



TEIL 2

ERHALTUNGSBEDARF VON BUNDES- UND LANDESSTRASSEN IN NIEDERSACHSEN ANHAND VON ZUSTANDBEWERTUNGEN AUSGEWÄHLTER STRECKEN



Institut für Verkehrswirtschaft, Systemwesen und Städtebau
Fachgebiet konstruktiver Systembau
Universität Hannover
Projektleiter: apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Hothan
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Thomas Gebauer

Erhaltungsbedarf von Bundes- und Landesstraßen in Niedersachsen anhand von Zustandsbewertungen ausgewählter Strecken

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	78
2. Verfahren zur Ermittlung der Zustandsentwicklung und des Erhaltungsbedarfes	79
2.1. Allgemeines	79
2.2. Globale volkswirtschaftliche Verfahren	80
2.3. Netz- und gruppenbezogene Modellverfahren	82
2.3.1. Grundvariante des Strategiemodellverfahrens mit Altersverteilungen	82
2.3.2. Erweitertes Strategiemodellverfahren mit Zustandsverteilungen	84
2.4. Verfahren mit abschnittsbezogenen Erhaltungsstrategien für den Straßenoberbau	87
2.4.1. Anwendungsgrundlagen	87
2.4.2. Verfahrensablauf	93
2.5. Ansatz einer exponentiellen Alterungsfunktion	97
2.5.1. Allgemeines	97
2.5.2. Auswertung	97
2.5.3. Zustandsoptimierung des Gesamtnetzes	100
2.6. „Lineares Verfahren“ auf Grundlage statistischer Auswertungen	106
2.7. Beurteilung der Prognosemodelle	108



3. Beschreibung des Untersuchungsprogramms	109
4. Durchführung der Zustandserfassungen	109
4.1. Allgemeines	109
4.2. Beschreibung der Untersuchungsstrecke	109
4.3. Vorbereitung der Erfassung	112
4.4. Durchführung der Erfassung	114
4.5. Zustandsbewertung	116
4.5.1. Zustandsbewertung nach FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/D [6]	116
4.5.2. Zustandsbewertung nach JAGL [2], [3]	119
4.6. Darstellung der Untersuchungsergebnisse	119
4.7. Auswertung der Zustandserfassung	120
5. Prognose über die Zustandsentwicklung der Untersuchungsstrecken	123
5.1. Allgemeines	123
5.2. Zustandsentwicklung der Bundesstraßen	123
5.2.1. Allgemeines	123
5.2.2. Anwendung des Prognosemodells	124
5.2.3. Zusammenfassung der Variantenuntersuchungen der Bundesstraßen	130
5.3. Zustandsentwicklung der Landesstraßen	132
5.3.1. Allgemeines	132
5.3.2. Anwendung des Prognosemodells	133
5.3.3. Zusammenfassung der Variantenuntersuchungen der Landesstraßen	139
5.4 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	141
Literaturverzeichnis	144
Anlagen	145

1. Einleitung

Dieser Beitrag hat die Ermittlung des Erhaltungsbedarfs von Bundes- und Landesstraßen in Niedersachsen zum Thema.

Das Fachgebiet Konstruktiver Straßenbau des Instituts für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover hat dazu im Auftrag des Verbandes der Bauindustrie in Niedersachsen im ersten Halbjahr 2000 Umleitungsstrecken folgender Autobahnteilabschnitte in Niedersachsen untersucht:

- AK Braunschweig-Nord bis AS Helmstedt-Ost der BAB A2 und
- AS Derneburg/Salzgitter bis AS Göttingen der BAB A7.

Die zu untersuchenden Abschnitte für die Bundesautobahn BAB A2 weisen eine Länge von ca. 80 km und die für die Bundesautobahn BAB A7 von etwa 150 km auf, so dass insgesamt ungefähr 230 km Autobahnumgehungsstrecken der BAB A2 und A7 untersucht wurden.

Bei den zu untersuchenden Strecken handelt es sich vorwiegend um Bundes- und Landesstraßen der Kategorien A bis C. Einige Streckenabschnitte sind als Bundesautobahnen, Kreisstraßen und innerörtliche Verkehrswege der Kategorien A bis D zu klassifizieren (siehe [1], Tabelle 1). Alle untersuchten Streckenabschnitte sind in Asphaltbauweise ausgeführt.

Ziel dieser Arbeit ist eine Zustandsbewertung des o.g. Untersuchungsraumes unter Einbeziehung einer in diesem Untersuchungsraum zuvor durchgeführten Zustandserfassung.

Die Bewertung der Streckenabschnitte soll dazu genutzt werden, unter Zuhilfenahme geeigneter Prognosemodelle zur Zustandsentwicklung von Straßen, Aussagen zum zu erwartenden Erhaltungs- und Investitionsbedarf des Untersuchungsraumes unter Berücksichtigung aktueller Erhaltungs- und Investitionsmittel [13] zu erhalten.

Dieses Untersuchungsprogramm wurde durch das Niedersächsische Landesamt für Straßenbau unter Federführung des Ministeriums für Wirtschaft, Technologie und Verkehr unterstützt.



In diesem Zusammenhang möchten wir uns für die Unterstützungen, Bemühungen und Anregungen, die uns sowohl durch das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr als auch durch das Niedersächsische Landesamt für Straßenbau zuteil wurden, ganz herzlich bedanken. Diese Zusammenarbeit hat maßgeblich zur Bearbeitung und Fertigstellung des Untersuchungsprogramms beigetragen.

2. Verfahren zur Ermittlung der Zustandentwicklung und des Erhaltungsbedarfes

2.1 Allgemeines

Vor dem Hintergrund der ständig zunehmenden Finanznot stellt sich für die Träger öffentlicher Verkehrswege, also Bund, Land, Kommunen und Gemeinden, die Frage, welche Finanzmittel in Zukunft für eine funktionsgerechte und wirtschaftliche Straßenerhaltung benötigt werden. Erhaltungsbedarfsprognosen und begleitende Auswertungen haben deshalb zum Ziel, generelle Aussagen zu den Zuständen im Netz und zu dem daraus ableitbaren voraussichtlichen Mittelbedarf kurz- und mittelfristig zu liefern.

In der Vergangenheit wurde zur Ermittlung des künftigen Erhaltungsbedarfes das Verfahren der Trendextrapolation eingesetzt. Bei diesem relativ einfachen, jedoch wenig aussagefähigen Verfahren wurde in einem Zeitreihendiagramm entweder graphisch oder analytisch, z.B. mit Hilfe der Methode des gleitenden Durchschnitts, eine Trendkurve ermittelt, aus der die Prognosewerte für die künftigen Jahre abgelesen werden können. Da der Wert derartiger Trendprognosen begrenzt ist, wird auf diese unzeitgemäße Methode nicht weiter eingegangen.

In der heutigen Zeit wird der Erhaltungsbedarf für die Straßen mit Hilfe empirisch ermittelter Nutzungsdauern bestimmt. Hierzu können sogar konkrete Erhaltungsmaßnahmen unter Einbeziehung vorher definierter Erhaltungsziele – z.B. Sicherheit, Befahrbarkeit, Substanzerhalt, Umweltverträglichkeit – zugeordnet werden. Informationen über den Bestand an Verkehrsflächen und die Kenntnis des Zustandes ermöglichen eine relativ zuverlässige Abschätzung des Erhaltungsbedarfes. Mit Hilfe von visuell-sensitiven oder messtechnischen Erfassungsverfahren erhobene Zustandsgrößen können einbezogen werden.

Zur Ermittlung des Erhaltungsbedarfes und der Zustandsentwicklung kommen folgende Verfahren und Ansätze in Betracht:

- Globale volkswirtschaftliche Verfahren der Investitions- und Vermögensrechnung (Abschnitt 2.2),
- Netz- und gruppenbezogene Modellverfahren; es wird hier eine bestandsbezogene Variante unter der Bezeichnung „Strategiemodellverfahren“ (Abschnitt 2.3.1) als auch eine modifizierte zustandsbezogene Variante unter der Bezeichnung „Erweitertes Strategiemodellverfahren mit Zustandsverteilungen“ (Abschnitt 2.3.2) angewendet,
- Objektbezogenes Verfahren; basiert auf mikroskopischen Betrachtungen einzelner Straßenabschnitte und wird unter der Bezeichnung „Verfahren mit abschnittsbezogenen Erhaltungsstrategien für den Straßenoberbau“ (Abschnitt 2.4) angewendet,
- Ansatz einer exponentiellen Alterungsfunktion (Abschnitt 2.5) und
- ein Prognosemodell auf Grundlage statistischer Auswertungen (Abschnitt 2.6).

Diese Verfahren und Ansätze, die sich in der Methodik, vor allem aber auch in ihren Anforderungen an den Differenzierungsgrad der Ausgangsdaten unterscheiden, werden in den folgenden Abschnitten zusammenfassend erläutert.

2.2 Globale volkswirtschaftliche Verfahren

Vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) wurde ein globales volkswirtschaftliches Modellverfahren für die Praxis erarbeitet, das die Ermittlung und Fortschreibung von Anlagebeständen aus Zeitreihendaten zur Investitionstätigkeit von Wirtschaftsbereichen ermöglicht. Bei dieser für den Verkehrssektor konzipierten Investitions- und Vermögensrechnung handelt es sich um eine Methode, die als „perpetual-inventory-Konzept“ bezeichnet und im Rahmen von volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen angewendet wird [8]. Hierzu werden gleichzeitig die Abgänge und die Abschreibungen aus den Zeitreihen der Investitionsaggregate ermittelt und den Investitionen gegenübergestellt. Unter den Abgängen versteht man das endgültige physische Ausscheiden von Gütern aus dem Anlagebestand im Sinne von Stilllegung oder Verschrottung. Es wird unterstellt, dass jedes Anlagegut bis zu dessen Ausscheiden in seiner Kapazität nahezu uneingeschränkt nutzbar bleibt. Die Abschreibung definiert sich als eine Wertminderung der verbleibenden Anlageteile. Der Ersatz- bzw. Erhaltungsbedarf wird hier mit Hilfe der Anlagevermögensrechnung in Abhängigkeit von der Entwicklung der Anlageinvestitionen in der Vergangenheit und im Prognosezeitraum ermittelt.



Die Messung von Sachvermögensbeständen und deren Veränderung ist dadurch möglich, dass den jährlich ermittelten Bruttoinvestitionen (Zugänge zum Bestand) Schätzungen der Deinvestitionen (Abgänge aus dem Bestand) gegenübergestellt werden. Diese Schätzungen erfolgen in der Regel nach einem formalen Ansatz, bei dem die Investitionsjahrgänge der Vergangenheit entsprechend einer Funktion für die Überlebenswahrscheinlichkeit gewichtet werden. Die Überlebensfunktion gibt an, welcher Anteil eines Investitionsjahrganges nach einer bestimmten Zeit noch im Bestand erhalten ist. Die Funktion basiert auf der Annahme, dass die Nutzungsdauern der Anlagegüter eines Investitionsjahrganges mit einer bestimmten Streuung um einen Mittelwert verteilt sind [9].

Die Struktur dieses Modells wird in das Brutto-Konzept und das Netto-Konzept der Anlagevermögensrechnung unterteilt. Das Brutto-Anlagevermögen als jährliche Bestandsgröße ergibt sich durch Kumulation der Salden der Zeitreihen der Abgänge und der Investitionen aus allen Vorperioden. Im Brutto-Anlagevermögen werden also alle Teile von Investitionsjahrgängen erfasst, die bis zum Bezugsjahr ihrer Verwendung zugeführt und zwischenzeitlich noch nicht stillgelegt wurden. Die Restnutzungsdauern der Anlagen bleiben bei diesem Konzept unberücksichtigt. Das Brutto-Anlagevermögen misst also den Bestand aller zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen leistungsfähigen Anlagen.

Im Gegensatz dazu wird beim Netto-Anlagevermögen die Leistungsreserve des Bestandes dargestellt. Nimmt man für die einzelne Anlage über ihre gesamte Nutzungsdauer eine konstante Leistungsaufgabe an, so verläuft die Abschreibung linear. Die Abschreibungen sollen die Wertminderungen derjenigen Anlagen des Sachvermögensbestandes quantifizieren, die zum Zeitpunkt t nicht mehr für ihre volle Nutzungsdauer zur Verfügung stehen. Das Netto-Konzept stellt somit eine hypothetische Beziehung zwischen physischer Leistungsabgabe und Wertminderung (Kapitalverzehr) her [9]. Das Netto-Anlagevermögen ist demzufolge im Gegensatz zum Brutto-Anlagevermögen, das dem Neuwert entspricht, zu Wiederbeschaffungspreisen ein Maß für den durchschnittlichen Zeitwert.

2.3 Netz- und gruppenbezogene Modellverfahren

Zu diesen Prognosemodellen des Erhaltungsbedarfes gehören die Strategiemodellverfahren für den Straßenoberbau. Bei dieser Methode werden alle Straßenabschnitte eines betrachteten Straßennetzes bestimmten Gruppen zugeordnet, die durch Annahmen über die Erhaltungsmaßnahmen eine sinnvolle, wirtschaftlich vertretbare und der Praxis möglichst entsprechende Erhaltungsstrategie ergeben sollen. Den Strategiemodellverfahren werden zwei verschiedene Verfahren zugeordnet, die im Weiteren erläutert werden. Die erste Methode legt für den Erhaltungsbedarf die Altersstruktur zugrunde. Das zweite Verfahren wurde dahingehend erweitert, dass neben der Altersstruktur die beobachtete und zeitlich fortgeschriebene Zustandsverteilung berücksichtigt wird.

2.3.1 Grundvariante des Strategiemodellverfahrens mit Altersverteilungen

Der Zeitpunkt der Erhaltungsmaßnahmen bestimmt sich einerseits aus der Nutzungsdauer und andererseits aus dem Alter der Befestigungen. Das Alter einer Befestigung ist der Zeitraum zwischen dem Jahr der Ersterstellung oder der Erneuerung der Befestigung und der Gegenwart. Die Befestigung muss dabei nicht als Ganzes gesehen werden. Die Angabe des Alters kann sich auch auf einzelne Schichten des Befestigungsaufbaus beziehen. Die Altersstruktur einer Merkmalgruppe wird in Form von Investitionszeitreihen beschrieben, die auch die jeweiligen flächenmäßigen Anteile (prozentual oder absolut) enthalten [10]. Dazu müssen zunächst einmal die Abschnitte eines betrachteten Straßenabschnittes derartigen Merkmalsgruppen zugewiesen werden. Die mit Hilfe dieser Merkmale abgegrenzten Gruppen sollen innerhalb der Gruppe bezüglich der Modellvariablen möglichst homogen sein, sich diesbezüglich aber untereinander signifikant unterscheiden.

In der folgenden Tabelle werden die charakteristischen Merkmale zur Einteilung der Straßenabschnitte aufgezeigt, die einen dominierenden Einfluss auf die Modellvariablen haben:



Tabelle 1: Merkmale für die Einteilung des Straßenoberbaus in Merkmalsgruppen [8].

Merkmale	Ausprägungen im Strategiemodellverfahren
Straßenkategorie	Bundesautobahn, Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreisstraßen oder kommunale Straßentypen
Schwerverkehrsbelastung	Bauklassen gemäß den Verkehrsbelastungszahlen VB der RStO 86/89
Bauweise	Art der Decke (Asphaltbeton, Gussasphalt, Splittmastix, Beton)
Querschnittsabmessungen	Anzahl und Breite der Fahrstreifen pro Richtung oder Fahrbahnbreite (bzw. Regelquerschnitte)

Zur wirklichkeitsnahen Wiedergabe der Realität werden die Modellvariablen

- Zeiträume zwischen aufeinanderfolgenden Erhaltungsmaßnahmen (Erhaltungsintervalle)
- Anteile der Maßnahmearten und
- Maßnahmekosten

als wahrscheinlichkeitsverteilte Eingabedaten gewählt.

Für diese Parameter kommen keine festen Werte, sondern statistische Verteilungen zum Ansatz. Der Grund hierfür liegt zum einen darin, dass die Modellparameter nur mit erheblichen Unsicherheiten quantifizierbar sind, und zum anderen einige Parameter nur schwer erfassbar sind. Die Daten für die Erhaltungsintervalle und die Erhaltungsmaßnahmearten sind statistisch nicht abgesichert. Sie basieren auf Expertenbefragungen und Analysen zur Erhaltungsgeschichte. Den Maßnahmekosten für den Straßenoberbau liegt eine Basiskalkulation zugrunde, die mit den Preisindizes des Statistischen Bundesamtes für die einzelnen Teilleistungen auf das jeweilige Bezugsjahr hochgerechnet werden.

Für die Verwendung dieses Strategiemodellverfahrens werden dementsprechend die Modellvariablen, die Merkmalsgruppen zur Einteilung der verschiedenen Straßenabschnitte sowie deren Altersstruktur benötigt. Besonders das Alter der Straßenabschnitte ist für dieses Verfahren von enormer Wichtigkeit. Das Alter kann sich dabei auf die

Herstellung bzw. auf die letzte (Decken-) Erneuerung beziehen. Die Berechnung wird anhand der Altersstruktur in Form einer Simulationsrechnung, der Monte-Carlo-Methode, durchgeführt.

Der Berechnungsablauf dieser Methode ist folgender:

- (1) Für jeden einzelnen Investitionsjahrgang werden über die Verteilung der Erhaltungsintervalle die künftigen jährlichen Erhaltungsflächen ermittelt.
- (2) Die Erhaltungsflächen der einzelnen Jahrgänge werden summiert und ergeben den gesamten jährlichen Umfang der Erhaltungsmaßnahmen.
- (3) Die jährlichen Erhaltungskosten sind das Produkt aus den Erhaltungsflächen und der kombinierten Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Anteile der Maßnahmenarten und die Maßnahmekosten.
- (4) Die jährlichen Kosten werden zu mittleren Kosten, bezogen auf einen längeren Zeitraum (z.B. Halbdekaden = Zeitraum von 5 Jahren) zusammengefasst.

2.3.2 Erweitertes Stratiemodellverfahren mit Zustandsverteilungen

Diese Methode wurde zum vorherigen Verfahren dadurch modifiziert, dass neben den Altersangaben auch Daten über den Zustand der Straßenanlagen vorliegen. Diese Zustandsdaten können entweder messtechnisch oder visuell-sensitiv erfasst werden. Zu den visuell-sensitiv ermittelten Zustandsdaten gehören: Allgemeine Unebenheiten, Spurrinnentiefe, Risse, Flickstellen und sonstige Oberflächenschäden (z.B. Splittverlust, Ablösungen). Bei der visuell-sensitiven Zustandserfassung werden die Zustandsgrößen für unterschiedlich lange, in sich möglichst homogene Abschnitte ermittelt.

Vor dem Hintergrund der Entscheidungsfindung für den Erhaltungsbedarf müssen den Zustandsgrößen Werteinhalte (z.B. „gut“, „schlecht“) aufgrund der Erhaltungsziele zugeordnet werden. Hierzu wird für die Bewertung eine Noten- oder Zustandswerteskala verwendet, die von Zustandsklasse 1 (sehr gut 1-1,5) bis zur Zustandsklasse 9 (sehr schlecht 5,0) eingeteilt ist. In Deutschland sind die Grenzpunkte für den Eingreifzeitraum, d.h. den Zeitpunkt für die Durchführung von Erhaltungsmaßnahmen, als Warn- und Schwellenwerte ausgewiesen. Hierbei ist der Warnwert der Zeitpunkt, ab dem die intensive Beobachtung der Straßenanlagen einsetzt und gegebenenfalls die Planung von geeigneten Maßnahmen durchgeführt wird. Der Schwellenwert beschreibt einen Zustand, bei dessen Erreichen in der Regel Erhaltungsmaßnahmen oder verkehrsbeschränkende Maßnahmen eingeleitet werden sollen (siehe Abb. 1).

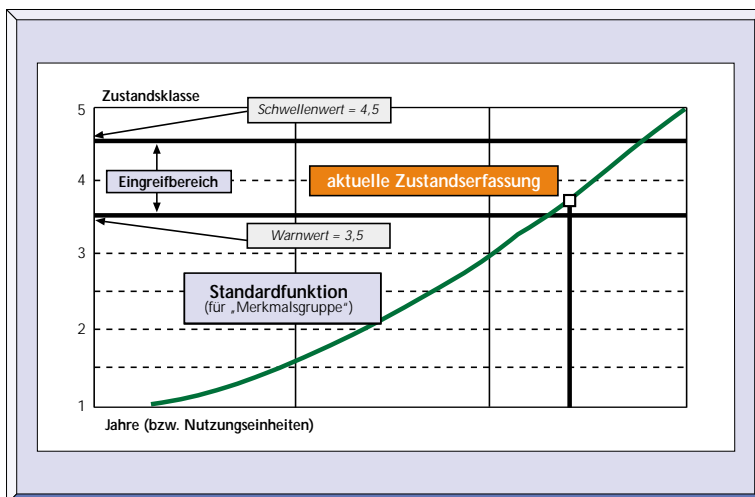
Für eine Abschätzung des voraussichtlichen Eingreifzeitraumes werden die nachfolgend aufgeführten Informationen benötigt [8]:

- Der augenblickliche, aus der aktuellen Zustandsbewertung abgeleitete Zustand,
- der Zeitpunkt, zu dem der Straßenoberbau als neuwertig anzusehen war und einen optimalen Zustand aufwies und
- die Funktion, die zur Beschreibung des Verlaufes zwischen Bestzustand und aktuellem Zustand herangezogen werden kann.

Die Schwierigkeiten dieser Methode liegen in der Beschaffung der Informationen des letzten Punktes. Für die Ermittlung der Verlaufskurve, um eine Abschätzung der voraussichtlichen Zustandsentwicklung und der Zeit bis zum Erreichen des Eingreifbereiches vornehmen zu können, gibt es keine statistisch abgesicherten Aussagen. Man muss hierfür auf Literatur zurückgreifen, die auf Langzeitbeobachtungen und Analysen zur Erhaltungsgeschichte basiert [11]. Diese Literatur gilt jedoch als anerkannt und ausreichend, um aussagekräftige Werte zu bekommen.

