Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
Bundesamt für Strassenbau

ERFAHRUNGSBILANZ IN DER ANWENDUNG DER NORM SN 640 925
Ausarbeitung der Grundlagen für eine Anpassung der Gewichtungen und der Bewertungsskala

BILAN D'UTILISATION DE LA NORME SN 640 925
Elaboration des bases pour l'actualisation des critères de "pondération et échelle d'évaluation"

Viagroup AG/SA, Winterthur und Romanel s/Lausanne

I. Scazziga, dipl. Ing. ETH

Forschungsauftrag 09/95 auf Antrag der
Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute

Schlussbericht, April 1997

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

ZUSAMMENFASSUNG **3**

RESUME **4**

1. AUFTRAG UND ZIEL **5**

2. BEGRIFFE **6**

3. AUSGANGSLAGE - KRITIK AN DER BESTEHENDEN NORM **8**

3.1 FEHLER UND MÄNGEL DER BESTEHENDEN NORM 8
3.1.1 Fehler im Aufnahmeformular *8*
3.1.2 Zweifache Berücksichtigung der Spurrinnen *9*
3.1.3 Unterschiedliche Bewertung der Spurrinnen *9*
3.1.4 Gruppeneinteilung der Oberflächenschäden *10*
3.1.5 Aufnahme der Oberflächenschäden: Vorgehen bei mängelfreier Oberfläche *11*
3.1.6 Berechnung eines Gesamtindexes wenn nur Teilwerte vorliegen *11*
3.1.7 Abschnittsbildung *11*
3.1.8 Bewertungsgrundsätze für die messtechnischen Aufnahmen *12*
3.2 ANWENDUNGSERFAHRUNGEN 12
3.2.1 ASB *13*
3.2.2 Kantone Freiburg und Wallis *13*
3.2.3 Kanton Graubünden *15*
3.2.4 Kanton Zug *15*
3.2.5 Stadt Schaffhausen *16*
3.3 KOMMENTARE IM RAHMEN DER AUSWERTUNG DER VERNEHMLASSUNG DER WEGLEITUNG DES ASB 16

4. ZWECK DER NORM ZUSTANDSERFASSUNG UND BEWERTUNG **18**

5. DER ENTWURF EINER WEGLEITUNG DES ASB - EINE ALTERNATIVE? **20**

6. RANDBEDINGUNGEN **23**

6.1 ALLGEMEINGÜLTIGKEIT 23
6.2 BEZUG ZUR NORMENGRUPPE MANAGEMENT DER STRASSENERHALTUNG 23
6.3 BEZUG ZU WEITEREN NORMEN DER VSS 24
6.4 BERÜCKSICHTIGUNG EINER MÖGLICHST EDV-GERECHTEN DATENHALTUNG 24

7. AUSWAHL DER ZUSTANDSMERKMALE **26**

7.1 ALLGEMEINES 26
7.2 AUSLÄNDISCHE PRAXIS 26
7.2.1 CEN: Europäische Normung *26*
7.2.2 AIPCR: Association Mondiale de la route *27*
7.2.3 Weltbank *27*
7.2.4 USA *28*
7.2.5 Frankreich *29*
7.2.6 Deutschland *30*
7.2.7 Oesterreich *31*
7.3 ZUSTANDSMERKMALE FÜR DIE VSS-NORM 31
7.3.1 Oberflächenschäden *32*
7.3.2 Ebenheit in Längsrichtung *32*
7.3.3 Ebenheit in Querrichtung *33*

7.3.4 Griffigkeit ... *34*
7.3.5 Tragfähigkeit ... *34*
7.3.6 Weitere Merkmale ... *35*

8. ERHEBUNGSEINHEITEN ... **36**

8.1 ALLGEMEINES ... 36
8.2 HOMOGENE ABSCHNITTE ... 36
8.3 MÖGLICHKEITEN DER DATENAGGREGATION ... 37

9. GRUNDLAGEN FÜR DIE WAHL EINER BEWERTUNGSSKALA ... **39**

9.1 WOZU BEWERTUNGSINDICES? ... 39
9.2 ANWENDUNGSBEREICH VON EINZELINDICES UND KOMBINIERTEN INDICES ... 39
9.3 FESTLEGUNGEN ANLÄSSLICH DER BEARBEITUNG DER BISHERIGEN NORM 640 925 ... 39

10. GRUNDSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN DER ERFASSUNG UND BEWERTUNG VON OBERFLÄCHENSCHÄDEN ... **41**

10.1 ALLGEMEINES ... 41
10.2 VORSCHLÄGE ZUR SCHADENGRUPPIERUNG: BITUMINÖSE BELÄGE ... 41
10.3 VORSCHLÄGE ZUR SCHADENGRUPPIERUNG: BETONBELÄGE ... 43
10.4 ERHEBUNG DER SCHÄDEN: QUANTIFIZIERUNG UND QUALIFIZIERUNG ... 45
10.5 MÖGLICHKEITEN DER INDEXBILDUNG ... 45
10.5.1 Werteaddition ... *45*
10.5.2 Mittelwertbildung ... *46*
10.5.3 Abzugsformel ... *46*
10.6 BESTIMMUNG DES BEWERTUNGSSCHEMAS; WAHL DER GEWICHTUNGEN ... 47
10.7 ALTERNATIVVORSCHLÄGE ... 48

11. GRUNDSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN DER ERFASSUNG UND BEWERTUNG VON LÄNGS-, QUEREBENHEIT UND GRIFFIGKEIT ... **49**

11.1 BISHERIGE LÖSUNG ... 49
11.2 VORSCHLÄGE FÜR EINE NEUE REGELUNG ... 49
11.2.1 Längsebenheit ... *49*
11.2.2 Querebenheit ... *50*
11.2.3 Griffigkeit ... *51*

12. GRUNDSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN DER ERFASSUNG UND BEWERTUNG DER TRAGFÄHIGKEIT ... **52**

12.1 BISHERIGE BERÜCKSICHTIGUNG DER TRAGFÄHIGKEIT ... 52
12.2 BERÜCKSICHTIGUNG DER TRAGFÄHIGKEIT NACH EINER NOTENSKALA VON 5 BIS 0 ... 52

13. BILDUNG EINES GESAMTINDEXES ... **54**

13.1 GESAMTINDEX NACH BISHERIGER NORM SN 640 925 ... 54
13.2 VORSCHLÄGE FÜR DIE DEFINITION EINES GESAMTINDEXES ... 55

14. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND WEITERES VORGEHEN ... **57**

14.1 SCHLUSSFOLGERUNGEN ... 57
14.2 WEITERES VORGEHEN ... 58

LITERATURVERZEICHNIS ... **59**

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht stellt gewissermassen das Referenzwerk für die Revision der Norm SN 640 925a über die Zustandserfassung und Bewertung von Strassen (Ausgabe Sommer 1997) dar. Die verschiedenen Aenderungen gegenüber der vorhergehenden Normfassung finden in den Erläuterungen dieses Berichtes ihre Begründung.

Die Grundlagen für die Normrevision wurden in Ergänzung zu den Arbeiten in der entsprechenden Subkommission der VSS in mehreren Schritten ausgearbeitet. Der erste Schritt umfasste die systematische Sichtung der bisherigen Norm bezüglich Fehler und Mängel, um diese in der revidierten Fassung zu vermeiden. Der nächste Schritt umfasste die Auswertung verschiedener Anwendererfahrungen. Die entsprechenden Erhebungen wurden mittels dem Einholen schriftlicher Kommentare der Subkommissionsmitglieder am Anfang der Revisionsphase durchgeführt sowie durch die entsprechende Auswertung von Kommentaren aller Kantone, die bei einer Umfrage des Bundesamtes für Strassenbau bezüglich einer eigenen Wegleitung für die visuelle Zustandserfassung eingegangen waren. Auch wenn der Gegenstand dieser Umfrage ein anderer war, konnten die Antworten für die Zwecke der Normrevision verwendet werden.

Der Bericht geht auch auch die verschiendenen Zwecke und Verwendungsarten der Ergebnisse der Zustandserfassung und Bewertung ein und nennt die verschiedenen Randbedingungen, denen sie zu genügen hat, insbesondere die bewusste Stellung als Norm des Bereiches "Management der Strassenerhaltung", der Bezug zu weiteren Normen und die Berücksichtigung einer möglichst EDV-gerechten Datenhaltung.

Die Auswahl der Zustandsmerkmale wird einerseits im Kontext der Praxis in anderen Ländern besprochen und anderseits - im Bereich der Oberflächen-schäden - aus der Sicht eines direkteren Bezuges zur Massnahmenplanung analysiert. Die Bewertung lehnt sich prinzipiell an die bisherige Praxis, was gewisse Vereinfachungen nicht ausschliesst. Neu ist hingegen der Vorschlag für eine Bewertung der Tragfähigkeit mit einem Indexwert zwischen 5 und 0, wie dies auch bei den übrigen Merkmalen der Fall ist. Ergänzend zur revidierten Norm, bei welcher die bisherige Nennung eines Gesamtindexes entfällt, geht der Bericht auf diese Thematik mit einem konkreten Vorschlag ein.

Resumé

Le rapport représente la "référence" utilisée pour la révision de la norme SN 640 925a (édition été 1997) "Relevé et évaluation de l'état des routes". Les modifications apportées à la norme précitée trouvent leur justification dans les explications contenues dans le présent document.

En complément aux travaux de révision de la sous-commission VSS correspondante, les éléments de base pour la révision de la norme ont été élaborés en plusieures étapes. La première étape a été l'évaluation systématique de la norme existante pour en découvrir les erreurs ou défauts à éviter lors de la révision. Puis les différentes expériences d'utilisation ont été exploitées.. Ceci s'est fait d'une part à travers l'analyse des commentaires écrits récueillis parmi les membres de la sous-commission dans une phase initiale des travaux et, d'autre part, par l'exploitation des réponses, de tous les cantons, à une enquête conduite par l'Office Fédéral des Routes au sujet d'une proposition de directive pour le relevé visuel. Même si l'objet de cette enquête était autre, il a été possible de prendre en compte les réponses dans le but de la révision de la norme.

Le rapport passe en revue les différents buts et les domaines d'application des résultats du relevé et de l'évaluation de l'état des chaussées. Il indique aussi les différentes conditions à respecter, en particulier le "statut" spécifique comme norme du domaine "gestion des routes", les interrélations avec d'autres normes et les besoins d'une gestion informatisée des données.

Le choix des indicateurs d'état est discuté dans le contexte de la pratique courante dans d'autres pays ainsi que - pour le domaine des dégradations de surface - dans l'optique d'un lien plus direct avec la planification et le choix des mesures d'entretien. Les procédures d'évaluation suivent en principe, avec quelques simplifications, la pratique précédente. La proposition d'une évaluation de la portance avec un indice sur une échelle de 5 à 0, comme c'est le cas des autres paramètres, est un élément nouveau de la norme revisée. Celle-ci ne comprend toutefois plus d'indice global, sujet qui est pourtant traité de manière concrète dans le rapport.

Erfahrungsbilanz in der Anwendung der Norm SN 640 925 Ausarbeitung der Grundlagen für eine Anpassung der Gewichtungen und der Bewertungsskala Schlussbericht zum Forschungsauftrag Nr. 9/95

1. Auftrag und Ziel

Das Bundesamt für Strassenbau hat mit Schreiben des 21. Dezember 1995, einem Gesuch der Fachkommission 174 "Management der Strassenerhaltung" der VSS entsprechend, die Durchführung einer Forschungsarbeit zur Erarbeitung der Grundlagen für die Revision der Norm SN 640 925 "Zustandserfassung und Bewertung von Strassen" genehmigt. Insbesondere wurde auch auf die Festlegung von Kriterien für die Gewichtungen und die Bewertungsskala aus der Optik der Wahl von Erhaltungsmassnahmen hingewiesen.

Beauftragte Forschungsstelle war die Firma Viaconsult AG in Zürich, welche zwischenzeitlich durch Reorganisation in die Viagroup SA in Romanels/Lausanne und Winterthur aufgegangen ist.

Die Genehmigung stützte sich auf das von der Forschungsstelle vorbereitete und von der Kommission genehmigte Gesuch, welches die folgenden Arbeitsschritte beinhaltete:
- Durchführung der Erfahrungsbilanz
- Evaluation der Gewichtungen und der Bewertungsskala
- Ausarbeitung von Vorschlägen für die Normrevision

Das letztere der genannten Arbeitsschritte ist im wesentlichen auch mit dem eigentlichen Ziel der Forschungsarbeit gleichzusetzen. Darüber hinaus stellt das Festhalten verschiedener Ueberlegungen und Begründungen einzelner Vorschläge in schriftlicher Form auch eine jederzeit verfügbare Referenz über die Grundlagen der Norm. Bei der Redaktion dieses Schlussberichtes wurde denn auch nach Möglichkeit versucht, diesen Aspekt entsprechend zu berücksichtigen.

Der Bericht erscheint in seiner Schlussform erst nach Genehmigung des Revisionsentwurfs durch die Fachkommission. Die wesentlichen Bestandteile des Berichtes waren aber der für die Revision beauftragten Subkommission zur Unterstützung der laufenden Revisionsarbeit seit längerem verfügbar gemacht worden.

2. Begriffe

MSE: Management der Strassenerhaltung

Management der Strassenerhaltung bedeutet eine umfassende Führungstätigkeit einschliesslich der Festlegung von Zielen, der Planung und der Entscheidung, angewendet auf die Erhaltung einer Strassenverkehrsanlage in ihrer Gesamtheit, d.h. unter Einschluss der Verkehrsflächen, der Kunstbauten, der Ausrüstung und der Nebenanlagen.

PMS: pavement management system

PMS ist grundsätzlich gleichbedeutend mit MSE, unter Einschränkung der Optik auf die Erhaltung von Fahrbahnen. Aus einer praktischen wie auch aus anerkannter wissenschaftlicher Sicht kann PMS definiert werden als ein "Satz" von (EDV-) Werkzeugen oder Methoden, welche die Verantwortlichen für die Strassenerhaltung beim Auffinden der optimalen Strategien zur Erhaltung der Strassen in einem betrieblich akzeptablen Zustand über eine bestimmte Zeitphase unterstützen (Hilfsmittel für die Entscheidungen).

Zustandserfassung

Die Zustandserfassung bedeutet die formalisierte, periodische Aufnahme von Ist-Zuständen verschiedener Oberflächeneigenschaften von Strassen.

Bewertung

Unter Bewertung versteht man die Umwandlung erhobener Messgrössen in einen dimensionslosen Indexwert nach einer einheitlichen Skala von 0 bis 5, bei welcher ein Wert von 5 dem bestmöglichen Zustand entspricht.

Qualitative Beurteilung

Unter "qualitativer Beurteilung" versteht man die Koppelung einer Messgrösse oder eines Indexwertes mit einem Wertmassstab im Sinne von gut/schlecht, genügend/ungenügend, usw..

Verhalten

Unter dem Begriff Verhalten versteht man die zeitliche Veränderung des Zustandes.

Verhaltenskurve/Verhaltensmodell

Verhaltenskurven oder Verhaltensmodelle sind empirisch oder theoretisch ermittelte (und mathematisch definierbare) Beziehungen zwischen dem tatsächlichen und dem erwarteten Verhalten von Strassen. Sie dienen im Rahmen des Managements der Strassenerhaltung der Prognose der weiteren Entwicklung und können für einzelne Parameter, allenfalls auch für gewisse Kombinationen dieser Parameter ermittelt werden.

Netzebene

Im Rahmen des MSE, wie auch des PMS, versteht man unter "Netzebene" die Ausrichtung von Verfahren und Tätigkeiten auf das Erlangen von Aussagen, Ergebnissen und Prognosen bezüglich der Bedürfnisse der Erhaltung eines Strassennetzes als Ganzes, wie z.B. die mehrjährige Massnahmen- und Budgetplanung, die Festlegung und Ueberwachung der Einhaltung der Erhaltungsziele, die Feststellung des Bedarfs allfälliger Sofortmassnahmen, die allgemeine Kennzeichnung des Netzzustandes mit Leistungsindikatoren, die Herleitung und Verbesserung von Verhaltensmodellen, die Ausarbeitung von Erfahrungsbilanzen einzelner Verfahren und Materialien, usw.. Die Notwendigkeit eines gleichmässigen Informationsstandes bezüglich des ganzen Netzes legt eine gewisse Beschränkung des Detailgrades der erwünschten bzw. benötigten Information nahe.

Projektebene

Im Rahmen des MSE, wie auch des PMS, versteht man unter "Projektebene" die Ausrichtung von Verfahren und Tätigkeiten auf das Erlangen von Aussagen, Ergebnissen und Prognosen bezüglich der Bedürfnisse der Erhaltung einzelner Abschnitte eines Strassennetzes, wie z.B. die Ermittlung der Schadenursachen (Schadenanalyse), die kurzfristige Massnahmen- und Kostenplanung, das Variantenstudium, die vergleichende Reihung einzelner Projekte, usw., kurzum alle Tätigkeiten wie diese unter anderem für jedes ordentliche Sanierungsprojekt nach bisheriger Praxis (vor MSE und PMS) üblich waren. Auf dieser Ebene wird ein erhöhter Detailgrad der Information benötigt.

3. Ausgangslage - Kritik an der bestehenden Norm

3.1 Fehler und Mängel der bestehenden Norm

Die Mängel der bestehenden Norm können in zwei Gruppen unterteilt werden, einerseits in mehr oder weniger eindeutige Fehler und anderseits in gewisse Mängel, welche auch mit den Begriffen Unklarheiten oder Schwachstellen umschrieben werden können. Zu dieser letzten Gruppe werden im folgenden auch die Bezüge zu übrigen Normen der VSS gezählt.

Als Fehler könne aufgelistet werden:
- Fehler im Aufnahmeformular,
- zweifache Berücksichtigung der Spurrinnen,
- unterschiedliche Bewertungen der Spurrinnen als Indexwert, bzw. bei der Schadenschwere.

Unter der Kategorie der Mängel seien erwähnt:
- Gruppeneinteilung der Oberflächenschäden,
- Aufnahme der Oberflächenschäden: Vorgehen bei mängelfreier Oberfläche,
- Berechnung eines Gesamtindexes wenn nur Teilwerte vorliegen,
- Abschnittsbildung,
- Bewertungsgrundsätze für die messtechnischen Aufnahmen, Bewertung als Funktion der Strassenart.

3.1.1 Fehler im Aufnahmeformular

Die Formulare für die Grobaufnahme von Oberflächenschäden (bituminöse Beläge und Betonbeläge) sind mit einem Fehler bezüglich der Berechnung des Matrixwertes pro Teilabschnitt behaftet. In den Formularen wird eine Unterteilung der Strecke in Teilabschnitte empfohlen, für welche jeweils das Ausmass und die Schwere pro Schadengruppe aufzunehmen und einzutragen sind. In einem nächsten Schritt wird dann eine Mittelbildung sowohl der Schwere als auch des Ausmasses über mehrere Teilabschnitte angedeutet. Aus diesen beiden Ergebnissen ist schliesslich der Matrixwert (Ausmass x Schwere) zu bestimmen und der Teilabzug pro Schadengruppe am Indexwert zu berechnen (Matrixwert x Gewicht).

