosszeiten auf den verschiedenen Abschnitten

6.2.5 Technische Eignungskriterien

Die Erhebung und Bewertung der Fahrbahnzustände kann nur von Firmen durchgeführt werden, welche die Anforderungen an die Erhebung und Datenaufbereitung für die zu erhebenden Zustandsmerkmale nachweislich erfüllen können.

Dazu sind Nachweise zu geeigneten Messsystemen (Messfahrzeuge mit Messvorrichtungen) und zu den benötigten Hilfsmitteln für die Datenaufbereitung einzuordern. Diese Nachweise müssen eine Beschreibung der Messsysteme und Hilfsmittel umfassen und aufzeigen, dass diese die Anforderungen an die Erhebung und Datenaufbereitung gemäss Kapiteln 4.2.2 bis 4.2.8 erfüllen.

Die Anbieterin kann dazu Prüfzeugnisse einer anerkannten Prüfstelle beilegen oder mit selbst durchgeführten Prüfungen glaubwürdig aufzeigen, dass die Anforderungen erfüllt werden.

Weiter muss die Anbieterin auch aufzeigen, dass sie vergleichbare Zustandserhebungen auch in der Praxis schon einmal durchgeführt hat und somit über entsprechende Erfahrungen in bereits abgeschlossenen Projekten verfügt. Es soll aber nicht gefordert werden, dass diese abgeschlossenen Projekte ein gleichwertiges Strassennetz umfassen, da dadurch neue (und evtl. innovative) Anbieter von vornherein ausgeschlossen werden.

6.3 Durchführung und Auswertung

6.3.1 Allgemeines

Die Filialen des ASTRA sind für die Durchführung der Zustandserhebung und die Auswertung der Resultate auf ihrem jeweiligen Filialnetz zuständig.

6.3.2 Teststrecken

Vor der jährlichen Erhebung auf den beauftragten Abschnitten muss die Lieferantin die in der Ausschreibung definierten Teststrecken befahren, die Daten aufbereiten und liefern. Die gelieferten Daten werden vom ASTRA gemäss den im Kapitel 6.3.5 beschriebenen Schritten geprüft, um sicherzustellen, dass die Anforderungen an die Vollständigkeit, Korrektheit und Vergleichbarkeit erfüllt sind.

Sofern die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt sind, muss die Lieferantin nachbessern, was eine erneute Befahrung und/oder Datenaufbereitung, Lieferung und Datenprüfung bedingt

(ohne Kostenfolgen für das ASTRA). Die Freigabe für die Erhebung der beauftragten Abschnitte wird erst erteilt, wenn anhand der Erhebung auf den Teststrecken gezeigt werden konnte, dass die Qualitätsanforderungen erfüllt sind.

Auf die Erhebung der Teststrecken kann verzichtet werden, wenn die gleiche Lieferantin mit den gleichen Messsystemen und den gleichen Hilfsmitteln für die Datenaufbereitung bereits im Vorjahr Abschnitte auf den Nationalstrassen erhoben hat und die Qualitätsanforderungen dabei erfüllt wurden.

Die Teststrecken sind so zu definieren, dass möglichst die Gesamtheit des im Rahmen der Erhebungskampagne zu erhebenden Netzes repräsentiert werden kann. Eine gute Repräsentation kann erreicht werden, wenn die Teststrecken einen Abschnitt einer Nationalstrasse der 1. Klasse, einen Abschnitt einer Nationalstrasse der 3. Klasse sowie einen Anschluss mit Rampen- und Anschlussachsen umfassen. Als Richtwert für die Länge einer Teststrecke werden 2 km empfohlen.

6.3.3 Datenerhebung

Die Filialen legen im Frühjahr die in diesem Jahr zu befahrenden Abschnitte ihres Filialnetzes fest und übergeben diese Informationen rechtzeitig der Lieferantin für die Zustandserhebung.

Die übergebenen Informationen zu den Abschnitten müssen kompatibel mit dem in der Fachanwendung TRA geladenen Achsstand RBBS sein. Dieser Achsstand muss dann konstant bleiben, bis alle Zustandsdaten importiert sind.

Wenn die Lieferantin alle benötigten Daten hat, kann sie die beauftragten Strecken selbstständig befahren. Dabei hat die Lieferantin auf vereinbarte Termine und auf gute Lichtverhältnisse und trockene Witterung zu achten. Sie muss ausserdem Stosszeiten vermeiden, damit die Minimalgeschwindigkeit für die Erhebung der Griffigkeit eingehalten werden kann.

Die Aufnahmen müssen möglichst ohne Verkehrsstörungen und ohne Polizeibegleitung durchgeführt werden. Zum vorausfahrenden Fahrzeug ist genügend Abstand zu halten, so dass die Sicht nicht beeinträchtigt wird. Das Aufnahmefahrzeug muss gemäss den geltenden gesetzlichen Vorschriften ausgerüstet sein.

Sofern die Messvorrichtungen mehr als 2.50 Meter breit sind, muss das Messfahrzeug während der Befahrung eine Sonderbewilligung mitführen. Diese Sonderbewilligung muss pro Befahrung und von der Lieferantin selbst organisiert werden.

6.3.4 Datenlieferung

Die Lieferantin muss der Filiale die erhobenen Daten zum Fahrbahnzustand, der Geometrie und Nutzung und der weiteren Eigenschaften bis zum vereinbarten Termin liefern. Diese Datenlieferung erfolgt, indem die Auftraggeberin die Daten pro Filiale selbst in die Fachanwendung TRA importiert und die Bearbeitungseinheit mit den importierten Daten danach an die zuständige Person bei der Filiale übergibt. Die bei der Lieferantin dafür zuständige Person erhält dazu auf Antrag die nötigen Rechte für den Zugriff auf TRA.

6.3.5 Datenprüfung und -freigabe

Mit der Datenprüfung wird sichergestellt, dass die Anforderungen an die Vollständigkeit, Korrektheit und Vergleichbarkeit erfüllt sind. Diese Prüfungen finden in der Bearbeitungseinheit mit den gelieferten Daten statt.

Im ersten Schritt wird die **Vollständigkeit** der Daten geprüft, indem für jeden gelieferten Objekttyp (Zustandsmerkmale, Geometrie und Nutzung, Neigungen) die Strecken mit Daten mit den zu befahrenden Abschnitten verglichen werden. Die Prüfung wird sowohl für die Stamm- und Zubringerachsen als auch für alle Rampen- und Anschlussachsen durchgeführt. Bei mehrstreifigen Achsen wird auch geprüft, ob die Zustandsmerkmale und Neigungen für alle zu erhebenden Streifen geliefert wurden.

Weiter wird für jeden Objekttyp ermittelt, auf welchen Strecken und Streifen keine Erhebung möglich war (siehe Kapitel 4.3.6, 5.1 und 5.2). Wenn dieser Anteil zu hoch erscheint oder Strecken aufweist, auf denen die Erhebung hätte möglich sein müssen, braucht es weitere Abklärungen bei der Lieferantin. Falls diese nicht plausibel begründen kann, warum keine Erhebung möglich war, müssen die betroffenen Strecken nochmals befahren werden (ohne Kostenfolgen für das ASTRA).