Werden diese Standardfunktionen herangezogen, kann die Abschätzung der Zustandsentwicklung nach der in Abb. 1 schematisch veranschaulichten Weise erfolgen:

Abbildung 1: Schematische Darstellung zur Abschätzung der Zustandsentwicklung auf der Grundlage des Befestigungsalters und einer aktuellen Zustandserfassung [8]



Wie aus Abb. 1 ersichtlich, kann bei gegebenem Alter (= Jahr der Zustandserfassung – Jahr der Herstellung/Erneuerung mit Zustandswert 1,0) und bekanntem Funktionsverlauf die weitere Entwicklung hochgerechnet werden, indem die Koeffizienten der Verhaltensfunktion so geeicht werden, dass der betrachtete Zustandswert auf der Kurve liegt. Zu beachten ist dabei, dass das Alter für die einzelnen Zustandsmerkmale durchaus verschieden sein kann. Während für bestimmte Merkmale (z.B. Längsunebenheit) der Bestzustand wahrscheinlich nur durch eine Erneuerung erreicht werden kann, lassen sich andere Schäden (z.B. Spurrinnen, thermisch bedingte Risse) eventuell auch durch eine Instandsetzung der Deckschicht beheben. Es erscheint in jedem Fall zweckmäßig, bei der Altersbestimmung die Möglichkeit vorzusehen, neben dem Zeitpunkt der letzten Erneuerung auch das Jahr der letzten Instandsetzung als Ausgangsgröße heranzuziehen.

Bei der hier beschriebenen und schematisch dargestellten Vorgehensweise zur Verhaltensprognose wird angenommen, dass sich in den aktuellen merkmalspezifischen Zustandswerten einer Straßenbefestigung alle Faktoren abbilden, die, wie z.B. die Bauweise, die Bemessung und der Ausbauzustand, die Qualität der Bauausführung oder die vorhandenen Verkehrs- und Klimabeanspruchungen, Einfluss auf die Zustandsentwicklung haben. Eine wesentlich zuverlässigere Abschätzung des künftigen Zustandsverlaufes erscheint möglich, wenn neben dem Alter und den Zustandswerten einer aktuellen Erhebung auch „historische“ Zustandswerte aus früheren Erfassungen vorliegen. In diesem Fall können die den Verlauf der Verhaltensfunktionen bestimmenden Koeffizienten mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren ermittelt werden [12].

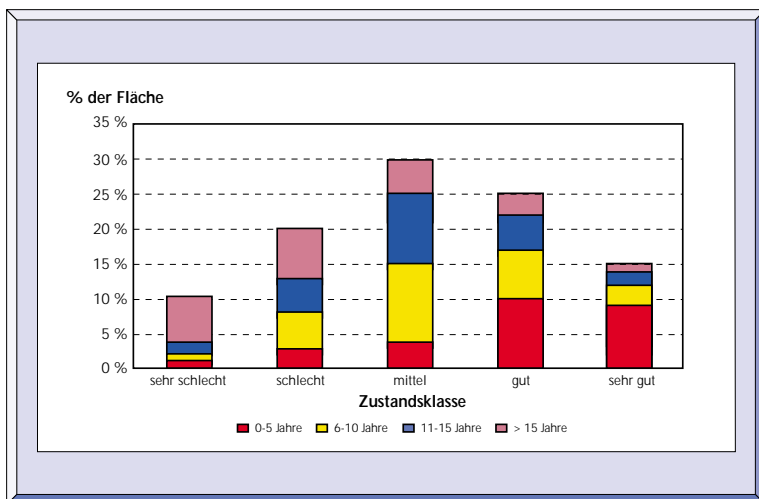
Wenn das Befestigungsalter und ein Zustandswert oder mehrere zeitlich gestaffelte Zustandswerte bekannt sind, bereitet die Verhaltensprognose relativ geringe Probleme. Mit vorgegebener gruppenspezifischer Verhaltensfunktion kann die Zustandsentwicklung und der voraussichtliche Eingreifzeitraum sehr präzise abgeschätzt werden, und zwar insbesondere für die unmittelbar oder kurz- und mittelfristig zur Erhaltung anstehender Bestände. Damit liefert eine darauf basierende Bedarfsprognose speziell für den in erster Linie interessierenden Zeitraum der kommenden fünf Jahre präzise und sichere Ergebnisse. Des Weiteren kann durch diese schematische Darstellung der Zustandsentwicklung der Nachholbedarf ermittelt werden. Der Nachholbedarf ist im Gegensatz zum Erhaltungsbedarf der Zukunft der Bedarf, bei dem in der Vergangenheit bereits Maßnahmen fällig geworden wären, die aber z.B. aufgrund knapper Finanzmittel unterlassen wurden.

Ist weder das Alter noch der Zustand bekannt, muss der betreffende Abschnitt aus dem Untersuchungsraum ausgeschlossen werden. Wenn nur einer der beiden Faktoren be-

kannt ist, kann versucht werden, mit Hilfe von standardisierten familienspezifischen Verhaltensfunktionen Aussagen zur Zustandsentwicklung abzuleiten. Dieser Versuch ist u.a. deswegen sinnvoll, weil die derzeit verfügbaren Datenbestände häufig, speziell auch beim Befestigungsalter, Lücken aufweisen, die ohne die Anwendung standardisierter Verhaltensfunktionen zur Eliminierung der betreffenden Abschnitte führen.

Man kann einen detaillierten Überblick über den gesamten Straßenbestand bekommen, indem man die Zustandsklassen der einzelnen homogenen Straßenmerkmalsgruppen abhängig vom Alter und Flächenanteil graphisch in Abhängigkeit setzt.

Abbildung 2: Beispiel für die Aufgliederung einer Bestandsgruppe nach Zustands- und Altersklassen [8].



2.4 Verfahren mit abschnittsbezogenen Erhaltungsstrategien für den Straßenoberbau

2.4.1 Anwendungsgrundlagen

Dieses abschnittsbezogene Verfahren soll dazu dienen, den künftigen Finanzbedarf für die bauliche Erhaltung des Straßenoberbaus der Bundesfernstraßen auf Objektebene, d.h. auf der Grundlage konkreter Erhaltungsmaßnahmen für einzelne Straßen-

abschnitte, zu ermitteln. Hierzu müssen die Straßenabschnitte als Bezugsobjekte definiert werden. Untersuchungsgegenstand ist hier der Fahrbahnoberbau. Sonstige Anlageteile, die zum Straßenkörper (z.B. Entwässerungseinrichtungen) oder zur Ausstattung von Straßen gehören, können nur pauschal über Zuschläge bei den Maßnahmekosten berücksichtigt werden. Die bauliche Erhaltung umfasst dabei Maßnahmen zur baulichen Unterhaltung, Instandsetzung oder Erneuerung. Zusätzlich soll ein derartiges Instrumentarium auch Analysen zu den Auswirkungen auf den Gebrauchs- und Substanzzustand ermöglichen, die sich bei begrenzten Erhaltungsmitteln, anspruchsvollen oder einfacheren Erhaltungsmaßnahmen bzw. bei zeitlich aufgeschobenen Erhaltungsmaßnahmen ergeben.

Für die oben genannte Zielsetzung werden Ausgangsinformationen benötigt, die unbedingt verfügbar sein müssen. Dazu gehören zum einen die Sachdaten bzw. Zustandswerte und zum anderen die Modellparameter. Die Zustandserfassung kann messtechnisch und visuell-sensitiv erfolgen. Bei visuellen Zustandserfassungen sind die Bezugsobjekte durch Erfassungsabschnitte gegeben, die einen möglichst homogenen Zustand bezüglich aller Merkmale aufweisen sollten und die in ihrer Länge häufig bereits den Baulosen der Erhaltungspraxis nahe kommen. Bei der messtechnischen Zustandserfassung liegen die Zustandsgrößen für feste kürzere Abschnitte vor (von z.B. 50 oder 100m). Da diese Einteilung keineswegs den praxisgerechten Baulosen entspricht, werden aus diesen kurzen (100m)-Messstrecken längere homogene Abschnitte mit vergleichbarem Zustand, ähnlicher Verkehrsbelastung und einheitlicher Deckenart gebildet.

Als Datenquellen kommen derzeit hauptsächlich Datenbanken nach ASB (Der Bundesminister für Verkehr und Bauwesen: Anweisung Straßendatenbank) oder andere lokale Datenbanken/Dateien in Betracht. Die darin vorgehaltenen Daten weisen räumlich und inhaltlich unterschiedliche Formate auf; so sind z.B. die ASB-Datenbanken punktorientiert, d.h. jede Änderung eines Sachverhaltes wird durch eine Stationsangabe lokalisiert. Bei diesem Verfahren werden jedoch abschnittsbezogene Daten benötigt, die z.B. ASB-Daten erst zugewiesen werden müssen. Deshalb wird dem Verfahren für die Erhaltungs- und Bedarfsplanung zweckmäßigerweise ein Modul vorgeschaltet, das die Daten und Modellparameter nach Abb. 3 extrahiert und in geeigneter Form aufbereitet.

Abbildung 3: Schemaskizze zum Konzept der Datenaufbereitung für die abschnittsbezogene Erhaltungs- und Bedarfsplanung [8].

DATENBASIS (z.B. ASB, lokale Dateien)	MODUL FÜR DATENAUFBEREITUNG	VERFAHREN FÜR ERHALTUNGS-/ BEDARFSPLANUNG
Grunddaten (für abschnittsbezogene Betrachtung unbedingt erforderlich)	Bildung homogener Abschnitte als Bezugseinheit	Vorschläge zu den wirtschaftlich günstigen Erhaltungsstrategien (Maßnahmentypen/-zeitpunkte)
Sonstige Daten (für abschnittsbezogene Betrachtung nützlich, aber nicht unabdingbar)	Verknüpfung, Verdichtung und Umformung aller Daten und Parameter	Ermittlung und längerfristige Prognose des Erhaltungsbedarfes für ausgewählte Strategien
Modellparameter (für abschnittsbezogene Betrachtung unbedingt erforderlich)	Ausgabe der homogenen Abschnitte mit unvollständigen Daten	Ermittlung der längerfristigen Zustandsentwicklung für ausgewählte Erhaltungsstrategien

Wie bereits oben erwähnt, basiert dieses Verfahren auf der Grundlage von Sachdaten und Modellparametern. In dem folgenden Diagramm werden die Sachdaten aufgeführt, die für einen geeigneten Verfahrensablauf notwendig sind:

Tabelle 2: Mindestanforderungen des abschnittsbezogenen Verfahrens an Sachdaten [8].

Datengruppen	Dateninhalte
Ordnungssystem	Netzknoten-/Stationierungssystem und/oder Abschnittsnummern (und Kilometrierung bei BAB)
Leitdaten	Straßenrechtliche Klassifizierung und Straßennummern, Richtungsbezeichnung (bei zweibahnigen Straßen), Verwaltungseinheiten (Straßenbau-/Autobahnamt, Meisterei)
Querschnittsdaten	Fahrbahnbreite (ggf. pro Richtung), Anzahl Fahrstreifen pro Richtung
Aufbaudaten	Art, Dicke und Einbaujahr der Decke und der gebundenen Tragschicht, Art der obersten ungebundenen Schicht
Erhaltungsdaten	Art und Jahr der letzten Instandsetzung bzw. Erneuerung
Verkehrsdaten	Verkehrsstärken (DTV, DTV ^{SV})
Zustandsdaten (Zustandswerte)	Längs-/Querebenheit, Wassertiefe, Griffigkeit, Risse, Flickstellen, sonstige Oberflächenschäden (Asphalt), Längs-/Querrisse, Kantenschäden, Eckabbrüche (Beton)

Als Ordnungssysteme zur Lokalisierung der homogenen Abschnitte kommen das Netzknoten-/Stationierungssystem nach ASB und das z.T. noch gebräuchliche Abschnittsnummern/Kilometrierungssystem in Betracht. Da die Netzknoten nicht mit den Grenzen der homogenen Abschnitte übereinstimmen müssen, ist es generell zweckmäßig, intern Kilometrierungen mitzuführen. Für die eindeutige Identifizierung der Abschnitte wird zudem die straßenrechtliche Klassifizierung, die Straßenummer und, bei zweibahnigen Straßen, die Richtungsbezeichnung benötigt. Für offizielle Zuordnungen sollten zudem entsprechende Kennungen sowie Angaben zur Baulast und zum Verlauf (freie Strecke/Ortsdurchfahrt) verfügbar sein. Für die homogenen Abschnitte müssen darüber hinaus folgende Sachdaten übernommen und aufbereitet werden:

- Zur Ermittlung der Erhaltungsflächen werden die befestigten Breiten und, bei Richtungstrennung, die Anzahl der Fahrstreifen (pro Richtung) benötigt. Hilfreich, aber nicht unabdingbar, sind Angaben zur Fahrbahn- bzw. Fahrstreifenbreite, zur Breite eventueller Stand-/Mehrzweckstreifen und zum Regelquerschnitt.
- Angaben zur Straßenlage (z.B. Damm, Einschnitt) und zur Längs-/Querneigung dienen in erster Linie zur Präzisierung der Verhaltensfunktionen. Ohne diese Daten muss mit weniger differenzierten Funktionen gearbeitet werden.
- Der Befestigungsaufbau mit Einbaujahr, Art und Dicke der Decke (evtl. unterteilt in Deck- und Binderschicht) und der gebundenen Tragschicht(en), der Art und einem (evtl. geschätzten) EV_2 -Wert der obersten ungebundenen Schicht sowie der Dicke des frostsicheren Oberbaus wird zur Analyse der Bemessungssituation, zur Ermittlung des Substanzzustandes und zur Auswahl zulässiger Maßnahmen benötigt. Wenn (Mindestanforderung) nur das Einbaujahr, die Art und die Dicke der Decke bekannt sind, müssen erhebliche Einbußen in der Aussagegenauigkeit hingenommen werden.
- Liegen Angaben zur letzten Maßnahme (Jahr, Art, Einbaudicke) vor, so kann man auf Aussagen zur Bemessungssituation, zur Befestigungssubstanz und zur Zuverlässigkeit von Folgemaßnahmen schließen.
- Für die Bemessung und Bewertung der Erhaltungsmaßnahmen müssen die Verkehrsstärken mit ihren Prognosefaktoren bekannt sein. Bei mehrstreifigen Straßen müssen zudem Anteilswerte für die Fahrstreifenbelegungen vorliegen. Die Anteile der Fahrzeuggruppen sind nur für die Nutzerkosten erforderlich. Unfalldaten können im Zusammenhang mit der Griffigkeit und der Wassertiefe verwendet werden.



- Die Zustandsdaten bestimmen die Zeitpunkte und weitgehend auch die Arten der vorgeschlagenen Erhaltungsmaßnahmen. Benötigt werden die Zustandswerte für die Längs- und Querebenheit, Wassertiefe, Griffigkeit sowie für Risse, Flickstellen und sonstige Schäden (Beton: Längs-/Querrisse, Kantenschäden, Eckabbrüche).
- Zu den zusätzlichen Informationen, die das Modellverfahren praxisnäher gestalten können, gehören z.B. Angaben zu geplanten Ausbaumaßnahmen, zu geplanten Grabungen oder zu fest eingeplanten Erhaltungsmaßnahmen (z.B. bei Brücken-erneuerungen).

Die Modellparameter (siehe Tab. 3), die für den Ablauf ebenso wichtig sind wie die Sachdaten, sind unabhängig von vorgegebenen Abschnittseinteilungen. Sie gelten jeweils für „Familien“ von Straßenabschnitten, die, aufgrund der Ausprägungen der Sachdaten, eine ähnliche Charakteristik aufweisen.

Tabelle 3: Mindestanforderungen des abschnittsbezogenen Verfahrens an Modellparameter [15]

Modellparameter	Beschreibung der Parameter
Regeln für Zustandsbewertung	Funktionen zur Umwandlung von Zustandsgrößen in Zustandswerte und Verknüpfungsregeln für Teilziele
Verhaltensfunktionen	1) Funktionstypen zur Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der einzelnen Zustandsmerkmale 2) Standardfunktionen für „Merkmalsgruppen“
Erhaltungsmaßnahmen	Instandsetzungs- und Erneuerungsmaßnahmearten (mit deutlich unterschiedlichen Kosten und Wirkungen)
Maßnahmekosten	Einheitspreise der Maßnahmearten (z.B. DM/qm)
Mängelklassen	Kategorisierte Schadensursachen aus Zustandskonstellationen
Maßnahmenwirkungen	Rücksetzbereiche der Zustands- bzw. Teilzielwerte und Zustandsverläufe nach Maßnahmegruppen für Mängelklassen

Unabdingbar für den Ablauf sind Informationen über die in Frage kommenden Erhaltungsmaßnahmearten, die durch die Verhaltensfunktionen beschriebenen Folgezeiten zwischen den Maßnahmen und die Maßnahmekosten. Die derzeit dazu verfügbaren Informationen stammen aus Erhebungen, punktuellen Beobachtungen, Analysen zur Erhaltungsgeschichte und, vereinzelt, auch aus Forschungsarbeiten. Um künftige Erkenntnisse später noch integrieren zu können, werden die Modellparameter nicht fest

im Verfahrensablauf verankert, sondern in nachträglich erweiterbaren Parameterdateien vorgehalten. Die derzeitigen Erkenntnisse über die Modellvorgaben, die in Tab. 3 als Mindestanforderungen aufgeführt sind, können wie folgt zusammengefasst werden:

- Zum Verlauf der Verhaltensfunktionen kann generell angenommen werden, dass die Spurrinntiefen im Zeitablauf immer weniger zunehmen (konsolidierender Verlauf), die Unebenheiten sowie die Risse und Oberflächenschäden dagegen eher progressiv schlechter werden. Keine Aussagen sind derzeit zur zeitlichen Entwicklung der Griffigkeit möglich.
- Die in der Praxis durchgeführten Erhaltungsmaßnahmearten sind in vorliegenden Richtlinien und Merkblättern (Asphalt: DIN 18317) ausführlich dokumentiert. Die Anzahl und der Differenzierungsgrad der hier berücksichtigten Maßnahmen ist prinzipiell nicht begrenzt. Aus Aufwandsgründen sollten jedoch nur Maßnahmen mit deutlich unterschiedlichen Kosten und Wirkungen vorgehalten werden.
- Die Maßnahmekosten sind bei den Straßenbauverwaltungen im Regelfall aus der langjährigen Erhaltungspraxis bekannt. Das Hauptproblem bei ihrer Quantifizierung besteht i.a. in der Abgrenzung, welche Teilleistungen jeweils zu berücksichtigen sind. Mittlere Kostensätze für Bundesfernstraßen liegen aus einer umfangreichen Erhebung vor. Diese für vorgegebene Loslängen und Verkehrsführungen ermittelten Werte müssen für die jeweils aktuelle Situation umgerechnet werden.
- Nach durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen müssen die unmittelbaren Auswirkungen auf die Zustandswerte (Rücksetzwerte) und die langfristigen Wirkungen quantifiziert werden, die durch das Verhalten nach der Maßnahmendurchführung gekennzeichnet sind. Beim Verhalten „nach“ Maßnahmen ist zu beachten, dass neben den Abweichungen zwischen den einzelnen Zustandsmerkmalen auch unterschiedliche Verläufe für die jeweils diagnostizierten Mängelklassen zu erwarten sind. Die von den jeweiligen Zustandskonstellationen bestimmten Mängelklassen bezeichnen dabei die wahrscheinliche Schadensursache und geben Hinweise zu den von Mängeln betroffenen Befestigungsschichten. [12]

Zur vollständigen Maßnahmenbeschreibung werden noch die Parametergruppen der Ausschlusskriterien benötigt, die angeben, welche Maßnahmen für bestimmte Bauweisen und Standards nicht oder nicht in direkter Abfolge ausgeführt werden.

2.4.2 Verfahrensablauf

Die verfügbaren und in der benötigten Form strukturierten Datengruppen und Modellparameter werden im Verfahrensablauf über einen vorgegebenen Prognosezeitraum für die Ermittlung der möglichen und wirtschaftlich günstigen Erhaltungsstrategien, der daraus resultierenden Zustandsentwicklung und des kurz-, mittel- und langfristigen Erhaltungsbedarfes eingesetzt. Ausgehend von den für die einzelnen Abschnitte ermittelten Erhaltungsstrategien sind darüber hinaus auch netzbezogene Analysen zu den Auswirkungen auf den Gebrauchs- und Substanzzustand möglich, die bei begrenzten Erhaltungsmitteln und, damit zusammenhängend, bei anspruchsvolleren oder einfacheren Erhaltungsmaßnahmen bzw. bei zeitlich aufgeschobenen Erhaltungsmaßnahmen zu erwarten sind. [8]

In Abb. 4 ist der Verfahrensablauf schlagwortartig aufgelistet und als Blockdiagramm dargestellt.

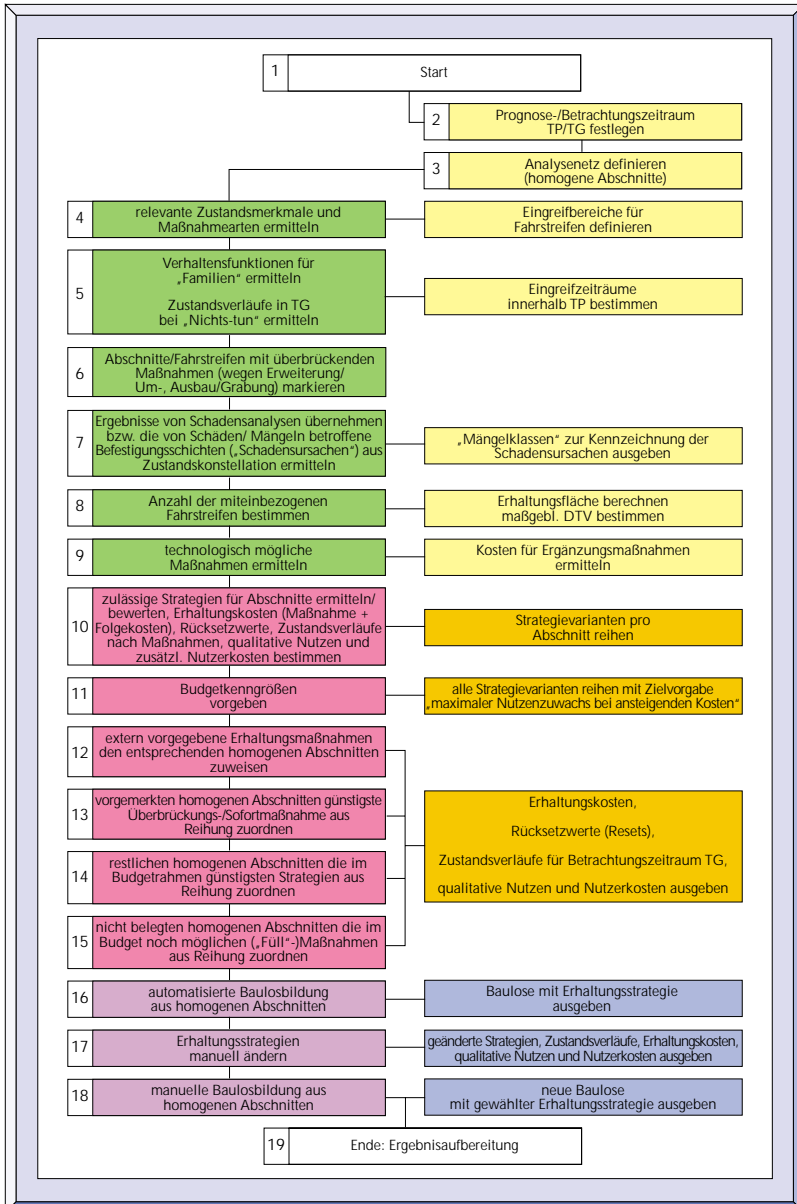
Aus dieser komprimierten Darstellung lassen sich inhaltlich im wesentlichen drei Hauptgruppen abgrenzen:

- Zunächst werden die Randbedingungen und Umgebungsvariablen für den Ablauf der Berechnung definiert (Punkt 1) bis 9)).
- Auf der Grundlage der vorbereitenden Vereinbarungen werden die Erhaltungsstrategien ermittelt, bewertet und optimiert (Punkt 10) bis 15)).
- Mit den anschließenden Teilbausteinen können die Optimierungsergebnisse interpretiert, ggf. modifiziert und die Bedarfswerte angepasst werden.

