

**Die Zusammenfassungen sind teilweise stark veraltet (Vorlesungsinhalte aus vergangenen Semestern, alte Normen...) und sollten lediglich als Hilfestellung zum Verfassen eigener Zusammenfassungen dienen.**

## 3 Zustandserfassung und -bewertung

- zunächst nur visuelle Erfassung, ab 1990 auch messtechnische Erfassung
- Erfassung auf Bundesstraßen nur mit schnell fahrenden Messsystemen sinnvoll möglich
- Heute: Zyklus von 5 Jahren. Erfassung aller Fahrstreifen von Bundesautobahnen und einer Fahrtrichtung von Bundesstraßen

### 3.1 Erfassungsprinzip

- Zustandserfassung für drei Merkmalsgruppen: Ebenheit, Rauheit, Substanz der Oberfläche.
- für jede Merkmalsgruppe sind Zustandsmerkmale definiert, die über geeignete Indikatoren beschrieben werden können. Indikatoren werden aus Messdaten errechnet
- für Beurteilung der Substanz der Oberfläche (Struktureigenschaften: Tragfähigkeit, Ermüdungsbeständigkeit, Standfestigkeit) werden nur visuelle Merkmale der Oberfläche herangezogen, da nur diese mit schnellfahrenden Messsystemen erfasst werden können. Deshalb derzeit keine Tragfähigkeitsmessungen (nur stationär möglich)
- Aggregation von Zustandsmerkmalen auf 100m-Abschnitte (außerorts)

### 3.2 Zustandsmerkmale und zugehörige Indikatoren

- Merkmalsgruppe: Zustandsmerkmal (Indikator)
- Ebenheit im Längsprofil: Allgemeine Unebenheit (Welligkeit, spektrale Dichte), Einzelhindernisse (Unebenheitshöhe, Wellenlänge), periodische Unebenheiten (Unebenheitshöhe, Wellenlänge)
- Ebenheit im Querprofil: Spurrinnen (fiktive Wassertiefe, Spurrinntentiefe mittel 2m-Latte)
- Rauheit: Griffigkeit (Seitenreibungskoeffizienten)
- Für Merkmalsgruppe Substanzmerkmale (Oberfläche) werden die im Oberflächenbild erkennbaren strukturellen Schäden aufgenommen. Unterschiedliche Zustandsmerkmale für Beton- und Asphaltbauweise
- Substanzmerkmale (Oberfläche, Asphalt): Netzrisse und Risshäufungen, Flickstellen, Ausbrüche, Bindemittelanreicherungen (Flächenanteil); Einzelrisse und offene Arbeitsnähte (Gesamtlänge)
- Substanzmerkmale (Oberfläche, Beton): Längs- und Querrisse, Eckabbrüche, Kantenschäden (mittlere Gesamtlänge, Prozentsatz der betroffenen Platten); Nester und Abplatzungen, schadhafte Fugenfüllung, Flickstellen und bituminöser Teilersatz (Prozentsatz der betroffenen Platten)
- Erfassung der Substanzmerkmale (Oberfläche) im Windscreen-Verfahren (Mehrere Beobachter im Auto) oder durch Videoaufzeichnung und spätere Auswertung (höhere Geschwindigkeit, Fotodokumentation)

### 3.3 Durchführung der Zustandserfassung

- messtechnisch, mit schnellfahrenden Geräten (Mitschwimmen im Verkehr möglichst ohne Behinderung)
- Messungen bei trockener Fahrbahn. Bei Regen Laserabtastung ungenau oder Wasserfilm zu dick für Griffigkeitsmessung
- Besondere Vorkommnisse während der Messung sind zu dokumentieren und bei der Auswertung zu berücksichtigen (z.B. Abweichen vom Fahrstreifen wegen Baustelle)
- Qualitätssicherung für die Zustandserfassung: Erstprüfung (erfüllt Messsystem die gestellten Anforderungen?), Eigenüberwachung durch Betreiber und Kontrollprüfungen durch AG (Kontrollmessung, Kontrolle der Eigenüberwachung)