Das korrekte Vorgehen (siehe auch Abbildung 1) beinhaltet die Berechnung des Indexwertes für jede Erfassungseinheit. Wie in der Folge dann ein längerer Abschnitt, z.B. ein "homogener Abschnitt" oder ein "Erhaltungsabschnitt" mit einem repräsentativen Wert gekennzeichnet wird, welcher aus verschiedenen Teilergebnissen berechnet wird, ist in der bisherigen Norm mit Ausnahme eines etwas vagen Hinweises auf "Wertberechnung, bzw. Mittelbildung" in Ziffer 7 nicht angegeben. Die damit zusammenhängende Problematik -

welche nicht nur die Oberflächenschäden sondern auch alle übrigen Oberflächeneigenschaften ebenso betrifft - ist im Laufe der Bearbeitung von PMS-Projekten für die Kantone Neuchâtel und Wallis erkannt worden und als "agrégation des données" bezeichnet worden. Dabei wurde insbesondere auf die Notwendigkeit klar definierter Regeln hingewiesen, welchen diesen Prozess transparent und nachvollziehbar erscheinen lassen.

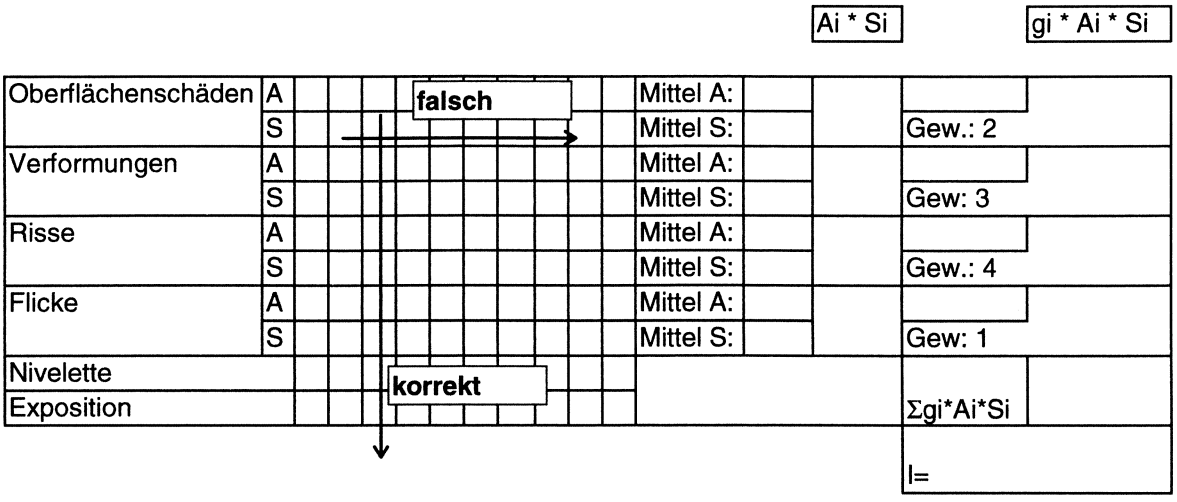

Abbildung 1: Vorgehensweise bei der Berechnung des Indexwertes I1.

3.1.2 Zweifache Berücksichtigung der Spurrinnen

Werden bei der Anwendung der bisherigen Norm alle Indices bestimmt, welche bei der Berechnung des vorgeschlagenen Gesamtindexes zu berücksichtigen sind, so kann es je nach praktischer Auslegung vorkommen, dass der Einfluss allfällig vorhandener Spurrinnen zweifach in das Gesamtergebnis einfliesst. Einerseits werden Spurrinnen als charakteristische Grössen des Zustandsmerkmals "Ebenheit in Querrichtung" bei der Erfassung und Bewertung mit dem Index I3 berücksichtigt, anderseits können sie zusätzlich im Rahmen der Erfassung und Bewertung von Oberflächenschäden (als Abzugsbeitrag bei der Gruppe Verformungen) das Ergebnis des Indexes I1 beeinflussen.

3.1.3 Unterschiedliche Bewertung der Spurrinnen

Die oben genannte mögliche Doppelzählung von Spurrinnen ist aber noch mit einem weiteren Mangel gekoppelt, nämlich mit einer unterschiedlichen Bewertung von Spurrinnen, wie sie einerseits aus den Umrechnungskurven Spurrinnentiefe/Index I3 hervorgeht, und anderseits aus der im Schadenkatalog bei der Abgrenzung verschiedener Stufen der Schadenschwere hervorgehenden Beeinflussung des Indexes I1.

Ein konkretes Beispiel vermag dies besser zu illustrieren. Angenommen, auf einer Kantonsstrasse ausserorts würden durchgehend Spurrinnen von mehr als 30 mm gemessen und keine anderen Schäden festgestellt, so können sich daraus folgende Zustandsbewertungen ergeben:

- Index I1, Matrixwert von 9 für schwere Schäden und Ausmass > 50% der Streckenlänge, Gewicht 2, ⇒ Abzugswert 1.8 ⇒ **Index I1 = 3.2**
- Index I3, Umwandlung von T = 30 mm für vA ≥ 80 km/h ⇒ **Index I3 = 0.7**
- Ein Extremwert am anderen Ende ergibt sich bei Anwendung der Wegleitung des ASB: Matrixwert von 5, Gewicht 2, ⇒ Abzugswert 1.0 ⇒ **Zustandswert = 4.0.**

Dabei dürfte der Index I3 am ehesten das tatsächliche Qualitätsniveau wiedergeben.

3.1.4 Gruppeneinteilung der Oberflächenschäden

Im Bereich der bituminösen Beläge werden bei der Grobaufnahme und der daraus abgeleiteten Indexbildung einzelne Oberflächenschäden gemäss der detaillierten Auflistung im Schadenkatalog wie folgt gruppenweise zusammengefasst:

- Oberflächenschäden (im engeren Sinn), umfassend die mit der Oberflächenglätte zusammenhängenden Schäden sowie alle Formen von Materialverlust,
- Verformungen, umfassend sämtliche "lokale" Verformungen als auch eher kontinuierliche Schadenbilder wie Spurrinnen,
- Risse, umfassend alle Formen von Rissen,
- Flicke.

Diese, aus der Sicht der Vereinfachung der Aufnahme möglichst eindeutige Aufgliederung, hat allerdings den Nachteil nicht derjenigen Unterteilung zu entsprechen, welche in der Norm SN 640 730 für die Wahl von Massnahmen bei der Instandsetzung bituminöser Beläge verwendet wird (diese Norm ist allerdings erst 1993 erschienen, die Zustandserfassungsnorm bereits 3 Jahre davor.) Es wird hier zunächst unterschieden zwischen:

- örtlichen Schäden,
- ausgedehnten Belagsschäden,
- strukturellen Schäden.

Diese Unterteilung dient einmal dazu, lokal vorkommende Schäden von ausgedehnten Schäden zu unterscheiden, welche grossflächige Massnahmen erfordern und anderseits auch dazu, eine erste grobe Unterteilung nach Ursache/"Tiefenwirkung"/Massnahmenart vorzunehmen. Bei einem Vergleich mit der Einteilung nach der Norm Zustandserfassung und Bewertung können die örtlichen Schäden ausgeklammert werden, so dass schliesslich folgende Gruppen gegenübergestellt werden können (siehe auch Kap. 10.2):

- Oberflächenglätte infolge Schwitzen oder Polieren (ausgedehnte Belagsschäden),
- Materialverluste: Abrieb, Ausmagerung, Absanden, Kornausbrüche, Ablösungen,

Schlaglöcher; wilde Risse, Reflektionsrisse (ausgedehnte Belagsschäden),
- Belagsverformungen: Spurrinnen, Aufwölbung, Wellblech- und Schubverformungen (ausgedehnte Belagsschäden),
- bemerkenswerte Unebenheiten infolge Frosthebungen; klaffende Einzelrisse (strukturelle Schäden)
- ausgeprägte Einsenkungen und Verdrückungen; ausgedehnte Netzrissbildung (strukturelle Schäden)

Die Norm SN 640 730 nennt aufgrund ihrer eigenen Zweckbestimmung die in der Norm Zustandserfassung und Bewertung als selbständigen "Mangel" aufgeführten Flicke nicht.

3.1.5 Aufnahme der Oberflächenschäden: Vorgehen bei mängelfreier Oberfläche

Im Text der Norm, insbesondere bei der Definition von Schadenschwere, Schadenausmass und der entsprechenden Matrix, fehlt ein direkter Hinweis auf den Fall "keine Schäden", welcher mit einem Wert von 0 bei der Schwere, dem Ausmass und der Matrix zu berücksichtigen ist. Dieser fehlende Hinweis kann dazu führen, dass ein Matrix-Wert von 1 für den Fall fehlender Schäden eingesetzt wird.

3.1.6 Berechnung eines Gesamtindexes wenn nur Teilwerte vorliegen

Der bisher vorgeschlagene Gesamtindex wird aus den Teilindices I1, I2 und I3 berechnet. Unter Berücksichtigung der bestehenden Formel (gewichteter Mittelwert) lässt sich dieser Gesamtindex nur dann vernünftig berechnen, wenn die Ergebnisse aller drei Teilindices vorliegen. Damit entfällt eine klar definierte Möglichkeit einer "Gesamtbewertung" in all den Fällen, wo bewusst auf die Erfassung einzelner Oberflächeneigenschaften verzichtet wurde. Dies wurde vielfach als ein Mangel empfunden.

3.1.7 Abschnittsbildung

Die ganze Thematik der Abschnittsbildung, insbesondere auch der unterschiedlichsten Interpretationen und der weiteren Verwendung des Begriffes "Abschnitt" ist in der Norm nicht genügend behandelt. Auch ist die Begriffsverwendung nicht konsequent durchgezogen. Nebeneinander erscheinen in der Norm die Begriffe:
- Strasse,
- Bereiche,
- Untersuchungseinheiten,
- Strecken,
- Teilabschnitte,
- Abschnitte,
- Hauptabschnitte.

Es ist im Rahmen der Revision wichtig darauf hinzuweisen, dass die Norm in erster Linie die Erfassungsabschnitte oder Untersuchungseinheiten nennt, d.h. jene Teillängen, für welche eine unabhängige Erfassung, bzw. Messung oder Auswertung erfolgt. Eine über den engeren Bereich der Erfassung hinausgehende "Abschnittsbildung", kann a priori aus den unterschiedlichsten Gründen erfolgen, unter anderem auch für eine (provisorische) Massnahmenplanung und kann von einer praktisch unbeschränkten Anzahl weiterer Einflussgrössen abhängig sein. Solche Abschnitte können demnach nicht "absolut" definiert werden und dürften auch kaum eine über die Zeit konstant bleibende Grösse darstellen.

Bei der definitiven Problemlösung sind auch die in Kapitel 3.1.1 erwähnten nachvollziehbaren und fest definierten Regeln für die Umrechnung von Teilergebnissen in die repräsentativen Werte von "homogenen Abschnitten" mit zu berücksichtigen.

3.1.8 Bewertungsgrundsätze für die messtechnischen Aufnahmen

Bei der Bewertung gemessener Grössen wie die Ebenheit in Längs- und in Querrichtung (Spurrinnentiefe) erfolgt eine unterschiedliche Umwandlung der Messwerte in Indexwerte in Abhängigkeit der Strassenart (Ausbaugeschwindigkeit). Dies führt beispielsweise dazu, dass auf einigen Strassen eine Spurrinnentiefe von 25 mm einem Indexwert von 2 entspricht, auf einigen anderen Strassen hingegen einem Indexwert von 1. Diese Situation ist durch eine sehr eingehende Berücksichtigung von unterschiedlichen Anforderungs- und Grenzwerten der mittlerweile revidierten Norm SN 640 521 bedingt. Sie kann auch unter dem Aspekt einer berechtigten unterschiedlichen Bewertung je nach örtlicher Situation (Strassenart) als sinnvoll betrachtet werden.

Diese Vorgehensweise wird allerdings nur bei den oben genannten Oberflächeneigenschaften angewendet und nicht konsequent bei allen. Eine Angleichung der Bewertungsgrundsätze aller Oberflächeneigenschaften, nach der einen oder der anderen Variante, ist nach Möglichkeit anzustreben und konsequent durchzuziehen, soweit dies durch die Charakteristik der einzelnen Eigenschaften überhaupt möglich ist. Dabei ist auch im Falle der Tragfähigkeit ein Bewertungssystem der gleichen Art wie für die übrigen Oberflächeneigenschaften auszuarbeiten.

3.2 Anwendungserfahrungen

Aussagen über die Erfahrungen von Anwendern wurden zusammengetragen einerseits aufgrund verschiedener schriflich abgegebener Kommentare der Mitglieder der Subkommission, anderseits auch durch direkt zugetragene Informationen und schliesslich durch die indirekte Interpretation einer Vernehmlassung zu einem Wegleitungsentwurf für die visuelle Aufnahme von Schäden auf Strassen mit bituminösem Belag des ASB. Einzelne redaktionelle Erläuterungen sind *kursiv* dargestellt.

3.2.1 ASB

Die Stellungnahme des ASB (J.J. Mäder, D. Baer; auch wenn das ASB kein "direkter Anwender" ist, wird hier die entsprechende Stellungnahme zusammen mit derjenigen der übrigen Subkommissionsmitglieder wiedergegeben) ist sehr knapp und prägnant verfasst und enthält nebst wenigen Einzelbemerkungen eine grundsätzliche Stellungnahme zum Aufbau.

Die Einzelbemerkungen betreffen die Notwendigkeit einer Anpassung der Bewertung der Längsebenheit an die mittlerweile revidierte Norm betreffend Anforderungen an neue Beläge (SN 640 521b) und den Wunsch nach einer einheitlichen Umwandlung von Messgrössen in Zustandswerte *(in der Norm erfolgt diese Umwandlung unterschiedlich, z.B. in Abhängigkeit der Ausbaugeschwindigkeit).* Zum Grundsätzlichen wird festgestellt, dass die Norm in der heutigen Form belassen werden könnte, wobei bei der Aufnahme der Oberflächenschäden nur die Groberfassung zu behandeln sei. Anderseits sollte eine separate Norm für die Detailerfassung ausgearbeitet werden, welche in ihrem Aufbau analog der Wegleitung des ASB aussehen sollte.

3.2.2 Kantone Freiburg und Wallis

Die von den beiden Kantonsvertretern (C. Morzier und Y. Molk) gemeinsam formulierten Bemerkungen sind in zwei Teile gegliedert: die Stellungnahme enthält Bemerkungen zur Norm SN 640 925 sowie Bemerkungen zur Wegleitung des ASB.

– ***Bemerkungen zur Norm SN 640 925***

Es wird festgestellt, dass in der jetzigen Norm eine unterschiedliche Gewichtung in der Behandlung der Aufnahme der Oberflächenschäden einerseits (visuelle Aufnahme) und der übrigen Parameter (messtechnische Zustandserfassung) anderseits besteht. Daraus ergeht der Wunsch, aus Gründen der Kohärenz, die Aufnahme von Oberflächenschäden in einer separaten Norm zu behandeln.

Bezüglich des Anwendungskonzeptes (Kapitel B der Norm) wird die Verwendung begrifflicher Zustandseinstufungen (z.B.: gut, mittel, schlecht) als problematisch betrachtet und eher die Verwendung dimensionsloser Zustandsindices befürwortet. Ebenfalls wird der Wunsch geäussert, die revidierte Norm auf die Normengruppe Massnahmenplanung (SN 640 730 und folgende) besser anzupassen.

Zur Aufnahme der Oberflächenschäden wird auf die fehlende explizite Erwähnung eines 0-Wertes bei mängelfreier Oberfläche hingewiesen, da ansonsten irrtümlicherweise niemals ein Zustandswert von 5.0 berechnet werden könnte. Die verwendeten Gewichtungen einzelner Schadengruppen können aus der Sicht des Zweckes der Norm momentan weiter verwendet werden. Der hauptsächliche Zweck der Detailaufnahme - d.h. die Verwendung

als Grundlage für ein Sanierungsprojekt - sollte stärker betont werden, wie auch die Tatsache, dass diese Art der Aufnahme nicht auf ganze Strassennetze anzuwenden ist, wie dies hingegen für die Grobaufnahme zutrifft. Bei der letzteren wird auch hier auf den unter Kapitel 3.1.1. erwähnten Fehler im Aufnahmeformular hingewiesen.

Bei den Angaben betreffend den Indexwertbereichen für die messtechnisch erhobenen Grössen können die tabellarischen Werte der Ziffern 16 und 17 entfallen, die entsprechenden Angaben sind ohnehin in graphischer Form angegeben. Beim Zustandsmerkmal Tragfähigkeit sollte aus Kohärenzgründen eine ähnliche Bewertungsskala (u.a. in Funktion der Verkehrsbelastung) wie bei den übrigen Merkmalen eingeführt werden.

Zur Anwendung eines Gesamtindexes liegen noch kaum Erfahrungen vor. Grundsätzlich könnte dieser Index auch anders aufgebaut werden, z.B. mit anderen Gewichtungen und der Berücksichtigung weiterer Parameter (Tragfähigkeit), allenfalls auch je nach Strassenkategorie anders berechnet werden. Schliesslich sollte auch ein Weg aufgezeigt werden, wie ein Gesamtindex auch bei Vorhandensein einer reduzierter Anzahl von Einflussparameter bestimmt werden kann.

– ***Bemerkungen zur Wegleitung des ASB***

Die Verfasser stellen sich die grundsätzliche Frage nach dem Interesse dieser neuen Wegleitung, welche zum Teil wesentliche Elemente der Norm SN 640 925 übernimmt, in Teilbereichen aber sehr lückenhaft ist. Als wesentliche Neuerung wird die Koppelung bestimmter Schäden mit Sofortmassnahmen betrachtet.

Die gegenüber der Norm vorgenommenen Aenderungen bezüglich Berechnungsmodus des Indexes, der Bildung einer Matrix aus Ausmass und Schwere sowie der Gewichtung einzelner Schäden führen zu einer schwächeren Differenzierung der Schadensituation und zu einer Unterbewertung der Risse. Im übrigen wird auch auf grundsätzliche Mängel des Konzeptes der Formel gemäss Wegleitung hingewiesen.

In den Detailbemerkungen werden weiter folgende Punkte aufgeführt:
- bezüglich der Länge der Erhebungseinheiten könnten genauere Angaben erfolgen,
- die Durchführbarkeit der Detailaufnahme *(im Sinne der einzelnen Erfassung aller Schadentypen gemäss Schadenkatalog)* von einem fahrenden Fahrzeug aus wird bezweifelt,
- es wird auf Unterschiede im Bezug der begrifflichen Qualitätsangaben (gut, schlecht, usw.) zu einzelnen Wertbereichen des Zustandsindexes zwischen Norm und Wegleitung hingewiesen,
- die fehlende Nennung der Gruppe der Flickstellen wird bemängelt,
- bezüglich der erwähnten Sofortmassnahmen sollten entsprechende Grenz- oder Schwellenwerte angegeben werden.

3.2.3 Kanton Graubünden

Aus der Stellungnahme des Kantons Graubünden (H. Bär) gehen grundsätzliche Zweifel an der Verwendung von Zustandsindices hervor, bei welchen ein eindeutiger Hinweis auf wirkliche Schäden bemängelt wird. Besser wäre es eine neue Art der Beurteilungsskala einzuführen, bei welcher die Beiträge einzelner Schäden aufsummiert werden nach der Formel:

$$\Sigma \, Gi \times Ai \times Si$$

In einer solchermassen aufgebauten Bewertung *(die Skala ist eigentlich nach oben offen, d.h. je grösser der Wert ist, umso bedeutender ist das allgemeine Schadenbild)* wären allenfalls auch die Beiträge aus Längs- und Querebenheit anstelle einer separaten Bewertung nach den Indices I2 und I3 mit einer geeigneten Erfassungsgrösse und Gewichtung zu integrieren.