Im Nachfolgenden werden diese einzelnen Schritte des Blockdiagramms für das abschnittsbezogene Verfahren erklärt.

Im ersten Schritt dieses Blockdiagramms, der hier nicht dargestellt wurde, wird der Verfahrensablauf gestartet. Als erstes muss im Rahmen der vorbereitenden Verfahrensschritte der Prognosezeitraum TP und der Betrachtungszeitraum TG vorgegeben werden (Abb. 4, 2)); sie umfassen die Jahre, für die Erhaltungsstrategien ausgewiesen werden. Danach muss das Analysenetz ausgewählt werden 3). Das Analysenetz ist das Straßennetz bzw. das Teilnetz, für das Strategien ermittelt werden sollen (z.B. für BAB und/oder Bundesstraßen).

Abbildung 4: Blockdiagramm zum Ablauf des abschnittsbezogenen Verfahrens [8].





Vom ausgewählten Analysenetz hängt ab, welche Zustandsmerkmale, Teilziele und Maßnahmentearten betrachtet werden müssen 4). Für die relevanten Teilziele müssen Eingreifbereiche festgelegt werden, die dem Verfahrensablauf mitteilen, ab welchen und bis zu welchen Teilzielwerten Erhaltungsstrategien ermittelt werden sollen. Nach dem derzeitigen Stand beginnt der Eingreifbereich mit dem Überschreiten des Warnwertes und endet mit dem Erreichen des Schwellenwertes (siehe Abb. 1). Als Basis für alle späteren Analysen muss die Verhaltensprognose zunächst für den Bezugsfall „ohne Maßnahmen“ (= „Nichts-Tun“) 5) durchgeführt werden. Die Verhaltensprognose kann über das Alter bzw. über die letzte Erneuerungsmaßnahme und der aktuellen Zustandserfassung bestimmt werden (siehe Abschnitt 2.3.2).

Im nächsten Schritt 6) wird der Fall aufgegriffen, wenn im Prognosezeitraum bereits Kapazitätserweiterungen eingeplant sind. Bei Überschreiten des Schwellenwertes muss dieser Abschnitt vorgemerkt werden.

Bei der Beurteilung von Erhaltungsmaßnahmen im späteren Verfahrensablauf muss neben dem unmittelbaren Zurücksetzen („Reset“) der Zustandswerte auch die Zustandsentwicklung nach den Maßnahmen über den Betrachtungszeitraum verfolgt werden. Diese Entwicklung hängt in erheblichem Maße davon ab, inwieweit mit der jeweiligen Maßnahme die Ursachen für die aufgetretenen Schäden beseitigt wurden. Sofern diese Ursachen nicht aus der Schadensanalyse (z.B. aufwendige und langwierige Laboruntersuchungen) bekannt sind, müssen mit den Bestandsmerkmalen und den Ausprägungen der erfassten oder prognostizierten Schäden die wahrscheinlichen Ursachen geschätzt werden 7). Dabei werden bestimmte Zustandskonstellationen sogenannten Mängelklassen zugewiesen, die Aussagen zu den jeweils von Schäden betroffenen Befestigungsschichten enthalten.

Eine wichtige Komponente für die Erhaltungskosten stellt sich in der Anzahl der Fahrstreifen und den daraus resultierenden Erhaltungsflächen dar, die zur Erhaltung anstehen 8). Für einbahnige Straßen ergibt sich die Erhaltungsfläche als Produkt aus Abschnittslänge und befestigter Breite. Alle Maßnahmentearten, die von vornherein für einige Abschnitte technologisch nicht in Betracht kommen, müssen für diese Abschnitte ausgeschlossen werden 9).

Als Nächstes können nun die Erhaltungsstrategien der homogenen Abschnitte für den Prognosezeitraum ermittelt, bewertet und gereiht werden 10). Dazu werden zunächst die jeweils zulässigen Erhaltungsmaßnahmen aufgerufen, und, auf Basis ihres Einheitspreises und der zu verarbeitenden Einheiten, kostenmäßig bewertet. Jeder Maßnahmenteart wird dann, in Abhängigkeit von der Schadensursache bzw. Mängelklasse (vgl. 7)), eine Wirkung zugeordnet, unmittelbar durch Zurücksetzen („Reset“) der

Zustandswerte und längerfristig über den Betrachtungszeitraum durch Auswahl des künftigen Zustandsverlaufes nach der Maßnahmedurchführung. Mit der Einordnung auf der Zeitachse, der Bewertung der unmittelbaren und längerfristigen Auswirkungen auf den Zustand sowie der Quantifizierung und der, auf der Basis der „Nichts-Tun-Variante“, vorgenommenen Normierung der Nutzen, werden aus den vorgegebenen Erhaltungsmaßnahmearten, die letztlich nur technologische Varianten sind, unterschiedliche Strategievarianten. Diese Varianten der Erhaltungsstrategien werden schließlich pro Abschnitt nach ihrem Kosten-Nutzen-Verhältnis in eine Reihung gebracht. [12]

Die Variantenreihung enthält, abschnittsweise gereiht, alle vom Verfahrensablauf ermittelten Strategievarianten der homogenen Abschnitte, die im Prognosezeitraum zur Erhaltung anstehen. Für jeden dieser Abschnitte gibt es eine, bezogen auf den speziellen Abschnitt, optimale Strategie. Inwieweit diese abschnittsbezogene optimale Strategie bei gleichzeitiger Betrachtung aller Abschnitte realisierbar ist, hängt von den verfügbaren Erhaltungsmitteln (Budget) ab (11). Vor einer auf das gesamte Analysenetz bezogenen Bewertung der Strategievarianten müssen daher die Budgetkenngrößen vorgegeben werden, d.h. die für die Erhaltung verfügbaren Beträge für die einzelnen Jahre des Prognosezeitraumes einschließlich der Kenngrößen für ihre zeitliche Bewertung (Diskont- und Inflationsrate). Nach Abzug der als fest angenommenen Kosten für evtl. erforderliche Ergänzungsmaßnahmen (z.B. an den Entwässerungseinrichtungen) können die Strategievarianten unter Vorgabe der Zielfunktion „maximaler Nutzenzuwachs bei ansteigenden Kosten“ bewertet und gereiht werden. Mit diesem heuristischen Verfahren werden alle Strategien der homogenen Abschnitte des Analysenetzes in eine Rangfolge gebracht. Die am besten bewährte Strategie im gesamten Netz wird auf den ersten Platz einer internen Liste gesetzt, die zweitbeste Strategie auf den zweiten Platz usw. Diese intern vorgehaltene Reihung aller Strategievarianten über den gesamten Prognosezeitraum für alle homogenen Abschnitte im Analysenetz ist der vorbereitende Verfahrensschritt für die anschließende Zuweisung der netzweit optimierten Strategien zu den Einzelabschnitten, die den Optimierungsvorgang abschließt. Die optimalen Strategien der einzelnen Abschnitte werden ausgewählt, indem die sortierte Liste in absteigender Reihenfolge abgearbeitet wird, wobei die kumulierten Kosten des ausgewählten Strategieprogramms verfolgt und mit dem verfügbaren Budget verglichen werden. Der Optimierungsprozess endet, wenn für alle zur Erhaltung anstehenden Abschnitte des jeweiligen Analysenetzes eine Strategie gewählt wurde oder die Mittel erschöpft sind (12) bis 15)).

Für die zugewiesenen Strategien werden pro Abschnitt jeweils die Maßnahmearten und -jahre, die Erhaltungskosten, die Nutzerkosten und die qualitativen Nutzen sowie die Rücksetzwerte und die Zustandsverläufe aller Merkmale und Teilziele über den Betrachtungszeitraum ausgegeben.



Zum Schluss werden die Ergebnisse des ersten Verfahrensablaufes noch verbessert und modifiziert. Dem Anwender wird die Möglichkeit gegeben, sein Expertenwissen, seine praktische Erfahrung, Ortskenntnisse u.ä. einzubringen, um so den Praxisbezug zu verbessern. Dabei werden auch benachbarte homogene Abschnitte mit vergleichbaren Strategien automatisch oder manuell zusammengehängt und die Strategie eventuell aneinander angepasst (16) bis 18)).

2.5 Ansatz einer exponentiellen Alterungsfunktion

2.5.1 Allgemeines

Dieser Ansatz basiert auf einer visuellen Beurteilung der zu untersuchenden Streckenabschnitte und einer anschließenden Zustandsbeurteilung aller relevanten Schäden (Verformungen, Risse, Ausbrüche, etc.), die hinsichtlich

- Art,
- Entstehung,
- mögliche Ursachen,
- voraussichtliche Schadensentwicklung und
- Sanierung

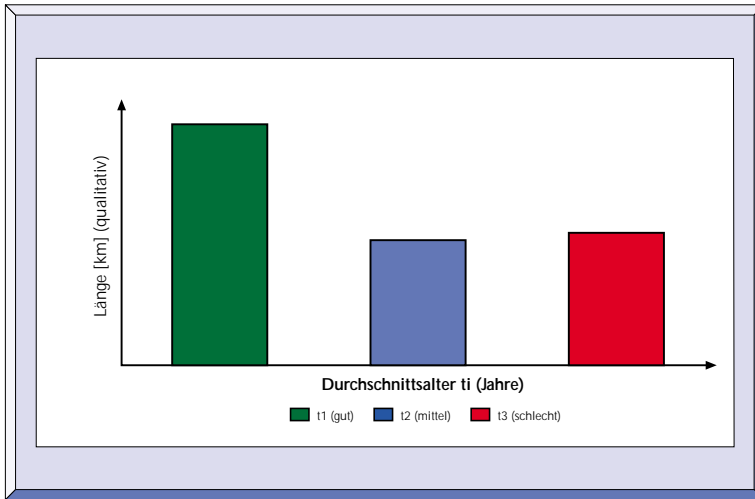
exakt in einem dafür vorgesehenen Schadensverzeichnis/Erhebungstabelle beschrieben werden. Diese Erhebungstabellen sollen dabei von den zuständigen Straßenbauabteilungen jährlich aktualisiert werden.

Die aus den Tabellen hervorgehenden erfassten Schäden werden anschließend bewertet, wobei eine abschließende Gesamtbeurteilung der untersuchten Streckenabschnitte im Allgemeinen gleich dem schlechtesten Bewertungszustand der Einzelschäden ist. Die Gesamtbeurteilung wird schließlich einem Grad oder einer Priorität zugeordnet.

2.5.2 Auswertung

Zunächst werden die zu untersuchenden Straßenabschnitte hinsichtlich ihrer Gesamtbeurteilung oder Priorität als auch anhand ihres Alters sortiert. Das Alter wird als jüngstes, durchschnittliches sowie ältestes Baujahr erfasst. Dieses kann in Form von Säulendiagrammen geschehen.

Abbildung 5: Qualitative Längen und Durchschnittsalter t_i der mit gut, mittel und schlecht bewerteten Straßenabschnitte [4].



Das Erscheinungsbild von Asphaltstraßen wird als Ergebnis des Zusammenwirkens sehr vieler zum Teil komplexer Parameter, wie z. B. subjektiver Bewertung des Zustandes, klimatischer, rechtlicher und materialspezifische Faktoren betrachtet. Bei der Auswertung wird deshalb davon ausgegangen, dass jeder Alterungsprozess, um den es sich bei der Zustandsentwicklung von Straßen zweifelsohne handelt, so wie bei allen lebenden Systemen der Funktion

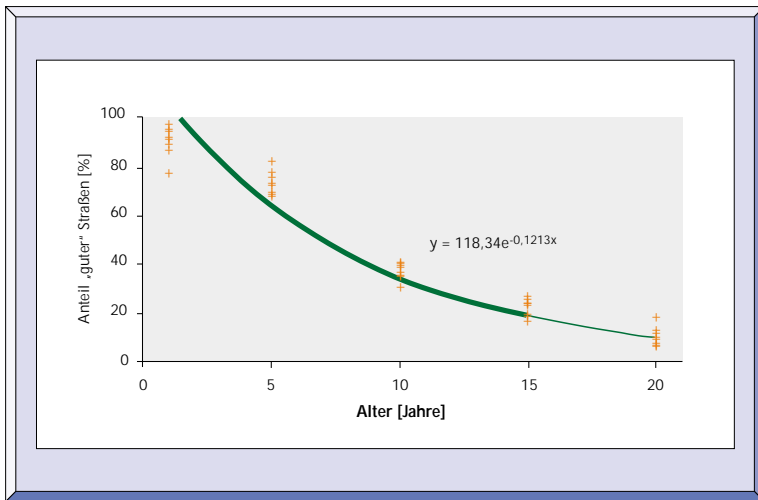
$$y = a \cdot e^{b \cdot t}, \text{ mit} \quad \text{Glg. 1}$$

a = Regressionsparameter und
 b = Regressionsparameter.

genügt.

Zur Darstellung der Ergebnisse werden deshalb die prozentualen Anteile der betrachteten Strecken hinsichtlich ihrer Gesamtbeurteilung und ihres Alters aufgetragen. Veranschaulicht wird dies anhand der nachstehenden Abbildung.

Abbildung 6: Entwicklung des Anteils der mit „gut“ bewerteten Straßenabschnitte in verschiedenen Straßenmeistereien [4].



Die analytische Auswertung des Erfassungsmaterials/Datenbestandes erfolgt nun mittels einer Regressionsanalyse. Hierbei sollen die Koeffizienten a und b der o.g. Exponentialkurve der Form

$$y = a \cdot e^{b \cdot x}, \text{ mit}$$

Glg. 2

- y = Prozentanteil gleicher Straßenqualität
- x = Alter in Jahren

gelöst werden. Man spricht dabei auch von einer Regressionsanalyse im halblogarithmischen Maßstab.

2.5.3 Zustandsoptimierung des Gesamtnetzes

Hierbei wird nun angenommen, dass die Alterungsfunktion der mit „gut“ bewerteten Straßen das Altern des gesamten Netzes analog beschreibt. Damit können also Säulendiagramme und Alterungsfunktion in folgende Beziehung gebracht werden:

Säulendiagramme (Abb. 5) und Alterungsfunktion (Abb. 6) werden derart überlagert, dass die Ordinate $y = 100\%$ zur Zeit $t_1 = 0$ mit der Ordinate l_1 [km] der mit „gut“ bewerteten Straßen (grün) aus dem Säulendiagramm übereinstimmt. Somit ergeben sich durch Einsetzen der mittleren Alter ($t_2 = t_2 - t_1$ und $t_3 = t_3 - t_1$) der durchschnittlich (blau) und schlecht (rot) bewerteten Straßen folgende zwei Möglichkeiten:

- (1) Die Längen l_2 und l_3 der durchschnittlichen und schlechten Straßen sind aufgrund der Zustandserfassung größer als die berechneten Längen y_2 und y_3 nach der Alterungsfunktion nach [4] (in Abb. 7 links).

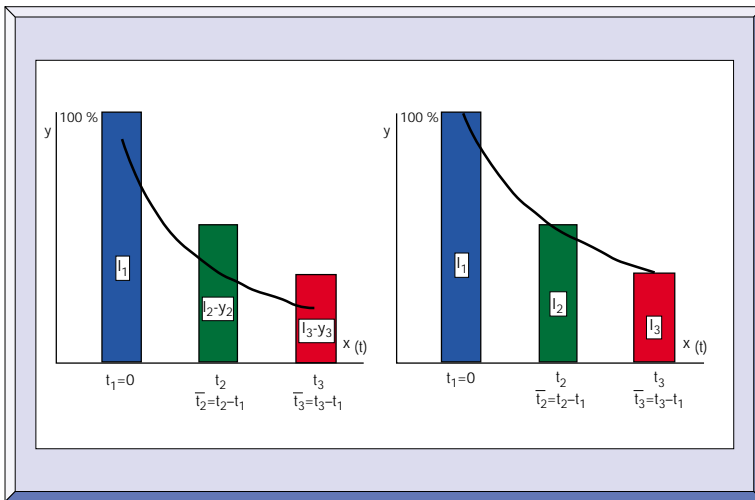
Dieser Fall wird als Divergenz zwischen Säulendiagramm und Alterungsfunktion bezeichnet und sollte eigentlich nicht auftreten. Auftreten kann dieser Fall durch jahrelange Versäumnisse der Unterhaltung und Instandsetzung, durch sprunghaft steigende Verkehrsaufkommen oder aber durch besondere klimatische Einflüsse.

Zur Beseitigung dieses Zustandes können Sofortmaßnahmen mit nachgereichten Maßnahmen der schlechten Straßenabschnitte anhand von Priorität, Verkehrsaufkommen, Funktionsstufen und örtlichen Bedeutungen gewichtet unter Beachtung zur Verfügung stehender Finanzmittel durchgeführt werden.

- (2) Die Gesamtlängen der durchschnittlich und schlecht bewerteten Straßen liegen unterhalb der ermittelten Altersfunktion (in Abb. 7 rechts). Man spricht hier von Konvergenz. Zukünftig sind deshalb UIE-Maßnahmen nur in einem solchen Ausmaß durchzuführen, dass die Gesamtlängen dieser Straßenzustände nicht die Altersfunktion überschreiten.

Von einem optimierten Zustand kann gesprochen werden, wenn $l_2 = y_2$ und $l_3 = y_3$ sind. Aus straßenbautechnischer Sicht ist daher gerade noch ein akzeptabler Kompromiss erreicht.

Abbildung 7: Gegenüberstellung von Säulendiagrammen und Alterungsfunktion für die Fälle Divergenz (links) und Konvergenz (rechts) [4].



Die Kosten für die notwendigen, jährlichen Erhaltungsmaßnahmen ergeben sich somit für den Fall der Divergenz aus der Multiplikation von erhaltungsmaßnahmespezifischen Einheitspreisen und den Längen $l_2 - y_2$ bzw. $l_3 - y_3$. Damit kann ein über mehrere Jahre andauernder Gleichgewichtszustand erzielt werden.

Im Falle der Konvergenz ist die Zielvorgabe hier die Einhaltung dieses Zustandes, der zuvor bereits als optimierter Zustand beschrieben wurde.

2.6 „Lineares Verfahren“ auf Grundlage statistischer Auswertungen

Grundlage einer systematischen Straßenerhaltung ist die Beschreibung der Zustandsänderung von Straßenbefestigungen über die Zeit. Daraus folgt, dass die Qualität nur über zuvor festgelegte, einheitliche, den Straßenzustand beschreibende Zustandsmerkmale beschrieben werden muss. Die Erfassung dieser beschreibenden Zustandsmerkmale kann dabei visuell-sensitiv oder messtechnisch erfolgen.

Schäden in der Straßenkonstruktion treten auf, wenn ein Zustandsmerkmal oder aber die Kombination aus mehreren Zustandsmerkmalen einen Grenzwert überschreiten. Ziel muss es nun sein, eine Definition oder Ausdruck zu finden, mit der das Zusammenwirken verschiedener Zustandsmerkmale zu einem einheitlichen Gesamtwert beschrieben werden kann. Einen solchen Gesamtwert stellt bspw. der Befahrbarkeitsindex, Present Serviceability Index (PSI), dar.

$$PSI = 5 - 1,9 \cdot \log(1 + SV) - 1,38 \cdot RD^2 - 0,01 \cdot \sqrt{(C + P)}, \text{ mit } \quad \text{Glg. 3}$$

$$0 < PSI$$

SV = (mittlere) Längsneigungsstreuung (slope variance der Fahrspuren),

RD = (mittlere) Spurrinnentiefe (rut depth),

C = Risslängenanteil (crackings) und

P = Flickstellenanteil (patches).

Dieser Index wurde durch Vergleich von Zustandsmerkmalen mit subjektiv eingeschätzter Betriebstauglichkeit, Fahrsicherheit und Fahrkomfort durch statistisch korrelierende Optimierung verschiedener Ansätze gefunden. Weitere im Ausland entwickelte Zustandsbewertungen sind bspw. der PQI- (Pavement-Quality Index) und RCI-Wert (Riding-Comfort Index).

In Deutschland werden zur Zustandsbewertung derzeit neun, den Straßenaufbau beschreibende Merkmale erfasst und herangezogen (siehe Tab. 4).

Tabelle 4: Die Fahrbahnqualität maßgebend beschreibende Zustandsmerkmale in Deutschland.

Zustandsmerkmal	Z _i	Dimension
allgemeine Unebenheiten	Z ₁	visuell-sensitiv
Spurrinnen	Z ₂	mm
Wasserrückhalt	Z ₃	% der Oberfläche
Netzrisse	Z ₄	% der Oberfläche
Ausmagerungen	Z ₅	% der Oberfläche
Flickstellen	Z ₆	% der Oberfläche
Ausbrüche	Z ₇	% der Oberfläche
Einzelrisse	Z ₈	% der Oberfläche
Bindemittelanreicherungen	Z ₉	% der Oberfläche



JAGL [2] hat an einem umfassenden Datensatz versucht, mittels der Methode der kleinsten Quadrate einen linearen Ansatz (siehe Glg. 4) zu finden, der durch Einbeziehung aller neun Zustandsmerkmale die Qualität eines Straßenabschnittes beschreibt. Dieser Datensatz beinhaltet o.g. Zustandsmerkmale Z_{ki} und vom Baulastträger erhobene Qualitäten Q_i niedersächsischer Landesstraßen.

Eine gleiche Auswertung ist auch von der Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur (IFI) in Hannover im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Straßenbau für die Bundesstraßen des Straßenbauamtes Wolfenbüttel (Niedersachsen) durchgeführt worden.

$$Q = b_0 + b_1 \cdot Z_1 + b_2 \cdot Z_2 + \dots + b_k \cdot Z_k, \text{ mit} \quad \text{Glg. 4}$$

Q = Regressand,
 b_0 = Konstanter Faktor,
 $b_{1\dots k}$ = Regressionskoeffizient des (1...k-ten) Merkmales,
 $Z_{1\dots k}$ = 1...k-ter Regressor (Merkmal) und
 k = Anzahl der Regressoren.