Im nächsten Schritt wird die **Korrektheit** der gelieferten Attribute geprüft. Dazu werden für jeden Objekttyp stichprobenhaft eine kleine Datenmenge ausgewählt und in dieser alle Attribute kontrolliert. Weiter kann für die verschiedenen Attribute die Bandbreite und Verteilung über alle gelieferten Daten ausgewertet werden, um einen Hinweis auf Fehler in den Daten zu erhalten.

Bei der Geometrie und Nutzung werden die Breiten, Längen, Nutzungs-Typen und Streifennummern stichprobenhaft mit Luftbildern und/oder früheren Erhebungen verglichen. Weiter werden auch die Gesamtflächen und die Flächen pro Nutzungs-Typ auf den erhobenen Abschnitten mit früheren Erhebungen verglichen.

Bei den Zustandsmerkmalen und Neigungen wird weiter geprüft, ob die Analysesegmente korrekt gebildet wurden (siehe Kapitel 4.2.1). Bei den Zustandsmerkmalen wird geprüft, ob sie beim Import bewertet wurden und ob dazu die korrekte Bewertungsregel verwendet wurde (siehe Kapitel 4.3). Eine grössere Anzahl von nicht bewertbaren Zustandswerten kann ein Hinweis auf Fehler in den Daten sein.

Um die **Vergleichbarkeit** zu prüfen, werden statistische Auswertungen der verschiedenen Zustandsmerkmale mit den gleichen statistischen Auswertungen aus früheren Erhebungen und aus Erhebungen in anderen Filialen verglichen. Falls die Statistiken grössere und unerwartete Abweichungen zeigen, muss dem nachgegangen werden.

Wenn alle Prüfungen bestanden sind, erfolgt die **Freigabe der Daten**, indem die Bearbeitungseinheit veröffentlicht wird.

6.3.6 Auswertung

Nach der Freigabe der Daten, stehen diese für die erste Analyse und Prüfung von Sofortmassnahmen und die weitere Auswertung bereit, siehe dazu Kapitel 8.2 und 8.3.

7 Qualitätssicherung

7.1 Allgemeines

Ein wesentlicher Punkt bei der Zustandserhebung und -bewertung ist die Qualität der gelieferten Daten, welche insbesondere folgende Aspekte umfasst:

- Vollständigkeit
- Aktualität
- Korrektheit
- Genauigkeit
- Vergleichbarkeit

Um die Qualität der gelieferten Daten sicherzustellen, sind qualitätssichernde Massnahmen im gesamten Prozess der Organisation, Durchführung und Auswertung der Zustandserhebungskampagne notwendig.

In den folgenden Unterkapiteln wird vertieft auf die oben beschriebenen Qualitätsaspekte eingegangen und wichtige qualitätssichernde Massnahmen beschrieben, welche im Rahmen einer Erhebungskampagne durchgeführt werden sollen.

7.2 Vollständigkeit

Die erhobenen Zustandsdaten müssen das Nationalstrassennetz vollständig abdecken.

Dieser Aspekt ist schon bei der Ausschreibung zu berücksichtigen, indem geprüft wird, dass das Mengengerüst wirklich das gesamte Nationalstrassennetz mit allen relevanten Streifen abdeckt (die Nationalstrassenachsen und die Streifen sind in TRA hinterlegt).

Die gelieferten Daten können dann wiederum mit dem Mengengerüst, bzw. mit den in TRA hinterlegten Nationalstrassenachsen und Streifen verglichen werden.

In der Realität ist es unvermeidlich, dass die Zustandserhebung auf gewissen Abschnitten nicht oder nur eingeschränkt möglich ist; entweder aufgrund von Baustellen oder Sperrungen aus anderen Gründen oder aufgrund der Messbeschränkungen (siehe auch Kapitel 4.1).

In diesen Fällen sind von der Lieferantin trotzdem für jedes Zustandsmerkmal die geforderten Analysesegmente zu bilden und der Zustandswert 999'999.9999 zu hinterlegen, der bei der Bewertung in die Note 9 transformiert wird. In den Bemerkungen ist der Grund für die Nichterhebung anzugeben:

- Minimaler Kurvenradius unterschritten (nur Griffigkeit)
- Minimale Messgeschwindigkeit unterschritten (nur Griffigkeit)
- Messabschnitt zu kurz (nur Längsebenheit)
- Streifen nicht befahrbar wegen Baustelle oder anderer Sperrung (alle Merkmale)
- Abweichung von der Normallinie wegen Baustelle oder anderer Sperrung (alle Merkmale)
- Andere Gründe: *Freitext*

Eine Abweichung von der Normallinie tritt dann auf, wenn der Streifen nicht mehr vollständig im Messbereich für das Querprofil liegt oder das Längsprofil nicht mehr in der rechten Fahrspur ermittelt werden kann oder der Reibungskoeffizient für die Griffigkeit nicht mehr in der rechten Fahrspur gemessen werden kann.

7.3 Aktualität

Die Aktualität der Zustandsdaten wird primär durch den Rhythmus der Erhebungskampagnen bestimmt. Wenn die Fahrbahnzustände alle 5 Jahre erhoben werden, sind die Daten also je nach Auswertungszeitpunkt 0 bis 5 Jahre alt, was als akzeptabel betrachtet wird.

Wenn für einen Abschnitt aufgrund von Baustellen oder anderen Sperrungen in einer Erhebungskampagne aber kein Zustand erhoben wird, dann beträgt das Alter der Zustandsdaten auf diesen Abschnitten bereits 5 bis 10 Jahre, was für die Erhaltungsplanung problematisch ist.

Es ist daher wichtig, dass die Zustandserhebungen innerhalb des Zeitraums einer Erhebungskampagne so auf die Abschnitte aufgeteilt werden, dass möglichst das gesamte Nationalstreckennetz erhoben werden kann.

7.4 Korrektheit

Die gelieferten Daten müssen formal und fachlich korrekt sein.

Die räumlichen und zeitlichen und auch viele der fachlichen Attribute in den gelieferten Daten können auf Korrektheit geprüft werden, so z. B. der RBBS-Bezug, die Länge und Breite, das Erhebungsdatum, das Projekt, der Methoden-Typ und die Streifennummer. Weiter können auch die Systemdaten (Erstellt durch, Erstellt am, etc.) auf Korrektheit geprüft werden.

Fehler in den Daten können bereits beim Import der Daten Probleme verursachen. Mit der geforderten Erhebung auf den Teststrecken kann sichergestellt werden, dass solche Fehler frühzeitig entdeckt und die Datenaufbereitung korrigiert werden kann.

Die gelieferten Zustandswerte können nicht auf Korrektheit geprüft werden, da dazu das Resultat schon im Voraus bekannt sein müsste. Es kann jedoch geprüft werden, ob die Zustandswerte plausibel sind:

- Fahrbahnzustand auf Abschnitten mit einer bekannten Zustandsklasse betrachten, insbesondere auf den Teststrecken.
- Fahrbahnzustand mit dem Alter der Beläge vergleichen.
- Fahrbahnzustand mit der vorherigen Erhebungskampagne vergleichen (unter Berücksichtigung seither durchgeführten Belagsarbeiten).
- Fahrbahnzustand von verwandten Zustandsmerkmalen vergleichen.

