

**Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation / Bundesamt für Strassen**

**Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de  
la communication / Office fédéral des routes**

**Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle  
comunicazioni / Ufficio federale delle strade**

## **Abschätzung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes von kommunalen Strassennetzen**

**Estimation de la dépréciation moyenne annuelle d'un réseau  
de routes communales**

**Estimation of the average annual deterioration of urban road  
networks**

**Electrowatt Infra AG, Zürich  
E. van Gunsteren, dipl. Bauing. ETH  
Th. Kieliger, dipl. Bauing. ETH/SIA  
M. Traber, dipl. Bauing. ETH/SIA/SVI**

**BATIGROUP AG, Bern  
A. Nellen, dipl. Bauing. ETH/SIA  
U. Zahnd, dipl. Bauführer**

**Forschungsauftrag VSS 2002/703 auf Antrag des  
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

**Mai 2005**

**1108**



**Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation / Bundesamt für Strassen**

**Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de  
la communication / Office fédéral des routes**

**Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle  
comunicazioni / Ufficio federale delle strade**

## **Abschätzung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes von kommunalen Strassennetzen**

**Estimation de la dépréciation moyenne annuelle d'un réseau  
de routes communales**

**Estimation of the average annual deterioration of urban road  
networks**

**Electrowatt Infra AG, Zürich  
E. van Gunsteren, dipl. Bauing. ETH  
Th. Kieliger, dipl. Bauing. ETH/SIA  
M. Traber, dipl. Bauing. ETH/SIA/SVI**

**BATIGROUP AG, Bern  
A. Nellen, dipl. Bauing. ETH/SIA  
U. Zahnd, dipl. Bauführer**

**Forschungsauftrag VSS 2002/703 auf Antrag des  
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

**Mai 2005**

## **Kontakt**

Markus Traber  
Electrowatt Infra AG  
Hardturmstrasse 161, Postfach  
CH-8037 Zürich/Schweiz  
Tel. +41 44-355 55 55  
Fax +41 44-355 55 56  
<http://www.ewi.ch>

Tel. direkt +41 76-356 22 15  
E-Mail: [markus.traber@ewi.ch](mailto:markus.traber@ewi.ch)

Begleitgruppe der vorliegenden Forschungsarbeit war die VSS Expertenkommission  
EK 7.10:

Herr Martin Bürgi  
Herr Ruedi Fässler  
Herr Andreas Flück  
Herr Gerald Hutter  
Herr Thierry Kreienbühl  
Herr Martin Liesch  
Herr Bruno Modolo  
Herr Max Reifler  
Herr Bruno Schmuck

## **Zusammenfassung**

Die Forschungsarbeit befasst sich mit der Ermittlung des Mittelbedarfes für die Erhaltung von kommunalen Strassennetzen und zeigt auf, wie der jährliche, durchschnittliche Wertverlust aus einer Netzsicht abgeschätzt werden kann. Die Forschungsarbeit basiert auf dem Grundmodell Werterhaltung der Stadt Zürich.

In der Regel basieren die bisherigen Ansätze zur Bezifferung der benötigten jährlichen Mittel auf einem bottom-up Ansatz. Das heisst, es werden Zustandserhebungen durchgeführt und auf Basis dieser Erhebungen Unterhaltsprogramme für eine Zeitperiode von bis zu maximal 10 Jahren errechnet. Bei der Bezifferung der benötigten Mittel aus einer Netzsicht (top-down Ansatz) wird postuliert, dass der langjährige durchschnittliche Mittelbedarf für die Erhaltung der Strasseninfrastruktur in etwa gleich sein soll wie der jährliche Wertverlust, damit die Infrastruktur langfristig erhalten werden kann. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die komplementäre Sicht dieser beiden Verfahren.

Die in diesem Forschungsbericht aufgezeigte Methode zur Ermittlung des Wertverlustes wurde in erster Priorität für Strassennetze von Gemeinden entwickelt. Das Modell basiert dabei auf der sog. Wertverlustformel, welche als Ausgangsgrössen den Wiederbeschaffungswert sowie den Alterungsbeiwert (Wertverlustquote) berücksichtigt. Die Strassen werden dabei kategorisiert, wobei je Strassenkategorie ein Wiederbeschaffungswert und ein Alterungsbeiwert vorgegeben werden. Das gewählte Verfahren baut auf einigen wenigen Kennwerten eines Gemeindestrassennetzes auf und ist in der Anwendung einfach und transparent. Das Modell ist aber auch so gestaltet, dass ggf. bekannte gemeindespezifische Eigenheiten transparent und nachvollziehbar berücksichtigt werden können. Unter der Voraussetzung, dass die entsprechenden Kalkulationsgrundlagen bestehen, kann das Modell im Prinzip auch für andere Strassennetze (z.B. Kantonsstrassen) angewendet werden.