Im Kanton Graubünden werden z.Z. Oberflächenschäden mit eigenen Leuten im Sinne der oben angegebenen Formel aufgenommen und bewertet, wobei gegenüber der Norm Aenderungen an den Gewichtungen und den Matrixwerten für die einzelnen Abstufungen von Ausmass und Schwere vorgenommen wurden. Die Gewichtungsänderungen erfolgten aus dem Bestreben heraus, einzelne MSE-Ziele bereits bei der Aufnahme zu berücksichtigen und damit auch eine leichtere Gegenüberstellung zum Erhaltungsbedarf anderer Objekte (z.B. Kunstbauten) zu ermöglichen. Die Aenderungen an den Matrixwerten (1, 1.5 und 2 anstelle von 1, 3 und 3) wurden im Bestreben des Erreichens einer besseren Differenzierung zum Zwecke der Massnahmenplanung vorgenommen.

Schliesslich wird die Aufnahme von Oberflächenschäden auf kurzen ($\leq$ 100 m) Teilabschnitten als nicht zweckmässig und zu aufwendig betrachtet.

3.2.4 Kanton Zug

In der Stellungnahme des Kantons Zug (H.P. Sieber) wird die bisherige unterschiedliche Zielsetzung einer Grobaufnahme von Oberflächenschäden, als Mittel der Grobbeurteilung systematischer Aufnahmen auf der Netzebene im Sinne des Managements und einer Detailaufnahme als Vorbereitungsarbeit für die Projektierung konkreter Massnahmen, grundsätzlich befürwortet. Die praktische Bedeutung der einzelnen Indices wird unterschiedlich beurteilt, insbesondere wird eine stärkere Gewichtung der Griffigkeit erwünscht.

Die wesentlichen Grundsätze der bisherigen Norm, so z.B. der Geltungsbereich: alle Strassen und das Hauptziel: das Ermöglichen einer einheitlichen Bewertung müssen auch im Rahmen der vorgesehenen Revision weiter bestehen. So sind beispielsweise auch Bewertungsunterschiede zwischen den VSS-Normen und allfälligen Richlinien des ASB zu vermeiden.

In etwas detaillierteren Bemerkungen werden folgende Hinweise formuliert:
- die Tragfähigkeit sollte ähnlich wie die übrigen Zustandsmerkmale mit einem Index bewertet werden,
- der angegebene Aufnahmeintervall von 3 - 4 Jahren für Hauptstrassen ist besonders für die Grobaufnahme von Oberflächenschäden zu lang,
- die Bewertung der Risse erscheint zu hoch,
- bezüglich der Grobaufnahme fehlen klarere Angaben zur Interpretation *(gemeint ist die Aufnahme und Bewertung bei gleichzeitigem Vorkommen mehrerer Schäden der gleichen Gruppe)* welche eventuell durch Bildbeispiele erleichtert werden könnte.

3.2.5 Stadt Schaffhausen

In der Stadt Schaffhausen (H.J. Müller) wurde zu einem recht frühen Zeitpunkt - d.h. nach Veröffentlichung der Norm SN 640 925 aber vor Erscheinen der Norm SN 640 730 - mit eigenen Leuten eine Zustandserfassung (Index I1 nach dem Verfahren der Grobaufnahme) des gesamten städtischen Strassennetzes durchgeführt. Im Rückblick wird bedauert, dass die letztgenannte Norm anlässlich der Aufnahmen nicht verfügbar war, denn die möglichst direkte Koppelung von Zustandsaufnahmen mit der Möglichkeit der Angabe eines Massnahmenvorschlages (wie dies z.B. in der Wegleitung des ASB vorgesehen ist) wird grundsätzlich begrüsst wenn nicht gar erwünscht. Daraus ergibt sich auch der Wunsch nach Verwendung eines einzigen, modifizierten Formulars für die Aufnahme von Oberflächenschäden.

Zu einzelnen weiteren Punkten der Norm enthält die Stellungnahme folgende kritische Hinweise und Anregungen:
- die jetzige Norm ist unklar in den Aussagen bezüglich Erfassungs- und Aufnahmemethodik (besser in der ASB-Wegleitung)
- ein Gesamtindex kann entfallen, oder sollte allenfalls um die Berücksichtigung der Tragfähigkeit ergänzt werden,
- der Bereich der Aufnahme von Oberflächenschäden sollte einen direkteren Bezug zur Norm SN 640 730 haben,
- bei den Deflektionsmessungen muss die Frage der Bewertung detaillierter behandelt werden.

3.3 Kommentare im Rahmen der Auswertung der Vernehmlassung der Wegleitung des ASB

Das Bundesamt für Strassenbau (ASB) hat am 17. Mai 1995 den Entwurf seiner "Wegleitung für die visuelle Zustandserfassung und Bewertung von Fahrbahnen auf Nationalstrassen", Ausgabe 1955 (bereinigter Entwurf vom 29. März 1995) bei allen Nationalstrassenkantonen in die Vernehmlassung gegeben und die Auswertung (vom 11. August 1995) dieser Vernehmlassung allen Kantonen am 31. August 1995 zugestellt.

Gleichzeitig wurde auf die Notwendigkeit einer geringfügigen Ueberarbeitung hingewiesen sowie die Absicht angekündigt, die Wegleitung auf Ende Jahr herauszugeben und diese bis zum Erscheinen der revidierten Norm SN 640 925 als verbindlich zu erklären. Mitte Dezember 1995 wurde schliesslich den Kantonen mitgeteilt, dass die Wegleitung für die visuelle Zustandserfassung von Strassen vorläufig verwendet werden kann *(ohne die Ende August erwähnte Ueberarbeitung).* Deren Gültigkeit würde mit dem Erscheinen der revidierten Norm hinfällig werden.

In einem allgemeinen Kommentar zum Ergebnis der Vernehmlassung wird einerseits auf eine zustimmende Mehrheit hingewiesen *(die allerdings aus der Sicht der Längenanteile im Nationalstrassennetz eher einer Minderheit entspricht),* anderseits aber auch auf gewisse Missverständnisse, welche die Wegleitung des ASB hervorgerufen hat. Dies versteht sich primär als ein Mittel zur qualitativen und quantitativen Beschreibung des Zustandes eines als homogen betrachteten Erhaltungsabschnittes aufgrund einer rein visuellen Erfassung und sekundär (in Verbindung mit anderen Angaben) als ein Hilfsmittel für Dringlichkeitsreihung und Massnahmenplanung. Eine nicht quantifizierbare "Grobaufnahme" dient hier einzig der Unterteilung in homogene Abschnitte und der aus der Detailaufnahme resultierende Zustandswert stellt das Hilfsmittel für die Dringlichkeitsreihung dar. Die gegenüber der Norm unterschiedliche Umrechnungsmatrix ist einerseits die Folge der Berücksichtigung einer grösseren Anzahl Teilwerte, andererseits der unterschiedlichen Gewichte der einzelnen Schäden. Diese Systematik soll sich aufgrund der bisherigen Erfahrungen als geeignet erwiesen haben.

Die positiven Kommentare, soweit sie über ein generelles Einverständnis hinausgehen, heben den einfachen und praxisnahen Aspekt der Wegleitung hervor, zum Teil auch die direkte Umsetzung in die Massnahmenplanung.

Es wird verschiedentlich erwähnt, dass auf allen Strassenkategorien im Sinne der Einheitlichkeit nach Möglichkeit mit dem gleichen Verfahren gearbeitet werden müsste, und dass deshalb unterschiedliche Methoden in den Normen der VSS und in einer Wegleitung des ASB zu vermeiden sind.

Einige Bemerkungen weisen auch auf die Notwendigkeit der Schulung des eingesetzten Personals hin, einerseits zur Gewährleistung der Einheitlichkeit, anderseits aber auch aus der Sicht der Anforderungen *(die starke Ausrichtung der Wegleitung des ASB auf die Detailaufnahme inklusive vorgängiger Einteilung in homogene Abschnitte sowie der Umsetzung der Ergebnisse in die Wahl von Massnahmen stellt höhere Ansprüche an den Ausbildungsstand des eingesetzten Personals als eine Erfassung von Oberflächenschäden nach dem Verfahren der Grobaufnahme gemäss Norm SN 640 925).*

4. Zweck der Norm Zustandserfassung und Bewertung

Bereits die bestehende Norm SN 640 925 unterscheidet, zumindest auf der Ebene der Erfassung von Oberflächenschäden, zwischen einer Anwendung auf der Projektebene und einer Anwendung auf der Netzebene. Diese Optik ist durchaus im Einklang mit der allgemeinen Norm über das MSE: SN 640 900. Allerdings kann auch hier in einem weitaus grösseren Mass differenziert werden, denn es bestehen doch auf jeder Ebene verschiedene Möglichkeiten, die erhobenen Daten zu einer sinnvollen Anwendung zu bringen, welche die Thematik "Zustandserfassung" auch in einem ganz anderen Licht erscheinen lassen.

Die meisten der heute vielerorts üblichen Methoden der Zustandserfassung gehen auf die anlässlich des AASHTO-Strassentests eingeführte Definition des Verhaltens von Strassen (welches dann zum eigentlichen Dimensionierungskriterium wurde) und die entsprechende Durchführung von Messungen verschiedener Oberflächenparameter [1]. Aus diesem Grossversuch sind denn auch erstmals eindeutig "Verhaltenskurven" für verschiedene Einzelparameter und deren Kombination in einem Gesamtindex PSI (für present serviceability index: Befahrbarkeitswert) bekannt geworden.

In der Folge wurde in der Praxis vielfach der alleinigen Durchführung von Längsebenheitsmessungen der Vorzug gegeben, und zwar aus den folgenden Gründen:
- in der Befahrbarkeitsformel aus dem AASHTO-Strassentests stellt der Teilwert der Längsebenheit die bedeutendste Einflussgrösse dar,
- die Längsebenheit war über lange Zeit die einzige schnell und ohne Verkehrsbehinderung durchführbare kontinuierliche Zustandsmessung, auch für grössere Netze geeignet,
- die Längsebenheit, insbesondere auch deren Aenderungen, gibt deutliche Hinweise auf das Vorkommen weiterer Probleme, insbesondere aus Gründen mangelhafter Tragfähigkeit, womit strukturelle Aspekte (Substanzerhaltung!) ebenfalls angesprochen werden,
- die Längsebenheit ist aus der Sicht des Strassenbenutzers (Fahrkomfort, Nutzerkosten) eine direkt spürbare, wichtige Eigenschaft: ein Riss berührt kaum den Automobilisten, hingegen nimmt er deutlich unangenehme Unebenheiten wahr (Strassensanierungen in der Stadt Zürich werden z.B. nicht selten durch Reklamationen der Bus-Chauffeure ausgelöst).

Dieser kurze historische Rückblick genügt um über das relativ weit gestreute Band der Anwendungen/Bezüge einer Zustandserfassung Aufmerksam zu machen: Verhalten, Dimensionierung, Fahrkomfort, Substanzerhaltung, Nutzerkosten. Zustandserfassung ist keinesweges zum Selbstzweck zu verstehen und kann dagegen verschiedensten Zielen dienen. Aus dieser Sicht heraus sollten bei Richtlinien über die Zustandserfassung nicht nur Kriterien der Einheitlichkeit der Durchführung berücksichtigt werden sondern auch von Anfang an an eine möglichst flexible Verwendung der erhobenen Daten gedacht werden.

Zustandserfassung und Bewertung als Projektgrundlage

Diese Anwendung betrifft die Durchführung der Zustandserfassung an einzelnen zu sanierenden Abschnitten eines Strassennetzes als Grundlage für die Planung der richtigen Erhaltungsmassnahme. Dieser Prozess umfasst normalerweise in einem ersten Schritt eine eingehende Schadenanalyse zur Ermittlung der Ursachen der festgestellten Mängel und in einem zweiten Schritt die entsprechende Wahl der Erhaltungsmassnahme. Eine detaillierte Zustandserfassung ist ein wesentliches Hilfsmittel für die Schadenanalyse.

Zustandserfassung und Bewertung als Planungsinstrument

Diese Anwendung hat primär zum Ziel eine Uebersicht über den Zustand eines Strassennetzes zu gewinnen. Aus dieser Uebersicht können dann Dringlichkeitsreihungen vorgenommen werden, bzw. einzelne Abschnitte für eine Sanierung ausgeschieden werden. Die weitere Verwendung der Ergebnisse aus der Aufnahme eines Netzes (oder Teilnetzes) ist in den nachfolgenden Zwecken beschrieben.

Die Ergebnisse einer solchen Aufnahme eignen sich insbesondere auch als Grundlage für die Verwendung in einem sog. Pavement Management System (PMS) zur kurz-, mittel- und langfristigen Planung von Erhaltungsmassnahmen und der entsprechenden Budgetierung.

Zustandserfassung und Bewertung als ein Führungsinstrument

Die weitere Verwendung der Ergebnisse aus einer Zustandserfassung auf der Netzaufnahme kann mittels geeigneter Auswertung zur Zusammenstellung von Unterlagen für Führungsentscheide, wie z.B. der Verteilung verfügbarer Mittel, führen.

Zustandserfassung und Bewertung als ein "politisches" Instrument

Die Ergebnisse einer Zustandserfassung und Bewertung werden über kurz oder lang auch mit einer qualitativen Betrachtung konfrontiert, in deren Rahmen über gut oder schlecht, genügend oder ungenügend diskutiert wird. Die Festlegung der entsprechenden "Klassen-übergänge", um nicht von eigentlichen Grenzwerten zu sprechen, ist nicht ausschliesslich eine Frage der Bautechnik oder der Verkehrssicherheit, sondern hat ebensosehr mit politisch/wirtschaftlichen Aspekten zu tun. Denn aus dieser letzteren Sicht sind insbesondere die Ziele der Erhaltung festzulegen, der anzustrebende "niveau de service" zu umschreiben. In diesem Zusammenhang sind auch wirtschaftlich/politische Einflüsse bei der Wahl eines Gesamindexes zu erwähnen.

5. Der Entwurf einer Wegleitung des ASB - eine Alternative?

Im Rahmen von Kapitel 3 dieses Berichtes war vielfach die Rede vom Entwurf einer "Wegleitung für die Zustandserfassung von Strassen" deren Ausarbeitung gewissermassen parallel zu den Arbeiten an der Normrevision vom ASB iniiziert worden war. Unabhängig von den verschiedenen anlässlich der Diskussion über die Auswertung der Vernehmlassung besprochenen Bemerkungen drängt sich auch die Frage auf, ob dieser Wegleitungsentwurf die eigentliche Revisionsarbeit direkt hätte ersetzen können.

Ohne die durchaus vorhandenen positiven Aspekte dieser Wegleitung, mit welcher ein möglichst einfaches Verfahren angestrebt wird, in Abrede stellen zu wollen, muss die voranstehend gestellte Frage mit Nein beantwortet werden. Es sind mehrere Gründe, welche zu diesem Ergebnis führen. Die wichtigsten davon werden im Folgenden präzisiert.

Unvollständigkeit des Ersatzes

Der Wegleitungsentwurf verstand sich primär als eine Anleitung für die visuelle Zustandserfassung, dazu noch beschränkt auf bituminöse Beläge. Die Norm hingegen deckt alle Aspekte der Zustandserfassung ab und auch beide Belagsarten.

Mangelnde Einheit der Materie, Doppelspurigkeiten

Wenn auch aus dem Titel nicht direkt ersichtlich, so war der Wegleitungsentwurf mit einer Massnahmenplanungstabelle kombiniert, der ihrerseits gewisse Mängel anhaften:

- der Massnahmenplanungsteil stellt in einer Gegenüberstellung mit der Norm SN 640 730 sehr grosse Doppelspurigkeiten dar, die im Normenwerk der VSS an sich nicht erwünscht sind. Zudem wird durch die direkte Anbindung der Zustandserfassung mit der Massnahmenplanung gewissermassen der Eindruck erweckt, es sei damit ein ordentliches Sanierungsprojekt mit Schadenanalyse überflüssig.
- der gewählte Mechanismus der Massnahmenplanung beruht auf eine allzu direkte und einseitige, auch unzulässige Beziehung zwischen dem Indexwert und der Massnahme. Verschiedene Schadenkombinationen können zum selben Indexwert führen und es ist die Kombination bestimmter Schäden (auch gemäss Entscheidungstabellen in SN 640 730) und nicht ein bestimmter Indexwert welcher eine ebenso bestimmte Massnahme zur Folge hat.

Begriffsverwendung und Gruppenbildung

Im Wegleitungsentwurf werden verschiedentlich Begriffe verwendet, die mit denjenigen im Schadenkatalog, auf welche dennoch vielfach Bezug genommen wird, nicht

übereinstimmen. Zudem wurde bei der Gruppenbildung die nötige Anpassung an die Tabellen der Norm SN 640 730 (siehe Kapitel 10) unterlassen.

Abschnittsbildung

Die Wegleitung sieht in einem ersten Schritt die Festlegung von Erfassungsabschnitten vor, auf welchen in einer zweiten Phase dann die eigentliche Erfassung erfolgt. Bei dieser wird schliesslich pro aufzunehmenden Parameter jeweils **ein** Wert festgehalten. Dazu drängen sich die folgenden Bemerkungen und Fragen auf:

- Wie nachvollziehbar ist die nach dieser Methode erfolgende Abschnittsbildung? Es wird wohl darauf hingewiesen, dass man nach Schadenbild homogene Abschnitte bilden soll, wobei zusätzlich noch eine ganze Reihe weiterer Parameter zu berücksichtigen seien. Die Liste dieser weiteren Parameter ist allerdings so umfangreich wie deren Kenntnisstand im Zeitpunkt der Abschnittsbildung umgekehrt vielfach so beschränkt sein dürfte, dass eine Berücksichtigung kaum in Frage kommen kann.
- Wie werden repräsentative Werte ermittelt? Selbst bei einem noch so homogenen Abschnitt weisen die meisten Parameter eine mehr oder minder grosse Streuung auf, die im Rahmen einer visuellen Aufnahme kaum ermittelt werden kann. Von einer nachvollziehbaren Regel für die Festlegung massgebender Werte ist im Entwurf nichts zu finden.
- Wie kann die Variation der Parameter über längere Strecken zuverlässig berücksichtigt werden? Die erwähnten Abschnitte entsprechen eigentlichen Baulosen, mit einer Länge die im Mittel zwischen 1 und 2 km betragen kann. Wie können nun für solche längere Abschnitte mit ungenügender Uebersicht variabel (in Ausmass und Schwere) auftretende Schäden überhaupt aufgenommen (memorisiert) werden; die Verwendung von formlosen Hilfsblättern (Fresszettel) erscheint dabei wahrscheinlich und kritisch.

Bezug zu den Informationsanforderungen des MSE

Die vorstehend genannten Probleme und aufgeworfenen Fragen bezüglich der Zuverlässigkeit und Nachvollziehbarkeit der Erhebungen sind auch unter dem Aspekt der Gültigkeit der Daten aufgrund des Informationsbedarfs des MSE kritisch zu beleuchten. Zudem ist auch noch darauf hinzuweisen, dass selbst bei einem grösseren Abschnitt pro Parameter nur ein Wert festgehalten wird, während die Information über dessen Streuung auf der gesamten Abschnittslänge verloren geht. Wenn dies bei unmittelbar folgenden Massnahmen bloss eine geringere Rolle spielt, so muss dies bei erst später erfolgenden Massnahmen kritischer beurteilt werden. Nicht zuletzt sei auch darauf hingewiesen, dass die Abschnittsgrenzen "homogener" Abschnitte keineswegs für die Ewigkeit gelten. Andersartige Einteilungen sind aus verschiedensten Gründen jederzeit möglich. In einem solchen Fall ist praktisch die ganze bisherige Information verloren. Das alleinige Festhalten von Zustandswerten aufgrund einer momentanen Einteilung aus einer einseitigen Optik widerspricht auch dem Grundsatz der Datenunabhängigkeit (siehe auch Kapitel 6.)