Falls bei der Prüfung unplausible Daten festgestellt werden, braucht es den geforderten Zugang auf die Rohdaten um prüfen zu können, ob es Fehler bei der Messung oder der anschliessenden Datenverarbeitung gegeben hat.

Die Zustandsbewertung findet grundsätzlich beim Import der gelieferten Zustandsdaten statt. Dadurch ist gewährleistet, dass die in der Fachanwendung TRA hinterlegten Bewertungsregeln angewandt werden und so aus dem gelieferten Zustandswert (Wert 1) der korrekte Zustandsindex (Note) berechnet wird.

7.5 Genauigkeit

Die Anforderungen an die Genauigkeit der Messungen gemäss Kapitel 4.2 sind einzuhalten.

Anhand der gelieferten Daten lässt sich nicht überprüfen, ob diese Genauigkeiten eingehalten wurden. Diese Prüfung muss die Lieferantin für jedes eingesetzte Messsystem vorgängig machen und im Rahmen des Angebots aufzeigen, dass die Messsystem die geforderten Genauigkeiten einhalten (durch Vorlegen von Vergleichsmessungen oder Bestätigung durch eine unabhängige Instanz).

7.6 Vergleichbarkeit

Die Resultate der Zustandserhebung müssen einerseits innerhalb einer Erhebungskampagne vergleichbar sein, was dadurch sichergestellt wird, dass die Fahrbahnzustände auf allen Abschnitten mit den gleichen Messsystemen erhoben werden.

Andererseits sollen die Resultate auch mit früher erhobenen Daten vergleichbar sein. Auch das wäre gegeben, wenn immer die gleichen Messsysteme genutzt würden. Da der Auftrag aber für jede Erhebungskampagne neu ausgeschrieben wird, kann diese Vergleichbarkeit nicht garantiert werden.

Die geforderte Erhebung auf den Teststrecken sollen helfen, allfällige Abweichungen aufgrund von unterschiedlichen Messsystemen frühzeitig zu entdecken und durch Kalibrierung der Messsysteme oder Anpassungen bei der Datenaufbereitung eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen.

8 Datenhaltung und Auswertung

8.1 Datenhaltung

Die im Rahmen dieser Richtlinie erhobenen Daten müssen in einer datenbankbasierten Fachanwendung gespeichert werden. Diese Fachanwendung muss minimal folgende Funktionen bereitstellen:

- Import und Prüfung der gelieferten Daten
- Speicherung aller gelieferten Daten für den späteren Gebrauch
- Speicherung aller früher gelieferten Daten (Historisierung)
- Visualisierung der Daten in einer Karte und in Achsbändern
- Auswertungen der Daten nach vordefinierten Kriterien
- Abfrage der Daten nach gewählten Kriterien

Die Visualisierung und Auswertung muss sowohl für beliebig gewählte Abschnitte und Teilnetze als auch für das ganze Nationalstrassennetz möglich sein.

Im ASTRA werden die Daten zum Fachbereich Trasse in der Fachanwendung TRA verwaltet, welche alle oben beschriebenen Funktionen bereitstellt und laufend an geänderte und neue Bedürfnisse angepasst wird.

Neben den in dieser Richtlinie erwähnten Daten zum Fahrbahnzustand, zur Geometrie und Nutzung und zur Längs- und Querneigung werden in TRA insbesondere auch die Belagsdaten verwaltet, die eine weitere wichtige Grundlage für die Erhaltungsplanung sind.

Sämtliche in TRA gehaltenen Daten können über eine Interlis-Schnittstelle gemäss der IT-Dokumentation ASTRA 61011 [28] importiert werden. TRA verfügt auch über Exportschnittstellen, um die Daten weiteren Fachapplikationen bereitstellen zu können (z.B. GeoSI und/oder Video).

Alle relevanten Informationen zur Datenhaltung in TRA sind im Datenerfassungshandbuch [29] enthalten. Die Bedienung wird in den Anwendungshandbüchern [26] [27] erläutert. Die Import- und Exportschnittstelle ist in [28] dokumentiert.

8.2 Erste Analyse und Prüfung von Sofortmassnahmen

8.2.1 Grundsätzlicher Ablauf

Als Betreiber der Nationalstrassen ist das ASTRA für die Verkehrssicherheit auf den Nationalstrassen verantwortlich und rechtlich verpflichtet diese sicherzustellen. Wenn für den sicheren Gebrauch relevante Merkmale einen Schwellenwert erreichen, müssen Sofortmassnahmen geprüft werden.

Diese Richtlinie beschränkt sich auf die Beschreibung des allgemeinen Ablaufs (Abb. 8.1), der aus den folgenden Schritten besteht:

- Identifikation der Abschnitte, in welchen der Schwellenwert nicht eingehalten wird.
- In den betroffenen Abschnitten die Daten kontrollieren und die Situation vor Ort beurteilen.
- Falls die Sicherheit beeinträchtigt ist, Sofortmassnahmen einleiten.

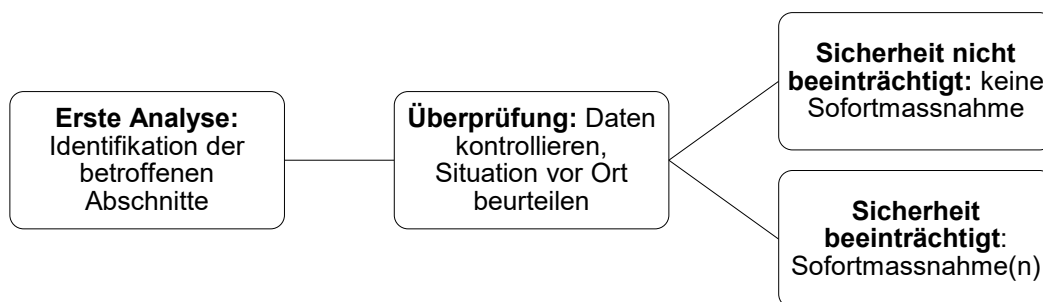


Abb. 8.1 Grundsätzlicher Ablauf der Erste Analyse und Prüfung von Sofortmassnahmen.

8.2.2 Erste Analyse

Nach Erhalt der Ergebnisse einer Erhebungskampagne muss für die theoretische Wassertiefe und die Griffigkeit überprüft werden, ob die in der Norm VSS 40 525 [13] definierten Schwellenwerte über- bzw. unterschritten werden.

Für die Anwendung im ASTRA werden die Schwellenwerte in Übereinstimmung mit den in den Kapiteln 4.2 und 4.3 definierten Erhebungsmethoden und Bewertungen definiert, d.h. für die theoretische Wassertiefe abhängig der Strassenklasse und für die Griffigkeit abhängig von der Messgeschwindigkeit. Für die Griffigkeit entsprechen diese Schwellenwerte jeweils der Note 4.0, d. h. ab der Zustandsklasse "schlecht".