Unter Rücksicht auf bestimmte Teilbereiche der Qualitäten Q_i können diese linearen Ansätze für bestimmte Eingriffsschwellen der Erhaltungspraxis verfeinert werden, wobei allerdings eine geringfügige Beeinträchtigung hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse (R^2) in Kauf genommen werden muss. Nachfolgend sind die statistisch ermittelten linearen Ansätze zur Beschreibung der Qualitäten Q_i für Bundes- und Landesstraßen tabellarisch unter Angabe der jeweiligen Bestimmtheitsmaße R^2 tabellarisch aufgelistet [2]:

Tabelle 5: Lineare Ansätze für Qualitäten von Bundes- und Landesstraßen [2], [3].

SK	linearer Ansatz	Q_i -Bereich	R^2
Bundesstraße	$Q=2,39+0,33 \cdot Z_1+0,53 \cdot Z_2+0,07 \cdot Z_3+0,10 \cdot Z_4-0,07 \cdot Z_5+0,24 \cdot Z_6-0,22 \cdot Z_7-0,13 \cdot Z_8-0,08 \cdot Z_9$	$1 \leq Q \leq 5$	-
Landesstraße	$Q=0,46+0,41 \cdot Z_1+0,10 \cdot Z_2+0,01 \cdot Z_3+0,05 \cdot Z_4-0,02 \cdot Z_5+0,38 \cdot Z_6+0,12 \cdot Z_7+0,10 \cdot Z_8+0,04 \cdot Z_9$	$1 \leq Q \leq 5$	0,83
	$Q=0,57+0,29 \cdot Z_1+0,01 \cdot Z_2+0,10 \cdot Z_3-0,07 \cdot Z_4+0,17 \cdot Z_5+0,15 \cdot Z_6+0,07 \cdot Z_7+0,10 \cdot Z_8+0,09 \cdot Z_9$	$1 \leq Q \leq 2$	0,42
	$Q=1,41+0,34 \cdot Z_1+0,08 \cdot Z_2-0,02 \cdot Z_3+0,09 \cdot Z_4-0,02 \cdot Z_5+0,28 \cdot Z_6+0,07 \cdot Z_7+0,05 \cdot Z_8+0,04 \cdot Z_9$	$3 \leq Q \leq 5$	0,75

Von immensem Interesse ist ein geeignetes Verhaltensmodell zur Beschreibung der zeitlichen Zustandsveränderung in der Qualität der Fahrbahnoberfläche. Hierbei fand JAGL in seinen Auswertungen die Weibullfunktion am geeignetsten zur Beschreibung der Qualität in Abhängigkeit von der Zeit. Qualitativ ist ein solcher Verlauf in Abb. 8 dargestellt.

In diese Funktion (Glg. 5) gehen – abhängig von Maßnahmeart und Eigenschaft, die nachfolgend tabellarisch dargestellt sind – die Lage in einer globalen Zeitachse, die Differenz zwischen Mindest- und charakteristischer Lebensdauer als auch die Steigung bzw. Zunahme der Qualitätsänderung Q_i ein.

$$Q_{(T)} = 1,0 - e^{-\left(\frac{T-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}, \text{ mit}$$

Glg. 5

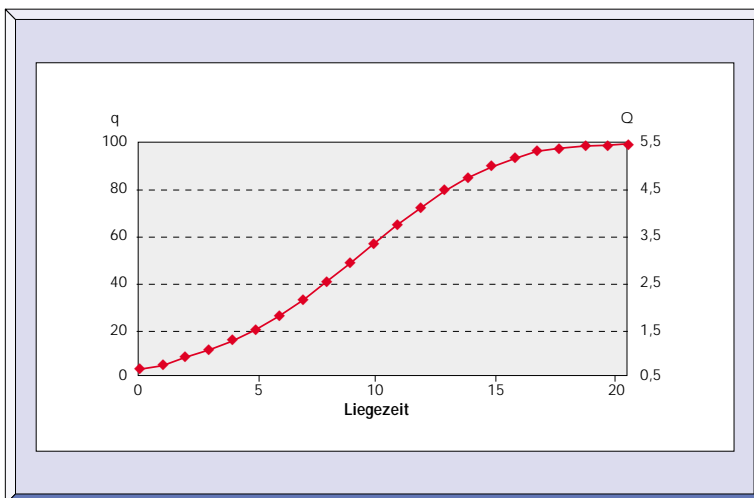
α = Lage in einer globalen Zeitachse,

β = Differenz zwischen Mindest- und charakteristischer Lebensdauer,

γ = Steigung bzw. Zunahme der Qualitätsänderung Q und

T = Alter des Streckenabschnittes.

Abbildung 8: Qualitativer Verlauf einer Weibullfunktion.





Die in Glg. 5 maßgebenden Parameter α , β , γ sind von den jeweiligen Maßnahmean-
 ten und Eigenschaften der zu untersuchenden Streckenabschnitte abhängig. JAGL [2]
 hat in seiner Arbeit diese Parameter für die Landesstraßen des Landes Niedersachsen,
 die Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur (IFI, Hannover) für die Bundesstraßen des
 Straßenbauamtes Wolfenbüttel (Niedersachsen) ermittelt [14]. Nachfolgend können
 diese Parameter den folgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 6: Bezeichnung verwendeter Bauweisen von Landesstraßen [2].

Bezeichnung	Maßnahmeart
A 1	Profilierung und Deckschicht
A 2	Profilierung und Verstärkung und Deckschicht
A 3	Deckschicht
A 4	Standardisierung, Bkl. IV und V gemäß RStO 75
A 5	Dünnschichtbelag
A 6	Oberflächenbehandlung
A 7	Maßnahmen ohne Spezifikation (Maßnahmen, deren Bauweise unbekannt ist und nur Zustandsveränderungen im Rahmen üblicher Unterhaltung, Substanzerhalt, unterliegen.)

Tabelle 7: Eigenschaftskombinationen untersuchter Bauweisen von Landesstraßen [2].

Eigenschaft	Eigenschaftskombinationen
E1	standfeste Konstruktion; Verkehrsmenge < 2.000 Kfz/d
E2	standfeste Konstruktion; Verkehrsmenge > 2.000 Kfz/d
E3	nicht standfeste Konstruktion; Verkehrsmenge < 2.000 Kfz/d
E4	nicht standfeste Konstruktion; Verkehrsmenge > 2.000 Kfz/d

Tabelle 8: Parameter der 2-dimensionalen Verhaltensmodelle für die jeweiligen Eigenschaften [2].

Maßnahmeart	Eigenschaft	α	β	γ
A 1	Prof./Decksch. stdf. / <=2000	-15	25,7241	5,5845
	stdf. / >=2000	-20	31,4795	6,7176
	n.stdf. / <=2000	-12	21,3903	4,9443
	n.stdf. / >=2000	-10	20,8054	3,0696
A 2	Prof./Verst./Decksch. stdf. / <=2000	-16	26,9065	5,6917
	stdf. / >=2000	-20	31,1763	7,0787
	n.stdf. / <=2000	-9	18,4433	4,0645
	n.stdf. / >=2000	-18	30,1934	5,4343
A 3	Deckschicht stdf. / <=2000	-16	28,0848	4,7647
	stdf. / >=2000	-22	34,3785	6,4583
	n.stdf. / <=2000	-7	16,4512	3,1753
	n.stdf. / >=2000	-13	23,2901	4,8682
A 4	Standardisierung stdf. / <=2000	-29	43,2603	7,4386
	stdf. / >=2000	-25	40,0211	5,7549
	n.stdf. / <=2000	-20	32,0564	6,1544
	n.stdf. / >=2000	-17	27,4228	6,7140
A 5	Dünnschichtbelag stdf. / <=2000	-26	31,5460	11,9067
A 6	OB stdf. / <=2000	-4	8,6891	1,9307
	stdf. / >=2000	-2	5,5812	2,6636
	n.stdf. / <=2000	-3	6,6112	2,0864
	n.stdf. / >=2000	-2	5,5812	2,6636
A 7	Sonstige stdf. / <=2000	-13	25,5565	3,6525
	stdf. / >=2000	-21	34,4535	5,4609
	n.stdf. / <=2000	-8	18,2076	2,9740
	n.stdf. / >=2000	-11	21,5439	3,9814

Aus Tab. 9 geht hervor, dass bei der Ermittlung der Zustandsentwicklung für Bundesstraßen nicht mehr nach Maßnahmeart und Eigenschaften unterschieden wird. Bei der Prognose der Zustandentwicklung von Bundesstraßen wird allgemein davon ausgegangen, dass diese Straßenkategorie standfest ist und der DTV-Wert größer 2.000 Fz/d auf Bundesstraßen ist. Die Zustandserfassung hat diese Annahme bestätigt, da für alle Streckenabschnitte Standfestigkeit ermittelt und ein DTV-Wert > 2.000 Fz/d aus der vom Niedersächsischen Landesamt für Straßenbau zur Verfügung gestellten Datenbanken erhoben wurde.

Tabelle 9: Bezeichnung verwendeter Bauweisen von Bundesstraßen mit den Parametern der Weibullfunktion [14].

Bezeichnung	Maßnahmeart	Parameter		
		α	β	γ
M 1	Deckschicht	-12,0	24,3644	2,7861
M 2	Verstärkung und Deckschicht	-17,0	38,8779	2,3637
M 3	Profilierung und Verstärkung und Deckschicht	-18,0	33,0015	4,4785
M 4	Oberflächenbehandlung	-10,0	29,6383	1,3643
M 6	Standardisierung	-11,0	31,7499	2,7999
M 7	Sonstige Maßnahmen	-13,6	31,5264	2,7585

Durch die Abstimmung der untersuchten Streckenabschnitte auf die zuvor tabellarisch angegebenen Eingangsparameter, die für die Nutzung der Weibullfunktion unerlässlich sind, ist es nun möglich, die zeitliche Veränderung der Streckenqualitäten Q_i in Abhängigkeit von unterschiedlichen Maßnahmearten der Erhaltung zu simulieren, um dadurch wiederum Aussagen für eine optimale Erhaltungsstrategie (Maßnahmestrategie) bei bestimmten Randbedingungen zu erhalten.

Um die verschiedenen Maßnahmestrategien besser vergleichen zu können, hat JAGL [2] einen Bewertungsindex (Straßenzustandsindex) $Z_{i(\text{Netz})}$ eingeführt, der die Maßnahmestrategie direkt mit der Änderung des Qualitätsstandards des Straßennetzes in Verbindung bringt und graphisch wiedergibt. Glg. 6 kann dieser Zustandsindex entnommen werden.

$$Z_{i(\text{Netz})} = \left(\sum_{Q=1}^5 Q \cdot l_{(Q)} / \sum_{Q=1}^5 l_{(Q)} \right) \cdot 100, \text{ mit} \tag{Glg. 6}$$

$Z_{i(\text{Netz})}$ = Zustandsindex des Netzes,
 Q = Qualitätsstufe der Fahrbahnoberfläche und
 $l_{(Q)}$ = Länge der in der Qualitätsstufe befindlichen Strecken.

2.7 Beurteilung der Prognosemodelle

Am geeignetsten zur Ermittlung des Erhaltungsbedarfes der untersuchten Bundes- und Landesstraßen erscheint das Prognosemodell von JAGL unter Einbeziehung der Ergebnisse der Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur (IFI, Hannover). Einerseits ist es deshalb den anderen Prognosemodellen vorzuziehen, weil vertrauenswürdige Statistik am wirtschaftlichsten ist, andererseits dieses Modell aufgrund der nur mäßigen und teilweise unvollständigen Datengrundlage der untersuchten Umleitungsstrecken am zweckmäßigsten ist, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen.

Da es sich in dieser Arbeit um die technische Betrachtung des Unterhaltungs- und Erhaltungsbedarfes von Bundes- und Landesstraßen handelt, wird das globale volkswirtschaftliche Verfahren (Kapitel 2.2) von vornherein ausgeschlossen. Hier wird auf die volkswirtschaftlichen Ausführungen des Pestel Instituts (Hannover) in diesem Band verwiesen.

Die Erhebung streckenbezogener Parameter gestaltete sich kompliziert und war vor allem nicht erschöpfend genug. DTV-Werte und das Alter der untersuchten Strecken konnten teilweise nur zur Hälfte eruiert werden. Aber auch Fahrbahnbreiten sowie Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen konnten nur sehr ungenau den untersuchten Strecken zugeordnet werden.

Aus diesem Grund sind sowohl Netz- und gruppenbezogene Modellverfahren (Kapitel 2.3), objektbezogene Verfahren (Kapitel 2.4) sowie das mit exponentiellen Altersfunktionen (Kapitel 2.5) arbeitende Verfahren für diese Untersuchung nicht geeignet. Alle Verfahren beziehen sich auf die zuvor genannten, uneinheitlich vorliegenden Parameter, so dass für den Untersuchungsraum für nur wenige Untersuchungskilometer Aussagen zum Erhaltungsbedarf getroffen werden können.

3. Beschreibung des Untersuchungsprogramms

Das mit dem Verband der Bauindustrie für Niedersachsen als Auftraggeber abgestimmte Untersuchungsprogramm zum Erhaltungsbedarf von Bundes- und Landesstraßen der noch in Kapitel 4 vorzustellenden Untersuchungsräume umfasst folgende Teilaufgaben:

Zunächst sollte anhand einer visuellen Zustandserfassung der Untersuchungsstrecken, der Umleitungsstrecken der BAB A2 zwischen dem AK Braunschweig-Nord und der AS Helmstedt-Ost sowie der BAB A7 zwischen der AS Derneburg/Salzgitter und der AS Göttingen, die momentane Straßenqualität der sich in diesem Raum befindenden Bundes- und Landesstraßen analysiert werden.

Parallel dazu fand im Fachgebiet Konstruktiver Straßenbau des Instituts für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover eine Auswertung vorhandener Prognosemodelle zur Zustandsentwicklung von Straßenqualitäten statt. Anhand dieser Auswertung wurde schließlich das Prognosemodell nach JAGL [2], [3] aufgrund der besten Kongruenz zwischen diesem Modell und der vorhandenen Parameter für die weitere Bearbeitung festgelegt.

Abschließend sollte der zu erwartende Erhaltungsbedarf der untersuchten Bundes- und Landesstraßen für die nächste Dekade anhand des o.g. Prognosemodells sowie bisheriger Unterhaltungs- und Instandsetzungsleistungen der vergangenen Jahre [13] ermittelt und der damit verbundene Investitionsbedarf abgeschätzt werden.

4. Durchführung der Zustandserfassungen

4.1 Allgemeines

Die Zustandserfassungen der Autobahnumgehungsstrecken der BAB A2 und A7 fanden zwischen dem 11. und 14. April 2000 statt.

4.2 Beschreibung der Untersuchungsstrecke

Bei den hier untersuchten Umleitungsstrecken handelt es sich um die Autobahnumgehungsstrecken der BAB A2 zwischen dem AK Braunschweig-Nord und der AS Helmstedt-Ost sowie der BAB A7 zwischen der AS Derneburg/Salzgitter und der AS Göttingen. Nachfolgend aufgeführte Tabelle gibt Aufschluss über die untersuchten Autobahnumgehungsstrecken.

Tabelle 10: Untersuchte Umleitungsstrecken.

BAB	Umleitungsstrecke	von	nach	Länge km	in entgegengesetzter Richtung
A2	U37	AK BS-Nord	AS BS-Ost	15,325	U10
A2	U39	AS BS-Ost	AK WOB / Königslutter	16,509	U8
A2	U41	AK WOB / Königslutter	AS Königslutter	19,179	U6
A2	U43	AS Königslutter	AS Rennau	19,228	U4
A2	U45	AS Rennau	AS Helmstedt	3,514	U2
A2	U45	AS Helmstedt	AS Helmstedt-Ost	5,050	U2
A7	U56	AS Derneburg/ Salzgitter	AS Rhüden (Harz)	39,083	U21
A7	U58	AS Bockenem	AS Rhüden (Harz)	9,462	U19
A7	U60	AS Rhüden (Harz)	AS Seesen	10,471	U17
A7	U62	AS Seesen	AS Echte	13,490	U15
A7	U64	AS Echte	AS Northeim-Nord	14,274	U13
A7	U66E	AS Northeim-Nord	AS Northeim-West	10,241	U11E
A7	U68	AS Northeim-West	AS Nörten-Hardenberg	14,641	U9
A7	U68a	AS Northeim-West	AS Nörten-Hardenberg	17,034	U9a
A7	U70	AS Nörten-Hardenberg	AS Göttingen-Nord	11,427	U7
A7	U72	AS Göttingen-Nord	AS Göttingen	6,381	U5

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die untersuchten Umleitungsstrecken der BAB A2 und BAB A7.

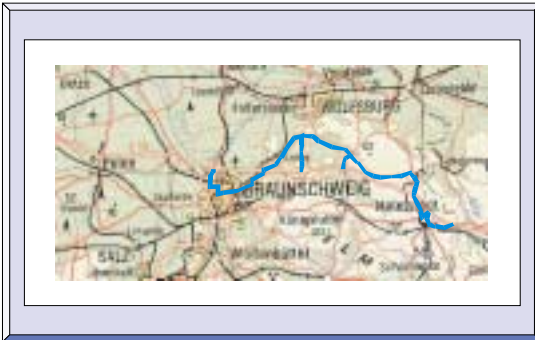


Abbildung 9: Darstellung der Umleitungsstrecken der BAB A2 zwischen Braunschweig und Helmstedt.

Abbildung 10: Darstellung der Umleitungsstrecken der BAB A7 zwischen Derneburg/Salzgitter und Göttingen.



4.3 Vorbereitung der Erfassung

Die Vorbereitung bestand zunächst darin, von den zuständigen Straßenbau- und Autobahnneubauämtern die aktuellen Streckenführungen zwischen den o.g. Autobahnabschnitten der BAB A2 und A7 zu erhalten. Anlage 1 gibt tabellarisch Aufschluss über die exakten Streckenverläufe der Untersuchungsstrecken. Exemplarisch wird hier zunächst nur die Autobahnumgehungsstrecke U37 zwischen dem AK BS-Nord und der AS BS-Ost und der U10 in umgekehrter Fahrtrichtung (U´) dargestellt.

Tabelle 11: Umleitungsstrecken U37 und U10 mit Angabe von Straßenkategorie, Straßenummer, Netzknoten und Abschnittslängen.

BAB	U	SK	Straßen-Nr.	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A2	U37	A	391	3629054	3629051	1	11,455	10,580	0,875	U10
A2	U37	A	391	3629051	3728051	2	10,580	7,300	3,280	U10
A2	U37	A	392	3728051	3729072	3	20,200	19,500	0,700	U10
A2	U37	A	392	3729072	3729084	4	19,500	18,806	0,694	U10
A2	U37	B	4	3729084	3729001	5	1,703	1,008	0,695	U10
A2	U37	B	1	3729001	3729069	6	1,283	0,316	0,967	U10
A2	U37	B	248	3729069	3729051	7	1,502	3,060	1,558	U10
A2	U37	B	248	3729051	3729052	8	3,060	3,745	0,685	U10
A2	U37	B	248	3729052	3729054	9	3,745	4,950	1,205	U10
A2	U37	B	248	3729054	3729056	10	4,950	6,197	1,247	U10
A2	U37	B	248	3729056	3629004	11	6,197	7,292	1,095	U10
A2	U37	B	248	3629004	3629003	12	7,292	9,616	2,324	U10

Die weiteren Streckenverläufe können sowohl tabellarisch als auch graphisch Anlage 1 entnommen werden.

Parallel dazu wurde die Zustandserfassung mittels einer Probemessfahrt vor Ort geplant.

Da sich die Erfassung der Umleitungsstrecken insgesamt auf einer Länge von ca. 230 km erstreckte, wurde vorab vorgesehen, die visuell-sensitive Erfassung von einem langsam fahrenden Fahrzeug aus mit Hilfe einer zusätzlich direkt hinter der Wind-



schutzscheibe im Innenraum des Messfahrzeuges installierten Videokamera durchzuführen.

Aus diesem Grund wurde vorab anhand einer Probemessfahrt untersucht, inwieweit die im Fahrzeuginnenraum installierte Kamera die zu beobachtenden Schadensmerkmale der Fahrbahndecken in Abhängigkeit variierender Geschwindigkeiten aufnehmen kann. Hierzu wurde die für die Messfahrten zur Verfügung stehende Kamera im Messfahrzeug installiert. Gleichzeitig konnte sich das Aufnahmeteam sowohl mit der Aufnahmekamera als auch mit dem Messfahrzeug vertraut machen. Bei der Probefahrt, die bei leichtem Niederschlag durchgeführt wurde, wurden folgende Geschwindigkeiten untersucht: 20, 30, 40 und 50 km/h. Die Probefahrt wurde anschließend analysiert.

Die Analyse der Probefahrt ergab für die eigentliche Zustandserfassung eine Geschwindigkeit von 20 bis 25 km/h als sinnvoll zu wählende Geschwindigkeit zur Aufnahme der Schadensmerkmale.

Zusätzlich gab die Probefahrt Aufschluss darüber, dass sowohl die Aufnahme der Fahrbahn als auch die Aussagefähigkeit der zu untersuchenden Schadensmerkmale durch die Videokamera durch den auf die Windschutzscheibe des Messfahrzeuges auftreffenden Regen nicht nachteilig beeinflusst wurde. Auch konnte festgestellt werden, dass die im Fahrzeuginnenraum installierte Videokamera mittels eines Autostativs sehr gut fixiert werden konnte, so dass mit einer über die gesamte Zeit der Messfahrten guten Aufnahmequalität der zu untersuchenden Streckenabschnitte zu rechnen war. Des weiteren ergab die Messfahrt, dass die begleitende Aufnahme der Erfassungsfahrten auch den Gesamtquerschnitt der Streckenabschnitte aufnimmt.

Folgende Tabelle listet zusammenfassend alle Hilfsmittel und Geräte auf, die für eine reibungslose und damit optimale Versuchsdurchführung nötig sind:

Tabelle 12: Zur Zustandserfassung benötigte Hilfsmittel und Geräte.

lfd. Nr.	Hilfsmittel / Gerät	lfd. Nr.	Hilfsmittel / Gerät
1	Messfahrzeug (Chrysler Voyager)	6	Videokassetten
2	Autostativ	7	Erfassungsbögen (Anlage 2)
3	Camcorder	8	Beispiele für Anteile betroffener Flächen [5]
4	Akkus	9	Schadenskatalog
5	Mikrofon		

4.4 Durchführung der Erfassung

Wie eingangs unter 4.1 erwähnt, fanden die Erfassungsfahrten der zu untersuchenden Umleitungsstrecken zwischen dem 11. und 14. April 2000 statt. Dabei wurden die unter 4.3 analysierten, vorbereitenden Maßnahmen als Randbedingungen der Erfassungsfahrten sehr genau eingehalten.