Weitere Verwendung der Zustandswerte

Die im Raster "homogener" Abschnitte ohne Regelung für eine Datenaggregation ermittelten "repräsentativen" Werte stellen für eine potentielle Verwendung als empirische Grundlage zur Entwicklung von Verhaltensmodellen eine unzuverlässige und deshalb unbrauchbare Datenquelle dar. Aus dieser Sicht lohnt sich der Aufwand nicht. Insbesondere trifft dies auf den Parameter Spurrinnenbildung zu, bei welchem zusätzlich zu den erwähnten Mängeln noch die vollkommen ungenügende Differenzierung einer Aufnahme nach dem Kriterium Schadenschwere gemäss Schadenkatalog das Vorhaben gänzlich verunmöglicht.

Zielsetzung der Wegleitung

Viele der bisher erwähnten Mängel der Wegleitung haben ihren Ursprung in der Tatsache, dass sie allzu einseitig auf die Bedürfnisse der Projektebene (insbesondere der Massnahmenplanung, auch hier allerdings mit den oben erwähnten Bedenken) ausgelegt ist, dabei aber die spezielle Optik der Netzebene, die im MSE einen besonderen Stellenwert hat, kaum gebührend berücksichtigt.

6. Randbedingungen

Die Norm über die Zustandserfassung und Bewertung von Strassen hat eine ganze Reihe von Randbedingungen zu erfüllen, welche unter den Stichworten
- Allgemeingültigkeit,
- Bezug zur Normengruppe Management der Strassenerhaltung,
- Bezug zu weiteren Normen der VSS (Oberflächeneigenschaften, Erhaltung von Belägen),
- Berücksichtigung einer möglichst EDV-gerechten Datenhaltung, zusammengefasst werden können.

6.1 Allgemeingültigkeit

Die Allgemeingültigkeit der Norm geht aus der Ziffer "Geltungsbereich" hervor, mit dem folgenden, im wesentlichen unveränderten Text:

Diese Empfehlungen gelten für alle Strassen. Sie beziehen sich auf den ganzen Strassenraum und insbesondere auf alle Verkehrsflächen, bei Kunstbauten aber nur auf deren Beläge und nicht auf die Konstruktion selbst. Für Chaussierungen und Pflästerungen sind analoge Kriterien anzuwenden.

Aus dieser Aussage geht einerseits direkt hervor, dass die Norm für alle Strassen gilt und zwar unabhängig von der
- administrativen Hierarchie (Nationalstrassen, Kantonsstrassen, Gemeindestrassen) und
- von der funktionellen Hierarchie (Hochleistungsstrassen HLS, Hauptverbindungsstrassen HVS, Erschliessungsstrassen ES, Sammelstrassen SS).

Ein weiterer Aspekt der Allgemeingültigkeit der Norm ist die Unabhängigkeit von der Messmethodik, bzw. dem Messverfahren. Bei der visuellen Messung bespielsweise bedeutet dies, dass die eigentliche Aufnahme auch von den einzelnen Verwaltungen durch eigenes, entsprechend geschultes Personal vorgenommen werden kann. Die eigentliche Interpretation ist allerdings dem kompetenten Personenkreis vorbehalten.

6.2 Bezug zur Normengruppe Management der Strassenerhaltung

Die Norm Zustandserfassung und Bewertung von Strassen ist in die Gruppe der Normen zum Thema Management der Strassenerhaltung eingegliedert. Sie hat demzufolge primär den Anforderungen aus der Sicht des Managements der Strassenerhaltung im allgemeinen und aus der Sicht des Managements der Erhaltung der Beläge (PMS) im besonderen zu dienen.

6.3 Bezug zu weiteren Normen der VSS

Die in der Norm Zustandserfassung und Bewertung berücksichtigten Oberflächeneigenschaften sowie die Tragfähigkeit sind bezüglich ihrer Charakterisierung bereits in verschiedenen bestehenden VSS-Normen behandelt. Es handelt sich im besonderen:

- für die Ebenheit in Längsrichtung: um die Normen SN 640 520a "Ebenheit - Prüfung der Geometrie" und SN 640 521a "Ebenheit - Qualitätsanforderungen",
- für die Ebenheit in Querrichtung: um die Normen SN 640 520a "Ebenheit - Prüfung der Geometrie" und SN 640 521a "Ebenheit - Qualitätsanforderungen",
- für die Griffigkeit: um die Normen SN 640 510b "Griffigkeit -Messverfahren" und SN 640 511b "Griffigkeit - Bewertung",
- für die Tragfähigkeit: um die Normen SN 640 738 "Oberbauverstärkung von Fahrbahnen in bituminöser Bauweise"

In Ergänzung dazu und in Berücksichtigung der Tatsache, dass die Zustandserfassung schliesslich zur Wahl von Massnahmen führt, sind auch Normen aus dem Bereich der Reparatur, Instandsetzung und Verstärkung von Belägen mit zu berücksichtigen (Normengruppe SN 640 730 ff).

6.4 Berücksichtigung einer möglichst EDV-gerechten Datenhaltung

Durch die Einbettung der Norm SN 640 925 in die Normengruppe Management der Strassenerhaltung (siehe 7.2) ist gewissermassen automatisch auch die Koppelung mit der Anwendung von Strassendatenbanken gegeben, welche das Informationssystem des MSE darstellen. Die Norm Zustandserfassung und Bewertung von Strassen muss deshalb insbesondere auch den bei der Anwendung von Datenbanken geltenden Grundsatz der **Datenunabhängigkeit** beachten. Unter diesem Begriff versteht man die Erhebung und Erfassung von Daten unabhängig von einem bestimmten Verwendungszweck. Damit wird sichergestellt, dass die erhobenen Daten vielfältigen und nicht nur einem einzigen Verwendungszweck dienen können. Dies sei anhand eines Beispieles dargestellt.

Eine kontinuierliche Reihung von Daten (z.B. Zustandswerte) wie sie auf Strassen vorkommen, müssen mittels einer "Mittelung" über eine bestimmte Länge erhoben und erfasst werden. Je kürzer die berücksichtigte Länge ist, umso grösser wird der Detailgrad der Information. Die Zahlen in Tabelle 1 dienen der Darstellung dieses Sachverhalts und stellen in diesem Beispiel die Spurrinnentiefe T dar. Sie sind unter Berücksichtigung der Anwendung eines arithmetischen Mittelwertes so dargestellt, wie wenn sie für sechs verschiedene Abschnittslängen erfasst worden wären. Fünf dieser Abschnittsreihen wurden mit konstanter Länge gewählt, die letzte aufgrund der Homogenität der Spurrinnenbildung.

Es geht hier nicht so sehr um die Diskussion der einzelnen Werte, welche willkürlich gewählt wurden, sondern um die Darstellung der unterschiedlichen Ergebnisse je nach Abschnittslänge. Dabei fällt auf, wie längere Abschnitte hohe und tiefe Werte ausgleichen

und wie bei grösseren Abschnitten der Anteil "schlechter" Teillängen, z.B. > 16 mm, abnimmt. Ideal scheint die Erfassungsart nach (visuell bestimmten) homogenen Abschnitten zu sein, die aber in der Praxis kaum konsequent durchführbar ist. Was im dargestellten Beispiel zunächst einfach erscheint, ist in Wirklichkeit sehr kompliziert, denn dort hat man es nicht nur mit einem einzigen Parameter zu tun, um eine Homogenität zu definieren, sondern es sind neben der Streuung der Werte der übrigen Zustandsmerkmale auch andere Grössen (Aufbauart, Erhaltungsgeschichte, Verkehrsbelastung, Exposition, usw.), welche bei der Bildung homogener Abschnitte zu berücksichtigen sind (siehe auch Kapitel 9: Abschnittsbildung). Unter Umständen kommt man dann zu ganz anderen "homogenen" Abschnitten, und eine Erhebung von Werten mit alleinigem Bezug auf diese Abschnitte, führt gleichzeitig zum Verlust der gesamten Detailinformationen, die später bei einer Aenderung der Definition des homogenen Abschnittes zur Datennachführung nicht mehr verfügbar sind.

Tabelle 1: Unterschiedliche Werte in Abhängigkeit von der Abschnittsbildung

<table>
<tr><td>Stationierung</td><td colspan="6">Abschnittslänge</td></tr>
<tr><td></td><td>0.1 km</td><td>0.2 km</td><td>0.5 km</td><td>1.0 km</td><td>2.0 km</td><td>"homogen"</td></tr>
<tr><td>0.0 - 0.1</td><td>15</td><td rowspan="2">17.5</td><td rowspan="4">15.4</td><td rowspan="8">10.2</td><td rowspan="17">10.6</td><td rowspan="2">18.3</td></tr>
<tr><td>0.1 - 0.2</td><td>20</td></tr>
<tr><td>0.2 - 0.3</td><td>20</td><td rowspan="2">15</td></tr>
<tr><td>0.3 - 0.4</td><td>10</td><td>11</td></tr>
<tr><td>0.4 - 0.5</td><td>12</td><td rowspan="2">8</td><td rowspan="6">5</td><td rowspan="3">3.8</td></tr>
<tr><td>0.5 - 0.6</td><td>4</td></tr>
<tr><td>0.6 - 0.7</td><td>2</td><td rowspan="2">3.5</td></tr>
<tr><td>0.7 - 0.8</td><td>5</td></tr>
<tr><td>0.8 - 0.9</td><td>4</td><td rowspan="2">7</td></tr>
<tr><td>0.9 - 1.0</td><td>10</td><td>10</td></tr>
<tr><td>1.0 - 1.1</td><td>17</td><td rowspan="2">13</td><td rowspan="4">13.8</td><td rowspan="8">11.0</td><td>17</td></tr>
<tr><td>1.1 - 1.2</td><td>9</td><td rowspan="2">9</td></tr>
<tr><td>1.2 - 1.3</td><td>9</td><td rowspan="2">13.5</td></tr>
<tr><td>1.3 - 1.4</td><td>18</td><td rowspan="3">16</td></tr>
<tr><td>1.4 - 1.5</td><td>16</td><td rowspan="2">15</td></tr>
<tr><td>1.5 - 1.6</td><td>14</td><td rowspan="4">8.2</td></tr>
<tr><td>1.6 - 1.7</td><td>9</td><td rowspan="2">8.5</td><td rowspan="3">8</td></tr>
<tr><td>1.7 - 1.8</td><td>8</td></tr>
<tr><td>1.8 - 1.9</td><td>7</td><td rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>1.9 - 2.0</td><td>3</td><td>3</td></tr>
</table>

Aus diesen Gründen erscheint bei den Zustandsdaten im Hinblick auf deren Verwendung innerhalb eines MSE/PMS-Konzeptes die Erhebung und Erfassung auf kurzen Teillängen sinnvoll. Diese Daten können dann, je nach Anwendungszweck und mit den entsprechenden Uebertragungsregeln, für jede beliebige Teillänge jederzeit nachberechnet werden. Und somit wird auch der Grundsatz der Datenunabhängigkeit befolgt.

7. Auswahl der Zustandsmerkmale

7.1 Allgemeines

Unter dem Begriff **Oberflächenschäden** werden in erster Linie die an der Oberfläche vorkommenden, physisch vorkommenden und visuell feststellbaren Schäden zusammengefasst, also Oberflächenmängel wie Risse, Abbrüche, Schlaglöcher, Verformungen, Flickstellen, usw.. Im Unterschied dazu spricht man dann bei anderen Parametern von **Mängeln der Oberflächeneigenschaften**, d.h. unterschiedliche Werte einzelner messbarer Qualitätsparameter, wie Ebenheit, Griffigkeit, usw.. In einzelnen Fällen kann die Unterscheidung zwischen Oberflächenschäden einerseits und Oberflächeneigenschaften anderseits nicht mit einer ganz eindeutigen und ausschliesslichen Zuordnung erfolgen, so insbesondere bei den Merkmalen der Gruppe Verformungen, welche einerseits visuell sichtbar sind, anderseits aber auch die wesentlichen Einflussgrössen für die Ermittlung der Oberflächeneigenschaften "Ebenheit im Längsprofil" und "Ebenheit im Querprofil" darstellen.

7.2 Ausländische Praxis

7.2.1 CEN: Europäische Normung

Im Bereiche der Bestrebungen zur **Europäischen Normung** (CEN-Arbeitsgruppen) sind Oberflächeneigenschaften ebenfalls ein Thema, insbesondere weil diese mit der Frage der Qualitätskontrolle von Belagsarbeiten zusammenhängen, was die Ausrichtung der in Vorbereitung befindlichen Normen auf den Anwendungsfall der Ueberwachung von Strecken unter Betrieb nicht ausschliesst. Die entsprechende CEN-Arbeitsgruppe (TC 227/WG 5) befasst sich z.Z. mit folgenden Oberflächeneigenschaften:

- Oberflächentextur,
- Griffigkeit,
- Ebenheit in Längsrichtung,
- Ebenheit in Querrichtung.

Eine Ausdehnung der Tätigkeit auf Fragen der Tragfähigkeit sowie der Oberflächenschäden steht im Moment nicht im Vordergrund weil insbesondere aus der Sicht der Abnahme von Arbeiten einerseits die Tragfähigkeit vom vorhandenen Untergrund beeinflusst ist und anderseits bei den Oberflächenschäden davon auszugehen ist, dass keine solche auf neuen Belägen vorkommen dürfen.

7.2.2 AIPCR: Association Mondiale de la route

Die Technische Kommission 1 (CT 1) "Oberflächeneigenschaften" der Association Mondiale de la Route AIPCR (früher: Association Internationale Permanente des Congrès de la Route) hat sich von einer früher ausschliesslich auf Fragen der Griffigkeit (Comité de la glissance) ausgerichteten Arbeitsgruppe zu einem Gremium (heute: Comité des caractéristiques de surface) ausgebildet, das eine ganze Palette von Oberflächeneigenschaften bearbeitet, nämlich:

- Oberflächentextur (aus der Sicht der Griffigkeit und der akustischen Eigenschaften),
- akustische Eigenschaften,
- Griffigkeit,
- Ebenheit in Längsrichtung,
- Ebenheit in Querrichtung,
- Oberflächenschäden.

Während der Vorbereitungsphase für den Weltstrassenkongress von Montreal wurde erstmals das Thema Oberflächenschäden zur Behandlung gewählt (unter Ausschluss der weiteren, oben erwähnten Eigenschaften), wobei einerseits eine Zusammenstellung der Praxis der visuellen Erfassung in verschiedenen Ländern mittels Umfrage durchgeführt wurde (siehe auch Kap. 11.1) und anderseits der Entwicklungsstand bei der automatischen Erfassung von Oberflächenschäden (primär Risse) mittels Bildanalyse, Laser oder anderen Verfahren ermittelt wurde [2].

Von der Terminologie her gesehen ist gemäss AIPCR die Ebenheit im Querprofil also eine "selbständige" Oberflächeneigenschaft.

7.2.3 Weltbank

Es mag für den nicht spezialisierten Leser auf den ersten Eindruck vielleicht erstaunen, dass in der Auflistung der "ausländischen Praxis" mit der Weltbank eine Institution aufgezählt wird, welche nicht vordergründig mit Strassen in Verbindung gesetzt wird und schon gar keine Strassenverwaltung verkörpert. Allerdings muss man aber auch wissen, dass die Weltbank der grösste Kreditgeber für Investitionsprojekte, namentlich auch im Transportwesen in Entwicklungsgebieten, sowohl in der "dritten Welt" als auch in Osteuropa ist und dass in diesem Zusammenhang die Weltbank zu einem recht frühen Zeitpunkt, gewissermassen in einer Pionierrolle, die Entwicklung des Managements der Strassenerhaltung und der entsprechenden Grundlagen selber an die Hand genommen hat und es noch weiterhin tut. Die Einführung dieser Instrumente stellt denn auch eine der Voraussetzungen für die Gewährung der entsprechenden Kredite dar. So war z.B. in einer kürzlichen internationalen Ausschreibung aus einer Folgerepublik des ehemaligen Jugoslawien zu lesen:

In connection with the implementation of the maintenance programme to be funded by a World Bank loan it has been decided to introduce a pavement management system that will be used to monitor conditions on roads and to manage maintenance works.

Mit Bezug auf die Oberflächeneigenschaften stehen bei den Managementgrundlagen der Weltbank (Highway Design and Maintenance Standards Model HDM3, in Vorbereitung: HDM4) in erster Linie Aspekte der Nutzer- und Transportkosten in Vordergrund, die primär von den folgenden Eigenschaften beeinflusst werden [3]:
- Längsebenheit,
- Risse,
- Kornverlust (Materialverlust),
- Schlaglöcher,
- Spurrinnen,
- Flicke.

Es ist dabei festzustellen, dass die eindeutig der Gruppe Oberflächenschäden zuzuordnenden Merkmale: Risse, Materialverluste, Schlaglöcher und Flicke hier ausschliesslich als Einzelmerkmale verwendet werden und nicht zu einem kombinierten Wert zusammengefasst werden.

7.2.4 USA

In den USA kennt man an sich keine einheitliche Zustandserfassungsmethode. Die einzelnen Staaten haben in der Vergangenheit jeweils eigene Klassierungen vorgenommen, deren Unterschiede zum Teil durch die geographisch/klimatische Lage und entsprechend häufig vorkommenden Schadenbilder bedingt sind. Allgemein werden bei einer Aufzählung der wichtigsten Parameter die Längsebenheit (roughness), die Querebenheit (rutting) sowie Oberflächenschäden (distress) aufgeführt, eine Unterteilung, welche der ursprünglichen Definition des Befahrbarkeitswertes entspricht.

In neuerer Zeit sind als erste Grundlage für eine mögliche "einheitliche" Lösung einerseits Zusammenstellungen der Methoden der einzelnen Staaten bearbeitet worden, anderseits wurden im Rahmen der Langzeitbeobachtung von gegen 1000 Strassenabschniten beim SHRP-Programm detaillierte Richtlinien für die Zustandserfassung dieser Abschnitte ausgearbeitet, bei denen im Unterschied zur sonstigen Praxis auch den Aspekten der Tragfähigkeit (Deflektionsmessung mittels Fallgewichtsdeflektometer) vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt wurden.

Der SHRP-Schadenkatalog [4] kann nicht unbedingt mit der Praxis der einzelnen Staaten bei der netzweiten Zustandserfassung gleichgesetzt werden, ist doch das SHRP-Programm in erster Linie ein riesiges Forschungsprojekt, das seiner Natur gemäss einen grösseren Detaillierungsbedarf der Information aufweist.

In Nordamerika erfolgen zur Zeit die grössten Anstrengungen betreffend der Entwicklung

von automatischen Verfahren für die Erfassung und Bewertung von Oberflächenschäden, wobei nebst der verständlichen praktischen Seite des Problems angesichts sehr grosser Strassennetze vor allem folgende Aspekte herausgestrichen werden:
- Sicherheit des eingesetzten Personals,
- ungenügende Zuverlässigkeit visueller Erfassungen aufgrund subjektiver Beurteilungen.

Das letzte Thema wurde vielfach anlässlich von nationalen Seminaren und Vergleichsuntersuchungen [5] behandelt, an welchen unter anderem die folgende Liste von Schadengruppen für bituminösen Beläge vorgeschlagen wurde:
- Netzrisse,
- Querrisse,
- Längsrisse,
- Belagschäden,
- Setzungen/Hebungen.