Tab. 8.1 Schwellenwerte der theoretischen Wassertiefe und der Griffigkeit

Zustandsmerkmal	Zustandswert	Schwellenwert für erste Analyse	Schwellenwerte als Note
Querebenheit	Theoretische Wassertiefe t	NS 1. + 2. Klasse: $t \geq 4.0$ mm NS 3. Klasse: $t \geq 8.0$ mm	Kein Zustandsindex
Griffigkeit	Reibungskoeffizient μ bei schräggestelltem Messrad	40 km/h: $\mu \leq 0.48$ 60 km/h: $\mu \leq 0.39$ 80 km/h: $\mu \leq 0.32$	14 \geq 4.0 (schlecht)

In der Fachanwendung TRA können Streckenabschnitte, die die Schwellenwerte überschreiten, mithilfe einer Abfrage leicht identifiziert werden. Die Ergebnisse dieser Abfrage können in Form einer Karte oder eines Achsbandes dargestellt werden, wie in Kapitel 8.3.2 beispielhaft beschrieben.

8.2.3 Prüfung von Sofortmassnahmen

Bei Über- bzw. Unterschreitung des Schwellenwerts muss überprüft werden, ob an der entsprechenden Stelle die Sicherheit tatsächlich beeinträchtigt ist oder nicht, in dem die erhobenen Daten mit der Situation vor Ort verglichen werden. Die Beurteilung der Situation vor Ort liegt in der Verantwortung der Filialen, die mit den örtlichen Gegebenheiten und Besonderheiten vertraut sind.

Falls die Überprüfung ergibt, dass die Sicherheit beeinträchtigt ist, müssen unverzüglich Sofortmassnahme eingeleitet werden. Der Begriff "Sofortmassnahme" (SoMa) wird im Fachhandbuch T/U [23] wie folgt definiert (Pkt. 2.1 Definition):

«[SoMa]...sind Ergebnis einer Überwachungstätigkeit, einer Bestandesaufnahme oder einer Überprüfung. SoMa haben zum Ziel, Personen oder die Umwelt vor einer unmittelbaren Gefährdung zu schützen oder grössere Schäden abzuwenden. Mittels der SoMa werden die Sicherstellung der Verkehrssicherheit, die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft und die Gewährleistung der Sicherheit gegenüber Dritten (Aufrechterhaltung) angestrebt. ...».

Gemäss der Norm VSS 40 525 [13] umfasst der Begriff Sofortmassnahmen neben baulichen Sofortmassnahmen auch administrative Sofortmassnahmen. Die Wahl der geeigneten Sofortmassnahme liegt in der Verantwortung der Filialen, die mit den örtlichen Gegebenheiten und Besonderheiten vertraut sind.

8.3 Darstellung und Auswertung

8.3.1 Darstellung der Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse soll Hinweise liefern, die als Entscheidungshilfe für die Überprüfung der Sicherheit, die Erhaltungsplanung und die strategische Überwachung des Netzes dienen. Je nach Bedürfnissen und Planungsebene umfasst die Darstellung nachfolgend aufgeführte Aspekte:

- Identifikation der Abschnitte für die Prüfung von Sofortmassnahmen (siehe Kapitel 8.2).
- Identifikation der Abschnitte für Massnahmen des kleinen baulichen Unterhalts.
- Auswertung des gesamten Netzes oder pro Filiale.
- Vergleich verschiedener Teilnetze (nach Strassenklasse, nach Achse, usw.).
- Rangierung der Unterhaltsabschnitte einer Filiale (für die Erhaltungsplanung).
- Auswertung eines konkreten Streckenabschnitts (Vorbereitung für Projekt).

Für die Darstellung der Zustandsdaten stehen in der Fachanwendung TRA primär die Karte und das Achsband zur Verfügung.

In der **Karte** können einerseits der in einer bestimmten Kampagne erhobene Fahrbahnzustand oder der neuste für jeden Ort erhobene Fahrbahnzustand (aktuelle Fahrbahnzustand) dargestellt werden.

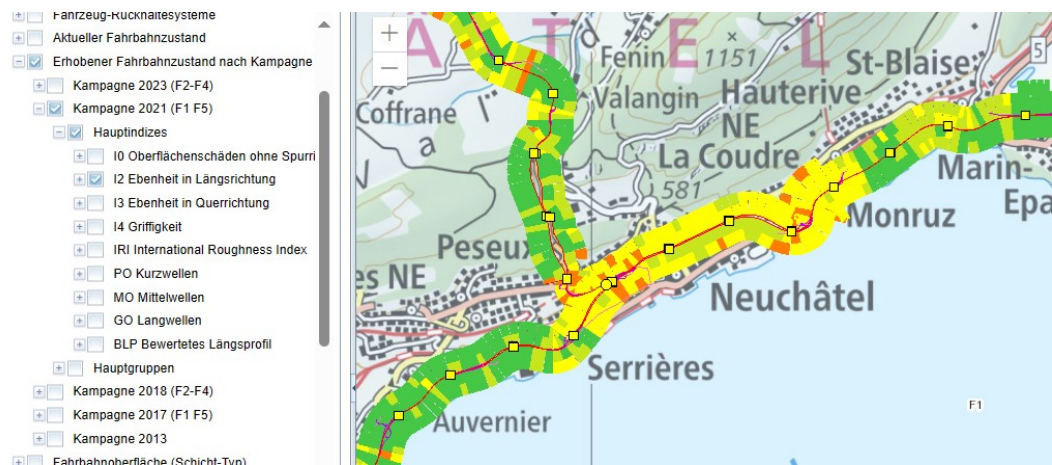


Abb. 8.2 Kartendarstellung des erhobenen Zustands einer Kampagne in TRA.

Das **Achsband** erlaubt die Darstellung von mehreren Zustandsmerkmalen gleichzeitig und auch die Gegenüberstellung zum Schicht-Typ und Alter der Fahrbahnoberfläche.