### 3.4 System der Zustandserfassung

- Überführung der aggregierten Zustandsgrößen über merkmalspezifische Normierungsfunktionen in dimensionslose Zustandswerte (1/sehr gut - 5) → direkter Vergleich zwischen den unterschiedlichen Zustandsmerkmalen
  - gruppenweise Verknüpfung der Einzelmerkmale zu Teilzielwerten (Gebrauchswert und Substanzwert und dem Gesamtwert (über Gewichtung)
  - Gebrauchswert: Befahrbarkeit, Fahrkomfort, Verkehrssicherheit (nutzerrelevante Belange)
  - Substanzwert: strukturelle Beschaffenheit der Fahrbahn (für Baulastträger relevant)
  - Technisches Regelwert gibt einheitliche Vorgehensweise für Normierung und Verknüpfung der Zustands- und Teilzielwerte vor
  - bei welcher Ausprägung hat ein Zustandsmerkmal welche Wirkungen auf ein Teilziel? → Normierung
  - Normierungsfunktionen haben qualitativ ähnlichen Verlauf und sind durch drei Stützstellen gekennzeichnet:
    - 1,5 (entspricht dem Neuwert): Dieser Wert ist bauvertraglich zu erreichen und entspricht (z.B. bei Ebenheitswerten) den Toleranzen für die Abnahme
    - 3,5 (Warnwert): Baulastträger muss Streckenabschnitt intensiv beobachten, Ursachen für den schlechten Zustand analysieren und ggf. geeignete Maßnahmen planen
    - 4,5 (Schwellenwert): Einleitung von baulichen oder verkehrsbeschränkenden Maßnahmen prüfen
  - Unterhalb des 1,5-Wertes werden alle Zustandswerte auf 1 und oberhalb des Schwellenwertes alle Zustandswerte auf 5 gesetzt
  - Warn- und Schwellenwert können je nach Bedeutung einer Straße unterschiedlich groß sein
  - bei höheren Anforderungen an die Straße werden strengere Maßstäbe angelegt. Anforderungsniveau von Straßen ist durch drei Funktionsklassen gekennzeichnet (Wichtigkeit der Straße sinkt mit zunehmender Funktionsklasse)
  - Berechnung der Teilzielwerte erfolgt durch Verknüpfung von Einzelmerkmalen mit einer bestimmten Gewichtung. Die Gewichtung spiegelt die Bedeutung eines Merkmals wider
  - der Gesamtwert ergibt sich durch die Verknüpfung der beiden Teilzielwerte mittels Durchschlagregel (schlechterer Wert maßgebend)
  - Darstellung des Gesamtwertes in acht Zustandsklassen, farbliche Kennzeichnung
  - Ergebnisse müssen für das gesamte Netz tabellarisch und grafisch aufbereitet und statistisch ausgewertet werden
  - Wenn das Netz zu viele schlechte Straßen aufweist, für die aus finanziellen Gründen nicht komplett Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden können, kann zur Ermittlung des Gesamtwertes eine multiplikative Verknüpfung verwendet werden: Es wird nur der schlechtere Wert der beiden Teilwerte genommen, wenn beide Teilwerte gleich schlecht sind (besserer Wert zählt)
  - Aus den Zustandsmerkmalen und -werten lassen sich vier Qualitätsstufen ableiten, die eine Einschätzung über erforderliche Maßnahmen geben
    - Qualitätsstufe 1: Keine Erneuerungsmaßnahmen, ggf. Instandsetzungsmaßnahmen
    - Qualitätsstufe 2: Instandsetzungsmaßnahmen, ggf. Erneuerungsmaßnahmen
    - Qualitätsstufe 3: Erneuerungsmaßnahmen gemäß RStO
    - Qualitätsstufe 4: Erneuerungsmaßnahmen gemäß RStO
  - Als Vorstufe zur Bildung von Baulosen/Bauabschnitten werden im letzten Schritt homogene Abschnitte gebildet → zustandsähnliche Abschnitte mit gleicher Qualitätsstufe und gleicher erwarteter Zustandsentwicklung
  - weitere Kriterien: baubetrieblicher Erfordernisse, Verkehrsbelastung, Bauweise/Schichtaufbau, Querschnitt, Abschnittslänge, Lage (z.B. zwischen zwei Knotenpunkten)
- 
- Bewertung der Zustandsentwicklung, um in verschiedenen Jahren erfasste Zustandswerte zu analysieren und den Eingreifzeitpunkt abschätzen zu können
  - Qualität des Netzes kann in jedem beliebigen Jahr prognostiziert werden
  - Zustandsentwicklung kann mit typisierten Verhaltensfunktionen für jedes Merkmal abgeschätzt werden
  - qualitative Verläufe aus Forschung und Erfahrung: Längs- und Querebenheit (schwach progressiv), Spurrinnen (degressiv-konsolidierend), Griffigkeit (linear, fehlende Erkenntnisse), Schadenswert (stark progressiv)