7.2.5 Frankreich

In Frankreich werden in einer Versuchsmethode des LCPC drei unterschiedliche Verfahren für die Zustandserfassung behandelt, die Methoden M1, M2 und M3, welche je nach Art des Netzes und Umfang/Zweck (Netz- bzw. Projektebene) der Zustandserfassung anzuwenden sind [6]. Von besonderem Interesse aus der Sicht des vorliegenden Forschungsauftrages ist die für periodische Netzaufnahmen auf Autobahnen und Hauptstrassen (routes nationales) vorgesehene Methode M3. Nach dieser Methode werden normalerweise in einem Intervall von 3 Jahren die folgenden Oberflächenschäden erfasst:

Tabelle 2: Merkmalsgruppen nach der französischen Methode M3

Gruppenbeschreibung	Untergruppe	Ausmass	Bemerkungen
Verformungen (Setzungen/Hebungen)	signifikativ schwer	m m	mehr als x mm mehr als y mm
Belagschäden	Schwitzen, Ueberfettung Ablösungen, Ausmagerung	m m	Wirkung auf die Oberfläche Wirkung auf Struktur der Deckschicht
Querrisse	signifikativ schwer	Anzahl Anzahl	klarer Riss schadhafter Riss
Andere Risse	signifikativ schwer	m m	Längs-, Netzrisse Längs-, Netzrisse mit Schlaglöcher
Flicke	lokal bedeutend	m m	Breite < ½ Spur Breite > ½ Spur

In Ergänzung zu den Oberflächenschäden gemäss Tabelle werden die Längsebenheit, die Querebenheit sowie die Tragfähigkeit im gleichen Rhythmus erfasst, letztere allerdings mit längeren Intervallen.

7.2.6 Deutschland

Das Thema der Zustandserfassung wird in der Bundesrepublik Deutschland seit einigen Jahren durch ein FGSV-Arbeitspapier zur "Systematik der Strassenerhaltung" [7], Teil D, Zustandsbewertung (2. Entwurf, April 1990) geregelt, welches auch die Grundlagen verschiedener netzweiter Zustandsaufnahmen auf Bundsautobahnen und Bundesstrassen dargestellt hat. Nach diesem Arbeitspapier werden die relevanten Zustandsmerkmale und Indikatoren je nach Erfassungmethode aufgelistet. Für Strassen mit bituminösen Belägen sind es die folgenden Merkmale:

Tabelle 3: Merkmale gemäss Zustandserfassungsmethoden in Deutschland

Erfassungsmethode	Zustandsmerkmal	Indikator
visuell-sensitiv	Allgemeine Unebenheiten (Befahrbarkeit)	verbal
	Spurrinnen	Spurrinnentiefe s_T
	Wasserrückhalt	Prozent der Fläche
	Netzrisse/Risshäufungen	Prozent der Fläche
	Ausmagerung/Splittverlust	Prozent der Fläche
	Flickstellen	Prozent der Fläche
messtechnisch	Ebenheit im Längsprofil	Spektrale Dichte Φ_h (Ω_0)
	Ebenheit im Querprofil	Spurrinnentiefe s_T Spurkantenhöhe h_s Spurrinnentiefe s_H
	Griffigkeit	Gleitbeiwert μ_{SRM}

In der Merkmalsliste der obenstehenden Tabelle können gewisse "Doppelspurigkeiten" ausgemacht werden, welche allerdings, mittels unterschiedlicher Benennung des entsprechenden Indikators, doch zu einer eindeutigen Situation führen. So besteht einerseits die Möglichkeit, mit der visuell sensitiven Methode die beim Befahren empfundene Längsebenheit verbal auszudrücken (allgemeine Unebenheiten sehr schwach, schwach, deutlich, stark und sehr strak ausgeprägt) oder messtechnisch die Längsebenheit mit der berechneten spektralen Dichte des Längsprofils Φ_h (Ω_0) zu bezeichnen und anderseits bezüglich Wasseranreicherungen an der Oberfläche solche bei Regen visuell als Prozent der betrachteten Fläche zu erheben oder messtechnisch als Spurrinnentiefe s_H auszudrücken (dieser Wert entspricht der theoretischen Wassertiefe t gemäss SN 640 520).

Im Falle der eigentlichen Spurrinnenbildung (max. Spurrinnentiefe T gemäss VSS-Normen) wird hingegen sowohl bei der messtechnischen als auch bei der visuell-sensitiven Methode zu recht derselbe Indikator Spurrinnentiefe s_T verwendet, wird doch in beiden Fällen, wenn auch mit unterschiedlichen Geräten, die Spurrinnentiefe in mm **gemessen**.

7.2.7 Oesterreich

Eine eigentliche "normierte" Erfassungsmethode ist in Oesterreich z.Z. nicht vorhanden; verstärkte Aktivitäten in Zusammenhang mit der Vorbereitung der Einführung eines Managements der Strassenerhaltung haben dennoch zur Festlegung einer bestimmten Systematik geführt, wie sie bereits in einigen Bundesländern zur Anwendung gekommen ist. Eine Bescheibung dazu ist in einem Referat von Litzka enthalten [8]. Danach sind, "*in Zusammenhang mit der baulichen Strassenerhaltung, alle Zustandsgrössen von Interesse, die sich auf die Sicherheit der Strassenbenützer bzw. auf den strukturellen Zustand des Strassenoberbaus auswirken.*"

Dabei werden die aufzunehmenden Schäden folgendermassen unterteilt:
- Fahrbahnschäden, mit den Schadenarten: Einzelrisse, Netzrisse, Ausmagerungen, sonstige Oberflächenschäden, lokale Verformungen und Setzungen, Flickstellen, etc.. Dabei werden Fahrbahnschäden bezüglich der **Schadenart** und ihrer jeweiligen **Lage** aufgenommen.
- Griffigkeit,
- Querebenheit, Spurrinnentiefe,
- Längsebenheit,
- Tragfähigkeit.

Die vorstehend angegebene Auflistung, welche bis auf kleine Nuancen (Begriff und Detailauflistung der Fahrbahnschäden) mit der Struktur der VSS-Norm praktisch identisch ist, erfolgt unabhängig von der eingesetzten Erfassungsmethode und den dabei verwendeten Geräten. Bezüglich der Spurrinnenmessung wird beispielsweise aufgeführt: *"Diese kann entweder mit Einfachmethoden erfolgen, d.h. Messungen mit Latte und Keil stichprobenweise oder an ausgewählten Stellen, oder mit Hochleistungsgeräten"*.

Die Entscheidung über die Wahl der Methode wird von der Abschätzung des erzielbaren Kosten-Nutzen-Verhältnisses abhängig gemacht, wie auch von der vorgesehenen weiteren Verwendung der erhobenen Daten.

7.3 Zustandsmerkmale für die VSS-Norm

Im Rahmen der ersten Revision der Norm SN 640 925 ist grundsätzlich davon auszugehen, dass an der bisherigen Auflistung verschiedener Zustandsmerkmale keine Änderungen anzubringen sind. Es kann allenfalls davon ausgegangen werden, dass die bisher etwas

"zweitrangig" behandelte Tragfähigkeit anlässlich der Revision mit den übrigen Merkmalen gleichgestellt wird.

7.3.1 Oberflächenschäden

Oberflächen- oder Fahrbahnschäden sind die optisch zumeist hervorstechendsten Mängel eines Belages und können, bei genügend detaillierter Beobachtung und Aufnahme, recht präzise Hinweise auf die Schadenursache und in der Folge auf die bautechnisch angemessendste Sanierungslösung geben. Diese Gruppe von Schäden wird, neben anderen und in unterschiedlicher Aufgliederung, in den allermeisten bekannten Zustandserfassungsmethoden berücksichtigt. Die Auflistung der unter dem Begriff Oberflächenschäden berücksichtigten Einzelmerkmalen kann je nach Zweck der Zustandserfassung - Netz- oder Projektebene - von einer groben Unterteilung bis hin zu einer sehr detaillierten Unterscheidung verschiedene Zwischenformen aufweisen.

7.3.2 Ebenheit in Längsrichtung

Die Ebenheit in Längsrichtung ist die vom Strassenbenützer unmittelbar feststellbare Oberflächeneigenschaft und für den Fahrkomfort, bei zunehmender Verschlechterung auch für Nutzerkosten verantwortlich. Sie gibt auch Hinweise, in Zusammenhang mit anderen Parametern, auf die mögliche Ursache einer Schadenbildung inkl. ungenügende Tragfähigkeit.

Bisher ist für die Beurteilung der Ebenheit in Längsrichtung vom s_w-Wert auszugehen, der in der Schweiz normierten Messgrössen für die Kennzeichnung der Längsebenheit. Da es sich dabei um eine profilbezogene Grösse handelt, kann dieser Wert grundsätzlich aufgrund eines "beliebigen" Längsprofils rechnerisch ermittelt werden, wobei die Bezeichnung "beliebig" sich eben auf die Verwendungsmöglichkeit verschiedener Messgeräte - mit regelmässiger Profilbelastung - bezieht, denn auf die Berücksichtigung irgendwelcher wie auch immer ermittelten Profilwerte. Bei Verwendung von Geräten ohne Profilaufnahme sind die entsprechenden s_w-Werte über geeignete Korrelationen zu ermitteln.

Gerade bei netzweiten Aufnahmen kann es vorkommen, dass die Abschnittsbildung für die Ergebnisse der Zustandserfassung von den normierten Auswertungslänge von 250 abweicht und vielleicht 50, 100 oder 200 beträgt, bzw. andere unregelmässige (dies eher unwahrscheinlich) Längen. Es sei deshalb hier darauf hingewiesen,

- dass jede Verkürzung der Auswertungslänge tendenziell zu einer Verschlechterung der Ebenheitswerte führt (grosse Auswertungslängen vermögen lokale Unregelmässigkeiten zu "schlucken").
- dass die Einhaltung der "Normauswertungslänge" von 250 m nur in Zusammenhang mit Abnahmekontrollen zwingend erforderlich ist.

- dass die Verwendung kürzerer Auswertungslängen bei der praktischen Beurteilung ("qualitative" Bewertung) der Ergebnisse, z.B. im Rahmen der Festlegung bestimmter Schwellen - oder Grenzwerte, entsprechend zu berücksichtigen ist.

Die in der Norm für die Beurteilung der Ebeheit in Längsrichtung ebenfalls genannten W-Werte sind reine punktuelle Werte, auf die im Rahmen der Normen über das Management der Strassenerhaltung nicht näher eingegangen werden sollte.

7.3.3 Ebenheit in Querrichtung

Die Ebenheit in Querrichtung beeinflusst in wesentlichem Masse die Verkehrssicherheit (Aquaplaning, Fahrstabilität) und zusätzlich auch den Fahrkomfort. Sie kann das Fahrverhalten (Kanalisierungswirkung) beeinflussen und damit eine verstärkte Schadenzunahme bewirken.

In den bisherigen Normen konnten sowohl die maximale Spurrinnentiefe T als auch die theoretische Wassertiefe t als Grundlage für die Berechnung des Indexes für die Querebenheit I3 herangezogen werden. Neben der Berücksichtigung unterschiedlicher Ausbaugeschwindigkeiten bei der Umrechnung, hat die Wahlmöglichkeit zwischen unterschiedlichen Ausgangsgrössen kaum zu einer Eindeutigkeit des Ergebnisses beigetragen (was eigentlich ebenfalls unter den Aspekt der "Mängel" der bisherigen Normen hätte aufgeführt werden können).

Die zwei genannten Grössen, max. Spurrinnentiefe T und theoretische Wassertiefe t, sind auch bezüglich ihrer Bedeutung im Rahmen des Managements der Strassenerhaltung unterschiedlich zu beurteilen.

Die maximale Spurrinnentiefe T kennzeichnet das allgemeine Verformungsverhalten von Belägen und ist somit eine evolutive Grösse, d.h. sie verändert sich (Zunahme) mit der Zeit und die erhobenen Werte können für die empirische Herleitung eines Verhaltensmodelles für die Spurrinnenbildung herangezogen werden. Später kann dann die weitere Entwicklung der Spurrinnentiefen vorausgesagt werden.

Die theoretische Wassertiefe t kennzeichnet das Risikopotential eines (verformten) Querprofils bezüglich Aquaplaning und ist abhängig von der absoluten Verformung (max. Spurtiefe T) von der Form der Spurrinne, des Querprofils und vor allem von der örtlich vorhandenen Querneigung der Oberfläche. Unter diesen Umständen gerät der an sich gegebene, wenn auch schwer fassbare evolutive Charakter dieses Wertes (wie auch dessen Prognose), stark in den Hintergrund und die praktisch interessierende Frage dreht sich einzig nach dem Vorhandensein kritischer/unzulässiger Werte. Dies ist umso eher verständlich, wenn man sich den Grössenbereich (je nach Situation 3 bis 8 mm) der kritischen Werte vor Augen hält.

Mit Bezug auf Festlegungen betreffend der Werte der theoretischen Wassertiefe t in den Normen über die Zustandserfassung sei darauf hingewiesen, dass seit Erscheinen der Norm SN 640 925 auch eine Revision der Norm SN 646 521 Ebenheit: Anforderungen, stattgefunden hat. Diese Revision hat aus der genannten Norm eine reine "Abnahmenorm" gemacht. Dadurch wurden die früher genannten Grenzwerte für die Längsebenheit, vor allem aber auch die Grenzwerte für die theoretische Wassertiefe t aus der Norm herausgestrichen, so dass mittlerweile nirgends mehr im Normenwerk der VSS eine Aussage bezüglich der theoretischen Wassertiefe vorhanden ist. Dies sollte bei der Revision der Normen Zustandserfassung zumindest berücksichtigt werden.

7.3.4 Griffigkeit

Die Griffigkeit von Belägen ist neben der Ebenheit im Querprofil die wesentliche Einflussgrösse für die Verkehrssicherheit.

Ein "absolutes Mass" für die Griffigkeit existiert nicht und jede Quantifizierung ist vom eingesetzten Messgerät und Messverfahren abhängig. Für die Streckencharakterisierung und als dynamische Messung ist in der Schweiz die Messung des Reibungsbeiwertes mit dem Skiddometer normiert, so dass sich ohnehin keine Alternativen zu dessen Verwendung anbieten. Die genannte Abhängigkeit des Messwertes vom Messgerät bringt es mit sich, dass in diesem Falle vom Grundsatz einer geräteunabhängigen Norm abgewichen werden muss.

Bei Verwendung anderer Geräte muss auch in diesem Fall vom Mittel der Korrelation Gebrauch gemacht werden, wobei in diesem Zusammenhang auf die internationalen Vergleichsmessungen von Textur und Griffigkeit der AIPCR hingewiesen wird.

7.3.5 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit einer Strasse, charakterisiert durch die Deflektion, ist zusammen mit den Angaben über die Verkehrsbelastung die massgebende Grösse für die Abschätzung der strukturellen Gefährdung des Oberbaus (kann auch mit der Angabe einer "Restlebensdauer" charakterisiert werden) und die Bestimmung der notwendigen Verstärkungsdicke beim Hocheinbau mit bituminösen Belägen.

Als einzige Messmethode ist die Deflektionsmessung mit dem Benkelman-Balken normiert, einem einfachen "Handgerät", dass sich einer grösseren Verbreitung erfreut, auch wenn dessen Leistungsfähigkeit beschränkt ist, wie überhaupt die Durchführung von Deflektionsmessungen im allgemeinen, verglichen mit der Aufnahme der übrigen Oberflächeneigenschaften. In der Praxis werden mengenmässig vergleichbar viele Deflektionsmessungen entweder mit dem Déflectographe Lacroix, in den letzten Jahren auch mit dem moderneren Fallgewichtsgerät durchgeführt, die beide mit den Werten aus

der Messung mit dem Benkelman-Balken in Verbindung gebracht werden können um ähnliche Bereichsabstufungen für die Bewertung auszuarbeiten.
Aus Gründen der erwähnten anzustrebenden Geräteunabhängigkeit sollte sich die Norm auf die Nennung von Werten beschränken, die sich mit dem Benkelman-Balken ermitteln lassen.

7.3.6 Weitere Merkmale

Im Moment drängen sich keine weiteren Merkmale auf. Die Details zu den berücksichtigten Merkmalen sind später allenfalls aus der Optik der europäischen Normung im Bereich der Oberflächeneigenschaften zu überprüfen.

8. Erhebungseinheiten

8.1 Allgemeines

Die Auseinandersetzung mit der Frage nach der Festlegung von Erhebungseinheiten, insbesondere von deren Grösse/Ausdehnung, muss in Zusammenhang mit den folgenden Aspekten betrachtet werden:
- angestrebter Zweck der Zustandserfassung
- Datenhaltung und weitere Bearbeitung der Daten

Wie unter Abschnitt 3 aufgeführt, gibt es keinen eng definierten Zweck der Zustandserfassung, sondern die Ergebnisse aus einer Zustandserfassung und Bewertung können je nach Optik durchaus unterschiedlichen Zwecken dienen. Der Zusammenhang zwischen dem Zweck einer Zustandserfassung und Bewertung und den entsprechenden Anforderungen an die Erhebungseinheiten kann wie folgt beschrieben werden:
- Zustandserfassung und Bewertung als Projektgrundlage
- Zustandserfassung und Bewertung als Planungsinstrument
- Zustandserfassung und Bewertung als ein Führungsinstrument
- Zustandserfassung und Bewertung als ein "politisches" Instrument

In Abschnitt 6.4 wurde darauf hingewiesen, dass die Erhebung und Erfassung von Zustandsdaten dem Grundsatz der Datenunabhängigkeit zu genügen hat, was in der Praxis die Bildung von relativ kurzen Abschnitten bedeutet. Die entsprechenden Daten stehen dann ungehindert für jede weitere Verwendung zur Verfügung. Beim Management der Erhaltung der Fahrbahnen (PMS) stehen dabei Erhaltungsabschnitte, bzw. "homogene" Abschnitte oder Baulose im Vordergrund, deren Länge ein Vielfaches der Erhebungseinheit beträgt. Die entsprechende Datenumwandlung, d.h. die Bestimmung "repräsentativer Werte", hat nach klaren, nachvollziehbaren Regeln zu erfolgen, auf die im folgenden eingegangen wird.

8.2 Homogene Abschnitte

Ein homogener Abschnitt stellt eine zusammenhängende Strassenfläche dar, auf welcher für die Gesamtheit verschiedener Haupteigenschaften (soweit die Werte überhaupt bekannt sind) entweder konstante gleiche Werte oder aber innerhalb festzulegender Grenzen variable Werte vorausgesetzt werden können. Im konkreten Fall einer Anwendung im Rahmen des Managements der Strassenerhaltung werden die genannten Haupteigenschaften normalerweise folgende Parameter umfassen:

- Ober- und Unterbau (inkl. Erhaltungsgeschichte),
- Klima,

- Verkehr,
- Strassenzustand.

Im Rahmen des Managements der Strassenerhaltung ist ein homogener Abschnitt vielfach gleichbedeutend mit derjenigen Strassenfläche, die zu einem gegebenen Zeitpunkt mit einer bestimmten Massnahme behandelt werden soll. Benachbarte Teilstücke werden mindestens bezüglich des Zeitpunkts oder der Art der Massnahme unterschiedlich sein. Normalerweise können die zwei folgenden Fälle auftreten:

- der homogene Abschnitt umfasst die gesamte Breite der Fahrbahn; dies ist bei zweispurigen Strassen mit Gegenverkehr der Normalfall.
- die Breite des Abschnitts beschränkt sich auf die Breite eines einzigen Fahrstreifens; dies ist der Normalfall auf Autobahnen, wo die Verkehrseinwirkung je nach Fahrstreifen unterschiedlich ist und wo Erhaltungsmassnahmen vielfach nur auf den am meisten befahrenen (und beschädigten) Fahrstreifen vorgesehen sind.

8.3 Möglichkeiten der Datenaggregation

Insbesondere aus der Sicht der Zustandswerte stehen die folgenden verschiedenen Lösungsmöglichkeiten im Vordergrund:

- Mittelwert,
- gewichteter Mittelwert,
- Minimalwert,
- Maximalwert,
- häufigster Wert,
- Mittelwert plus K x Standardabweichung (K: Konstante),
- Percentilwert XX (XX% aller Werte liegen unerhalb dieser Grenze).