Die Forschungsarbeit beschränkt sich auf den Strassenoberbau und die zugehörigen Ausrüstungen wie Randabschlüsse, Strassenentwässerung, Beleuchtung und ggf. Elemente der Gestaltung. Nicht Gegenstand dieser Arbeit sind Kunstbauten, allgemeine technische Ausrüstungen oder andere Infrastrukturen.

## Résumé

La présente recherche concerne l'évaluation des besoins en moyens nécessaires pour le maintien des réseaux de routes communales, et montre comment les dépréciations annuelles moyennes d'un réseau peuvent être estimées au niveau d'un réseau. Ce travail de recherche est basé sur le modèle de maintien de valeurs de la ville de Zurich.

Généralement, les calculs pour l'évaluation des besoins annuels se basent sur une approche ascendante (bottom-up). Selon cette méthode, on effectue des enquêtes sur l'état des routes, et en se basant sur leurs résultats, on établit des programmes d'entretien pour une période de 10 ans au maximum. Pour établir les moyens nécessaires selon l'approche descendante du point de vue d'un réseau (top-down), on postule que les charges moyennes annuelles requises pendant une longue période de maintien de l'infrastructure routière doivent correspondre approximativement à la dépréciation annuelle, afin de pouvoir entretenir cette infrastructure à long terme. Dans ce contexte, il est important de considérer la complémentarité des deux approches.

La méthode présentée dans ce rapport de recherche pour évaluer la dépréciation a été en premier lieu développée pour des réseaux de routes communales. La méthode est fondée sur une formule de dépréciation de valeur; les données de celle-ci étant basées sur la valeur de reconstruction et un coefficient de dépréciation. Pour ce faire, les routes ont été classées, et chaque classe a été imputée avec une valeur de reconstruction et un coefficient de dépréciation. La méthode choisie est établie sur un nombre limité de coefficients d'un réseau communal, et son utilisation est simple et claire. Le procédé permet aussi de tenir compte d'une manière claire et compréhensible les particularités locales connues. Le modèle peut en principe aussi être utilisé pour d'autres types de réseaux (par ex. routes cantonales), pour autant que les bases de calcul soient disponibles.

Ce travail de recherche est limité à la chaussée et aux équipements annexes, tels que bordures, drainages, éclairages, et selon le cas, certains éléments de façonnage. Ce travail ne couvre pas les ouvrages d'art, les équipements techniques généraux ou d'autres éléments d'infrastructure.

## Summary

This research project deals with a method for estimating the funds needed for the maintenance of road networks in communities and shows how the annual average deterioration (of value) can be estimated from a network-wide point of view. The research project is based on the city of Zurich's standard conservation of value model.

As a rule the existing approaches for quantifying the funds needed annually are based on a bottom-up approach. Investigations of condition are performed and, on the basis of these investigations, maintenance programs are calculated for a period of up to a maximum of ten years. In order to quantify the funds needed from a network-wide point of view (top-down approach) it is being postulated that the long term average of funds needed for maintenance of the road infrastructure in order for it to be maintained in the long term should be roughly the same as the annual average deterioration. Important in this context is the complementary view of these two approaches.

The method for determining the deterioration shown in this research report was primarily developed for road networks in local communities. The model is based on a deterioration formula whose dependant variables are the replacement value and the ageing coefficient. All the roads in a community are categorised and replacement values and ageing coefficients are set for each category. The chosen procedure is based on a few specific values of a representative community road network and is simple and transparent in its application. The model is also configured in such a way that, if applicable, specific requirements of the community can also be considered in a transparent and comprehensible way. The principles used by the model could also be adopted for other road networks (e.g. district-wide) provided the corresponding parameters for the model were available.

The research work is limited to the road superstructure and the associated infrastructure such as kerbs, drainage, illumination and, if applicable, the road layout. Aspects not covered in this work are special structures such as tunnels, bridges and retaining walls together with general technical equipment and other infrastructure items.