## 4 Erhaltungsmaßnahmen auf Netzebene

### 4.1 Erhaltungsstrategie

- Planung von Erhaltungsmaßnahmen muss an Zielen ausgerichtet werden (z.B. bestimmte Netzqualität, keine Verschlechterung, etc.)
- Ermittlung des aus technischer Sicht erforderlichen Erhaltungsbedarfs (auf der Grundlage der bewerteten Netzqualität) und der voraussichtlichen Zustandsentwicklung
- kurzfristig einzuleitende Maßnahmen wegen sicherheits- oder substanzgefährdender Zustände sind separat auszuweisen
- Ermittlung des umsetzbaren Erhaltungsumfanges aufgrund der verfügbaren Hausmittel
- Grundsätze: möglichst lange Intervalle, größtmöglicher Nutzen aus den verfügbaren Hausmitteln
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gibt Aufschluss über die erforderlichen Investitionskosten im Vergleich zum gesamtwirtschaftlichen Nutzen
- Überprüfung der Zielerreichung (angestrebte Netzqualität), ggf. Modifikation der Erhaltungsstrategie
- kurzfristig einzuleitende Maßnahmen sind zwingend erforderlich und umgehend umzusetzen, wenn Ergebnisse der Netzbewertung und Analyse des Unfallgeschehens einen Zusammenhang zwischen Straßenzustand und Unfallgeschehen nicht mehr ausschließen → Instandsetzungsmaßnahmen oder verkehrsbeschränkende Maßnahmen

### 4.2 Bedarfsplanung

- notwendige Voraussetzung für die Erstellung eines Erhaltungsprogrammes
- umfasst Auflistung der erforderlichen Maßnahmen in den nächsten 5-10 Jahren
- mithilfe von Mängelklassen können Maßnahmenarten für jeden Abschnitt bestimmt werden, welche die wahrscheinlichsten Schadensursachen beseitigen
- falls detaillierte Erkenntnisse über die Schadensursache vorliegen, sind diese vorrangig
- für die Feststellung einer Maßnahmenart ist deren Wirkung (Verhaltensänderung) von Bedeutung. Diese wird durch den Rücksetzwert (Maß für die Verbesserung eines Zustandswertes durch eine Maßnahme) wiedergegeben
- Tabellen zur Ermittlung der Mängelklasse, der Maßnahmenwirkung und den Rücksetzwerten