Wenn einerseits die Wahl eines Mittelwertes zugegebenermassen vielfach zu einer Unterschätzung der Bedeutung oder Schwere eines Problems führt, so kann anderseits die Wahl eines Extremwertes (Minimalwert oder Maximalwert je nach Richtung der Werteskala), leicht zu einer Ueberschätzung führen, d.h. zur Charakterisierung eines ganzen Abschnittes mit einem Schadenbild, welches nur auf einer reduzierten Teilfläche vorhanden ist und demnach als isoliertes "lokales" Problem betrachtet werden könnte. Um diese Fragen zu lösen bieten sich verschiedene statistische Verfahren an, die allenfalls mit Anforderungen bezüglich einer minimalen Länge kombiniert werden können.

Bezüglich der Datenaggregation in Querrrichtung, d.h. auf einer eigentlich "lokalen" Ebene, welche auf einem Fahrstreifen meist nur Spurtiefen und Deflektionen betrifft, bzw. die Gesamtheit aller Parameter wenn die gesamte Fahrbahnbreite von 2 bis 3 spurigen Strassen mit Gegenverkehr betrachtet wird, wird die Wahl des schlechtesten Wertes (Minimal- oder Maximalwert, je nach Parameter) empfohlen.

Der einzige Anwendungsfall bei dem die Frage der Datenaggregation in Längsrichtung gelöst ist betrifft die Tragfähigkeit. Hier wird seit Jahren und normgemäss die massgebende Deflektion nach der folgenden Formel berechnet:

$$d = C \times (\bar{d} + 2\sigma)$$

wobei: d = massgebende Deflektion
C = Konstante (zwischen 1.0 et 1.4 je nach Oberbau und Messzeitpunkt)
$\bar{d}$ = Mittelwert der Deflektionen
σ = Standardabweichung

Diese Art von Berechnung führt vielfach, vor allem wenn für die Konstante C ein Wert > 1.0 gewählt wird, zur Wahl des Maximalwertes (bei einer Normalverteilung liegen 98% aller Werte unterhalb des Mittelwertes + 2σ), was gleichbedeutend ist mit dem Einschluss aller Extremwerte mit ausgesprochen "lokalem" Charakter. Um dies zu vermeiden, sollte ein Ansatz gewählt werden, welcher zu Werten führt, die sich etwas von den genannten Extremwerten absetzen. Die Anwendung einer Formel mit dem Mittelwert vermehrt um die einfache Standardabweichung führt, wiederum bei einer Normalverteilung, zur Erfassung von 84% aller Werte. In der nachfolgenden Tabelle wird die Anwendung dieser Formel für die meisten Parameter empfohlen (im Falle der Deflektionsmessung drängt sich ein Abweichen von der bisherigen Praxis vorerst nicht auf).

Tabelle 4: Vorschläge für die Regeln der Datenaggregation von Zustandswerten

Parameter	**Queraggregation**	**Längsaggregation**
Index I1	Minimalwert	Mittelwert - 1 x Standardabweichung
Ebenheit (Index I2, RCI)	Minimalwert	Mittelwert - 1 x Standardabweichung
Ebenheit (sW-Wert)	Maximalwert	Mittelwert + 1 x Standardabweichung
Index I2	Minimalwert	Mittelwert - 1 x Standardabweichung
Spurrinnentiefe T	Maximalwert	Mittelwert + 1 x Standardabweichung
Index I3	Minimalwert	Mittelwert - 1 x Standardabweichung
Griffigkeit	Minimalwert	Mittelwert - 1 x Standardabweichung
Index i4	Minimalwert	Mittelwert - 1 x Standardabweichung
Deflektion	Maximalwert	Mittelwert + 2 x Standardabweichung
Index I5	Minimalwert	Minimalwert (Länge > 10%)

9. Grundlagen für die Wahl einer Bewertungsskala

9.1 Wozu Bewertungsindices?

Es kann generell davon ausgegangen werden, dass die Verwendung von Indices für die folgenden Aufgaben nützlich und sinnvoll sein kann:
- Festlegung des Anwendungsbereichs von Massnahmen,
- Ermittlung der Erhaltungskosten,
- Evaluation des Netzzustandes,
- Vergleich von Strassen/Teilstrecken.

9.2 Anwendungsbereich von Einzelindices und kombinierten Indices

Einzelindices, wie z.B. die Indices I3 für die Ebenheit im Querprofil und der I4 für die Griffigkeit, sind generell geeignet für die Festlegung des Anwendungsbereichs von Massnahmen, einem der wesentlichen Elemente eines PM-Systems. Der bisherige Index der Oberflächenschäden I1 ist in diesem Sinne kein Einzelindex und für die Wahl von Massnahmen weniger geeignet als die Detailnormationen zu den einzelnen Schadengruppen (siehe auch die Vorschläge zur Schadengruppierung in 10.1 und 10.2 sowie den Alternativvorschlag in 10.7).

Kombinierte Indices anderseits sind das ideale Werkzeug um den allgemeinen Zustand eines Strassennetzes zu verfolgen und damit eine "Erfolgsbilanz" der Strassenerhaltung zu erstellen, bzw. die Notwendigkeit zusätzlicher Mittel aufzuzeigen.

9.3 Festlegungen anlässlich der Bearbeitung der bisherigen Norm 640 925

Die üblichen Zustandsparameter sind alle mit einer voneinander unabhängigen, auf die jeweilige Messgrösse zugeschnittenen, Einheit gekennzeichnet, z.B mm für die Spurrinnentiefe, s_W-Wert bei der Längsebenheit, usw.. Für eine möglichst einheitliche Bewertung all dieser Parameter wurde anlässlich der Bearbeitung der Norm SN 640 925 entschieden, alle Zustandsmerkmale (Ausnahme: Tragfähigkeit) mit einer gleich aufgebauten, dimensionslosen Bewertungsskala zu kennzeichnen. Zu diesem Zweck wurde eine Werte-Skala von 5 (sehr gut) bis 0 (sehr schlecht gewählt). Solche Skalen sind an verschiedenen Orten üblich, auch wenn der Wertebereich unterschiedlich sein kann. So gibt es Fälle wo eine Skala von 0 bis 10 zur Anwendung kommt, neben Lösungen mit einer Skala von 0 bis 100 oder gar einer "umgekehrten" Skala von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schlecht).

Die Wahl einer Skala von 5 bis 0 war beeinflusst durch die vor allem in einigen Forschungsanwendungen gewonnene Praxis in der Verwendung des Befahrbarkeitswertes aus dem AASHO-Strassentest, welcher bekanntlich auch eine der wesentlichen Grundlagen der Dimensionierungsnormen der VSS darstellt. Es sei daran erinnert, dass der Befahrbarkeitswert (siehe auch SN 640 321), auf einer Notenskala von 5 bis 0, nach unterschiedlichen Formeln für bituminöse und für Betonbeläge berechnet werden kann, in welcher die Beiträge aus Längsebenheit, Spurrinnenbildung (bei bituminösen Belägen) sowie Risse und Flickstellen einfliessen. Die beiden Formeln wurden hergeleitet aus einer Regressionsrechnung mittels welcher die Ergebnisse der Messungen der genannten Beitragsgrössen mit einer allgemeinen Beurteilung durch einen breit gestreuten Querschnitt der Strassenbenützer (Strassenfachleute und "normale", gewerblich und privat verkehrende Automobilisten) korreliert wurden. Diese vor allem in den USA recht übliche Beurteilungsart (sog. "panel rating") wurde im Zuge der detaillierten Auseinandersetzung mit den Ergebnissen aus dem ASSHO-Strassentest in Europa mittels eines in Deutschland mit internationaler Beteiligung (z.B. auch aus der Schweiz) durchgeführten Versuchs überprüft, bei welchem durchaus ähnliche Ergebnisse festgestellt wurden.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Befahrbarkeitswert auch immer noch Gegenstand einer VSS Norm ist (SN 640 321, 1971 in Zusammenhang mit der Herausgabe neuer Dimensionierungsnormen publiziert), ist die Wahl einer Beurteilungsskala für die Zustandsbewertung von 5 bis 0 sicher berechtigt. An dieser ist an sich bisher nur in sehr beschränktem Rahmen Kritik erwachsen und es wird deshalb die Beibehaltung einer solchermassen aufgebauten Skala empfohlen.

Die Norm SN 640 925 geht in der Definition der Skala für die Indexwerte etwas weiter, indem die Bereiche zwischen den jeweils "runden" Indexwerten (z.B. 5 bis 4, 4 bis 3, usw.) mit einer Qualitätsbezeichnung (gut, mittel, ausreichend, kritisch, schlecht) versehen sind. Dies ist insofern etwas problematisch, als je nach Strassenkategorie (Verkehrsaufkommen, Netzfunktion, usw.) durchaus unterschiedliche Bewertungsmassstäbe angewendet werden können, bzw. gewisse Zustände viel eher über längere Zeit als tolerierbar betrachtet werden, so dass schliesslich nicht überall gut, gleich gut, bzw. schlecht, gleich schlecht ist. Konsequenterweise müssten alle Umwandlungskurven von der erhobenen Grösse in einem Indexwert je nach Strassenkategorie unterschiedlich sein, wie dies z.B. in den Arbeitspapieren der FGSV für die Bundesrepublik Deutschland vorgesehen ist. Dies hat schliesslich den Nachteil dass ein bestimmter erhobener Wert nicht immer in denselben Indexwert umgewandelt wird, was zu gewissen Komplikationen führen kann.

Für die Normrevision wird deshalb empfohlen soweit technisch machbar eindeutige Umwandlungskurven auszuarbeiten und von einer Koppelung des Indexwertes mit einer begrifflich-verbalen Bezeichnung abzusehen. Vielmehr ist es in der Folge der einzelnen Strassenverwaltung zu überlassen, die Interventionsgrenzen und den mittleren Strassenzustand (niveau de service) einzelner Strassenkategorien festzulegen.

10. Grundsätzliche Möglichkeiten der Erfassung und Bewertung von Oberflächenschäden

10.1 Allgemeines

Eine neuere umfassende Analyse der Methoden zur Erfassung und Bewertung von Oberflächenschäden liegt in den Berichten zum XX. Weltstrassenkongress (Montréal 1995) der AIPCR vor. Diese Analyse - das Ergebnis einer Umfrage unter 19 Ländern - zeigt, dass die Erfassung von Oberflächenschäden nach den Kriterien des Ausmasses und der Schwere die am meisten verwendete Methode darstellt, wobei die einzelnen Abstufungen durchaus unterschiedlich sein können.

Die Untersuchung hat überdies gezeigt, dass in vielen Ländern durchaus unterschieden wird, welche Schadenarten im Rahmen einer netzweiten Zustandserfassung erhoben werden und welche andere (generell im Sinne einer detaillierteren Auflistung) im Rahmen der objektbezogenen Massnahmenplanung erhoben werden. So wird in einer Gesamtauswertung für bituminöse Beläge bei praktisch der Hälfte (11 von 24) der genannten Schadenarten und bei Betonbelägen bei über der Hälfte (9 von 15) ersichtlich, dass die entsprechende Nennung ausschliesslich für Aufnahmen auf der Projektebene erfolgte. Diese Ausführungen sollten allerdings nicht so verstanden werden, dass beispielsweise bei bituminösen Belägen netzweit jeweils 13 Gruppen von Schäden erhoben werden, vielmehr ergibt sich diese Anzahl als die aufsummierte Menge der von einzelnen Ländern genannten Gruppen. Im allgemeinen beschränkt man sich für Netzaufnahmen auf max. 4 bis 6 Gruppen.

Das in der bisherigen Norm praktizierte Verfahren, welches in die oben erwähnte Auswertung der AIPCR ebenfalls berücksichtigt wurde, entspricht den oben erwähnten Methoden und seine grundsätzliche Beibehaltung kann nur empfohlen werden.

10.2 Vorschläge zur Schadengruppierung: bituminöse Beläge

Wie bereits aus der Auswertung verschiedener Kommentare zur jetzigen Norm (siehe Kapitel 3.2) hervorgeht, besteht ein deutlicher und berechtigter Wunsch nach einem direkten Uebergang von der Zustandserfassung zur Massnahmenplanung, insbesondere zu den entsprechenden Normen (SN 640 730 und folgende). Die Tabellen 2: Bauliche Massnahmen zur Erhaltung von Fahrbahnen mit bituminösen Belägen und 3: Bauliche Massnahmen zur Erhaltung von Fahrbahnen mit Betonbelägen der Norm SN 640 730: "Bauliche Massnahmen zur Erhaltung von Fahrbahnen, Allgemeines und Vorgehen bei der Wahl der Methoden" sind die eigentliche Schnittstelle zwischen der Zustandserfassung und der Massnahmenplanung.

Tabelle 5: Gruppeneinteilung nach SN 640 730

Kolonnenbezeichnung: **1** **2** **3** **4** **5**

(1 - 3) (4 - 5)

Schadenbild	Örtliche Schäden		Ausgedehnte Belagsschäden			Strukturelle Schäden	
	Örtliche Belagsschäden (z.B. Ausmagerungen, wilde Risse, Verformungen, Schlaglöcher	Örtliche Setzungen und Einsenkungen, abgedrückte Ränder	Oberflächenglätte infolge von Schwitzen oder Polieren	Materialverluste: Abrieb, Ausmagerung, Absanden, Kornausbrüche, Ablösungen, Schlaglöcher, Wilde Risse, Reflektionsrisse	Belagsverformungen: Spurrinnen, Aufwölbung, Wellblech- und Schubverformungen	Bemerkenswerte Unebenheiten infolge Frosthebungen	Ausgeprägte Einsenkungen und Verdrückungen
	Einzelrisse und offene Nähte	Örtliche Netzrissbildung				Klaffende Einzelrisse	Ausgedehnte Netzrissbildung
Zeitpunkt des Auftretens				Vorwiegend Winter	Hochsommer	Frostperiode	Auftauperiode
Mögliche Schadenursache	Material- und/oder Ausführungsmängel	Unzureichende Tragfähigkeit und/oder Frostsicherheit	Mischgut- und/oder Ausführungsmängel	Mischgut- und/oder Ausführungsmängel	Unzureichender Widerstand gegen bleibende Verformungen	Differentielle Frosthebungen infolge ungenügender Frostsicherheit	Unzureichende Tragfähigkeit und/oder ungenügende Frostsicherheit
	Alterung und/oder Materialermüdung	Instabile Böschung, Konsolidationssetzung, Erosion	Polierfähige Mineralstoffe	Fortgeschrittene Bindemittelalterung	Mangelhafter Schichtverbund, Materialermüdung	Ungenügende Entwässerung	Ungenügende Entwässerung

Die in Tabelle 5 auszugsweise wiedergegebene Tabelle zur Wahl der Massnahmen für Strassen mit bituminösem Belag aus der Norm SN 640 730 hat eine Eingangszeile mit 7 Kolonnen, in welcher einerseits nach dem Ausmass von Schäden unterschieden wird (erste zwei Kolonnen: örtliche Schäden ⇒ lokale Reparaturmassnahmen, übrige Kolonnen: ausgedehnte Schäden ⇒ grossflächige Massnahmen: Instandsetzung, Verstärkung, Erneuerung) anderseits auch nach Art der Schäden. Die Art der Schäden ist zweistufig aufgebaut mit zunächst einer Grobunterteilung in "Belagsschäden" und "strukturelle Schäden" sowie einer feineren zweiten Unterteilungsstufe. Bei näherer Betrachtung kann man die erste Kolonne der örtlichen Schäden mit dem Inhalt der drei Kolonnen der Belagsschäden (bezeichnet mit den Nummern 1, 2 und 3) gleichsetzen während die zweite Kolonne der örtlichen Schäden den Kolonnen mit der Bezeichnung 4 und 5 der strukturellen Schäden entspricht.

Aus den bisherigen Ueberlegungen würde also folgen, dass aus der Sicht der Massnahmenplanung nach der Normtabelle zwischen 5 Schadengruppen zu unterscheiden wäre. Bei näherer Betrachtung wird jedoch ersichtlich, dass die mit 4 und 5 bezeichneten Kolonnen der Oberflächenschäden im wesentlichen die gleichen Schadenbilder beinhalten, nur in unterschiedlicher Ausprägung (Schadenschwere). Damit können also vier Gruppen genügen, um den Eingang in die genannte Tabelle zu gewährleisten:

- Oberflächenglätte
- "Belagsschäden"
- Belagverformungen
- strukturelle Schäden

Weitere notwendige Unterscheidungen zum Eingang in die Tabelle (örtliche, bzw. ausgedehnte Schäden einerseits, Schadenschwere anderseits) gehen direkt aus der Erfassung der Oberflächenschäden hervor.

Die in der jetzigen Norm spezifisch erwähnten Flicke kommen in der Tabelle nicht vor. Sie stellen allerdings eine "Unregelmässigkeit" der Oberfläche dar, welche das Erscheinungsbild eines Belages, vor allem bei Berücksichtigung einer recht unterschiedlich vorkommenden Ausführungsqualität, entscheidend beeinflussen kann. Auch wurde die bisherige separate Erfassung von Flickstellen in der bisherigen Norm gar nie bemängelt, was man für deren Fehlen in den Erfassungsformularen der Weisung des ASB nicht behaupten kann. Es wird deshalb vorgeschlagen, eine Gruppe Flicke weiterhin separat aufzuführen.

Die hier vorgeschlagene Lösung hat gegenüber der bisherigen den **Vorteil**, direkter auf die Norm SN 640 730 bezogen zu sein, auch treten durch eine separate Gruppenbildung "Oberflächenglätte" entsprechende Schäden weitaus deutlicher hervor. Der **Nachteil** dieser Lösung besteht darin, dass die Anforderung an die Erhebung steigen: Risse sind für alle klar erkennbar, deren Zuordnung zu einzelnen Untertypen ist hingegen nicht für jedermann immer deutlich vorzunehmen.

Im Sinne einer Systemkonsequenz, der Vermeidung von Doppelspurigkeiten und auch als Voraussetzung für eine spätere Systemumwandlung in Richtung des weiter unten aufgeführten Alternativvorschlages wird der Ausschluss des Schadentyps "Spurrinnenbildung" aus der Aufnahme von Oberflächenschäden empfohlen. Dieses Merkmal ist ohnehin Gegenstand des separat erhobenen Indexes I3 der Ebenheit im Querprofil und kann sowohl manuell als auch messtechnisch erhoben werden (Spurrinnen werden in mm gemessen und nicht "visuell erhoben").

10.3 Vorschläge zur Schadengruppierung: Betonbeläge

Die praktischen Erfahrungen mit der bestehenden Norm sind auf Betonbelägen mengenmässig relativ bescheiden, was sich auch bei den direkten und indirekten Kommentaren (inkl. Auswertung der Vernehmlassung des ASB) niederschlägt. Der Ansatz für die Festlegung einer geeigneten Gruppenbildung bei der Aufnahme von Oberflächenschäden beim Betonbelag orientiert sich deshalb am Vorgehen, wie er für die entsprechenden Arbeiten bei bituminösen Belägen vorgenommen wurde.

In der bisherigen Norm wurde beim Betonbelag unterschieden nach:
- Oberflächenschäden,
- Fugen- und Kantenschäden,
- Verformungen,
- Risse,
- Flicke.

Diese Unterteilung entspricht der Gruppierung von Schäden im Schadenkatalog.

Aehnlich wie bei den bituminösen Belägen trifft auch beim Betonbelag die Situation zu, dass erst nach Erscheinen der Zustandserfassungsnorm im Rahmen der Normen über die Erhaltung von Belägen eine andere Art der Unterteilung von Schadenarten in der Norm SN 640 730 vorgenommen wurde. Dazu kommt eine zusätzliche, noch später (Dezember 1995) erschienene Norm SN 640 736 über die Instandsetzung und Verstärkung von Betonbelägen, welche wiederum die Akzente leicht verschiebt.