## **Kurzfassung**

### ***Einleitung und Problemstellung***

In der Schweiz gibt es rund 3000 Strassenverwaltungsbehörden bei Bund, Kantonen und Gemeinden, welche für die Erhaltung ihrer Strassen verantwortlich sind. Sie alle sind konfrontiert mit der Frage, was diese Erhaltung der Strassennetze pro Jahr kostet. Während die Finanzierung der National- und Kantonsstrassen über entsprechende Abgaben und Steuern geregelt ist, entnehmen die Gemeinden die Gelder für den Bau und Unterhalt der Gemeindestrassen der ordentlichen Rechnung. Vor allem in Zeiten knapper finanzieller Ressourcen kommt dem effizienten Einsatz dieser Mittel eine hohe Bedeutung zu. Die Strassenverwaltungsbehörden sind deshalb immer mehr gefordert, über längere Sicht verbindliche und nachvollziehbare Aussagen zum Mittelbedarf zu machen. Entsprechende Ansätze und Modelle fehlen aber aus einer Netzsicht (top-down Sicht).

### ***Top-down Ansatz***

In der Regel basieren die bisherigen Ansätze zur Bezifferung der benötigten Mittel auf einem bottom-up Ansatz. Das heisst, es werden Zustandserhebungen durchgeführt und auf Basis dieser Erhebungen Unterhaltsprogramme für eine Zeitperiode von bis zu maximal 10 Jahren errechnet. Der in dieser Forschungsarbeit angewendete Ansatz basiert auf dem Grundmodell Wertverlust und geht von einer Netzsicht (top-down) aus. Dabei wird postuliert, dass der langjährige durchschnittliche Mittelbedarf für die Erhaltung der Strasseninfrastruktur in etwa gleich sein soll wie der jährliche Wertverlust (langjähriger Durchschnittswert pro Jahr), damit die Infrastruktur langfristig erhalten werden kann. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die komplementäre Sicht dieser beiden Verfahren. Die top-down Sicht kann nicht Basis für die Finanzplanung einer Gemeinde sein oder eine Massnahmenplanung ersetzen. Das in dieser Forschungsarbeit vorgestellte Verfahren kann im Sinne eines Benchmarks Hinweise geben, ob eine Gemeinde eher zu viel oder zuwenig in die Strassenerhaltung investiert.

### ***Ziele der Forschungsarbeit***

Der Forschungsbericht zeigt eine einfach anwendbare Methode auf mit welcher der jährliche Wertverlust eines kommunalen Strassennetzes global abgeschätzt werden kann. Folgende Ziele wurden erreicht:

- Definieren von Strassenkategorien, nach welchen Strassenverwaltungsbehörden in der Praxis Strassennetze inventarisieren sollen.
- Ermitteln von Wiederbeschaffungswerten des Strassenoberbaus zu jeder Strassenkategorie.
- Ermitteln der praktischen Lebensdauer der einzelnen Anlageteile des Strassenoberbaus jeder Strassenkategorie.
- Aufzeigen der Randbedingungen unter welchen der Lösungsansatz in der Praxis angewendet werden darf.

**Resultate**

Als Grundlage für die Forschungsarbeit wurde die nachfolgend dargestellte Wertverlustformel postuliert:

$$\text{Wertverlust} = \sum (\text{Wiederbeschaffungswert pro Kategorie} \cdot \text{m}^2 \text{ resp. m}^2 \text{ Strasse pro Kategorie} \cdot \text{Alterungsbeiwert pro Kategorie})$$

Dabei sind:

- **Wiederbeschaffungswert:**  
Kosten für die Wiedererstellung der bestehenden Strassen zum heutigen Zeitpunkt, d.h. entsprechend den aktuellen Normen und Standards, mit den heute verfügbaren Baumethoden und -verfahren und zu aktuellen Durchschnittspreisen.
- **Alterungsbeiwert:**  
Beiwert zur Berücksichtigung der durchschnittlichen Lebensdauer der Strasse resp. der Teilelemente der Strasse.

Die Abschätzung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes eines kommunalen Strassennetzes erfolgt in fünf Schritten:

Schritt 1:

Das kommunale Strassennetz wird den einzelnen Strassenkategorien resp. Belastungskategorien zugeordnet. Dies kann entweder anhand der täglichen äquivalenten Verkehrslast oder mittels der verkehrstechnischen Klassifizierung erfolgen.