Die Zustandserfassung der zu untersuchenden Strecken erfolgte nach „Anlage 7.1“ der FGSV [5] als visuell-sensitive Erfassung. Hierbei ist zu beachten, dass das Merkblatt der FGSV dahingehend modifiziert wurde, dass zusätzlich die unter [2] berücksichtigten Angaben zur Standfestigkeit von Landesstraßen aufgenommen werden konnten.

Auf eine messtechnische Zustandserfassung der Gesamtstreckenlänge von ca. 230 km wurde aus Kostengründen verzichtet. Das Merkmal „Spurrinnentiefe“ wurde mittels einer verbalen Skala unter Berücksichtigung der zugehörigen Funktionsklasse (Tab. 14) der jeweiligen Streckenabschnitte aufgenommen.

Jede zu untersuchende Umleitungsstrecke wurde zweimal befahren. Zunächst in dem zuvor bestimmten Geschwindigkeitsbereich von 20 bis 25 km/h, um eine optimale Aufnahmequalität der Messfahrten für die videounterstützte Auswertung der Erfassungsfahrten zu gewährleisten. Bei der zweiten Befahrung wurde jede Umleitungsstrecke mit einer Geschwindigkeit von ca. 80 km/h abgefahren, um Aussagen zum Schadensmerkmal „Allgemeine Unebenheiten“ zu erhalten.

Des weiteren fand die Zustandserfassung nach dem FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/C 1.1 [5] statt, wobei die in Tab. 13 aufgeführten Schadensmerkmale anhand des nach [2] modifizierten Erfassungsbogens sowie durch fahrtbegleitende verbale Aufnahmen auf das mitlaufende Videoband aufgenommen wurden:

Tabelle 13: Zustandsmerkmale mit ihrer jeweiligen Bedeutung, Bewertung und Bewertungsskala.

Zustandsmerkmal	Bedeutung	Bewertung	Skala	
Allgemeine Unebenheiten Spurrinnen, Wasserrückhalt auf der Fahrbahn,	<i>Zustandsmerkmale mit dominierendem Einfluss</i>	fünfstufig, verbal	sehr schwach schwach deutlich stark sehr stark	ausgeprägt
Netzrisse, Risshäufungen, Ausmagerung, Splittverluste, Flickstellen;		Anteil der betroffenen Fläche [%]	Schätzhilfe nach [5]	
Ausbrüche, Einzelrisse, offene Arbeitsnähte, Bindemittelanreicherungen,	<i>Zustandsmerkmale mit informativem Charakter</i>	fünfstufig, verbal	n. wahrnehmbar vereinzelt häufiger verbreitet stark verbreitet	
Funktion der Entwässerung, Standfestigkeit.		zweistufig, verbal	gegeben/nicht gegeben standfest/nicht standfest	

Zu unterscheiden sind dabei die einzelnen Zustandsmerkmale in der Art ihrer Erfassung. So werden bspw. die Merkmale Allgemeine Unebenheiten, Spurrinnen, Wasser-rückhalt auf der Fahrbahn, Ausbrüche, Einzelrisse und offene Arbeitsnähte sowie Bin-demittelanreicherungen anhand einer fünfstufigen, verbalen Skala bewertet. Netzrisse und Risshäufungen, Ausmagerungen und Splittverluste sowie Flickstellen werden hin-gegen anhand des Anteils betroffener Flächen der beobachteten Abschnitte ermittelt. Dazu dienen Schätzhilfen nach FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/C 1.1 [5]. Die Merkmale Funktion der Entwässerung und Standfestigkeit wurden anhand einer zweistufigen ver-balen Skala aufgenommen (siehe Tab. 13).

Ferner wurde bei der Erfassung jede Umleitungsstrecke in mehrere Teilabschnitte unterteilt. Als Entscheidungskriterium einer sinnvollen Unterteilung dienten zunächst die Wechsel klassifizierter Straßen.

Während der Erfassungsfahrten wurden auffällige Schäden am Fahrbahnzustand be-gleitend zur Videoaufnahme auf Band gesprochen. Ferner wurde versucht, die straßen-begleitende Kilometrierung bzw. Stationierung auf Band festzuhalten, um bei der später stattfindenden, videounterstützten Auswertung der Messfahrten einen besseren Überblick über die ungefähre Lage der Schadensmerkmalen zu erhalten. Konnte we-der eine straßenbegleitende Kilometrierung oder Stationierung ausfindig gemacht wer-den, wurde streckenbegleitend die Fahrzeugkilometrierung auf Band gesprochen. Bei wieder einsetzender Kilometrierungs- oder Stationierungsangabe wurde die ent-sprechende Fahrzeugkilometrierung festgehalten und auf die zugehörige straßen-begleitende Kilometrierung/Stationierung geeicht.

Bei der Auswertung wurden die noch teilweise sehr langen, in ihren Schadensmerk-malen sehr uneinheitlichen Teilabschnitte in möglichst visuell einheitliche homogene (Schadens-) Abschnitte aufgegliedert. Unterstützend halfen hierbei die parallel zu den Fahrten aufgenommenen Kilometrierungsangaben sowie die auf Band aufgenomme-nen Schadensmerkmale.

Ergebnis der Zustandserfassung ist letzten Endes für jeden homogenen Abschnitt ein modifizierter Erfassungsbogen nach [5], der alle Angaben zu den in Tab. 13 aufge-listeten Schadensmerkmalen für die anschließende Zustandsbewertung der homo- genen Abschnitte enthält.

4.5 Zustandsbewertung

Nach der visuell-sensitiven Zustandserfassung der zu untersuchenden Streckenabschnitte vor Ort, erfolgte mit Videounterstützung nun die eigentliche Bewertung der nun vorliegenden homogenen Abschnitte anhand der ausgefüllten Erfassungsbögen der jeweiligen homogenen Abschnitte.

Obwohl laut Abschnitt 2.7 die weiterführende Prognose zur Zustandsentwicklung der Untersuchungsstrecken zweckmäßigerweise nach den Ausführungen von JAGL ([2] und [3]) erfolgt, wird die Zustandsbewertung nicht nur nach [2] und [3], sondern auch nach dem FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/D [6] durchgeführt.

Die Auswertung nach beiden Bewertungsverfahren wird deshalb durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit der beiden Verfahren mit dem Ziel zu erhalten, um signifikante Unterschiede der Zustandsbewertungen nach [2] und [3] sowie nach [6] herauszuarbeiten bzw. zu bestätigen. Im Folgenden werden beide Bewertungsverfahren vorgestellt:

4.5.1 Zustandsbewertung nach FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/D [6]

Grundlage der Bewertung sind die anhand der Zustandserfassung ermittelten Zustandsgrößen ZGi. Da es sich bei den erfassten Zustandsgrößen um dimensionsbezogene Werte handelt, müssen diese Werte zunächst noch in eine dimensionslose Wertigkeit (Zustandswerte ZWi von 1 bis 5) überführt werden, um ein einheitliches Bewertungsschema anwenden zu können. Hierbei handelt es sich um die Normierung der Zustandsgrößen, die nach FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/D, Blatt 1 bis 4 [6] erfolgt.

In die Normierung und damit Bewertung gehen lediglich die ersten sechs Zustandsgrößen (Allgemeine Unebenheiten; Spurrinnen; Wasserrückhalt auf der Fahrbahn; Netzrisse und Risshäufungen; Ausmagerung und Splittverluste; Flickstellen) nach Tab. 13 ein. Hierbei ist die Funktionsklasse des zu untersuchenden Abschnittes (siehe Tab. 14) von entscheidender Bedeutung, da hiervon die Normierungsfunktionen abhängt, die eine Übertragung der visuell-sensitiven und/oder messtechnisch erfassten dimensionsbehafteten Zustandsgrößen in dimensionsfreie Zustandswerte unter Berücksichtigung der Funktionsklassen ermöglicht.



Tabelle 14: Funktionsklassen in Abhängigkeit vom Straßentyp [6].

Funktions- klasse FK_i	Verbindungs- funktions- stufe	Kategoriegruppe					
		außerorts	innerorts				
		anbaufrei			angebaut		
		Verbindung				Erschließung	Aufenthalt
		A	B	C	D	E	
1	I	Fernstraße	(BI)	(CI)			
	II	überregionale/ regionale Straße	anbaufreie Schnellver- kehrsstraße	(CII)	(DII)		
2	III	zwischen- gemeindliche Straße	anbaufreie Hauptver- kehrsstraße	Haupt- verkehrs- straße	(DIII)	(EIII)	
3	IV	flächen- erschließende Straße	anbaufreie Hauptsam- melstraße	Haupt- sammel- straße	Sammel- straße	(EIV)	
4	V	(unter- geordnete Straße)			Anlieger- straße	Anlieger- straße	
	VI	(Wirt- schaftsweg)				Anlieger- weg	

Man erhält schließlich Zustandswerte von 1 bis 5, wobei entscheidende Zustandswerte 3,5 und 4,5 sind. Den Zustandswert $ZW_i = 3,5$ bezeichnet man als Warnwert, weil er Veranlassung für die Einplanung von Erhaltungsmaßnahmen und der Bereitstellung entsprechender Finanzmittel geben soll. Als Schwellenwert wird der Zustandswert $ZW_i = 4,5$ bezeichnet, der Maßnahmen auslösen soll. Notfalls sind entsprechende verkehrsbehördliche Hinweise oder Beschränkungen zu geben, wenn aus irgendwelchen Gründen eine Maßnahme nicht rechtzeitig begonnen werden kann.

Als nächstes erfolgt die Berechnung der Teilwerte TW_i für Fahrkomfort, Sicherheit und Substanzerhalt, wobei für jeden Teilwert eine Gewichtung von maßgebenden Zustandsmerkmalen ZW_i erfolgt. Es wird hier auf das FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/D [6] für die teilzielunabhängige Gewichtung der Zustandswerte ZW_i zur Berechnung der Teilwerte TW_i verwiesen.

Da die Griffigkeit der Untersuchungsstrecken aus bereits erwähnten Gründen nicht ermittelt wurde, muss hier für die Gewichtung des Teilwertes Sicherheit (SI) gesagt werden, dass nur die Erfassungsgrößen Spurrinnen und Wasserrückhalt zur Bildung des Teilwertes Sicherheit herangezogen wurden. Der Zustandswert Spurrinne geht dabei mit 30%, der für den Wasserrückhalt mit 70% zur Bildung des Teilwertes Sicherheit mit ein [6].

Um nutzer- oder baulastträgerbezogene Interessen mit einfließen zu lassen, erfolgt zusätzlich eine Gewichtung der Teilwerte für Fahrkomfort, Sicherheit und Substanzerhalt für den zu bildenden Gesamtwert [6]:

- Fahrkomfort: 10 %
- Sicherheit: 50 %
- Substanzerhalt: 40 %

Unabhängig von diesen Festlegungen soll jedoch gelten, dass ein einzelner Zustandswert dann direkt als Teilwert gilt, wenn er gleich oder größer dem Warn- bzw. Schwellenwert oder der Teilwert kleiner als einer der rechnerisch eingehenden Zustandswerte ist. Diese Festlegung soll verhindern, dass entscheidungsrelevante Zustandswerte bei der gewichteten Zusammenfassung zu Teilwerten untergehen.

Abschließend erfolgt die Überführung des Gesamtwertes eines homogenen Abschnittes in seine zugehörige Zustandsklasse nach Tab. 15.

Tabelle 15: Einteilung der Gesamtwerte in Zustandsklassen [6].

Zustandsklasse	Gesamtwert	Bedeutung	Zustand (verbal)
1	1,00 – 1,24	Zielwert unterschritten	
2	1,25 – 1,74	Zielwert eingehalten	
3	1,75 – 2,24	Zielwert überschritten	
4	2,25 – 2,74		
5	2,75 – 3,24		
6	3,25 – 3,74	Warnwert erreicht	
7	3,75 – 4,24	Warnwert überschritten	
8	4,25 – 4,74	Schwellenwert erreicht	
9	4,75 – 5,00	Schwellenwert überschritten	

4.5.2 Zustandsbewertung nach JAGL [2], [3]

Nach JAGL erfolgt zunächst auch eine Überführung der dimensionsbehafteten Zustandsgrößen in sogenannte dimensionslose Zustandswerte, wie in Abschnitt 4.5.1 als Normierung bezeichnet. Grundlage der Normierung der Zustandsgrößen sind auch hier die Blätter 1 bis 4 des FGSV-Arbeitspapiers Nr. 9/D [6] oder aber die Richtlinie für die visuelle Zustandserfassung in Niedersachsen (RvSz) [7] für die Zustandsgrößen Allgemeine Unebenheiten, Spurrinnen, Wasserrückhalt auf der Fahrbahn, Netzrisse und Risshäufungen, Ausmagerung und Splittverluste, Flickstellen.

Zusätzlich gehen bei der Zustandsbewertung nach [2] und [3] auch noch die Zustandsgrößen Ausbrüche, Einzelrisse und offene Arbeitsnähte sowie Bindemittelanreicherungen ein. Die Überführung in Zustandswerte erfolgt für diese Zustandsgrößen nach der Richtlinie für die visuelle Zustandserfassung in Niedersachsen (RvSz) [7].

Liegen nun für jeden homogenen Abschnitt die einzelnen Zustandsgrößen vor, so können nun die von Jagl für Landesstraßen und der Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur (IFI, Hannover) für Bundesstraßen durch Rückwärtselimination ermittelten linearen Gleichungen in der allgemeinen Form

$$Q = b_0 + b_1 \cdot Z_1 + b_2 \cdot Z_2 + \dots + b_k \cdot Z_k \quad \text{Glg. 7}$$

zur Berechnung der Gesamtwerte – auch als Qualität eines Abschnittes bezeichnet – für Landes- und Bundesstraßen getrennt verwendet werden.

Die Berechnung der Qualitäten erfolgt nach den linearen Ansätzen in Tab. 5 für Bundes- und Landesstraßen getrennt. Tab. 5 kann zudem entnommen werden, dass eine Ermittlung der Qualitäten auch nach bestimmten Wertegruppen der Zustandsmerkmale erfolgen kann, wobei allerdings – wie schon erwähnt – eine Einbuße in der Genauigkeit der Ergebnisse (Bestimmtheitsmaß R_2 als Indikator) hingenommen werden muss.

4.6 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

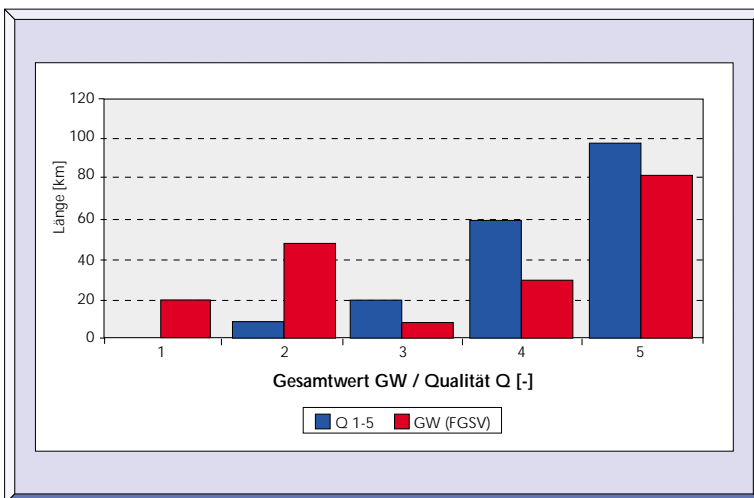
Die Zustandsbewertungen bzw. Straßenqualitäten der homogenen Abschnitte erfolgte einerseits nach dem Bewertungsalgorithmus der FGSV [6] und andererseits nach dem Verfahren von JAGL [2] und den Auswertungen der Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur (IFI, Hannover), siehe dazu auch Tab. 5. Dabei waren folgende Fragestellungen von Interesse, die den nachfolgenden Säulendiagrammen optisch entnommen werden können:

- Die Frage nach der Verteilung der Zustandsbewertungen der Bundes- und Landesstraßen nach dem Algorithmus der FGSV [6] und dem Verfahren nach JAGL [2],
- die Frage nach der Verteilung der Zustandsbewertung der Bundes- und Landesstraßen in Abhängigkeit von Wertegruppen der Zustandsmerkmale nach Tab. 5 sowie
- die Gegenüberstellung der prozentualen Anteile der Straßenqualitäten getrennt nach Bundes- und Landesstraßen.

4.7 Auswertung der Zustandserfassung

Die Ergebnisse der Zustandsbewertung der untersuchten Streckenabschnitte können den Abb. 11 bis Abb. 13 entnommen werden. Dabei wird auf die unter 4.6 aufgestellten Fragestellungen eingegangen.

Abbildung 11: Verteilung der Zustandsbewertungen der Bundes- und Landesstraßen nach dem Algorithmus der FGSV [6] und dem Verfahren nach JAGL [2].



Generell kann festgestellt werden, dass bei der Zustandsbewertung nach FGSV [6] alle Werte $GW=1$ bis $GW=5$ für die untersuchten Strecken ermittelt werden konnten. Die Bewertung nach JAGL [2], [3] für Q_{1-5} ergab keinen Streckenabschnitt mit der Qualität $Q = 1$.

Abb. 11 kann beim Vergleich der Zustandsbewertungen nach JAGL [2] und FGSV [6] ebenfalls entnommen werden, dass die von JAGL [2] beschriebene Durchschlagsregel nach dem FGSV-Algorithmus hier bestätigt wird. Zu erkennen ist dieses Verhalten an den wenigen mit Gesamtwert $GW=3$ bewerteten Strecken nach FGSV [6] verbunden mit einem stärkeren Anstieg der Gesamtwerte $GW=3$ bis $GW=5$ als bei den nach JAGL [2] mit Q_{1-5} ermittelten Qualitäten Q . Insgesamt ist aber auch zu beobachten, dass die Summe der Streckenlängen der nach JAGL [2] ermittelten Qualitäten $Q=3$ bis $Q=5$ größer ist als nach FGSV [6].

Es kann auch beobachtet werden, dass die Streckenanteile der mit sehr gut (=1) und gut (=2) bewerteten Strecken nach FGSV [6] größer als entsprechende Anteile nach JAGL [2] sind.

Abbildung 12: Prozentuale Anteile der Straßenqualitäten getrennt nach Bundes- und Landesstraßen für das Verfahren nach JAGL [2] mit Q_{1-5} .

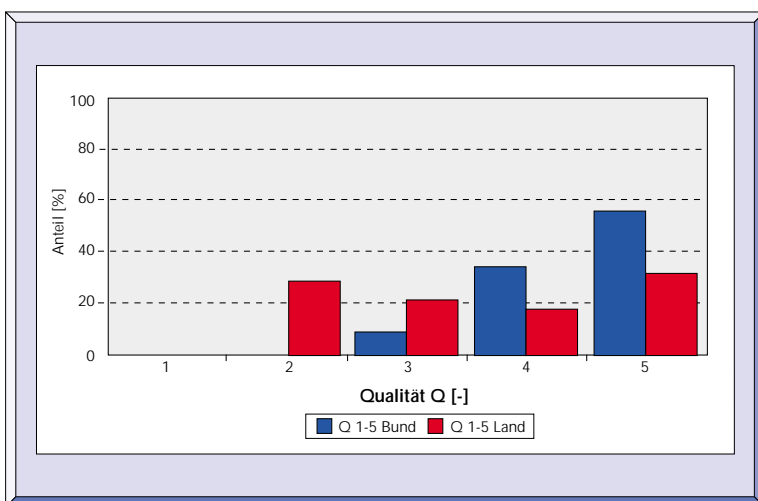
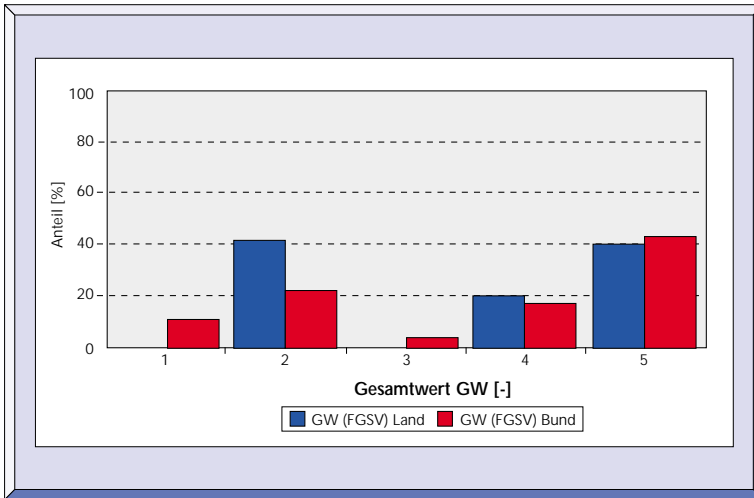


Abbildung 13: Prozentuale Anteile der Straßenqualitäten getrennt nach Bundes- und Landesstraßen für das Verfahren nach FGSV [6].



Die Gegenüberstellung der prozentualen Anteile der Zustandswerte nach unterschiedlichen Bewertungsmöglichkeiten (Q_{1-5} , FGSV) für Landes- und Bundesstraßen zeigt keine Auffälligkeit in der Bewertung hinsichtlich der Straßenkategorie. Generell sind die Bundesstraßen schlechter bewertet als die Landesstraßen.

Für die weiterführende Prognose über die Zustandsentwicklung der Untersuchungsstrecken (Kapitel 5) werden die nach JAGL [2], [3] mit Q_{1-5} ermittelten Zustandsbewertungen der Bundes- und Landesstraßen herangezogen, da das Bestimmtheitsmaß R^2 für Q_{1-5} größer ist als für die linearen Ansätze Q_{1-2} und Q_{3-5} , dadurch also eine größere Aussagegenauigkeit in den Ergebnissen zu erzielen ist. Außerdem liegen für die Bundesstraßen die linearen Ansätze für Q_{1-2} und Q_{3-5} nach Tab. 5 nicht vor. Die Zustandsbewertungen der Strecken nach FGSV [6] werden für die weiterführende Prognoseberechnung nicht herangezogen, um die Geschlossenheit des Verfahrens nach JAGL [2] zu gewährleisten.

5. Prognose über die Zustandsentwicklung der Untersuchungsstrecken

5.1 Allgemeines

Die Untersuchung der Zustandsentwicklung der Umleitungsstrecken wird für Bundes- und Landesstraßen getrennt durchgeführt, da unterschiedliche Maßnahmeannten und Eigenschaften (siehe Kapitel 2.6) für beide Straßenkategorien vorliegen. Es werden aber bei den zu untersuchenden Varianten gleiche Fragestellungen gewählt, um am Ende die Ergebnisse der für Bundes- und Landesstraßen prognostizierten Entwicklungen wieder in ein Gesamtsystem zu überführen.