Auch hier gilt es, zwischen Schadenvorkommen, welche ausgesprochen lokalen Charakter haben und normkonform mittels lokalen Reparaturen verbessert werden und ausgedehnten Schäden, welche durch eine eigentliche Instandsetzungs- oder Verstärkungsmassnahme saniert werden, zu unterscheiden.

Nach der Norm SN 640 736 ergibt sich damit folgende Unterteilung:
- Belagschäden: Oberflächenglätte,
- Belagschäden: Materialverlust an der Oberfläche sowie Schwindrisse,
- Strukturelle Schäden: Setzung/Hebungen, Stufenbildung, dilatierende Risse,
- Strukturelle Schäden: Kantenschäden, Unebenheiten und Stufenbildung, dilatierende Risse, zerstörte Platten.

Die Teilgruppen der strukturellen Schäden beinhalten neben der Nennung einzelner unterschiedlicher Schäden auch hier in erster Linie eine Abstufung des Schadenbildes nach der Schwere.

Eine Unterteilung der Schäden nach der Norm SN 640 736 würde folgende Gruppenbildung nahelegen:
- Oberflächenglätte,
- Unebenheiten/Stufenbildung,
- Risse/Brüche,
- Ausbrüche/Abplatzungen.

In dieser Unterteilung fehlen erwartungsgemäss die Kantenschäden da deren Reparatur in der Norm SN 640 735 behandelt wird, ansonsten ist die Unterteilung derjenigen der Norm SN 640 730 nicht unähnlich. Aus diesem Grund wird die Wahl der Unterteilung nach Norm empfohlen, wobei die daraus abgeleitete Liste wie bei den bituminösen Belägen noch um die Gruppe der Flicke ergänzt wird.

10.4 Erhebung der Schäden: Quantifizierung und Qualifizierung

An der bisherigen Praxis der Erfassung von Oberflächenschäden nach Ausmass und Schwere gemäss den entsprechenden detaillierten Angaben in der Beilage zur Norm, dem Schadenkatalog, wie sie auch in vielen anderen Ländern praktiziert wird, ist im Rahmen der Auswertung der verschiedenen Kommentare kaum grössere Kritik aufgekommen. Höchstens wurden da und dort schon Kommentare gehört im Sinne des Wunsches nach einer Verfeinerung bei den Abstufungen des Ausmasses von Schäden, beispielsweise um lokal sehr begrenzt auftretende Schäden (Einzelschäden) besser zu unterscheiden oder auch um eine detailliertere Abstufung im Bereich zwischen 10 und 50% der betroffenen Fläche zu bekommen.

Aus der Sicht der Beibehaltung eines bewusst möglichst einfach aufgebauten Konzeptes wird eine Aenderung der bisherigen Praxis im Rahmen der Normrevision nicht befürwortet.

10.5 Möglichkeiten der Indexbildung

In der Praxis der Bildung eines Indexes der Oberflächenschäden aus den Beiträgen verschiedener Schadenarten kommen meist die folgenden Verfahren vor:

10.5.1 Werteaddition

Die Beiträge der einzelnen Schadenarten (meist in einer Kombination von Ausmass, Schwere und Gewichtung) werden zusammengezählt. Je mehr "Punkte" zusammenkommen, umso schlechter ist der Strassenzustand. Die Werteskala ist dementsprechend nach oben meist offen und eine schadenfreie Oberfläche erhält den Wert 0. Denkbar ist aber auch eine Umwandlung der summierten Punkte in eine andere Skala, z.B. wie sie bisher in der Norm gebräuchlich war, mittels einer entsprechenden Umwandlungskurve (siehe Abb. 1).

Dieses Verfahren ist an sich dem bisher in der Schweiz praktizierten Vorgehen gleichwertig und könnte in Verbindung mit einer geeigneten Umwandlungskurve die bisherige Abzugsformel ersetzen. Nachteilig und vielleicht verwirrend wirkt jedoch der Aufbau einer sonst nicht weiter verwendeten, nach oben offenen Zwischenskala.

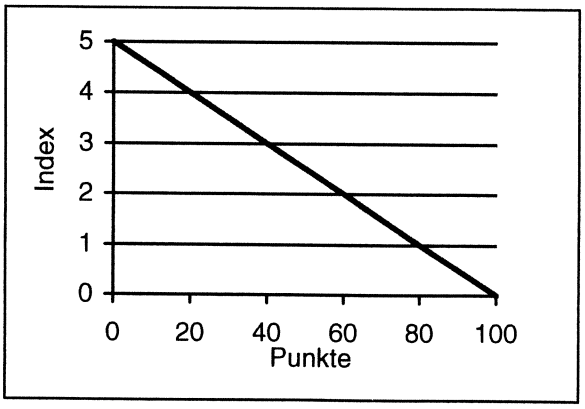

Abbildung 1: Beispiel einer Umwandlungskurve bei einer Werteaddition

10.5.2 Mittelwertbildung

Eine Mittelwertbildung ohne Gewichtung wird selten angewendet, und dann meist um die Schäden einer gleichen "Familie" zu bewerten, wie dies z.B. in Spanien bei Rissen praktiziert wird.

Meist wird dann eher ein gewichteter Mittelwert gebildet nach der allgemeinen Formel:

Index = $K (g_i \cdot a_i \cdot s_i)$ wobei: g = Gewicht, a = Ausmassfaktor, s = Schwerefaktor
K = eine Konstante

Der Nachteil von Formeln mit einer Mittelwertsbildung ist meist ein stärkerer Ausgleich der Extremwerte und damit eine ungenügende Differenzierung der Schäden.

10.5.3 Abzugsformel

Die Indexbildung mittels einer Abzugsformel mit gewichteten Werten ist die international am meisten verwendete Lösung. Am Grundsatz des Formelschemas ist ebenfalls im Rahmen der Auswertung der Kommentare zur Norm relativ wenig Kritik erwachsen.

Aus diesem Grunde wird weiterhin die Beibehaltung einer solchen Formel für die Revision der Norm SN 640 925 empfohlen. Ebenso scheint es sowohl auch in Zusammenhang mit der Anwendung der Norm SN 640 730 als auch zur Begrenzung des Erhebungsaufwandes bei systematischen netzweiten Aufnahmen sinnvoll, die Indexberechnung auf die Hauptgruppen zu beschränken. Bei detaillierteren Aufnahmen im Rahmen der Bereitstellung der Grundlagen für ein Sanierungsprojekt ist ein Indexwert ohnehin keine relevante Grösse mehr.

10.6 Bestimmung des Bewertungsschemas; Wahl der Gewichtungen

In Zusammenhang mit der Auseinandersetzung mit der Thematik der Bestimmung einer Bewertung gilt es zunächst festzuhalten, was hier mit dem Begriff "Bewertung" gemeint ist, bzw. was die hier gewählte Definition nicht enthält. Was hier unter dem Begriff "Bewertung" vestanden wird, ist die alleinige Umwandlung einer bestimmten Messgrösse in einen einheitlichen, dimensionslosen "Bewertungsindex" auf einer von 0 bis 5 reichenden Werteskala. Einem Wert von 5 werden jene Zustandsgrössen zugeordnet, welche praktisch einer perfekten Ausführung entsprechen, einem Wert 0 jene Zustandsgrössen, welche nach hiesigem allgemeinen Empfinden deutlich unakzeptablen Bedingungen entsprechen. Dabei können bei der Zuordnung von Zustandsgrössen dem Wert 5 je nach betrachtetem Merkmal sowohl absolut mängelfreie Zustände (z.B. vollkommenes Fehlen jeglicher Obeflächenschäden beim Index I1, somit Abzugswert = 0) als auch relativ mängelfreie Zustände (z.B. s_W-Wert $\leq$ 0.8 o/o, beim Index I2) gewählt werden.

In der oben gegebenen Definition des Begriffs "Bewertung" fehlen also jegliche Hinweise auf eine Interpretation des Begriffs in Sinne einer qualitativen Beurteilung. Hatte die bisherige Norm noch eine Umsetzung der Werteskala der verschiedenen Indices in eine begriffliche qualitative Beurteilung nach den Bezeichnungen "gut, mittel, ausreichend, kritisch, schlecht", so hat man eine solche Koppelung im Zuge der Normrevision bewusst gestrichen. Einerseits hatte die damit verbundene unterschiedliche Umrechnung einzelner Zustandsgrössen (z.B. bei der Längs- und der Querebenheit) zur Unmöglichkeit einer eindeutigen Zuordnung von Zustandsgrössen zu Indexwerten geführt, anderseits musste auch erkannt werden, dass eine Norm ein gänzlich ungeeigneter Ort für die Festlegung von Kriterien ist, die letztlich das Ergebnis technisch/politischer Entscheidungen sein müssen.

Unter den gegebenen Voraussetzungen, d.h. der oben präzisierten Definition des Begriffs Bewertung, kann die Wahl der Gewichte in einem vereinfachten Rahmen erfolgen. Dabei sind nach Möglichkeit die folgenden Kriterien zu beachten:

- das System sollte möglichst einfach aufgebaut werden
- die Gewichte sind so zu wählen, dass je nach realistischem Schadenvorkommnis der ganze Bereich der verfügbaren Skala genutzt werden kann,
- der resultierende Indexwert sollte einer "normalen" Beurteilung entsprechen. Dabei muss Klarheit darüber bestehen, dass dieser Indexwert nur eine allgemeine Zustandsaussage ermöglicht, wie sie bei der Betrachtung des Netzzustandes benötigt wird, und keinesfalls nähere Hinweise über die Schadenursache, geschweige denn über die daraus folgende bautecnisch angebrachte Massnahme ermöglichen kann.

Unter den oben genannten Aspekten und unter Berücksichtigung der Ergebnisse durchgeführter Vergleichsrechnungen in der Subkommission wird wie bisher die Wahl von Gewichten mit einer Gesamtsumme von 10 empfohlen, welche wie folgt auf die einzelnen Gruppen umzusetzen sind:

Tabelle 6: Empfohlene Gewichtungen der Schadengruppen bei der Indexbildung

Bituminöser Belag		**Betonbelag**	
Gruppe	**Gewichtung**	**Gruppe**	**Gewichtung**
Oberflächenglätte	2	Oberflächenglätte	1
Belagschäden	2	Materialverluste	2
Belagsverformungen	2	Fugen- und Kantenschäden	1
strukturelle Schäden	3	Verformungen	3
Flicke	1	Risse	2
		Flicke	1

10.7 Alternativvorschläge

Als Alternative zu den vorstehend genannten Vorschlägen, welche sich im wesentlichen an die bisherige Norm anlehnen, könnte es durchaus denkbar sein, anstelle eines gemeinsamen Indexes der Oberflächenschäden mehrere Indices für die jeweiligen Hauptgruppen zu verwenden, weil dies z.B. auch in den Arbeitspapieren der FGSV, dem HDM3-System der Weltbank sowie bei mehreren anderen Anwendungen üblich ist. Ein solches Vorgehen würde noch stärker als die bisherige, sowie neu vorgeschlagene Hauptvariante die direkte Koppelung mit der Massnahmenplanung erleichtern. Die nachträgliche Bildung eines Gesamtindexes zur Verwendung im Rahmen allgemeiner Erhaltungplanungsaufgaben (PMS auf der Netzebene), der Prioritätensetzung und der zeitlichen Verfolgung des durchschnittlichen Netzzustandes ist dadurch nicht beeinträchtigt.

Wenn dieser Vorschlag im Rahmen dieser Arbeit bloss als eine "Alternativvariante" präsentiert wird, so erfolgt dieser aus der Ueberlegung, dass ein solcher Schritt heute etwas verfrüht wäre. Die Verwendung von Indices in einem PMS-System erfordert nämlich auch die Koppelung entsprechender Verhaltensmodelle. Es sind in der Schweiz z.Z. noch ungenügende Grundlagen für die Entwicklung von Verhaltensmodellen im entsprechenden Detailgrad (d.h. für getrennte Verhaltensmodelle nach Hauptgruppen) vorhanden, hingegen können auf den vorhandenen Grundlagen erste Ansätze von Verhaltensmodellen für Oberflächenschäden in ihrer Gesamtheit ausgearbeitet werden. Sobald die Ausgangslage eine bessere ist, gewinnt der genannte Alternativvorschlag an Aktualität. In diesem Sinne könnte er anlässlich einer späteren Normrevision im Vordergrund stehen. Als Voraussetzung dazu sollten zwischenzeitlich immer die Werte des Ausmasses und Schwere der Hauptgruppen (und nicht statt dessen der davon abgeleitete Index der Oberflächenschäden I1) in einer Strassendatenbank abgelagert und nachgeführt werden.

11. Grundsätzliche Möglichkeiten der Erfassung und Bewertung von Längs-, Querebenheit und Griffigkeit

11.1 Bisherige Lösung

Bei den hier behandelten Oberflächeneigenschaften Längs- und Querebenheit sowie Griffigkeit wurden Erfassung und Bewertung im Rahmen der bisherigen Norm in Anlehung an die damals gültigen Normen über die betreffenden Messgrössen (Normen "Ebenheit" und "Griffigkeit") vorgenommen. Dabei wurden nach Möglichkeit einerseits bisherige "Abnahmewerte" (s_W, T) dem Wert 4 auf der Indexskala zugeordnet und anderseits bisherige "Grenzwerte" (s_W, t, μ) dem Wert 4 auf der Indexskala zugeordnet. Im Falle fehlender Werte erfolgte eine Extrapolation, im Zwischenbereich wurde interpoliert.

Am hier dargestellten Prinzip wird grundsätzlich auch im Rahmen der Normrevision festgehalten.

11.2 Vorschläge für eine neue Regelung

11.2.1 Längsebenheit

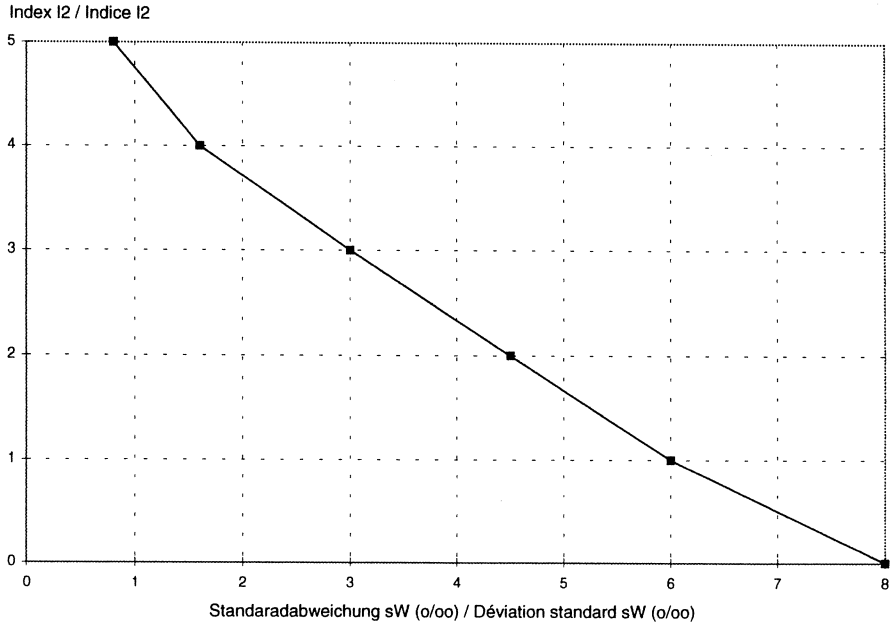

Abbildung 2: Umwandlungskurve für den Index der Längsebenheit I2.

Für die Längsebenheit erfolgt die Umwandlung der erhobenen s_W-Werte mittels der in Abbildung 2 dargestellten Kurve. Im Unterschied zur bisherigen Norm und zur eindeutigen Relation zwischen Messgrösse und Indexwert wird nur eine einzige Umwandlungskurve angegeben (ungefähr der bisherigen Kurve für $v_A > 80$ km/h entsprechend). Dabei wurde die inzwischen erfolgte Revision der Ebenheitsnorm mit einer Verschärfung der Abnahmewerte berücksichtigt. Dem Indexwert 4 entspricht ein s_W-Wert von 1.6 o/oo.

11.2.2 Querebenheit

Für die Querebenheit erfolgt die Umwandlung der erhobenen Spurtiefen T mittels der in Abbildung 3 dargestellten Kurve. Im Unterschied zur bisherigen Norm und zur eindeutigen Relation zwischen Messgrösse und Indexwert wird für die Spurtiefe T nur eine einzige Umwandlungskurve angegeben (ungefähr der bisherigen Kurve für $v_A > 80$ km/h entsprechend). Ebenfalls aus Gründen der Eindeutigkeit in der Beziehung zwischen Messgrösse und Indexwert sollte auf die gleichzeitige Zuordnung der theoretischen Wassertiefe t auf den gleichen Index I3 verzichtet werden. Die Berücksichtigung dieser nur bedingt evolutiven Grösse, z.B. zur Feststellung der Notwendigkeit örtlicher Sofortmassnahmen, kann direkt über den Messwert erfolgen (t in mm). Dabei sind die dazugehörigen einzuhaltenden Werte (welche anlässlich der Revision der Norm Ebenheit: Anforderungen ganz aus dem Text herausgestrichen wurden) als Empfehlung in der Norm aufzuführen. Ein Verzicht darauf würde ansonsten jeglichen Hinweis auf die theoretische Wassertiefe im Normenwerk der VSS ausschliessen.

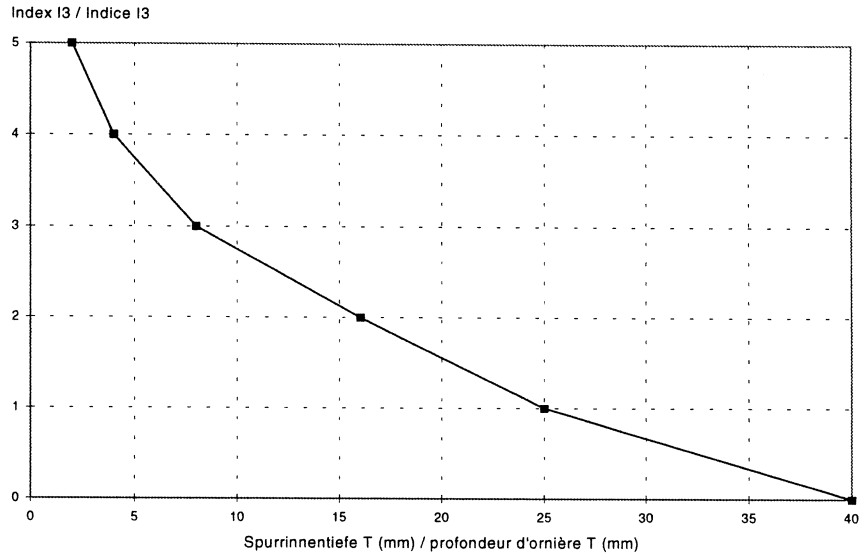

Abbildung 3: Umwandlungskurve für den Index der Querebenheit I3.

11.2.3 Griffigkeit

Bezüglich der Umwandlungskurven für die Griffigkeitswerte in im Indexwert I4 besteht kein Grund zu einer Aenderung gegenüber der bisherigen Norm. Die Grundlage dieser Umwandlungskurven sind einerseits die bestehenden Normwerte und anderseits die langjährige Beurteilungspraxis des IVT.

Im praktischen Messeinsatz hat es sich vielfach erwiesen, vor allem bei Innerort-verhältnissen sowie auf relativ engen, unübersichtlichen Strecken, dass die niedrigere Messgeschwindigkeit von 60 km/h nicht eingehalten werden kann. Eine Ergänzung der bisher für 60 und 80 km/h vorhandenen Kurven mit einer solchen für 40 km/h drängt sich daher auf.