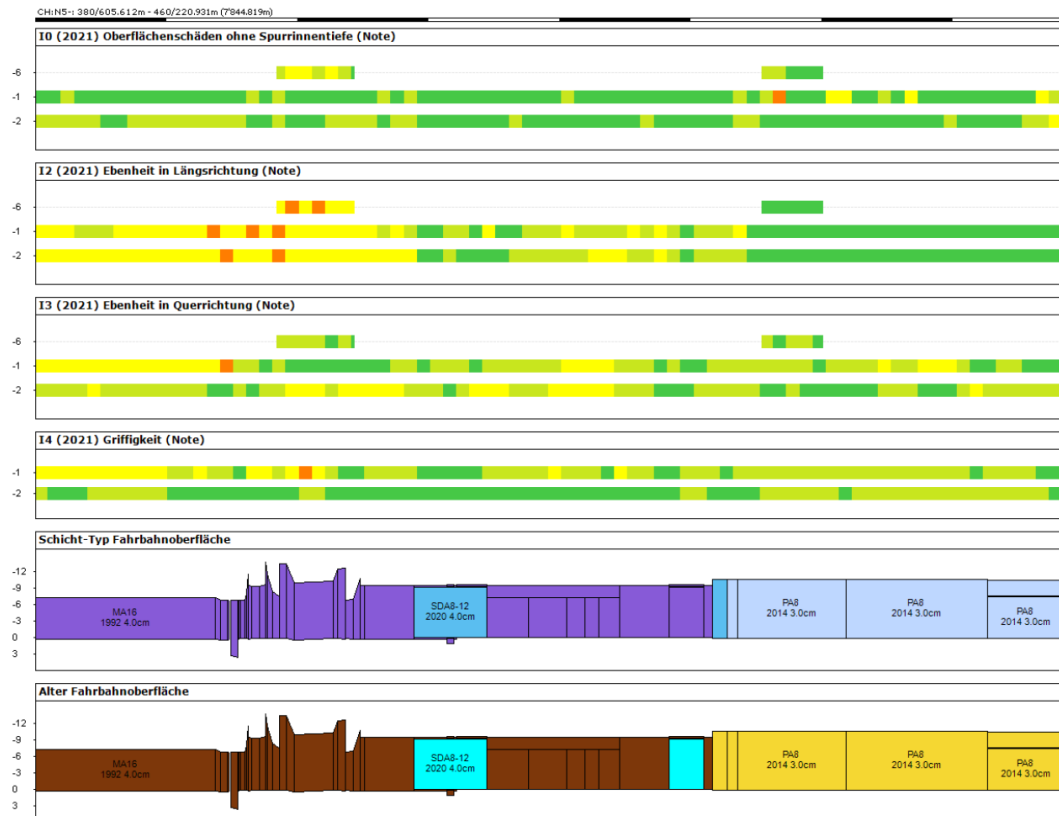


Abb. 8.3 Achsband mit dem erhobenen Zustand einer Kampagne und der Fahrbahnoberfläche in TRA.

Weiterhin können mit dem Achsband auch die erhobenen Fahrbahnzustände aus mehreren Kampagnen abgebildet werden, um die zeitliche Entwicklung eines bestimmten Abschnitts zu analysieren.

8.3.2 Auswertungsbeispiele

In der Fachanwendung TRA stehen für die Auswertung der Daten verschiedene Funktionen zur Verfügung. Die wichtigsten Auswertungen für den Fahrbahnzustand werden hier aufgezeigt:

- Ein Teilnetz oder einen Abschnitt in der Karte betrachten (siehe oben). Die dargestellte Karte kann auch als Report in einem PDF ausgegeben werden.
- Einen Abschnitt im Achsband genauer auswerten (siehe oben). Das dargestellte Achsband kann auch als Report in einem PDF ausgegeben werden.
- Mittels einer Abfrage die Analysesegmente nach wählbaren Kriterien suchen (z.B. für die erste Analyse) und in der Karte anzeigen.
- Die geladenen Analysesegmente eines Abschnitts oder eines Teilnetzes oder die Treffer einer Abfrage statistisch auswerten.
- Die geladenen Analysesegmente eines Abschnitts oder eines Teilnetzes oder die Treffer einer Abfrage nach Excel exportieren, um sie ausserhalb von TRA weiter auszuwerten.
- Erhaltungsobjekte über das gesamte Teilnetz einer Filiale bilden und die Noten der für die Erhaltungsplanung wichtigen Zustandsmerkmale auf die Erhaltungsobjekte aggregieren. Hierbei werden für jedes Erhaltungsobjekt Zeitreihen ab dem Einbaujahr der Deckschicht gebildet.

- Erhaltungsobjekte mit aggregierten Noten eines bestimmten Zustandsmerkmals in der Karte betrachten. Die dargestellte Karte kann auch als Report in einem PDF ausgegeben werden.
- Erhaltungsobjekte im Achsband genauer auswerten durch Darstellung der aggregierten Noten aller für die Erhaltungsplanung wichtigen Zustandsmerkmale. Das dargestellte Achsband kann auch als Report in einem PDF ausgegeben werden.
- Excel-Export der Erhaltungsobjekte mit den aggregierten Noten, um sie ausserhalb von TRA weiter auszuwerten.

Die in der Fachanwendung TRA implementierte **Statistik** für ein bestimmtes Zustandsmerkmal zeigt im ersten Block die durchschnittliche Note, die maximale und minimale Note, sowie die Anzahl der ausgewerteten Analyseabschnitte. Nebst der Note wird auch das durchschnittliche, minimale und maximale Alter der Daten ausgegeben. Im zweiten Block wird die Verteilung auf die verschiedenen Zustandsklassen tabellarisch festgehalten und weiter unten mit Hilfe von zwei Grafiken visualisiert.

I2 Ebenheit in Längsrichtung

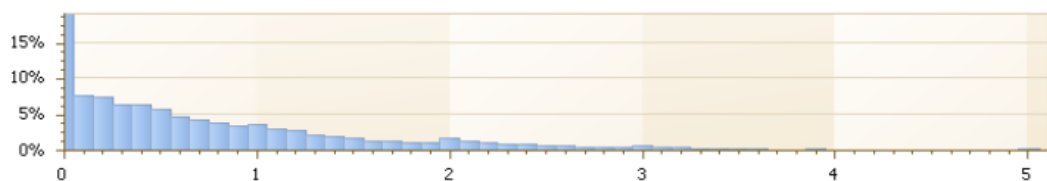
	Durchschnitt	Min	Max	Anzahl
Note	0.82	0.00	5.00	18'454
Alter der Daten (Jahre)	2.37	2.15	2.51	18'454

Verteilung der Noten nach Klasse

Notenklasse	Fläche [m2]	Fläche [%]
schlecht (4 ≤ Note ≤ 5)	45'050.00 [m2]	0.71%
kritisch (3 ≤ Note < 4)	157'917.00 [m2]	2.48%
ausreichend (2 ≤ Note < 3)	524'991.00 [m2]	8.25%
mittel (1 ≤ Note < 2)	1'263'330.00 [m2]	19.86%
gut (0 ≤ Note < 1)	4'368'557.00 [m2]	68.69%
Gesamtfläche Fahrbahnmerkmal:	6'359'845.00 [m2]	100%



Verteilung



Verteilung kumuliert

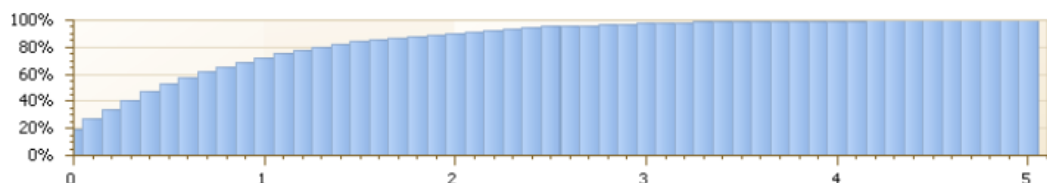


Abb. 8.4 Statistik des erhobenen Zustands einer Kampagne in TRA.

Die Auswertemöglichkeiten der nach Excel exportierten Daten sind praktisch unbegrenzt. Im Folgenden werden beispielhaft einige Auswertungen gezeigt, die in einem Zustandsbericht einer Kampagne für das Teilsystem Fahrbahn verwendet werden können.

In der Darstellung der **Gesamtergebnisse** werden für das Teilnetz der Filiale die durchschnittliche Note und die Verteilung auf die Zustandsklassen für alle relevanten Zustandsmerkmale gezeigt.