### 4.3 Erhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen

- Unterhaltung: Maßnahmen kleineren Umfangs an Straßenbefestigungen und bauliche Sofortmaßnahmen, die den Substanzwert nicht wesentlich erhöhen. Erfassen nur kleine Flächen oder Bauteile. Werden i.d.R. sofort nach dem Auftreten des Schadens mit geringem maschinellen Aufwand durchgeführt
- Instandsetzung: Gehen deutlich über das Maß einer Unterhaltungsmaßnahme hinaus, stellen aber keine Erneuerung der Straßenbefestigung dar. Deutliche Anhebung des Gebrauchswertes. Reichen mindestens über eine volle Fahrstreifenbreite
- Erneuerung: Vollständige oder teilweise Wiederherstellung der vorhandenen Straßenbefestigung. Der vollständige Gebrauchs- und Substanzwert einer Fahrbahn wird wieder erreicht. Reichen über die volle Fahrbahnbreite und umfassen meist mehr als nur die Deckschicht. Verstärkung durch den Einbau einer oder mehrerer Schichten (Abtragen der oberen Schichten oder direkt auf die Deckschicht) oder vollständiger Ersatz der vorhandenen Befestigung
- technische Kriterien: Art/Umfang der Schäden, Restnutzungsdauer, mögliche Maßnahmen, Verkehrsbelastung
- wirtschaftliche und verkehrliche Kriterien: Verkehrsführung während Bauzeit, Zeitpunkt/Bauzeit der Maßnahme, Kosten der Erhaltungsmaßnahme und der verkehrslenkenden Maßnahmen, Absicherung der Baustelle, Nutzerkosten (Reisezeit, größere Unfallgefahr)
- Kenntnis der Schadensursache entscheidend für erfolversprechende Schadensbeseitigung
- nicht standfeste oder aus anderen Gründen unbrauchbare Teile der Straßenbefestigung sind auszubauen
- Kosten des gewählten Bauverfahrens müssen mit Dauerhaftigkeit der Wirkung und der Restnutzungsdauer der vorhandenen Straßenbefestigung in Einklang stehen
- bei hoher Restnutzungsdauer Bauverfahren wählen, die die Schäden dauerhaft beheben und ihre Ursachen ausschalten

## 4.4 Maßnahmen für Asphaltstraßen

- Übersichten zum Fahrbahnzustand und den möglichen baulichen Maßnahmen
- Unterhaltungsmaßnahmen zur Beseitigung kleiner Schäden (Schlaglöcher, Risse, Splittverlust, usw.): Anspritzen und Absplitten, Aufbringen von bituminösen Schlämmen und Porenfüllmassen, Ausbessern mit Asphaltmischgut, Verfüllen und Vergießen, Aufrauhern, Abfräsen von Unebenheiten
- Oberflächenbehandlungen zur Instandsetzung größerer Flächen: dünne bituminöse Schichten durch Anspritzen der Unterlage und Abstreuen mit Edelsplitt. Schutz von Verkehrsflächen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit, Erhöhung der Griffigkeit, Verringerung der Aquaplaning-Gefahr, Verbesserung der Sichtverhältnisse bei Nacht und Nässe
- Unebenheiten in Querrichtung können durch Fräsen beseitigt werden: Entfernen von Teilen der Asphaltbefestigung, meist in Verbindung mit ergänzenden Maßnahmen
- Profilverbesserung als Instandsetzungsmaßnahme bei Verschleiß und Verformung (Verbesserung der Verkehrssicherheit: Abfräsen von Teilflächen, Spurrinnenausgleich, Ausgleichsschichten, Rückformen einer Befestigung
- Beseitigung von Spurrinnen im Heiß- oder Kalteinbau
- Rückformen durch Aufheizen, Auflockern und Wiedereinbauen von Asphaltdeckschichten: Reine Rückformung (Reshape), dünne neue Schicht Ergänzungsmischgut auflegen (Repave) oder Zusatzmischgut im Gerät mit Fräsasphalt vermischen und wieder einbauen (Remix)
- Dünne Schichten (bis 2cm) zur Instandsetzung von Deckschichten bei Verschleiß, Rissen und verminderter Griffigkeit im Heißeinbau (Mischgutarten für Deckschichten nach ZTV) oder im Kalteinbau (Edelsplitt, spezielle Bitumenemulsion mit/ohne Polymervergütung, haftverbessernde Zusätze, Zement oder Kalk, Wasser)