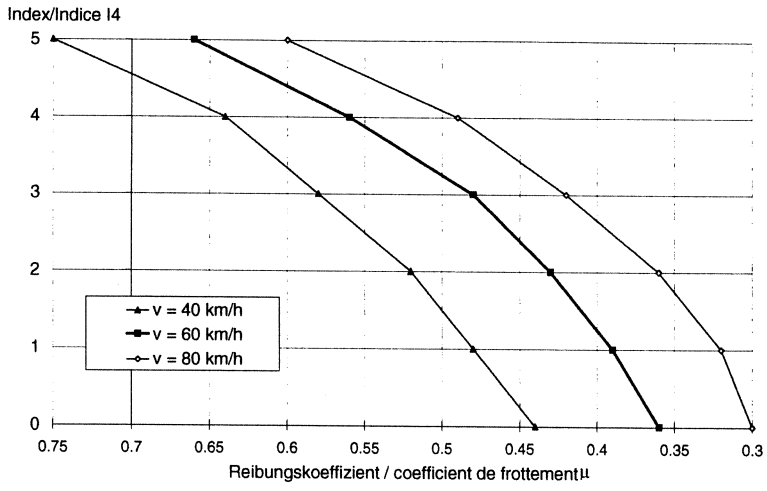

Abbildung 4: Umwandlungskurve für den Index der Griffigkeit I4.

12. Grundsätzliche Möglichkeiten der Erfassung und Bewertung der Tragfähigkeit

12.1 Bisherige Berücksichtigung der Tragfähigkeit

In der bisherigen Norm wurde für die Tragfähigkeit kein eigentlicher Index wie bei den übrigen Merkmalen angegeben, sondern eine verbale Abstufung in
- genügende Tragfähigkeit (keine Verstärkung notwendig),
- kritische Tragfähigkeit (Belagserneuerung notwendig),
- ungenügende Tragfähigkeit (Verstärkung notwendig),

dies in Anlehnung an die bis 1993 gültige Norm SN 640 738 über die Oberbauverstärkung in bituminöser Bauweise. Es blieb dem Anwender der Norm selber überlassen, aus dem Diagramm der Norm und entsprechend der vorgesehenen Verkehrsbelastung die massgebende Deflektion einer der genannten Kategorien zuzuordnen.

12.2 Berücksichtigung der Tragfähigkeit nach einer Notenskala von 5 bis 0

Grundlage für eine neue Regelung der Tragfähigkeitsbewertung bleibt nach wie vor die Norm Oberbauverstärkung (neu seit 1993: SN 640 733a). Entsprechend der eingegangenen Wünsche sollte auch die Tragfähigkeit wie die übrigen Merkmale mit derselben Notenskala von 5 bis 0 bewertet werden. Dazu wird neu ein Index I5 für die Tragfähigkeit eingeführt und die massgebende Deflektion nach SN 640 733a als Eingangsgrösse definiert. Im Unterschied etwa zur Ebenheit im Längs- und Querprofil, für welche eine einzige Umwandlungskurve vom erhobenen Messwert in den Indexwert besteht, müssen im vorliegenden Fall mehrere Umwandlungskurven hergeleitet werden, da die "zulässigen" Deflektionswerte vom der Verkehrsbelastung abhängig sind. Zur Vereinfachung wird vorgeschlagen dieselben Verkehrslastklassen wie bei den Normen über die Dimensionierung (SN 640 324) und Oberbauverstärkung zu wählen. Es gibt also insgesamt 5 Kurven.

Als Kriterien für die Zuordnung von Deflektionswerten zu einem bestimmten Wert der Notenskala wurden die folgenden Bedingungen gewählt:
- für Note 4: entsprechend der zulässigen Deflektion bei 20 Jahren
- für Note 3: entsprechend der zulässigen Deflektion bei 10 Jahren
- für Note 2: entsprechend einem einschichtigen Ueberzug 40 mm bei 10 Jahren
- für Note 1: entsprechend einer Verstärkung von 80 mm bei 10 Jahren
- Die Werte für das Notenmaximum (5.0) und das Notenminimum (0.0) wurden auf der Graphik (siehe Abb. 5) extrapoliert.

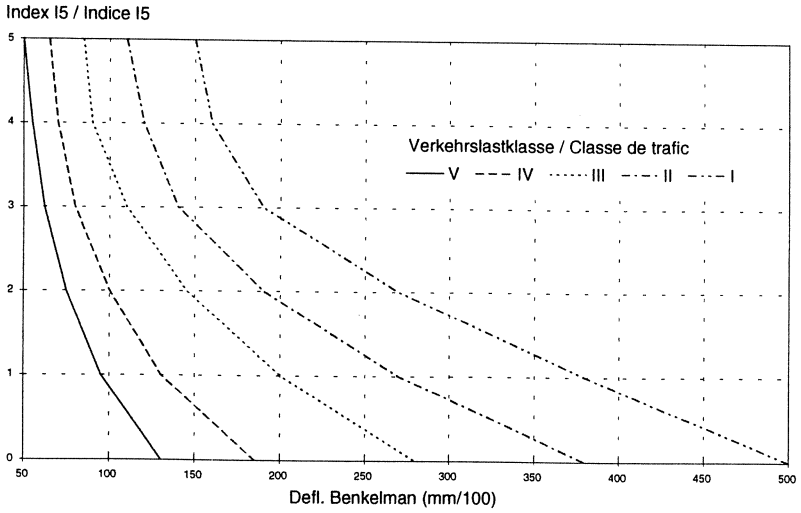

Abbildung 5: Umwandlungskurven für die massgebende Deflektion in Indexwerte I5.

13. Bildung eines Gesamtindexes

13.1 Gesamtindex nach bisheriger Norm SN 640 925

In der jetzigen Fassung der Norm SN 640 925 wird zum Thema Gesamtindex folgendes ausgesagt:

*Als **Hilfsgrösse** für die Zustandsreihung sowie für die Langzeitbeobachtung kann aus den ersten drei Indices ein Gesamtindex GI für die Fahrbahnqualität gemäss folgender Formel definiert werden (analog Befahrbarkeitswert):*

$$GI = 1/100\,(20 \times I1 + 45 \times I2 + 35 \times I3)$$

Der Wertbereich von GI reicht von = bis 5 entsprechend der Skala für die Einzelindices gemäss Ziffer 10.

Aus dem zitierten Text geht folgendes hervor:
- der Gesamtindex wird hier als eine **Hilfsgrösse** mit einem eng umschriebenen Anwendungsbereich definiert. In keiner Weise wird auf eine direkte Verwendungsmöglichkeit des Gesamtindexes für die Wahl von Massnahmen hingewiesen,,
- es wird ein direkter Hinweis auf die Verwandtschaft mit dem Befahrbarkeitswert hingewiesen, wobei diese in erster Linie die Auswahl der Beitragsgrössen betrifft. Anders gestaltet sind hingegen einerseits die Gewichtung der Beitragsgrössen und anderseits die Formelart. Beim Gesamtindex wird die Bedeutung der Längsebenheit zugusten der Ebenheit in Querrichtung (Spurrinnen) und der Oberflächenschäden (beim Befahrbarkeitswert: Risse und Flickstellen) abgeschwächt. Die Formel für den Gesamtindex entspricht einem gewichteten Mittelwert, diejenige für den Befahrbarkeitswert ist eine Abzugsformel.

Die Abhängigkeit der Berechnung eines Gesamtindexes vom Vorhandensein einer bestimmten Anzahl Parameter wurde vereinzelt als ein Mangel der bisherigen Norm empfunden und es war im Rahmen der Beratungen in Zusammenhang mit der Normrevision nicht möglich darüber einen Konsens zu finden. Aus diesem Grund, sowie unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Festlegung eines Gesamtindexes schliesslich auch eine Frage der Erhaltungspolitik ist, wurde auf den konkreten Vorschlag eines Gesamtindexes verzichtet. Allerdings wird die Wahl eines Gesamtindexes empfohlen und für das Auffinden diesbezüglicher Grundlagen auf die Fachliteratur verwiesen.

Unabhängig von den Differenzen über die Beitragsfaktoren zum bisherigen Gesamtindex wäre auch die Kritik berechtigt gewesen, dass die gewählte Formelart eines gewichteten Mittelwertes eher ungünstig ist. Durch dieses Vorgehen ergeben sich tendenziell "zu gute" Werte, werden doch einzelne tiefere Bewertungen durch die Beiträge der übrigen

Parameter wieder nach oben "korrigiert". Die Verwendung einer Darstellung des Gesamtnetzzustandes zur Begründung berechtigter Mittelbegehren konnte unter diesen Umständen vielfach nicht zum Ziel führen, wenn nicht gar kontraproduktiv wirken.

13.2 Vorschläge für die Definition eines Gesamtindexes

Ein Gesamtindex, wie auch immer dieser berechnet wird, wird aus verschiedenen Gründen benötigt, so unter anderem:

- als Hilfsgrösse für eine Zustandsreihung und die Langzeitbeobachtung, wie bereits im bisherigen Normtext angegeben,
- als Hilfsgrösse für die Untersuchung unterschiedlicher Teilaspekte eines Strassennetzes,
- als Gesamt- oder Leistungsindikator zur Aussage über den momentanen Netzzustand, bzw. zur Feststellung der zeitlichen Veränderung in Abhängigkeit der durchgeführten und/oder unterlassenen Massnahmen.

Als Beispiel für die Verwendung zur Untersuchung gewisser Teilaspekte kann die in Deutschland praktizierte Lösung genannt werden, bei welcher die verschiedenen Einzelparameter (siehe Kapitel 7.2.6) in unterschiedlicher Zusammensetzung kombiniert werden für die drei Teilzielindices: Fahrkomfort, Sicherheit und Substanzerhalt. Darüber hinaus wird aus den drei Teilzielindices auch ein Gesamtwert bestimmt. Dieser wird berechnet als gewichteter Mittelwert der drei Teilzielindices Fahrkomfort (10%), Sicherheit (40%) und Substanzerhalt (50%).

Tabelle 7: Berücksichtigte Merkmale je nach Teilziel in Deutschland

Teilziel	**Berücksichtigte Grössen**
Fahrkomfort	Längsebenheit, Spurrinnentiefe, Spurkantenhöhe (evt.)
Sicherheit	Spurrinnentiefe, Wasserrückhalt, Griffigkeit
Substanzerhalt	Spurrinnentiefe, Netzrisse, Ausmagerungen/Splittverlust, Flickstellen

Im Rahmen einer Arbeit für eine kantonale Verwaltung wurde ebenfalls ein neuer Gesamtindex gesucht, welcher mit den Mängeln der Mittelwertbildung nicht behaftet ist und gleichzeitig die Berücksichtigung aller gemessenen Parameter ermöglicht. Mit der Absicht, einen Gesamtindex zu erhalten, der sich an das Niveau des schlechtesten Einzelindexes orientiert, wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht:

- Eine Indexbildung nach Abzugsformel (wie sie beispielsweise für den Index der Oberflächenschäden I1 besteht) ist insofern eher ungünstig, als dass die Ergebnisse zu stark gegen das untere Ende der Skala hin tendieren, was wiederum weniger einer generellen Beurteilung durch den Praktiker entspricht.
- Die Bestimmung eines Gesamtindexes mittels der Wahl des jeweils minimalen Einzelindexes zum "Gesamtindex" (nach einer Funktion GI = MIN (I1, I2, I3)) wurde als eine zu simplifizierende Lösung mit gewisser Zufallscharakteristik fallengelassen.

- Schliesslich wurde ein Verfahren gewählt, das trotz gewissen Mängeln (geringe Anzahl Einzelwerte) dem beabsichtigten Ziel einer "Orientierung" des Gesamtindexes dem tiefsten Wert am nächsten kommt, indem sich der Gesamtindex nach der folgenden Formel berechnen lässt:

$$GI = \left(\frac{I1 + I2 + I3}{3}\right) - 1{,}25 * SD$$

  wobei: SD = Standardabweichung von I1, I2, I3.

  Diese Methode wurde im Rahmen einer praxisnahen Entwicklungsarbeit für den Staat South Dakota entwickelt (N. Jackson, R. Deighton, D. Huft: Development of pavement performance curves for individual distress indexes in South Dakota based on expert opinion, Vortrag am Jahreskongress TRB, Washington, D.C., Januar 1996). Sie hat zur Folge, dass etwa 80 - 90 % aller einzelnen Indices oberhalb des Gesamtindexes zu liegen kommen.

Diese beiden Lösungen aus Deutschland und der Schweiz sind hier einzig als Beispiel aufgeführt, um zu zeigen, wie vielfältig die Möglichkeiten der Bildung eines Gesamtindexes sind. Bei der definitiven Wahl ist es primär wichtig, über den Verwendungszweck und die Ziele eines Gesamtindexes im Klaren zu sein. Erst dann kann unter Berücksichtigung der lokalen Zustandserfassungspraxis die definitive Festlegung erfolgen.

14. Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

14.1 Schlussfolgerungen

Mit der im vorliegenden Bericht beschriebenen Arbeit wurden die im Auftrag genannten Arbeitsschritte durchgeführt und das Ziel der Forschungsarbeit wurde erreicht.

Die Erfahrungsbilanz beruht auf drei Hauptquellen:
- die direkten, schriftlich abgegebenen Kommentare der Mitglieder der Subkommission,
- die Auswertung der Vernehmlassung zum Entwurf einer Wegleitung des ASB für die visuelle Zustandserfassung,
- die kritische Ueberprüfung der bestehenden Norm durch den Berichterstatter, ergänzt durch direkt zugetragene Kommentare einzelner Anwender.

Von einer eigenen, ursprünglich vorgesehenen allgemeinen Umfrage unter allen Kantonen wurde angesichts der im dafür vorgesehenen Zeitraum durchgeführten Vernehmlassung zum Wegleitungsentwurf des ASB abgesehen. Die Auswertung dieser Vernehmlassung hat genügend Anhaltspunkte für Rückschlüsse in Bezug auf die Norm ergeben.

Die Mängel der bestehenden Norm sind einzeln beschrieben und mit Vorschlägen zu deren Behebung ergänzt. Viele dieser Mängel gehen auch aus den verschiedenen Kommentaren hervor, die ebenfalls ausführlich wiedergegeben sind.

Die Revisionsarbeit stand teilweise "im Schatten" des Wegleitungsentwurfs des ASB und es wurde somit als gerechtfertigt empfunden auch darauf einzugehen, einerseits im Rahmen individueller Kommentare als auch in einer generellen Beurteilung.

Die Ausarbeitung konkreter Vorschläge für die Normrevision geht zunächst vom eigentlichen Zweck der Norm aus und von den zu berücksichtigenden Randbedingungen. Dabei wird bewusst auf die Eingliederung dieser Norm in die Normengruppe Management der Strassenerhaltung hingewiesen und insbesondere auf die Bedürfnisse der Datenhaltung. Die Ausführungen betreffend Erhebungseinheiten und die Datenaggregation sind ebenfalls, nebst den rein praktischen Aspekten, in diesem Zusammenhang zu sehen.

Die Auswahl der für die Norm betrachteten Parameter wird vor dem Hintergrund der ausländischen Praxis behandelt und begründet. Die Ausarbeitung konkreter Vorschläge für die Erfassung und Bewertung aller Parameter wird durch einen Kommentar zur Anwendung von Indices eingeleitet. Bei den Vorschlägen für die Erfassung und Bewertung von Oberflächenschäden stand eine "Parallel-Schaltung" zur Norm SN 640 730 mit den Tabellen zur Wahl der Massnahmen im Vordergrund und dieses Ziel kann mit der vorgeschlagenen Lösung erreicht werden. Bei der Erfassung und Bewertung der messtechnisch erhobenen Parameter standen einerseits eine Verbesserung der Eindeutigkeit

und eine Vereinfachung im Vordergrund, in einem einzelnen Fall, der Tragfähigkeit, ging es hingegen um die Ausarbeitung von Vorschlägen für eine vergleichbare Behandlung mit den übrigen Parametern.

In der revidierten Norm fehlt der konkrete Vorschlag eines Gesamtindexes. Der Bericht nennt die Gründe dafür und zählt Beispiele auf, wie ein solcher Gesamtindex definiert werden könnte.

Im Text wurden nach Möglichkeit ein Detaillierungsgrad und eine Transparenz angestrebt, die dem Bericht den Charakter eines "Kommentars" oder Quellenwerks zur Norm geben können. Damit kann auch später, bei der nächsten Revision, noch nachvollzogen werden, warum bestimmte Vorschläge so und nicht anders ausfielen.

14.2 Weiteres Vorgehen

Nach all den Diskussionen in den beiden vergangenen Jahren ist es an der Zeit, dass die praktische Arbeit wieder Vorrang bekommt. Der revidierten Norm sollte also zunächst die Chance geboten werden, sich in der Praxis zu bewähren. Dabei muss sich eine spätere Ueberprüfung auch mit der tatsächlichen weiteren Verwendung der erhobenen Daten auseinandersetzen. Bis heute dürfte in vielen Fällen das vorhandene Potential kaum voll ausgeschöpft worden sein. Verstärkte Anstrengungen in diesem Bereich sind also vielversprechender als das weitere herumfeilen an der Erfassungspraxis.

Bei der Durchführung dieser Arbeit und in Zusammenhang mit der Ausarbeitung neuer Vorschläge waren gewisse Abweichungen von der Datengruppierung im Schadenkatalog unvermeidlich. Ohne dass dies überaus dringend wäre, sei hier auf eine entsprechende Anpassung anlässlich einer möglichen Revision des Schadenkataloges hingewiesen.

Am Rande der Diskussionen um die Normrevision wurde verschiedentlich auch die Möglichkeit einer neuen Norm als Bindeglied zwischen der Zustandserfassung und der Massnahmenplanung erwähnt. Die revidierte Norm und die Norm über die Massnahmenplanung passen nun aufeinander, so dass sich eine weitere Norm dazwischen ohne einem grösseres Mass an Doppelspurigkeiten nur schwer vorstellen lässt. Hingegen könnte es demnächst durchaus nützlich sein, sich eingehender mit der Frage der Definition der "homogenen" Abschnitte und der Datenaggregation auseinanderzusetzen, was eventuell zu einer tatsächlich neuen Norm führen könnte.

Literaturverzeichnis

[1] The AASHO Road Test, Report 1-7, Highway Research Board, Special Report 61 A - 61 G, Washington, D.C., 1962.

[2] AIPCR: Rapport du Comité Caractéristiques de Surface, XX Congrès Mondial de la Route, Montréal, 1995

[3] Watanatada T., Harral C.G., Paterson W.D.O., Dhareshwar A.M., Bhandari A., Tsunokawa K., The Highway Design and Maintenance Standards Model, Volume 1, Description of the HDM-III Model, The Highway Design and Maintenance Series, World Bank, John Hopkins University Press, Baltimore, 1987.

[4] Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Studies, SHRP, National Research Council, Washington, D.C., 1990.

[5] Proceedings for the Automated Pavement Distress Data Collection Equipment Seminar, Federal Highway Administration, Iowa Department of Transportation, Iowa State Unviersity, FHWA-TS-90-053, 1990.

[6] Y. Guidoux, Evaluation et suivi des chaussées du réseau routier national, Direction des routes, SETRA, LCPC, Paris, 1993.

[7] FGSV: Arbeitspapiere zur "Systematik der Strassenerhaltung", 1990.

[8] J. Litzka: Einsatz von modernen Geräten zur Zustandserfassung, Mitteilungen des Instituts für Strassenbau und Strassenerhaltung, Heft 7, TU Wien, 1996.