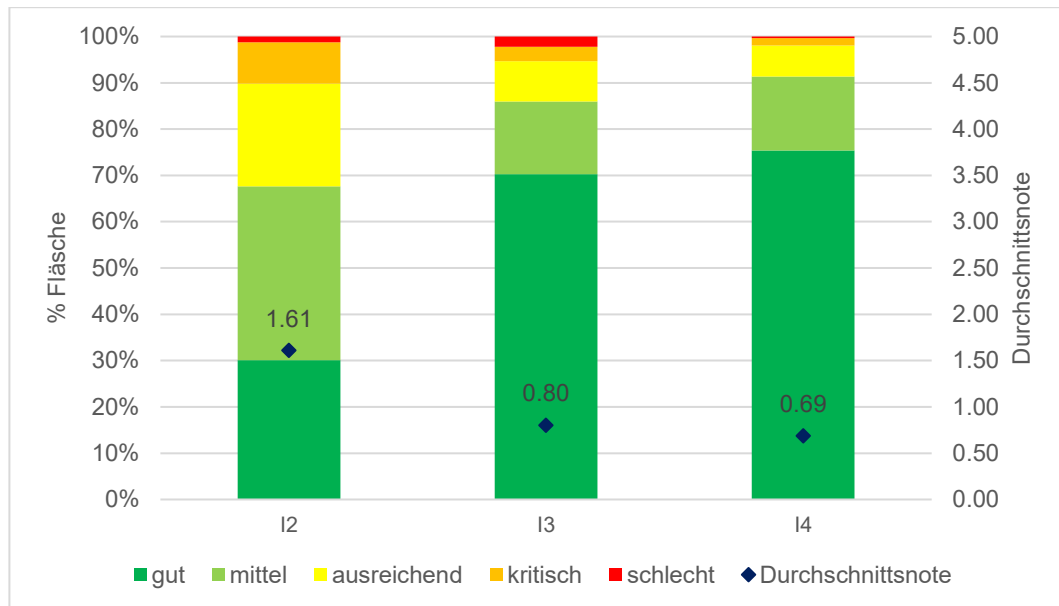


Abb. 8.5 Darstellung der Gesamtergebnisse einer Kampagne.

Die gleiche Auswertung kann auch für eine Jahrestranche einer Kampagne und/oder für einzelne Nationalstrassen gemacht werden.

Mit einer **Abschnittsanalyse** können die verschiedenen Nationalstrassen und/oder Zubringer miteinander verglichen werden. Bei Bedarf können auch Informationen über die Rampen- und Anschlussachsen in diese Auswertung integriert werden.

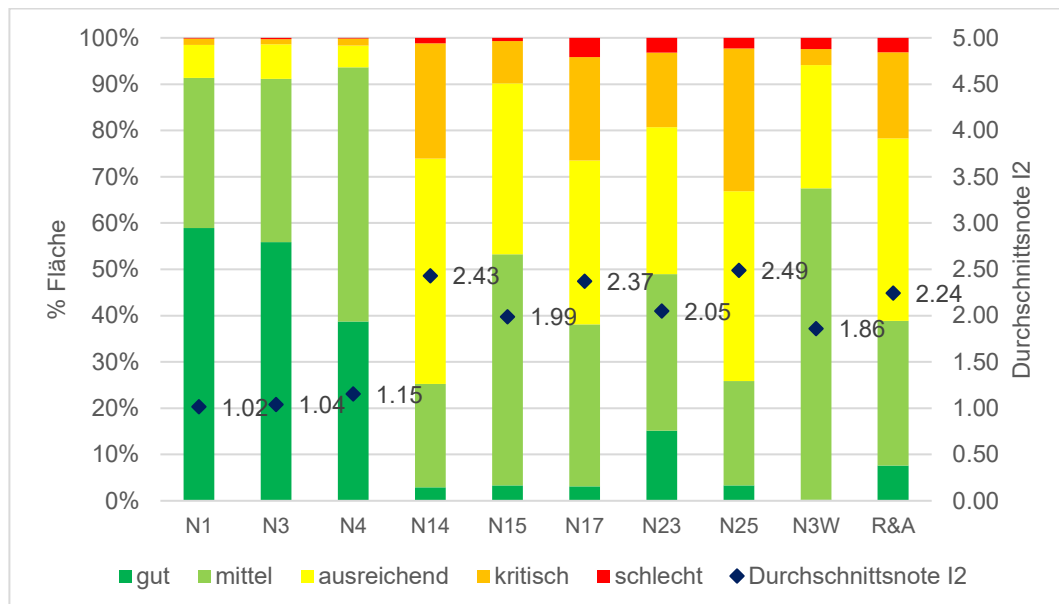


Abb. 8.6 Darstellung einer Abschnittsanalyse einer Kampagne.

Mit einer **zeitlichen Analyse** kann die Entwicklung eines bestimmten Zustandsmerkmals über die verschiedenen Erhebungsjahre aufgezeigt werden.

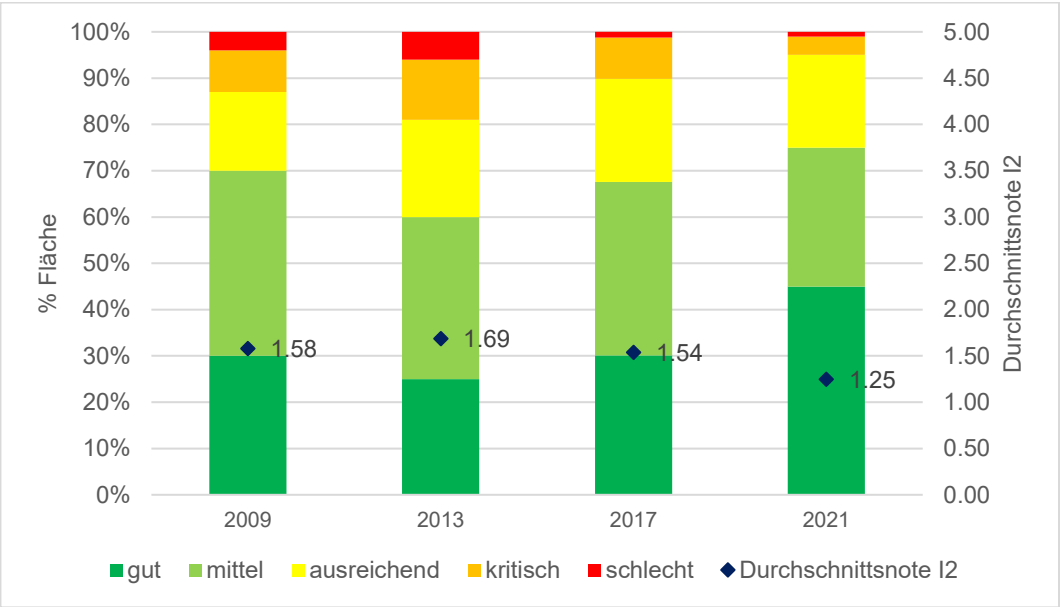


Abb. 8.7 Darstellung einer zeitlichen Analyse für ein bestimmtes Zustandsmerkmal.

Diese Auswertung kann für das gesamte Teilnetz einer Filiale, für bestimmte Achstypen, für eine bestimmte Strassenklasse oder für einen einzelnen Abschnitt erstellt werden.

Die erhobenen Daten sind ein Hilfsmittel für die **Gesamtbewertung und Rangierung der Unterhaltsabschnitte** einer Filiale. Die Rangierung erfolgt hierbei sinnvollerweise über den Gesamtindex gemäss Kapitel 4.4. In der Auswertung kann aber auch die Rangierung anhand einzelner Zustandsmerkmale und die Rangierung anhand des Gesamtindex der vorherigen Erhebungskampagne einbezogen werden.