Folgende Varianten werden untersucht:

- Variante 0: Entwicklung des Zustandes bei zukünftig keinen Erhaltungsmaßnahmen des Istzustandes (Jahr 2000).
- Variante 1: Entwicklung des Zustandes bei zukünftig gleichbleibenden Erhaltungsmaßnahmen des Jahres 1999.
- Variante 2 (Bundesstraßen): Frage nach den erforderlichen Erhaltungsmitteln der nächsten zehn Jahre, um eine kontinuierliche Verbesserung der Gesamtqualität auf $Q=3,5$ zu erzielen.
- Variante 2 (Landesstraßen): Frage nach den erforderlichen Erhaltungsmitteln der nächsten zehn Jahre zur Wahrung einer gleichmäßigen Netzqualität.
- Variante 3: Frage nach gleichen Erhaltungskosten der Jahre 2001 bis 2005, um im Jahre 2010 keine Straßen der Qualität $Q=5$ zu haben.
- Variante 4: Frage nach gleichen Erhaltungskosten der Jahre 2001 bis 2010, um im Jahre 2010 keine Straßen der Qualität $Q=5$ zu haben.

Grundlage der Berechnung sind die Kosten für Straßenunterhaltung und Instandsetzung des Jahres 1999 [13].

5.2 Zustandsentwicklung der Bundesstraßen

5.2.1 Allgemeines

Bei der Prognoseberechnung der Bundesstraßen müssen aufgrund der nur wenig erfassten Streckenlängen dieser Kategorie von insgesamt 156,354 km einige Annahmen vorab getroffen werden.

Eine Aufteilung der jährlichen Bauleistungen [km/Jahr] in die nach Tab. 9 zu unterteilenden Maßnahmearten auf die von der Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur (IFI, Hannover) untersuchten Maßnahmearten der Bundesstraßen des Straßenbauamtes Wolfenbüttel [14] wäre gewagt, da sich die in diesem Gutachten erfassten Bundesstraßen nicht mit dem in [14] untersuchten Netz kongruieren lassen. Deshalb wird bei dieser Prognose der Bundesstraßen pauschal Maßnahmeart M7: Sonstige Maßnahmen (Tab. 9) zugrunde gelegt, deren Parameter α , β und γ als Mittelwerte aus den entsprechenden Parametern der anderen Maßnahmearten gebildet wurden. In [2] wird analog für Landesstraßen gesagt, dass „Sonstige Maßnahmen“ für Streckenabschnitte zu wählen sind, wenn Bauweisen nicht zu definieren sind.

Der Kostenansatz [TDM/km] ergibt sich analog zu Tabelle 2: „Maximal mögliche Bauleistung/Jahr“ [14] als gemittelter Wert aus den Kostenansätzen der Bauweisen M1 bis M4 und M6 für das Jahr 1990 (Kostenindex=1) unter Berücksichtigung eines gewichteten Kostenindex für das Jahr 2000. Dieser Kostenindex wurde in Zusammenarbeit mit dem Pestel Institut (Hannover) zu KI=1,51 ermittelt.

5.2.2 Anwendung des Prognosemodells

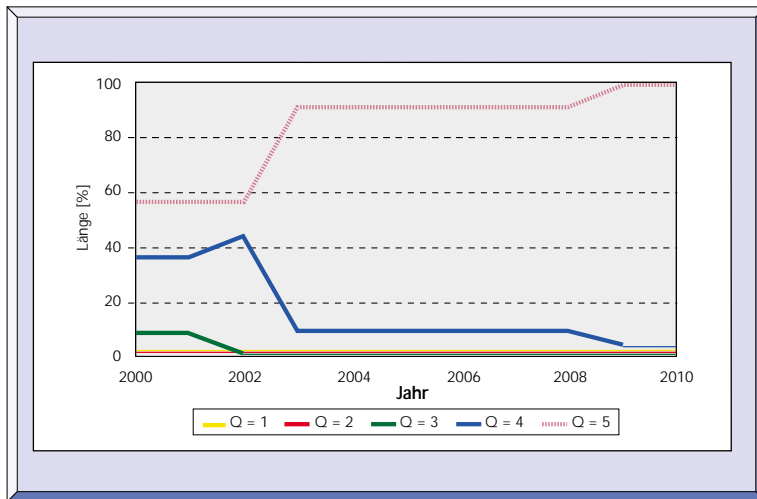
Zunächst wird die Bauleistung für Unterhaltung und Instandsetzung anhand des Jahresberichtes 1999 des NLSStB [13] für das zu untersuchende Netz der Bundesstraßen berechnet.

Aus [13] geht hervor, dass ein Gesamtwert für Straßenunterhaltung und Instandsetzung 1999 für Bundesstraßen von 17,1 TDM/km aufgebracht wurde. Bezogen auf das hier zu untersuchende Netz mit einer Länge von 156,354 km ergibt dies einen Gesamtaufwand von 2.673,65 TDM für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen. Somit können jährlich mit der Bauweise M7 unter Berücksichtigung des entsprechenden Kostenansatzes 3,65 km unterhalten bzw. instandgesetzt werden.

Bei der Prognose über 10 Jahre wird darauf geachtet, dass die Streckenabschnitte mit der schlechtesten Qualität erneuert werden. Diese Abschnitte werden schließlich in den Qualitätszustand $Q=1$ überführt. Dabei wird das Alter T dieser Abschnitte auf $T=0$ zurückgesetzt. Die Qualität der Streckenabschnitte errechnet sich nach Glg. 5 und den zugehörigen Parametern aus Tab. 9 über das jährlich hochgerechnete Alter T der Abschnitte.

- *Variante 0:* Entwicklung des Zustandes bei zukünftig keinen Erhaltungsmaßnahmen des Istzustandes (Jahr 2000).

Abbildung 14: Zustandsprognose der untersuchten Bundesstraßen bei Variante 0.



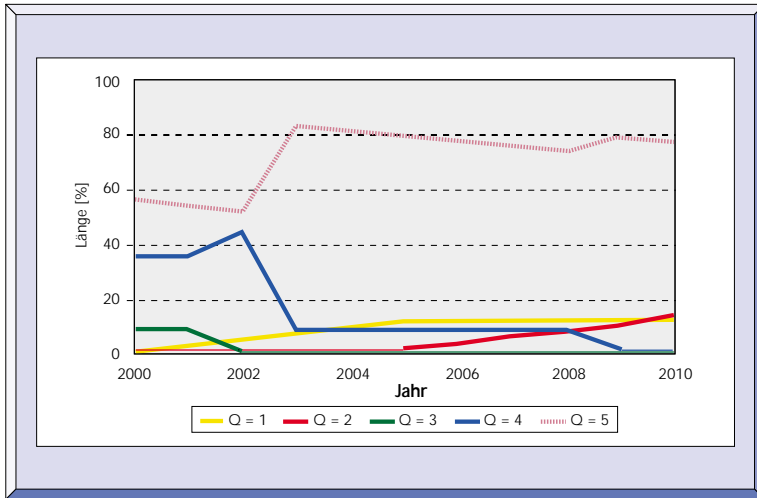
Es ist festzustellen, dass die Gesamtqualität des Netzes zu Beginn des Betrachtungszeitraumes mit $Q=4,48$ sehr schlecht ist. Das Gesamtnetz hat also den Schwellenwert (Abb. 1), der in der Regel Erhaltungsmaßnahmen oder verkehrsbeschränkende Maßnahmen einleiten soll, erreicht. Abschnitte mit den Qualitäten $Q=1$ und $Q=2$ sind überhaupt nicht vorhanden. Insofern tritt auch innerhalb der ersten drei Jahre eine zusätzliche Verschlechterung der Gesamtqualität infolge natürlicher Alterung auf.

Nach neun Jahren beträgt die Gesamtqualität des Netzes $Q=5$.

- *Variante 1:* Entwicklung des Zustandes bei zukünftig gleichbleibenden Erhaltungsmaßnahmen des Jahres 1999.

Abb. 15 kann man entnehmen, dass bei gleichbleibenden jährlichen Erhaltungsinvestitionen von 17,1 TDM/km wie in 1999 (siehe [13]) im Jahre 2010 ca. 75% der Strecken die Qualität $Q=5$ haben. Der Anteil der mit $Q=5$ bewerteten Abschnitte nimmt kontinuierlich innerhalb des Betrachtungszeitraumes zu.

Abbildung 15: Zustandsprognose der untersuchten Bundesstraßen bei Variante 1.



Durch die nun aufgebrauchten Erhaltungsmittel kann zudem ein kontinuierlicher Anstieg der Strecken der Qualitätsstufe Q=1 erzielt werden, der allerdings nach fünf Jahren abklingt, da ab dieser Zeit der natürliche Alterungsprozess einzelner Streckenabschnitte diese Abschnitte in die nächst schlechtere Qualitätsstufe Q=2 überführt. Ab dieser Zeit kann deshalb auch ein natürlicher Anstieg der Streckenanteile mit der Qualität Q=2 beobachtet werden.

Betrachtet man die Qualitätsstufen 3 und 4, so kann hier keine Regelmäßigkeit im Betrachtungszeitraum für diese Qualitäten ermittelt werden.

Insgesamt muss festgestellt werden, dass die Qualität des Gesamtnetzes mit Q=4,18 nach zehn Jahren (2010) immer noch unbefriedigend ist.

- Variante 2: Frage nach den erforderlichen Erhaltungsmitteln der nächsten zehn Jahre, um eine kontinuierliche Verbesserung der Gesamtqualität auf Q=3,5 zu erzielen.

Um die Frage nach den zu benötigten Erhaltungsmitteln zur Qualitätsanhebung des Netzes von Q=4,48 auf Q=3,5 zu beantworten, wird über einen geeigneten Lösungsansatz die zur Zielerreichung nötige Bauleistung [km/Jahr] berechnet.

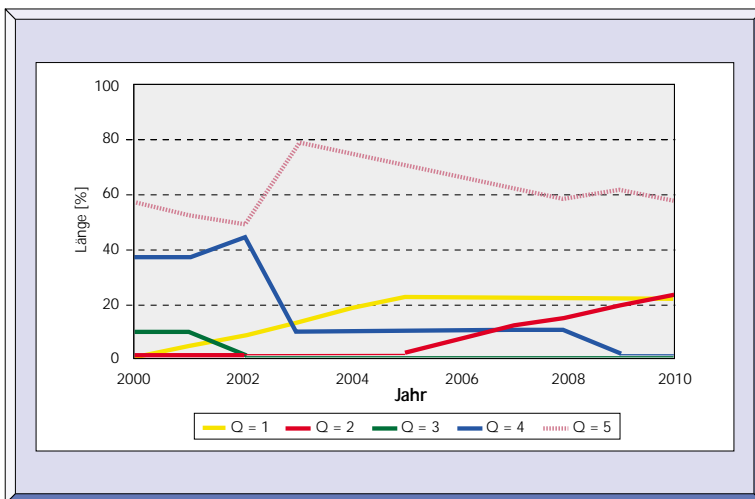
Aus dem Leistungsansatz ergeben sich 6,7 km/Jahr, die zur Zielerreichung benötigt werden. Er liegt somit um 84 Prozent über dem derzeitigen jährlichen Erhaltungsaufwand von 3,65 km/Jahr.

Wie man Abb. 16 entnehmen kann, tritt im Gegensatz zu Variante 1 eine deutlichere Verbesserung des Netzes auf. Die Zunahme der Streckenanteile mit Qualität Q=1 ist deutlich größer und damit auch der Zuwachs der Abschnitte mit Q=2 nach fünf Jahren durch natürliche Alterung.

Die Anteile der Abschnitte mit den Qualitäten Q=3 und Q=4 nehmen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes rasch ab. Zum Ende des Betrachtungszeitraumes kommen keine Strecken mit den Qualitäten Q=3 und Q=4 im Betrachtungsraum mehr vor. Insofern muss man von einer schlechten Homogenität der Qualitäten sprechen.

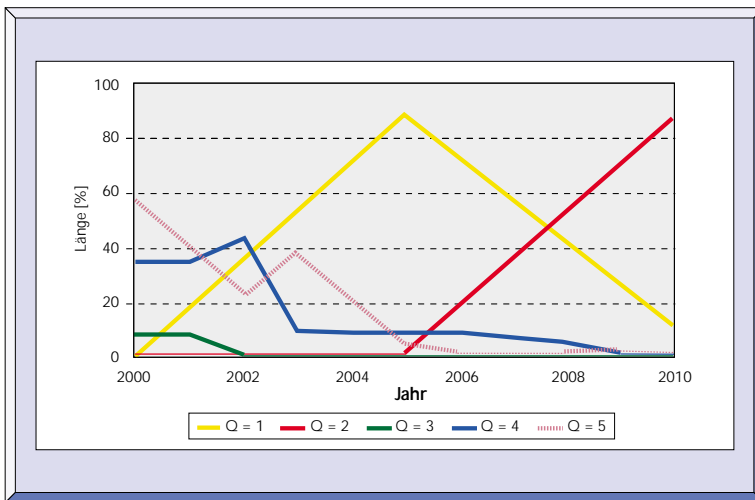
Obwohl im Gegensatz zu Variante 1 nach zehn Jahren „nur“ noch ca. 60 Prozent aller Abschnitte die Qualität Q=5 aufweisen, ist das Ergebnis immer noch aufgrund der Inhomogenität der Qualitäten als ungenügend zu bezeichnen.

Abbildung 16: Zustandsprognose der untersuchten Bundesstraßen bei Variante 2.



- *Variante 3*: Frage nach gleichen Erhaltungskosten der Jahre 2001 bis 2005, um im Jahre 2010 keine Straßen der Qualität Q=5 zu haben.

Abbildung 17: Zustandsprognose der untersuchten Bundesstraßen bei Variante 3.



Die jährlichen Bauleistungen der Unterhaltung und Instandsetzung betragen bei dieser Variante (Abb. 17) für die ersten fünf Jahre ca. 27,62 km/Jahr (bei gleichen Erhaltungsinvestitionen der Folgejahre wie in 1999), um nach Ablauf der Dekade im Jahre 2010 keine Streckenabschnitte mit der Qualität Q=5 im Untersuchungsraum zu haben.

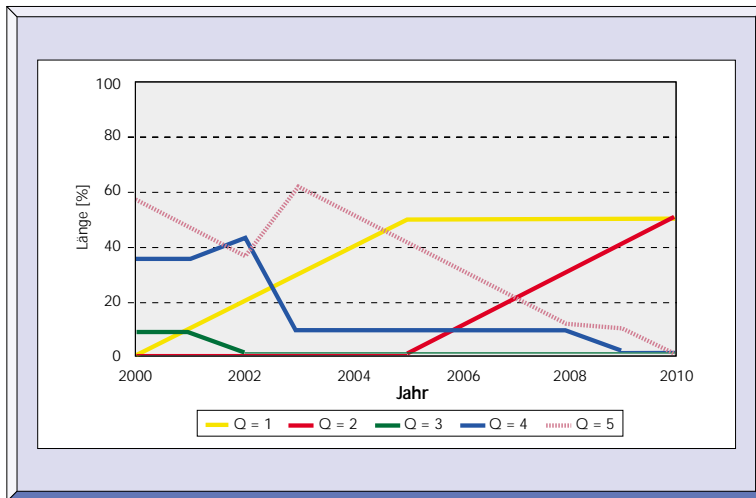
Zunächst kann bei dieser Variante ein sehr stark zunehmender Anstieg der Streckenanteile mit der Qualität Q=1 beobachtet werden, der bis zum Jahr 2006 anhält und aufgrund der ab diesem Jahr geringeren Budgetierung der Erhaltungsinvestitionen bis zum Jahr 2010 schwächer abfällt als er zuvor bis zum Jahr 2006 ansteigt. Verbunden damit ist ein Zuwachs der Streckenanteile mit der Qualitätsstufe Q=2.

Streckenanteile der Qualitätsstufe Q=3 sind im Jahre 2002, die der Qualitätsstufe Q=4 im Jahre 2009 nicht mehr zu beobachten. Der Verlauf dieser Qualitätsstufen ist in diesem Zeitraum kontinuierlich abnehmend.

Streckenanteile der Qualitätsstufe Q=5 sind schon ab 2007 nicht mehr zu beobachten, tauchen aber durch den natürlichen Alterungsprozess der Abschnitte mit der Qualität Q=4 im Jahre 2009 auf, und sind im Jahre 2010 nicht mehr zu beobachten.

- *Variante 4*: Frage nach gleichen Erhaltungskosten der Jahre 2001 bis 2010, um im Jahre 2010 keine Straßen der Qualität Q=5 zu haben.

Abbildung 18: Zustandsprognose der untersuchten Bundesstraßen bei Variante 4.



Die jährlichen Bauleistungen der Unterhaltung und Instandsetzung betragen bei dieser Variante (Abb. 18) für den gesamten Zeitraum ca. 15,64 km/Jahr, um nach Ablauf der Dekade im Jahre 2010 keine Streckenabschnitte mit der Qualität Q=5 im Untersuchungsraum zu erhalten.

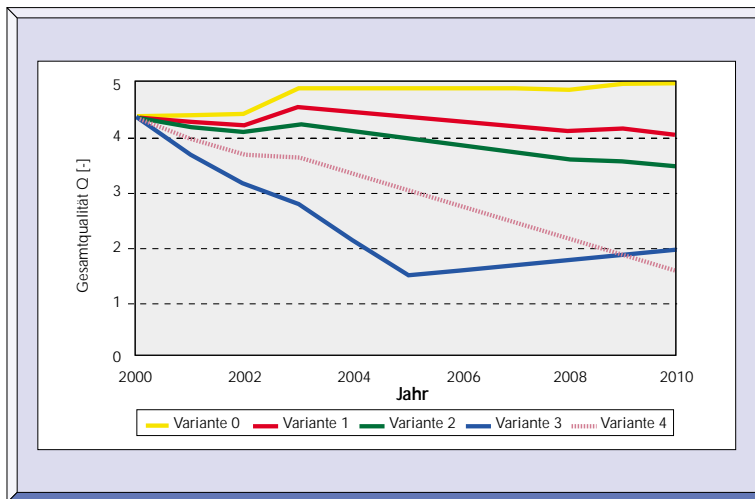
Zunächst kann bei dieser Variante ein kontinuierlicher Anstieg der Streckenanteile mit der Qualität Q=1 beobachtet werden, der bis zum Jahr 2005 anhält und anschließend konstant bei etwa 50 Prozent der untersuchten Strecken verharret. Verbunden damit ist ein ebenso kontinuierlicher Zuwachs der Streckenanteile mit der Qualitätsstufe Q=2 ab dem Jahr 2005.

Die Qualitätsstufen $Q=3, 4$ und 5 sind ab dem Jahr 2010 nicht mehr festzustellen, so dass das gesamte Netz nur noch aus den Qualitätsstufen $Q=1$ und $Q=2$ besteht. Bei gleichbleibenden Erhaltungsleistungen von ca. $15,64 \text{ km/Jahr}$ ist somit ab dem Jahre 2010 nur noch mit einem aus den Qualitäten 1 und 2 bestehenden Netz zu rechnen.

5.2.3 Zusammenfassung der Variantenuntersuchungen der Bundesstraßen

Betrachtet man die Qualitätsänderungen des betrachteten Netzes hinsichtlich der Variantenwahl, so kann man feststellen, dass die Variante 4 nach zehn Jahren die besten Ergebnisse hinsichtlich der Gesamtqualität liefert. Als Indikator dient hierzu der Verlauf der Ganglinie in Abb. 19.

Abbildung 19: Ganglinien der Gesamtqualitäten der Bundesstraßen bei den Varianten 0 bis 4.



Bei dieser Variante konnte beobachtet werden, dass bei einer Budgetierung der Erhaltungsinvestitionen für die untersuchten Landesstraßen in Höhe von etwa $73,25 \text{ TDM/km}$ über den gesamten Zeitraum von zehn Jahren das Streckennetz nach zehn Jahren den besten Qualitätszustand aufweist.

Die Ganglinie der Qualität des Netzes bei Variante 0 zeigt zunächst eine rapide, nach drei Jahren eine allmähliche Abnahme des Qualitätszustandes des Gesamtnetzes bei nicht mehr durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen auf, was durch den natürlichen Alterungsprozess der Straßen erklärt ist.



Variante 1 zeigt die Entwicklung der Qualitäten des Gesamtnetzes bei gleichbleibenden Erhaltungsinvestitionen wie in 1999. Obwohl eine Verbesserung des Gesamtnetzes beobachtet werden kann, ist die Gesamtqualität nach zehn Jahren mit $Q=4,18$ immer noch ungenügend.

Variante 2 diente der Ermittlung des erforderlichen jährlichen Kostenansatzes [TDM/km] für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, um den Qualitätszustand von anfangs $Q=4,48$ auf $Q=3,5$ in 2010 zu heben. Der Kostenansatz errechnet sich zu 31,39 TDM/km, liegt also um 84 Prozent über den derzeitigen Erhaltungskosten von 17,1 TDM/km [13]. Abb. 19 zeigt recht deutlich die allmähliche Qualitätszunahme über den gesamten Zeitraum.

Obwohl bei Variante 3 die Erhaltungsinvestitionen der ersten fünf Jahre deutlich höher sind als bei Variante 4 und damit natürlich eine größere Zunahme in der Qualitätsverbesserung zu Beginn des Betrachtungszeitraumes verbunden ist, stellt sich nach zehn Jahren ein schlechterer Netzzustand bei gleichen Erhaltungsinvestitionen der Folgejahre wie in 1999 (17,1 TDM/km) ein. Es ist für die letzten fünf Jahre eine Stagnation der Entwicklung der Fahrbahnqualität des Gesamtnetzes festzustellen.

Die prognostizierten jährlichen Qualitätsänderungen können Tab. 16 entnommen werden:

Tabelle 16: Gesamtnetzqualitäten der Bundesstraßen im Jahre i und im Mittel bei den Varianten 0 bis 4.

Variante	Gesamtnetzqualitäten der Bundesstraßen im Jahre i und im Mittel											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittel
0	4,48	4,48	4,57	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	4,92	5,00	5,00	4,82
1	4,48	4,39	4,38	4,64	4,54	4,45	4,38	4,31	4,24	4,25	4,18	4,39
2	4,48	4,31	4,22	4,40	4,23	4,06	3,93	3,80	3,67	3,63	3,50	4,02
3	4,48	3,78	3,15	2,80	2,09	1,38	1,47	1,56	1,67	1,80	1,88	2,37
4	4,48	4,08	3,77	3,72	3,32	2,92	2,62	2,32	2,02	1,80	1,50	2,96

Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass zur Hebung des derzeitigen Qualitätszustandes des Gesamtnetzes auf einen gerade noch befriedigenden Qualitätszustand von $Q=3,5$ größere Erhaltungsinvestitionen als die derzeitigen Aufwendungen von 1999 benötigt

werden. Die derzeitigen Erhaltungsmittel reichen hierzu nicht aus (Variante 1). Siehe hierzu Tab. 16, aus der hervorgeht, dass sich die Qualität des Gesamtnetzes von $Q_{(\text{Netz},2000)}=4,48$ im Jahre 2000 auf lediglich $Q_{(\text{Netz},2010)}=4,18$ im Jahre 2010 verbessern wird.