## 4.5 Maßnahmen für Betonstraßen

- Oberflächenbehandlung um die Eigenschaften der Oberfläche zu verbessern
  - Sandstrahlen: Vorbehandlung zur Beseitigung von Verschmutzungen und zum Aufrauhern; Verbesserung der Mikrorauheit; Oberflächenfestigkeit wird nicht verändert
  - Flammstrahlen: abschälen der obersten Betonschicht; Gefüge des Betons wird verändert (nur als Vorbehandlung, mechanische Nachbehandlung nötig)
  - Fräsen als Vorbehandlung bei Beschichtung mit Mörtel zur Erhöhung der Griffigkeit, zur Verbesserung der Wasserabflussverhältnisse und zur Beseitigung von Stufen
  - Schleifen: maßgenauer Abtrag der Oberfläche, Verbesserung der Ebenheit, Abtragen von Schichten geringer Dicke. Verminderung der Griffigkeit, deshalb nur für kleine Flächen geeignet
  - maschinelles Stocken: Betonschichten geringer Festigkeit lösen, Bearbeitung mit senkrecht schlagenden Meißeln
  - Abstemmen: Lösen dicker Betonschollen auf kleinen Flächen
  - Rillenschneiden: Verminderung der Gefahr von Aquaplaning bei unzureichender Oberflächenentwässerung (Verbesserung des Kraftschlusses). I.d.R. nur als vorübergehende Maßnahme
  - Imprägnieren: Verbesserung des Verhaltens gegenüber Abwitterung bei zu geringem Widerstand gegen Frost und Tausalz durch Eindringen der Imprägnierflüssigkeit (Leinöl, Harze) in die oberste Betonzone
  - Verbesserung von Ebenheit, Griffigkeit, Wasserabfluss und Ausbesserung von Oberflächen durch Aufbringen dünner Schichten: Zement- oder Reaktionsharzmörtel, bituminöse Oberflächenschutzschichten, dünne bituminöse Schichten im Kalteinbau
- Fugenpflege, damit möglichst kein Wasser unter die Betondecke gelangt: Bei Bedarf Reinigung der Fugenspalten, vergießen oder mit Fugenprofilen verschließen
- Haarrissen: Behandlung nicht erforderlich oder Imprägnieren der Oberfläche
- 0,2-1mm: Verfüllung mit Reaktionsharzen
- >1mm: wie Fugen behandeln. Vor Verfüllung reinigen und durch Schneiden oder Fräsen erweitern
- Kantenschäden aus Sicherheitsgründen und um weiteren Schäden vorzubeugen sorgfältig ausbessern: lose Teile Abstemmen, mit Zement- oder Reaktionsharzmörtel ordnungsgemäße Kante bilden
- Nachträgliches Verdübeln oder Verankern bei durchgehenden Quer- oder Längsrissen (Gefahr des Abwanderns von Plattenteilen): Schlitz in die Decke schneiden, Anker/Dübel einlegen, mit Mörtel vergießen
- Hohlräume unter Platten (Nachverdichtung, Erosion durch Pumpeffekte) verursachen Stufen und Risse: Platte Anbohren, mit Druckluft lösen, mit hydraulischem Spezialmörtel Unterpressen. Festlegen (vollflächig und satt ausfüllen) oder Festlegen und Heben (zur Beseitigung von Stufen)
- wenn Platten oder Plattenteile unter Bildung von Rissen und Stufen weitgehend zerstört sind, werden sie i.d.R. erneuert: Behandlung von Rissen wie Fugen, Austausch von Platten oder Plattenteilen. Ersatz in Beton- oder Asphaltbauweise. Oft Asphalt, da Strecke dann nicht solange gesperrt werden muss, führt aber zu Unebenheiten (Asphalt weniger starr als Beton)