2021	I2	2021	I3	2021	RISS	2021	Σ I2, I3, RISS	2017	Σ I2, I3, RISS
N24-B	3.84	N29-D	3.11	N13-F	4.04	N24-B	10.36	N28-E	6.62
N13-F	2.62	N28-E	2.91	N13-O	3.94	N13-F	9.56	N13-F	6.02
N29-A	2.58	N13-F	2.90	N13-T	3.94	N29-D	8.90	N13-K	5.64
N29-E	2.57	N24-B	2.85	N13-Z	3.89	N29-A	8.78	N13-I	5.04
N13-V	2.55	N13-O	2.84	N13-B	3.88	N28-E	8.68	N13-E	4.84
N13-J	2.27	N13-K	2.75	N13-L	3.84	N13-K	8.65	N2-R	4.68
N13-K	2.26	N29-B	2.57	N13-P	3.80	N13-V	8.37	N13-L	4.3
N29-B	2.23	N29-A	2.43	N29-A	3.77	N29-E	8.20	N28-D	4.3
N29-D	2.21	N28-D	2.41	N13-S	3.76	N29-B	8.11	N13-J	4.27
N13-D	2.07	N13-Z	2.32	N13-J	3.75	N13-L	8.09	N13-S	4.23
N28-E	2.06	N28-C	2.31	N28-E	3.71	N13-O	7.86	N13-D	4.19
N29-C	2.04	N13-V	2.25	N24-B	3.67	N13-J	7.84	N2-S	4.12
N13-L	2.03	N13-L	2.22	N13-K	3.64	N28-D	7.80	N13-O	4.06

Abb. 8.8 Darstellung der Gesamtbewertung und Rangierung der Unterhaltsabschnitte einer Filiale (mit den Farben werden die verschiedenen Nationalstrassen unterschieden).

Andere Auswertungen als die zuvor vorgestellten Beispiele bleiben je nach Bedarf selbstverständlich möglich.

Anhänge

I	Mustervorlagen	47
I.1	Pflichtenheft.....	47
I.2	Mengengerüst	47

I Mustervorlagen

Die folgenden Mustervorlagen sind nicht in dieser Richtlinie enthalten, Sie können auf der Internetseite der [Standards für Nationalstrassen](#) heruntergeladen werden.

I.1 Pflichtenheft

Eine Mustervorlage für ein Pflichtenheft liegt dieser Richtlinie als Anhang I.1 bei. Diese Mustervorlage dient den Adressaten der Richtlinie als Hilfestellung bei der Beschaffung und Realisierung. Sie kann um filial- sowie projektspezifische Inhalte ergänzt werden.

Grundsätzlich und übergeordnet gelten die Regelungen für das Beschaffungswesen im ASTRA [30]. In diesem Zusammenhang sind offizielle Dokumentenvorlagen in der jeweils aktuellsten Version zu verwenden.

I.2 Mengengerüst

Eine Mustervorlage für ein Mengengerüst liegt dieser Richtlinie als Anhang I.2 bei. Diese Mustervorlage dient den Adressaten der Richtlinie als Hilfestellung bei der Beschaffung und Realisierung. Sie kann um filial- sowie projektspezifische Inhalte ergänzt werden.

Grundsätzlich und übergeordnet gelten die Regelungen für das Beschaffungswesen im ASTRA [30]. In diesem Zusammenhang sind offizielle Dokumentenvorlagen in der jeweils aktuellsten Version zu verwenden.

Glossar

Begriff	Bedeutung
AUS	Ausbrüche: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Oberflächenschäden
BS	Busstreifen
BSR	Bus- und Radstreifen
EGO	Energie grandes ondes: Energie des Signals für lange Wellenlänge
EMO	Energie moyennes ondes: Energie des Signals für mittlere Wellenlänge
EPO	Energie petites ondes: Energie des Signals für kleine Wellenlänge
ES	Erschliessungsstrassen
FLI	Flicke: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Oberflächenschäden
FS	Fahrstreifen
FSR	Fahrstreifen mit Radstreifen
HLS	Hochleistungsstrassen
HVS	Hauptverbindungsstrassen
GO	Grandes ondes: Wellenband des Zustandsmerkmals NBO
I0	Index I0: Zustandsmerkmal für die Bewertung von Oberflächenschäden ohne Berücksichtigung der Spurrinnentiefe
I2	Index I2: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Längsebenheit
I3	Index I3: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Querebenheit
I4	Index I4: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Griffbarkeit
I5	Index I5: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Tragfähigkeit
IRI	International Roughness Index: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Längsebenheit
MO	Moyennes ondes: Wellenband des Zustandsmerkmals NBO
NBO	Notes par bandes d'ondes: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Längsebenheit
NGO	Note für die Energie des Signals langer Wellenlängen nach der französischen Skala
NMO	Note für die Energie des Signals mittlerer Wellenlängen nach der französischen Skala
NPO	Note für die Energie des Signals kurzen Wellenlängen nach der französischen Skala
PO	Petites ondes: Wellenband des Zustandsmerkmals NBO
PS	Pannestreifen
PUN	Pannestreifenumnutzung
RBBS	Räumliches Basisbezugssystem: Lineares, auf dem Strassenverlauf basierendes Koordinatensystem bestehend aus Achsen und Bezugspunkten
RISS	Risse: Zustandsmerkmal für die Bewertung der Oberflächenschäden
SoMa	Sofortmassnahme
SN	Schweizer Norm (SN)
SS	Sammelstrassen
TRA	Fachanwendung Trasse
VS	Verbindungsstrassen
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
WT	Theoretische Wassertiefe. Zustandsmerkmal zur Querebenheit
Erhaltungsobjekt	Bezeichnet in TRA einen Teil der Fahrbahn, für welchen eine einheitliche Erhaltungsmassnahme angewendet werden kann. Funktion, Aufbau und Zustand des Erhaltungsobjekts sollen möglichst homogen sein.
Erhebungskampagne	In dieser Richtlinie wird Erhebungskampagne als Synonym für eine Zustandserhebungskampagne verwendet.
Fahrbahn	Als Fahrbahn wird in der vorliegenden Richtlinie der Fahrbahnaufbau der Fahrstreifen bestehend aus Asphalt- und Betonschichten verstanden
Geometrie und Nutzung	Die Geometrie und Nutzung beschreibt in TRA die geometrischen Abmessungen der befestigten Strasse und die darin enthaltenen Streifen mit ihren Nutzungen

Begriff	Bedeutung
Hauptinspektion	Systematische Erhebung des Zustands eines gesamten Teilsystems (Fahrbahn, Kunstbauten, Tunnel, Betriebs- und Sicherheitsausrüstung), welche in der Regel periodisch durchgeführt wird.
Inspektion	Systematische Erhebung des Zustands
Note (eines Zustands)	Die Note eines Fahrbahnzustands ist ein Synonym für den Zustandsindex.
Zustandserhebungskampagne	Systematische Erhebung des Zustands der Fahrbahnen, welche in einem 5-jährigen Rhythmus durchgeführt wird. Kann mit dem Begriff Hauptinspektion gleichgesetzt werden.
Zustandsindex	Ein Zustandsindex ist ein durch Transformation des erhobenen Zustandswerts gewonnener, dimensionsloser Indexwert (z. B. Index der Querebenheit I3).
Zustandsklasse	Zustandsklasse entspricht einem Notenbereich der Zustandsindizes.
Zustandsmerkmal	Ein Zustandsmerkmal ist ein Merkmal zur qualitativen und/ oder quantitativen Darstellung des Fahrbahnzustands (z. B. Querebenheit).
Zustandswert	Ein Zustandswert ist der beobachtete oder gemessene Wert (in der Regel ein numerischer Wert) eines Fahrbahnzustands.