Anhand dieses Ergebnisses ergeben sich etwa 84 Prozent höhere jährliche Erhaltungsinvestitionen zur Hebung des derzeitigen Netzzustandes der Bundesstraßen innerhalb der nächsten zehn Jahre auf eine Gesamtqualität von $Q=3,5$. Anstatt 17,1 TDM/km als derzeitige Erhaltungskosten müssten demnach zukünftig 31,39 TDM/km aufgebracht werden, um den Gesamtzustand der Bundesstraßen zu verbessern.

Ferner kann festgestellt werden, dass bei gleichen, deutlich angehobenen Erhaltungsinvestitionen (im Mittel 73,25 TDM/km entgegen zur Zeit 17,1 TDM/km) für die gesamte nächste Dekade genau dann eine deutliche Verbesserung des Qualitätszustandes des Gesamtnetzes erzielt wird, wenn über den gesamten Zeitraum die Erhaltungsmittel kontinuierlich für jedes Jahr aufgebracht werden (Variante 4). Ein zunächst stärkerer Anstieg von Erhaltungsmitteln der ersten fünf Jahre bei gleichzeitigem Abfall für die letzten Jahre (Variante 3) bringt zwar ebenfalls eine Verbesserung des Gesamtnetzes, die aber wiederum schlechter zu bewerten ist als bei Variante 4, da hier zum Ende des Prognosezeitraumes die Gesamtqualität des Netzes unter die Gesamtqualität des Netzes bei Variante 4 fällt (siehe Tab. 16).

5.3 Zustandsentwicklung der Landesstraßen

5.3.1 Allgemeines

Bei der Prognoseberechnung der Landesstraßen müssen aufgrund der auch hier nur wenig erfassten Streckenlängen von insgesamt 28,641 km wiederum einige Annahmen vorab getroffen werden.

Eine Aufteilung der jährlichen Bauleistungen [km/Jahr] in Maßnahmearten (Tab. 6) und Eigenschaften (Tab. 7) analog zu dem von JAGL in [2], Tabelle 6.2 untersuchten Netz wäre viel zu ungenau und hypothetisch. Deshalb wird bei der Prognose der Landesstraßen pauschal Maßnahmeart A7: Maßnahmen ohne Spezifikation (Tab. 6) zugrunde gelegt. Siehe hierzu auch die Ausführungen bei JAGL [2], 6.4 Eichung des Netzzustandes: „Sind Bauweisen nicht zu definieren, wird die Maßnahmeart „Sonstige“, A7, verwendet.“

Der Kostenansatz [TDM/km] ergibt sich analog zu Tabelle 6.1: „Bezeichnung der Bauweise und spezifische Kosten [TDM/km]“ [2] als gemittelter Wert aus den Kostenansätzen der Bauweisen A1 bis A6 für das Jahr 1987 (Kostenindex=1) unter Berücksichtigung eines gewichteten Kostenindex für das Jahr 2000. Dieser Kostenindex wurde in Zusammenarbeit mit dem Pestel Institut (Hannover) zu $KI=1,604$ ermittelt.

Die Eigenschaften der Landesstraßen analog zu Tab. 7 werden mit der Eigenschaftskombination E2 (standfest; $DTV > 2000$ Kfz/d) festgelegt.

5.3.2 Anwendung des Prognosemodells

Auch hier wird wieder zunächst die Bauleistung für Unterhaltung und Instandsetzung anhand des Jahresberichtes 1999 des NLStB [13] für das zu untersuchende Netz der Landesstraßen berechnet.

Aus [13] geht hervor, dass ein Gesamtwert für Straßenunterhaltung und Instandsetzung 1999 für Landesstraßen von 13,7 TDM/km aufgebracht wurde. Bezogen auf das hier zu untersuchende Netz mit einer Länge von 28,641 km ergibt dies einen Gesamtaufwand von 392,38 TDM für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen. Somit können jährlich mit der Bauweise A7 0,64 km unterhalten bzw. instandgesetzt werden.

Bei der Prognose über 10 Jahre wird darauf geachtet, dass die Streckenabschnitte mit der schlechtesten Qualität erneuert werden. Diese Abschnitte werden schließlich in den Qualitätszustand $Q=1$ überführt. Dabei wird das Alter T dieser Abschnitte auf $T=0$ zurückgesetzt. Die Qualität der Streckenabschnitte errechnet sich nach Glg. 5 und den zugehörigen Parametern aus Tab. 8 über das jährlich hochgerechnete Alter T der Abschnitte.

Eine Überführung nicht standfester Abschnitte in den Zustand eines standfesten Abschnittes erfolgt nicht, da für alle Abschnitte die Eigenschaftskombination E2 (Tab. 7) gewählt wurde.

- Variante 0: Entwicklung des Zustandes bei zukünftig keinen Erhaltungsmaßnahmen des Istzustandes (Jahr 2000).

Abbildung 20: Zustandsprognose der untersuchten Landesstraßen bei Variante 0.

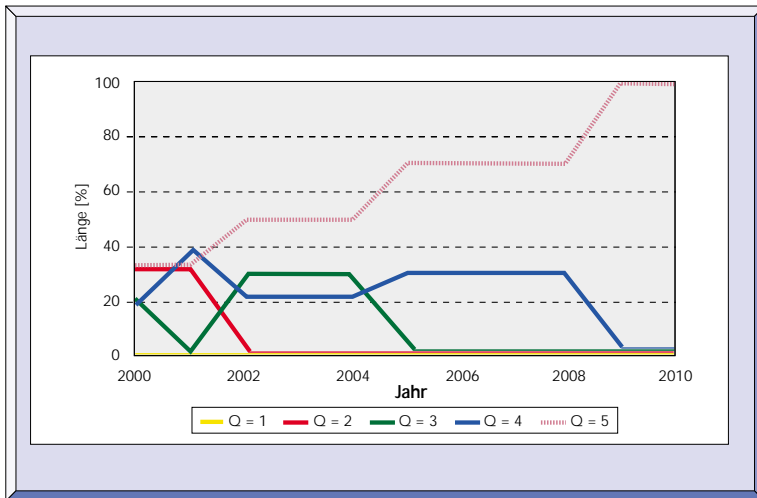


Abb. 20 kann entnommen werden, dass bei Variante 0 bis zum Jahr 2005 alle Straßen nur noch die Qualität Q=4 und Q=5, ab dem Jahr 2009 sogar nur noch die Qualität Q=5 haben.

Wie zu erwarten war, nimmt bei dieser Variante der Anteil der Strecken mit einer guten Qualität (Q=2) sehr rapide – innerhalb der ersten zwei Jahre – ab. Strecken mit sehr guter Qualität konnten überhaupt nicht beobachtet werden.

Auch die Anteile der mit der Qualität Q=3 und Q=4 bewerteten Strecken nehmen innerhalb der nächsten Dekade bei dieser Variante bis auf 0 ab. Dabei ist aber zu beobachten, dass die Verweildauern der Abschnitte in der Qualitätsstufe Q=4 etwa doppelt so groß sind wie bei den Abschnitten der Qualitätsstufe Q=3. Es muss aber bedacht werden, dass es sich hierbei um den Prozess aller Streckenabschnitte handelt. Die natürliche Verweildauer eines Streckenabschnittes in der schlechteren Qualitätsstufe Q=4 ist hingegen nur um ein Jahr höher.

- Variante 1: Entwicklung des Zustandes bei zukünftig gleichbleibenden Erhaltungsmaßnahmen des Jahres 1999.

Abbildung 21: Zustandsprognose der untersuchten Landesstraßen bei Variante 1.

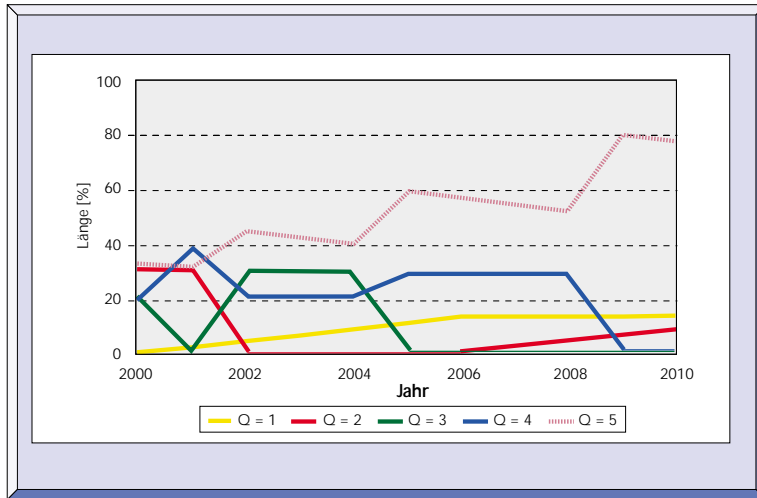


Abb. 21 kann man entnehmen, dass bei gleichbleibenden jährlichen Erhaltungsinvestitionen von 13,7 TDM/km wie in 1999 (siehe [13]) im Jahre 2010 ca. 75 Prozent der Strecken die Qualität Q=5 haben.

Durch die nun aufgebrauchten Erhaltungsmittel kann zudem ein kontinuierlicher Anstieg der Strecken der Qualitätsstufe Q=1 erzielt werden, der allerdings nach sechs Jahren abklingt, da ab dieser Zeit der natürliche Alterungsprozess einzelner Streckenabschnitte diese Abschnitte in die nächst schlechtere Qualitätsstufe Q=2 überführt. Ab dieser Zeit kann deshalb auch ein natürlicher Anstieg der Streckenanteile mit der Qualität Q=2 beobachtet werden.

Betrachtet man die Qualitätsstufen 3 und 4, so kann hier keine Regelmäßigkeit im Betrachtungszeitraum für diese Qualitäten ermittelt werden.

Außerdem kann beobachtet werden, dass der Anteil der mit Q=5 bewerteten Abschnitte kontinuierlich innerhalb des Betrachtungszeitraumes zunimmt.

- Variante 2: Frage nach den erforderlichen Erhaltungsmitteln der nächsten zehn Jahre zur Wahrung einer gleichmäßigen Netzqualität.

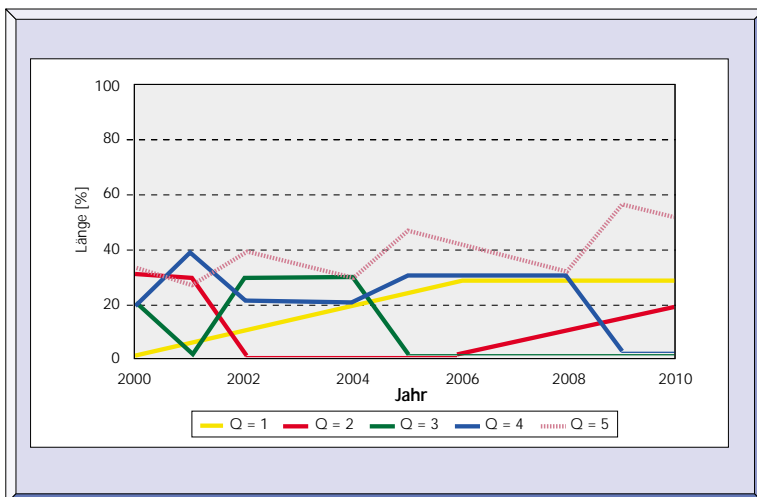
Um die Frage nach den zu benötigten Erhaltungsmitteln zur Qualitätserhaltung des Netzes zu beantworten, werden hier für jedes Jahr nach Glg. 6 die Qualitäten des Gesamtnetzes berechnet. Mittels der Methode der kleinsten Quadrate wird schließlich der Kostenansatz über die Abweichung der jährlichen Gesamtnetzqualitäten zur Netzqualität des Jahres 1999 ($Q_{\text{Netz}}=3,52$) berechnet. Hier liegt also ein Minimierungsproblem der Abweichung vor.

Der Leistungsansatz berechnet sich hierbei zu 1,37 km/Jahr, die zur Zielerreichung benötigt werden. Er liegt somit um 114 Prozent über dem derzeitigen jährlichen Erhaltungsaufwand von 0,64 km/Jahr.

Wie man Abb. 22 entnehmen kann, tritt keine deutliche Zunahme der Streckenanteile mit Qualität $Q=5$ auf. Diese schwache Zunahme wird durch die gleichzeitige Zunahme der mit sehr gut ($Q=1$) und gut ($Q=2$) zu bewertenden Abschnitte anscheinend kompensiert.

Unbefriedigend ist lediglich die Tatsache, dass keine große Homogenität innerhalb der Qualitäten zu erkennen ist. Zum Ende des Betrachtungszeitraumes kommen keine Strecken mit den Qualitäten $Q=3$ und $Q=4$ im Betrachtungsraum mehr vor. Dennoch wiegt diese Beobachtung schwach zu der Beobachtung in Abb. 25, aus der hervorgeht, dass die Ganglinie des Netzzustandes bei Variante 2 schwach abnimmt, also eine Verbesserung der Qualität auftritt.

Abbildung 22: Zustandsprognose der untersuchten Landesstraßen bei Variante 2.



- **Variante 3:** Frage nach gleichen Erhaltungskosten der Jahre 2001 bis 2005, um im Jahre 2010 keine Straßen der Qualität Q=5 zu haben.

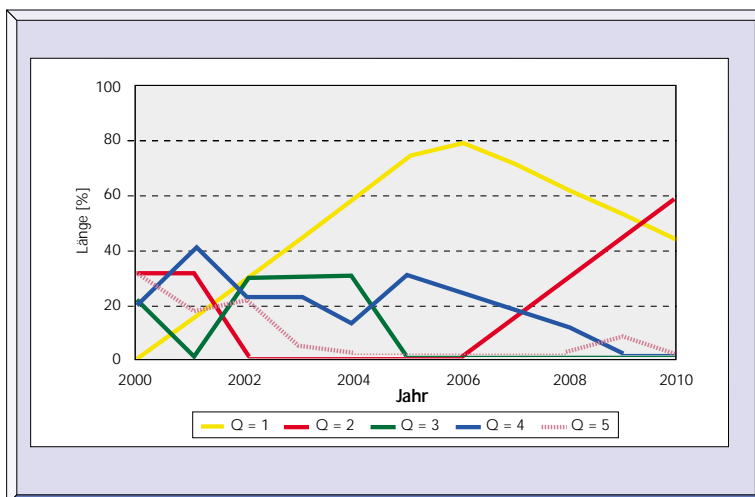
Die jährlichen Erhaltungsinvestitionen betragen bei dieser Variante (Abb. 23) für die ersten fünf Jahre ca. 88,16 TDM/Jahr – bei gleichen Erhaltungsinvestitionen der Folgejahre wie in 1999 -, um nach Ablauf der Dekade im Jahre 2010 keine Streckenabschnitte mit der Qualität Q=5 im Untersuchungsraum zu haben.

Zunächst kann bei dieser Variante ein stark zunehmender Anstieg der Streckenanteile mit der Qualität Q=1 beobachtet werden, der bis zum Jahr 2006 anhält und aufgrund der ab diesem Jahr geringeren Budgetierung der Erhaltungsinvestitionen bis zum Jahr 2010 schwächer abfällt als er zuvor bis zum Jahr 2006 ansteigt. Verbunden damit ist ein Zuwachs der Streckenanteile mit der Qualitätsstufe Q=2.

Streckenanteile der Qualitätsstufe Q=3 sind im Jahre 2005, die der Qualitätsstufe Q=4 im Jahre 2009 nicht mehr zu beobachten. Der Verlauf dieser Qualitätsstufen ist in diesem Zeitraum kontinuierlich abnehmend.

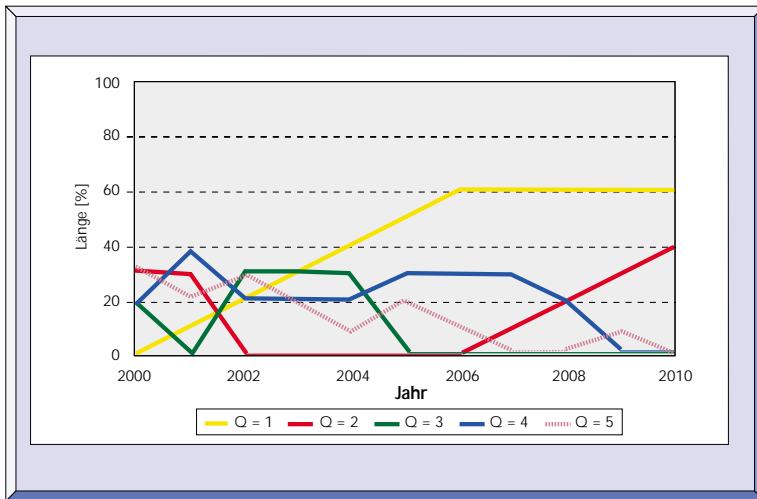
Streckenanteile der Qualitätsstufe Q=5 sind schon ab 2005 nicht mehr zu beobachten, tauchen aber durch den natürlichen Alterungsprozess der Abschnitte mit der Qualität Q=4 im Jahre 2009 auf, um im Jahre 2010 nicht mehr beobachtet werden zu können.

Abbildung 23: Zustandsprognose der untersuchten Landesstraßen bei Variante 3.



- *Variante 4*: Frage nach gleichen Erhaltungskosten der Jahre 2001 bis 2010, um im Jahre 2010 keine Straßen der Qualität Q=5 zu haben.

Abbildung 24: Zustandsprognose der untersuchten Landesstraßen bei Variante 4.



Die jährlichen Erhaltungsinvestitionen betragen bei dieser Variante (Abb. 24) für den gesamten Zeitraum ca. 61,31 TDM/Jahr, um nach Ablauf der Dekade im Jahre 2010 keine Streckenabschnitte mit der Qualität Q=5 im Untersuchungsraum zu erhalten.

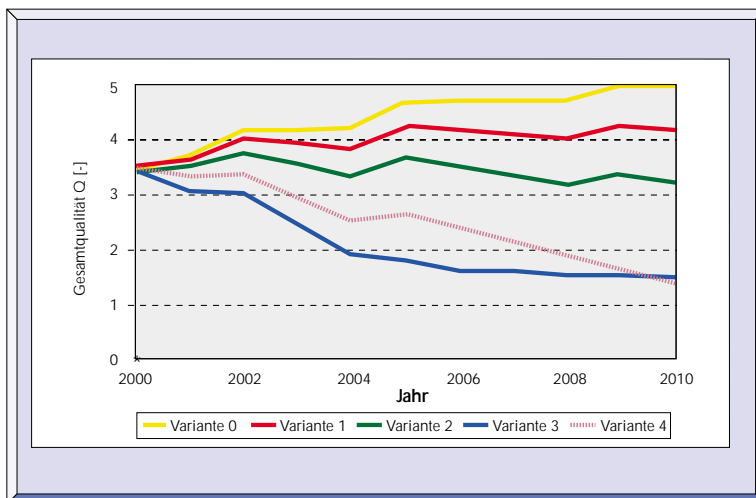
Zunächst kann bei dieser Variante ein kontinuierlicher Anstieg der Streckenanteile mit der Qualität Q=1 beobachtet werden, der bis zum Jahr 2006 anhält und anschließend konstant bei etwa 60 Prozent der untersuchten Strecken verharret. Verbunden damit ist ein ebenso kontinuierlicher Zuwachs der Streckenanteile mit der Qualitätsstufe Q=2 ab dem Jahr 2006.

Die Qualitätsstufen Q=3, 4 und 5 sind ab dem Jahr 2010 nicht mehr festzustellen, so dass das gesamte Netz nur noch aus den Qualitätsstufen Q=1 und Q=2 besteht. Bei gleichbleibenden Erhaltungsinvestitionen ist somit ab dem Jahre 2010 nur noch mit einem aus den Qualitäten 1 und 2 bestehenden Netz zu rechnen.

5.3.3 Zusammenfassung der Variantenuntersuchungen der Landesstraßen

Betrachtet man die Qualitätsänderungen des betrachteten Netzes hinsichtlich der Variantenwahl (Abb. 25), so kann man feststellen, dass wiederum Variante 4 nach zehn Jahren die besten Ergebnisse hinsichtlich der Gesamtqualität liefert.

Abbildung 25: Ganglinien der Gesamtqualität der Landesstraßen bei den Varianten 0 bis 4.



Bei dieser Variante konnte beobachtet werden, dass bei einer Budgetierung der Erhaltungsinvestitionen für die untersuchten Landesstraßen in Höhe von etwa 61,31 TDM/km über den gesamten Zeitraum von zehn Jahren das Streckennetz nach zehn Jahren den besten Qualitätszustand aufweist.

Die Ganglinie der Qualität des Netzes bei Variante 0 zeigt eine rapide Abnahme des Qualitätszustandes des Gesamtnetzes bei nicht mehr durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen auf, was durch den natürlichen Alterungsprozess der Straßen erklärt ist.

Variante 1 zeigt die Entwicklung der Qualitäten des Gesamtnetzes bei gleichbleibenden Erhaltungsinvestitionen wie in 1999. Wie auch für die letzten fünf Jahre bei Variante 3 konnte auch hier eine leichte aber stetige Verschlechterung des Qualitätszustandes des betrachteten Gesamtnetzes ermittelt werden.

Variante 2 diente der Ermittlung des erforderlichen jährlichen Kostenansatzes [TDM/km] für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, um einen gleichbleibenden Qualitätszustand des Gesamtnetzes zu wahren. Der Kostenansatz errechnet sich zu 29,33 TDM/km, liegt also um 114 Prozent über den derzeitigen Erhaltungskosten von 13,7 TDM/km [13]. Abb. 25 zeigt deutlich den recht gleichmäßigen Qualitätszustand über den gesamten Zeitraum mit einer leichten Verbesserung im Trend.

Obwohl bei Variante 3 die Erhaltungsinvestitionen der ersten fünf Jahre deutlich höher sind als bei Variante 4 und damit natürlich eine größere Zunahme in der Qualitätsverbesserung zu Beginn des Betrachtungszeitraumes verbunden ist, stellt sich nach zehn Jahren ein schlechterer Netzzustand bei gleichen Erhaltungsinvestitionen der Folgejahre wie in 1999 (13,7 TDM/km) ein. Es ist für die letzten fünf Jahre eine Stagnation der Entwicklung der Fahrbahnqualität des Gesamtnetzes festzustellen.