- Vorübergehende Verbesserung des Zustandes der Befestigung (Verkehrssicherheit!) bis zur Erneuerung von Betonstraßen durch Aufbringen von Asphaltsschichten (verbessert v.a. Oberflächeneigenschaften). Schichten werden i.d.R. auf die festliegenden Betonplatten aufgebracht, so dass über deren Fugen auch Fugen in die bituminöse Schicht eingeschnitten werden müssen
- Fernhalten von Wasser von der Straßenbefestigung ist wesentlich für deren Bestand. Vorflutverhältnisse im Rahmen der Erhaltungsmaßnahmen überprüfen. Verbesserung der Entwässerung verbessert oft auch Tragfähigkeit und Standfestigkeit der Unterlage (schnelles Abführen von Wasser, vermeiden von Durchfeuchtung). Maßnahmen: zusätzliche Sickerrohrleitung, Abdichtung gegen andrängendes Wasser, Verbessern des Oberflächenabflusses
- vor Erneuerung einer Fahrbahnkonstruktion müssen intensive Vorüberlegungen getroffen werden! Verwendung vorhandener Schichten (Restnutzungsdauer), Änderung von Gradienten/Lageplan/Querschnitt, Zwangspunkte in der Höhe (Über-/Unterführungsbauwerke), zukünftige Belastung (Belastungsklasse anhand von Verkehrsprognosen, zukünftiger Geometrie, usw.)
- Bemessungsverfahren für Erneuerung in RStO beschrieben
- Tiefenbau (Höhenlage unverändert) oder Hocheinbau (größere Schichtdicke, Höhenzwangspunkte beachten). I.d.R. wird Decke und ein Teil der Tragschicht ausgetauscht

## 4.6 Erhaltungsprogramm

- erste Arbeitsschritte im Rahmen einer systematischen Erhaltungsplanung: Zustandserfassung und -bewertung, Entwicklung einer Erhaltungsstrategie, Festlegung über die aus Sicherheitsgründen kurzfristig einzuleitenden Maßnahmen, Bedarfsplanung
- letzter Schritt: Aufstellen eines mittelfristigen Erhaltungsprogrammes, um den aus technischer Sicht erforderlichen Erhaltungsbedarf unter Berücksichtigung der finanziellen und planerischen Rahmenbedingungen in praktisches Verwaltungshandeln umzusetzen
- Grundlage: Kosten für kurzfristig einzuleitende Maßnahmen, Kosten für Maßnahmen aus der Bedarfsplanung (auf Zeitpunkt der Maßnahme prognostiziert) und Kosten aus der baulichen Unterhaltung
- Wirkungen der Maßnahmen sind bekannt (Rücksetzwerte), daher können Maßnahmenvarianten (für jeden homogenen Abschnitt) bzw. Strategien (netzweite Betrachtung) nach einem Kosten-Wirksamkeits-Index gereiht werden
- es ergibt sich optimale Maßnahme (für jeden Abschnitt) bzw. eine optimale Strategie (netzweite Betrachtung), gekennzeichnet durch Maßnahmen Art und Jahr der Ausführung. Diese kann aber nur bei freiem Budget realisiert werden.
- Prüfen, welche Maßnahme bzw. Strategie aufgrund der vorgegebenen Hausmittel realisiert werden kann (bei möglichst hohem Wirksamkeitswert)
- Grafische Darstellung in einem Diagramm möglich. Ursprung entspricht dem Nichtstun-Fall. Steigung gibt Kosten-Wirksamkeits-Index an. Ausschluss offensichtlich ineffizienter Maßnahmen. Profil in Form einer Konvex-Einhüllenden erstellen (Ausschluss von Maßnahmen mit starker Kostenzunahme bei unterproportionaler Wirksamkeitszunahme)
- Suche nach dem Optimum unter Budgetvorgabe
- i.d.R. können mit den bereitgestellten Mitteln nicht alle Maßnahmen aus der Bedarfsplanung durchgeführt werden. Der Baulastträger muss deshalb in einem iterativen Prozess Maßnahmen und Strategien modifizieren, bevor er eine Entscheidung fällen kann. Idealerweise Unterstützung durch PMS-Software
- alle Maßnahmen im Netz müssen aufeinander abgestimmt werden, damit keine unzumutbaren Verkehrsverhältnisse entstehen
- die so abgestimmte Erhaltungsplanung kann dann realisiert werden (Ausschreibung, Vergabe). Bei Bundesfernstraßen muss der Bund zustimmen