Literaturverzeichnis

Bundesgesetze

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1960), "**Bundesgesetz vom 8. März 1960 über die Nationalstrassen (NSG)**", SR 725.11, www.astra.admin.ch

Verordnungen

- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (2007), "**Nationalstrassenverordnung (NSV) vom 7. November 2007**", SR 725.111, www.astra.admin.ch

Bundesbeschlüsse

- [3] Schweizerische Eidgenossenschaft (2017), "**Bundesbeschluss über das Nationalstrassennetz (Netzbeschluss) vom 10. Dezember 2012 (Stand am 14. September 2016)**", BBl 2017 7807, www.astra.admin.ch

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2017), "**Nationalstrassennetz als räumliches Basis-Bezugssystem**", *Richtlinie ASTRA 10001, V1.20*, www.astra.admin.ch
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2022), "**Normalprofile; Nationalstrassen 1. und 2. Klasse**", *Richtlinie ASTRA 11001, V4.00*, www.astra.admin.ch
- [6] Bundesamt für Strassen ASTRA (2019), "**Inventarobjekte**", *Richtlinie ASTRA 1B001, V2.10*, www.astra.admin.ch
- [7] Bundesamt für Strassen ASTRA (2005), "**Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen**", *Richtlinie ASTRA 12002*, www.astra.admin.ch

Normen

- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), "**Geometrisches Normalprofil; Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer, inkl. Anhänge 1 und 2**", VSS 40 201, www.vss.ch
- [9] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2021), "**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen Grundnorm**", SN 640 510, www.vss.ch
- [10] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), "**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen: Griffigkeitsmessungen**", VSS 40 512, www.vss.ch
- [11] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), "**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen: Längsebenheit**", VSS 40 517, www.vss.ch
- [12] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), "**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen: Querebenheit**", VSS 40 518, www.vss.ch
- [13] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), "**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen – Anforderungen**", VSS 40 525, www.vss.ch
- [14] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2020), "**Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen; Prüfverfahren - Teil 5: Bestimmung der Längsunebenheitsindizes**", SN-EN 13036-5, www.vss.ch
- [15] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2015), "**Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen; Prüfverfahren – Teil 6: Bestimmung der Quer- und Längsprofile in den Wellenlängen der Ebenheit und der Megatextur**", SN 640 516-6/EN 13036-6, www.vss.ch
- [16] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2015), "**Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen; Teil 8: Verfahren zur Bestimmung der Griffigkeit von Fahrbahndecken durch Messung des Seitenreibungsbeiwertes (SFCD): das SKM-Griffigkeitsmessgerät**", SN 640 513-8/CEN-TS 15901-8, www.vss.ch
- [17] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2016), "**Oberflächeneigenschaften von Strassen und Flugplätzen - Prüfverfahren – Teil 8: Bestimmung der Parameter zur Ermittlung der Breitenunebenheit**", SN 640 516-8/EN 13036-8, www.vss.ch
- [18] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), "**Eigenschaften der Fahrbahnoberflächen; Messverfahren der Tragfähigkeit – Deflexionsmessungen**", VSS 40 330, www.vss.ch

-
- [19] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), **“Erhaltungsmanagement; Grundnorm“**, SN 640 900, www.vss.ch
-
- [20] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), **“Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF); Zustandserhebung und Indexbewertung“**, VSS 40 925b, www.vss.ch
-
- [21] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), **“Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF); Anleitung zur visuellen Zustandserhebung und Indexbewertung mit dem Schadenkatalog“**, VSS 40 925b-anhang, www.vss.ch
-
- [22] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2019), **“Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen EMF; Visuelle Zustandserhebung: Einzelindizes“**, VSS 40 926, www.vss.ch
-

Fachhandbuch des ASTRA

-
- [23] Bundesamt für Strassen ASTRA (2022), **“Trasse / Umwelt“**, *Fachhandbuch ASTRA 21001*, www.astra.admin.ch
-
- [24] Bundesamt für Strassen ASTRA (2016), **“Erhaltungsplanung - Arbeitsprozesse und Produkte“**, *Fachhandbuch ASTRA 2B010, V1.01*, www.astra.admin.ch
-

Dokumentation / Berichte

-
- [25] Bundesamt für Strassen ASTRA (2017), **“CPX-Messungen auf Nationalstrassen V1.00“**, *ASTRA 88010*, www.astra.admin.ch
-
- [26] Bundesamt für Strassen ASTRA (2023), **“Anwendungshandbuch TRA V2.3.0“**, *ASTRA 61011-Teil-1a*, www.astra.admin.ch
-
- [27] Bundesamt für Strassen ASTRA (2023), **“Anwendungshandbuch PMS TRA V2.3.0“**, *ASTRA 61011-Teil-1b*, www.astra.admin.ch
-
- [28] Bundesamt für Strassen ASTRA (2023), **“Interlis-Schnittstelle Trasse-Daten TRA V2.3.0“**, *ASTRA 61011-Teil-4*, www.astra.admin.ch
-
- [29] Bundesamt für Strassen ASTRA (2023), **“Datenerfassungshandbuch TRA V2.3.0“**, *ASTRA 61014*, www.astra.admin.ch
-
- [30] Bundesamt für Strassen ASTRA (2022), *Handbuch Beschaffungswesen Nationalstrassen*, 10. Auflage, 31.05.2022, www.astra.admin.ch
-
- [31] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV (2006), **“Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Zustandserfassung und -bewertung von Strassen ZTV ZEB-StB“**, FGSV 489, www.fgsv-verlag.de
-
- [32] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV (2019), **“AP 9 M Messtechnische Zustandserfassung von Strassen mit schnell fahrenden Messsystemen“**, FGSV 490_AP9M, www.fgsv-verlag.de
-
- [33] Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr FSV (2009), **“Straßenforschungsheft Nr. 584 Handbuch Pavement Management in Österreich“**, www.fsv.at
-
- [34] A. Weninger-Vycudil (2006), **“Bewertung des Strassenzustandes im Vergleich zwischen Österreich und Deutschland“**, PMS Consult, Wien
-
- [35] Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité IDRRIM (2022), **“Guide pour l’audit et le diagnostic d’un patrimoine d’infrastructures routières“**, www.idrrim.com
-
- [36] Infra Suisse (2021), **“Zustandsanalyse und Werterhaltung der Schweizer Kantonsstrassen“**
-
- [37] J. Perret, P. Rossel (2020), **“Planéité longitudinale: Exigences et indices d’état à partir des méthodes d’exploitation européennes“**, Bundesamt für Strassen ASTRA, Forschungsprojekt VSS 2016/322, FB 1674
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2024	1.00	18.10.2024	Erste Fassung der Richtlinie