Die prognostizierten jährlichen Qualitätsänderungen können Tab. 17 entnommen werden:

Tabelle 17: Gesamtnetzqualitäten der Landesstraßen im Jahre i und im Mittel bei den Varianten 0 bis 4.

Variante	Gesamtnetzqualitäten der Landstraßen im Jahre i und im Mittel											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Mittel
0	3,52	3,73	4,20	4,20	4,20	4,70	4,70	4,70	4,70	5,00	5,00	4,42
1	3,52	3,64	4,02	3,93	3,84	4,26	4,17	4,10	4,03	4,26	4,20	4,00
2	3,52	3,54	3,81	3,62	3,43	3,75	3,56	3,41	3,27	3,42	3,28	3,51
3	3,52	3,15	3,05	2,47	1,98	1,84	1,67	1,65	1,62	1,66	1,58	2,20
4	3,52	3,33	3,40	3,00	2,60	2,70	2,30	2,00	1,80	1,70	1,40	2,52

Aus der Untersuchung geht als Ergebnis hervor, dass zur Erhaltung des derzeitigen Qualitätszustandes des Gesamtnetzes größere Erhaltungsinvestitionen benötigt als derzeit aufgewendet werden. Die derzeitigen Erhaltungsmittel reichen nicht aus (Variante 1). Siehe hierzu Tab. 17, aus der hervorgeht, dass sich die Qualität des Gesamtnetzes von $Q_{(\text{Netz},2000)}=3,52$ im Jahre 2000 auf $Q_{(\text{Netz},2010)}=4,20$ im Jahre 2010 verschlechtern wird.



Daraus folgt, dass zur Aufrechterhaltung des derzeitigen Netzzustandes der Landesstraßen etwa 114 Prozent höhere jährliche Erhaltungsinvestitionen getätigt werden müssen. Anstatt 13,7 TDM/km als derzeitige Erhaltungskosten müssten demnach zukünftig 29,33 TDM/km aufgebracht werden, um den Gesamtzustand der Landesstraßen beizubehalten.

Ferner kann festgestellt werden, dass bei gleichen, deutlich angehobenen Erhaltungsinvestitionen (im Mittel 61,31 TDM/km entgegen zur Zeit 13,7 TDM/km) für die gesamte nächste Dekade genau dann eine deutliche Verbesserung des Qualitätszustandes des Gesamtnetzes erzielt wird, wenn über den gesamten Zeitraum die Erhaltungsmittel kontinuierlich für jedes Jahr aufgebracht werden (Variante 4). Ein zunächst stärkerer Anstieg von Erhaltungsmitteln der ersten fünf Jahre bei gleichzeitigem Abfall für die letzten Jahre (Variante 3) bringt zwar ebenfalls eine Verbesserung des Gesamtnetzes, die aber wiederum schlechter zu bewerten ist als bei Variante 4, da hier zum Ende des Prognosezeitraumes die Gesamtqualität des Netzes unter die Gesamtqualität des Netzes bei Variante 4 fällt (siehe Tab. 17).

5.4 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Betrachtet man die Ergebnisse, so kann man feststellen, dass der derzeitige Erhaltungsbedarf zur Qualitätssicherung, d.h. Haltung des Qualitätszustandes, der untersuchten Strecken nicht ausreicht. Dabei wird von derzeit 17,1 TDM/km pro Jahr für Bundesstraßen und 13,7 TDM/km pro Jahr für Landesstraßen als Erhaltungsmittel ausgegangen, was dem Jahresbericht 1999 des NLStB entnommen werden kann. [13]

Ziel der Untersuchung war, anhand von unterschiedlichen Varianten bzw. Zielvorgaben aufzuzeigen, wie viel Erhaltungsmittel nötig sind, um – getrennt für beide Straßenkategorien – die Gesamtqualität der betrachteten Netze auf bestimmte Werte zu eichen.

Zunächst wurde sowohl für Bundes- als auch Landesstraßen aufgezeigt, wie rapide eine Qualitätsverschlechterung infolge natürlicher Alterung einsetzt, wenn zukünftig keine Erhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden (Abb. 14 und Abb. 20).

Die Betrachtung der Zustandsentwicklung der untersuchten Netze bei gleichbleibenden jährlichen Erhaltungsinvestitionen wie in 1999 zeigt, dass diese Investitionen nicht ausreichen, um einen gleichbleibenden Zustand zu wahren bzw. einen Qualitätszustand $Q=3,5$ nach zehn Jahren zu erreichen.

Deshalb wurden unterschiedliche Varianten untersucht (Variante 2, 3 und 4), die den notwendigen jährlichen Erhaltungsbedarf zum Erreichen der Zielvorgaben, Erreichen einer Netzqualität von $Q=3,5$ nach zehn Jahren, Wahrung der derzeitigen Netzqualität von $Q=3,5$ und Eliminierung von Strecken der Qualität $Q=5$ ermitteln sollten.

Zur Zielerreichung einer Netzqualität von $Q=3,5$ benötigt man einen um 84 Prozent höheren Erhaltungsbedarf bei Bundesstraßen und einen um 114 Prozent höheren Erhaltungsbedarf bei Landesstraßen als im Jahr 1999. Um zum Ende des Betrachtungszeitraumes von zehn Jahren keine Streckenabschnitte mehr mit der Qualität $Q=5$ zu haben, sind nach Variante 3 (bei gleichbleibenden Erhaltungskosten von 2006 bis 2010 wie in 1999) für die ersten fünf Jahre 657 Prozent bei Bundes- und 544 Prozent bei Landesstraßen erforderlich. Bei gleicher Zielvorgabe wie bei Variante 3, mit aber zusätzlich gleichbleibenden Erhaltungskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum, erhält man schließlich als Ergebnis bei Variante 4, dass bei Bundesstraßen 328 Prozent und bei Landesstraßen 347 Prozent höhere Erhaltungskosten, als zuletzt in 1999, aufgebracht werden müssten.

Tab. 18 zeigt abschließend nochmals die zuvor aufgestellten Ergebnisse in übersichtlicher Form:

Tabelle 18: Betrachtete Varianten und ermittelte Kostenansätze pro Jahr.

	Derzeitige und prognostizierte Kostenansätze für Bundes- und Landesstraßen in TDM/km und in % bezogen auf 1999			
	[TDM/km] _{Bund}	[%] _{Bund}	[TDM/km] _{Land}	[%] _{Land}
1999	17,10	100	13,70	100
Variante 0	0	0	0	0
Variante 1	17,10	100	13,70	100
Variante 2	31,39 ($Q=3,5$ in 2010)	184	29,33 ($Q_{\text{Mittel}}=3,5$)	214
Variante 3	129,4 (bis 2005)	757	88,16 (bis 2005)	644
Variante 4	73,25	428	61,31	447

Literaturverzeichnis

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV); RAS-Q 96, Richtlinie für die Anlage von Straßen RAS, Teil: Querschnitte; Köln 1996
- [2] Jagl, E.; Ein Beitrag zur Erhaltung von Straßen durch methodische Zustandserfassung und systematische Erhaltungsplanung; Mitteilungen aus dem Fachgebiet Konstruktiver Straßenbau im Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover, Heft 13, 1992
- [3] Jagl, E.; Einfluss von Zustandsmerkmalen auf die Gesamtbewertung der Qualität der Straßenoberfläche aus statistischer Sicht; Mitteilungen des Institutes für Straßenbau und Straßenerhaltung, TU Wien, Heft 2, 1992
- [4] Langer, W.; Modell eines Pavement-Management-Systems für Asphaltstraßen; Bitumen 4, 1988
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV); FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/C 1.1; Systematik der Straßenerhaltung, Teil C 1.1, Visuelle Zustandserfassung –Außerortsstraßen-; 1987
- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV); FGSV-Arbeitspapier Nr. 9/D; Systematik der Straßenerhaltung, Teil D, Zustandsbewertung; 1990
- [7] Niedersächsisches Landesamt für Straßenbau (NLStB); Richtlinie für die visuelle Zustandserfassung in Niedersachsen (RvSz); Hannover, 1990 (Entwurf)
- [8] Maerschalk, G.; Hitzel, A.; Erhaltungsbedarf für Bundesfernstraßen, Landstraßen und Kommunalstraßen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, München 1999
- [9] Bartholmai, B.; Enderlein, H.; Niklas, J.; Vorausschätzung des Ersatzinvestitionsbedarfs für die Bundesverkehrswege; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW, Berlin 1985
- [10] Schmuck, A.; Oefner, G.; Rezanka, S.; Verfahren zur Finanzbedarfsprognose für die Straßenerhaltung bei Ortsdurchfahrten; Bundesminister für Verkehr BMV, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Schriftenreihe, Heft 556, Bonn 1988

- [11] Hinsch, K.; Maerschalk, G.; Pingel, C.; Untersuchungen zur Häufigkeitsverteilung von Erhaltungsmaßnahmen und Erhaltungsintervallen aufgrund von Netzanalysen zur Fortschreibung der Bedarfsermittlung für Bundesstraßen; Bundesminister für Verkehr BMV, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Schriftenreihe, Heft 584, Bonn 1990

- [12] Maerschalk, G.; Erstellung einer ablauffähigen Folge von Algorithmen für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen und der Mittelverwendung im Rahmen eines PMS; Bundesminister für Verkehr BMV, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Schriftenreihe, Heft 751, Bonn 1997

- [13] Niedersächsisches Landesamt für Straßenbau (NLStB); Jahresbericht 1999; Hannover 1999

- [14] Schulze, H.-J.; Worpenberg, M.; Oertgen, H.-C.; Ermittlung des Erhaltungsbedarfs für Bundesstraßen des Straßenbauamtes Wolfenbüttel; im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Straßenbau, IFI- Ingenieurgesellschaft für Infrastruktur, Hannover 1995

- [15] Taphorn, D.; Anwendungen von Prognosemodellen zur Zustandsentwicklung von Straßen; Fachgebiet Konstruktiver Straßenbau, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Universität Hannover, unveröffentlichte Studienarbeit, Hannover 2000



ANLAGE 1

UNTERSUCHTE UMLEITUNGSSTRECKEN MIT ANGABE VON STRAßENKATEGORIE, STRABENNUMMER, NETZKNOTEN UND ABSCHNITTLÄNGEN.



BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A2	U37	A	391	3629054	3629051	1	11,455	10,580	0,875	U10
A2	U37	A	391	3629051	3728051	2	10,580	7,300	3,280	U10
A2	U37	A	392	3728051	3729072	3	20,200	19,500	0,700	U10
A2	U37	A	392	3729072	3729084	4	19,500	18,806	0,694	U10
A2	U37	B	4	3729084	3729001	5	1,703	1,008	0,695	U10
A2	U37	B	1	3729001	3729069	6	1,283	0,316	0,967	U10
A2	U37	B	248	3729069	3729051	7	1,502	3,060	1,558	U10
A2	U37	B	248	3729051	3729052	8	3,060	3,745	0,685	U10
A2	U37	B	248	3729052	3729054	9	3,745	4,950	1,205	U10
A2	U37	B	248	3729054	3729056	10	4,950	6,197	1,247	U10
A2	U37	B	248	3729056	3629004	11	6,197	7,292	1,095	U10
A2	U37	B	248	3629004	3629003	12	7,292	9,616	2,324	U10

Umleitungsstrecken U37 und U10 der BAB A2.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 2	U39	B	248	3629003	3629008	1	9,616	10,110	0,494	U8
A 2	U39	B	248	3629008	3629012	2	10,110	10,686	0,576	U8
A 2	U39	B	248	3629012	3629017	3	10,686	12,068	1,382	U8
A 2	U39	B	248	3629017	3630010	4	12,068	12,300	0,832	U8
A 2	U39	B	248	3630010	3630011	5	12,900	13,392	0,492	U8
A 2	U39	B	248	3630011	3630013	6	13,392	14,100	1,460	U8
A 2	U39	B	248	3630013	3630020	7	14,852	16,375	1,523	U8
A 2	U39	B	248	3630020	3630048	8	16,375	16,940	0,565	U8
A 2	U39	B	248	3630048	3630052	9	16,940	18,880	1,940	U8
A 2	U39	B	248	3630052	3630041	10	18,880	19,351	0,471	U8
A 2	U39	A	39	3630041	3630040	11	7,858	14,200	6,774	U8

Umleitungsstrecken U39 und U8 der BAB A2.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 2	U41	A	39	3630040	3630041	1	14,632	14,000	6,774	U6
A 2	U41	L	295	3630041	3630056	2	1,470	0	1,470	U6
A 2	U41	L	294	3630056	3630025	3	15,995	17,016	1,021	U6
A 2	U41	L	294	3630025	3630046	4	17,016	18,500	1,755	U6
A 2	U41	L	294	3630046	3630012	5	18,871	19,800	2,682	U6
A 2	U41	L	294	3630012	3630045	6	21,533	22,000	1,087	U6
A 2	U41	L	294	3630045	3631006	7	22,620	23,550	1,540	U6
A 2	U41	L	290	3631006	3630001	8	10,060	8,700	2,850	U6

Umleitungsstrecken U41 und U6 der BAB A2.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 2	U43	L	290	3630001	3631006	1	7,156	10,060	2,904	U4
A 2	U43	L	294	3631006	3631004	2	24,175	25,000	2,103	U4
A 2	U43	L	294	3631004	3631001	3	26,278	27,285	1,007	U4
A 2	U43	L	294	3631001	3731033	4	27,285	28,750	3,739	U4
A 2	U43	L	294	3731033	3731034	5	31,042	31,154	0,112	U4
A 2	U43	L	294	3731034	3731035	6	31,154	31,600	1,963	U4
A 2	U43	L	294	3731035	3731032	7	33,117	33,750	1,259	U4
A 2	U43	K	50	3731032	3631042	8	-	-	1,700	U4
A 2	U43	B	244	3631042	3731029	9	8,788	7,500	1,302	U4
A 2	U43	B	244	3731029	3731025	10	7,259	5,839	1,420	U4
A 2	U43	B	244	3731025	3731045	11	5,839	4,120	1,719	U4

Umleitungsstrecken U43 und U4 der BAB A2.



BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 2	U45	B	244	3731045	3731018	1	4,12	2,856	1,264	U2
A 2	U45	OD	-	-	-	2	0	0,550	0,550	U2
A 2	U45	OD	-	-	-	3	0,55	2,250	1,700	U2
A 2	U45	OD	-	-	-	4	0	0,850	0,850	U2
A 2	U45	OD	-	-	-	5	0	1,600	1,600	U2
A 2	U45	OD	-	-	-	6	1,60	2,950	1,350	U2
A 2	U45	B	1	3732005	3732020	7	2,95	4,200	1,250	U2

Umleitungsstrecken U45 und U2 der BAB A2.



BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U'
A 7	U56	B	6	3826003	3826036	1	15,731	16,300	0,569	U21
A 7	U56	B	6	3826036	3826009	2	16,300	17,265	0,965	U21
A 7	U56	B	6	3826009	3827073	3	17,265	18,200	1,087	U21
A 7	U56	B	6	3827073	3827001	4	18,352	18,600	0,248	U21
A 7	U56	B	6	3827001	3827002	5	18,600	19,500	1,041	U21
A 7	U56	B	6	3827002	3927027	6	19,641	21,000	2,372	U21
A 7	U56	B	6	3927027	3927026	7	22,239	22,930	0,691	U21
A 7	U56	B	6	3927026	3927024	8	22,930	23,200	0,567	U21
A 7	U56	B	6	3927024	3927020	9	23,497	23,700	1,613	U21
A 7	U56	B	6	3927020	3927019	10	25,110	25,783	0,673	U21
A 7	U56	B	6	3927019	3927016	11	25,783	26,910	1,127	U21
A 7	U56	B	6	3927016	3927014	12	0	3,800	3,982	U21
A 7	U56	B	6	3927014	3928038	13	3,982	5,800	2,485	U21
A 7	U56	B	6	3928038	3928036	14	6,467	6,600	0,133	U21
A 7	U56	B	6	3928036	3928035	15	6,600	8,922	2,322	U21
A 7	U56	B	248	3928035	3927004	16	0	1,540	1,836	U21
A 7	U56	B	248	3927004	4027020	17	1,836	35,300	5,569	U21
A 7	U56	B	248	4027020	4027025	18	38,800	39,250	0,600	U21
A 7	U56	B	248	4027025	4027018	19	39,400	39,900	1,445	U21
A 7	U56	B	248	4027018	4027014	20	40,845	41,000	1,457	U21
A 7	U56	B	248	4027014	4027012	21	42,302	43,000	0,831	U21
A 7	U56	B	248	4027012	4027001	22	43,133	43,750	0,617	U21
A 7	U56	B	82	4027001	4027006	23	7,460	6,400	6,160	U21
A 7	U56	B	82	4027006	4026001	24	1,300	0,829	0,471	U21

Umleitungsstrecken U56 und U21 der BAB A7.



BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U58	B	243	3926050	3926001	1	1,925	0	1,925	U19
A 7	U58	B	243	3926001	4026024	2	25,000	26,655	3,145	U19
A 7	U58	B	243	4026024	4026017	3	10,955	10,350	3,563	U19
A 7	U58	B	82	4026017	4026001	4	0	0,829	0,829	U19

Umleitungsstrecken U58 und U19 der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U60	B	82	4026001	4026017	1	0,829	0	0,829	U17
A 7	U60	B	243	4026017	4026006	2	7,392	6,500	3,622	U17
A 7	U60	B	243	4026006	4026005	3	3,770	3,573	0,197	U17
A 7	U60	B	243	4026005	4026033	4	3,573	3,435	0,138	U17
A 7	U60	B	243	4026033	4126042	5	3,435	3,300	3,435	U17
A 7	U60	B	243	4126042	4126059	6	53,750	56,000	2,250	U17

Umleitungsstrecken U60 und U17 der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U62	B	243	4126059	4126031	1	56,000	56,770	0,770	U15
A 7	U62	B	243	4126031	4126002	2	56,770	57,673	0,903	U15
A 7	U62	B	243	4126002	4126003	3	-	-	0,412	U15
A 7	U62	B	243	4126003	4126019	4	-	-	0,380	U15
A 7	U62	B	248	4126019	4126013	5	57,674	59,150	1,833	U15
A 7	U62	B	248	4126013	4126011	6	59,525	59,750	0,853	U15
A 7	U62	B	248	4126011	4126004	7	60,378	14,818	3,338	U15
A 7	U62	B	248	4126004	4226021	8	14,818	14,600	3,458	U15
A 7	U62	B	248	4226021	4226001	9	11,360	10,434	0,926	U15
A 7	U62	B	445	4226001	4226018	10	16,713	17,330	0,617	U15

Umleitungsstrecken U62 und U15 der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U64	B	445	4226018	4226001	1	17,330	16,713	0,617	U13
A 7	U64	B	248	4226001	4226014	2	10,434	10,200	5,400	U13
A 7	U64	B	248	4226014	4226011	3	5,034	4,132	0,902	U13
A 7	U64	B	248	4226011	4226010	4	4,132	3,425	0,707	U13
A 7	U64	B	248	4226010	4226007	5	3,425	1,350	2,213	U13
A 7	U64	B	248	4226007	4226023	6	1,212	0,500	0,870	U13
A 7	U64	B	241	4226023	4225036	7	21,494	22,100	1,496	U13
A 7	U64	B	3	4225036	4225008	8	22,000	23,200	0,504	U13
A 7	U64	B	3	4225008	4225001	9	23,430	23,900	1,565	U13

Umleitungsstrecken U64 und U13 der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U66E	B	3	4225001	4225008	1	24,995	23,900	1,565	U11E
A 7	U66E	L	572	4225008	4225038	2	12,564	9,415	3,149	U11E
A 7	U66E	K	406	4225038	4225005	3	3,621	0	4,921	U11E
A 7	U66E	B	241	4225005	4225002	4	3,398	4,004	0,606	U11E

Umleitungsstrecken U66E und U11E der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U68	B	241	4225002	4225005	1	4,004	3,398	0,606	U9
A 7	U68	B	241	4225005	4225007	2	3,398	2,850	1,037	U9
A 7	U68	B	241	4225007	4225003	3	2,361	2,050	2,322	U9
A 7	U68	B	3	4225003	4325018	4	20,364	18,200	4,050	U9
A 7	U68	B	3	4325018	4325037	5	16,314	12,700	6,014	U9
A 7	U68	B	446	4325037	4325007	6	0,588	0,766	0,178	U9
A 7	U68	B	446	4325007	4325002	7	0,766	1,200	0,434	U9

Umleitungsstrecken U68 und U9 der BAB A7.



BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U68a	B	241	4225002	4325026	1	4,004	4,750	0,746	U9a
A 7	U68a	B	241	4325026	4325027	2	4,750	4,950	1,298	U9a
A 7	U68a	B	241	4325027	4225006	3	6,060	6,250	2,754	U9a
A 7	U68a	B	241	4225006	4325025	4	8,814	9,706	0,892	U9a
A 7	U68a	B	241	4325025	4325021	5	9,706	10,000	1,560	U9a
A 7	U68a	B	241	4325021	4325020	6	11,266	11,971	0,705	U9a
A 7	U68a	B	241	4325020	4325034	7	11,971	12,250	3,713	U9a
A 7	U68a	B	446	4325034	4325013	8	6,623	6,100	0,844	U9a
A 7	U68a	B	446	4325013	4325012	9	5,779	4,935	0,844	U9a
A 7	U68a	B	446	4325012	4325011	10	4,935	4,800	1,435	U9a
A 7	U68a	B	446	4325011	4325010	11	3,500	2,510	0,990	U9a
A 7	U68a	B	446	4325010	4325002	12	2,510	2,300	1,253	U9a

Umleitungsstrecken U68a und U9a der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U70	B	446	4325002	4325007	1	1,200	0,766	0,434	U7
A 7	U70	B	446	4325007	4325037	2	0,766	0,588	0,178	U7
A 7	U70	B	3	4325037	4325038	3	10,300	7,632	2,668	U7
A 7	U70	B	3	4325038	4425041	4	7,632	5,374	2,258	U7
A 7	U70	B	3	4425041	4425042	5	5,374	5,100	3,024	U7
A 7	U70	A	388	4425042	4425016	6	2,865	1,131	1,734	U7
A 7	U70	A	388	4425016	4425015	7	1,131	0	1,131	U7

Umleitungsstrecken U70 und U7 der BAB A7.

BAB	U	SK	Straßen-Nr	von NK	nach NK	TA	von km	nach km	Länge	U´
A 7	U72	A	388	4425015	4425016	1	0	1,131	1,131	U5
A 7	U72	K	37	-	4425014	2	11,900	11,300	0,950	U5
A 7	U72	OD	-	4425014	-	3	4,700	4,100	3,600	U5
A 7	U72	B	3	-	4425002	4	3,800	4,200	0,700	U5

Umleitungsstrecken U72 und U5 der BAB A7.