Verkehrslast-klassen	Tägliche äquivalente Verkehrslast TF [L./Tag]		Im Ortskern	Verkehrstechnische Klassifikation	Belastungskategorie
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	ES	IA
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	SS	IB
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Nein	SS	IC
T3	100-300	Mittel	-	-	II
T4	300-1'000	Schwer	-	-	III
>T4	>1'000	Sehr schwer bis extrem schwer	-	-	IV

Verkehrstechnische Klassifikation		Belastungskategorie
ES	Erschliessungsstrasse im Ortskern	IA
SS	Sammelstrasse im Ortskern	IB
SS	Sammelstrasse ausserhalb Ortskern	IC
VS	Verbindungsstrasse	II
HVS	Hauptverkehrsstrasse	III
HVS, HLS	Hauptverkehrs-, Hochleistungsstrasse	IV

Schritt 2

Je nach dem welche Daten über das Strassennetz zur Verfügung stehen, werden nun je Kategorie die folgenden Werte ermittelt:

- Quadratmeter Strassenfläche (Fahrbahn- und Trottoirfläche) pro Belastungskategorie
- Quadratmeter Fahrbahnfläche pro Belastungskategorie
- Laufmeter Strasse pro Belastungskategorie

Schritt 3:

In Schritt 3 wird zuerst überprüft, ob die zugrunde gelegten Modellstrassen-Querschnitte und – Abschnitte repräsentativ für die Gemeinde sind. Wenn ja, dann können die Wiederbeschaffungswerte der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Belastungs-kategorie	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]
	Bezugsfläche Fahrbahn + Trottoir	Bezugsfläche nur Fahrbahn	
IA	319	425	1'914
IB	259	401	2'205
IC	139	-	799
II	243	382	2'673
III	252	431	3'018
IV	250	339	4'744

Sind die Modellstrasenelemente nicht repräsentativ, so können diese angepasst und gemeindespezifische Wiederbeschaffungswerte berechnet werden.

Schritt 4:

Im vierten Schritt geht es darum, die Anwendbarkeit des Zyklusmodells zu überprüfen. Sind die gewählten Interventionsabfolgen und Interventionszyklen für eine Gemeinde repräsentativ, so können die vorgeschlagenen Wertverlustquoten in die Formel eingesetzt werden. Ansonsten müssen die Werte angepasst und neu berechnet werden.

Belastungskategorie IA		Belastungskategorie IB		Belastungskategorie IC	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.6%	Alterungsbeiwert I	1.6%	Alterungsbeiwert I	1.4%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.3%	Alterungsbeiwert II	1.3%	Alterungsbeiwert II	0.9%

Belastungskategorie II		Belastungskategorie III		Belastungskategorie IV	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.8%	Alterungsbeiwert I	2.2%	Alterungsbeiwert I	2.6%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.4%	Alterungsbeiwert II	1.9%	Alterungsbeiwert II	2.1%

### Schritt 5:

Durch die Summenbildung der einzelnen Wertverluste pro Belastungskategorie multipliziert mit der entsprechenden Wertverlustquote erhält man den langjährigen durchschnittlichen Wertverlust des betrachteten Gemeindestrassennetzes.

#### *Hinweise zur Anwendung der Wertverlustformel*

Das vorliegende Verfahren ist gültig, wenn das Gemeindestrassennetz eine **homogene Zustandsverteilung** aufweist. Eine homogene Zustandsverteilung bedingt in der Regel:

- **Homogene Altersverteilung:**  
Die Annahme einer homogenen Altersverteilung ist dadurch begründbar, dass Gemeinden bzw. ihr Strassennetz historisch wachsen. Es kann auch sein, dass ein anfangs heterogenes Netz sich mit der Zeit durch Erhaltungsmassnahmen zu einem homogenen Netz entwickelt.
- **Ausreichende Dimensionierung:**  
Das Strassennetz muss den Anforderungen an die Dimensionierung weitgehend entsprechen.
- **Einwandfreie Bauausführung:**  
Die Strassen sind entsprechend dem Stand der Technik und den Qualitätsanforderungen zu erstellen.
- **Ausführen regelmässiger Erhaltungsmassnahmen:**  
Ein adäquater betrieblicher und baulicher Unterhalt ist regelmässig auszuführen.

Diese Vorgaben werden in einem Gemeindestrassennetz in der Regel mehr oder weniger gegeben sein. Das hier vorgestellte Verfahren kann aber die Massnahmenplanung nicht ersetzen. Im Sinne eines Benchmarks gibt es aber wichtige Hinweise, ob im langjährigen Durchschnitt genügend finanzielle Mittel eingestellt sind oder nicht.

## Inhalt

Zusammenfassung

Résumé

Summary

Kurzfassung

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG / PROBLEMSTELLUNG</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSaufTRAGES</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>RANDBEDINGUNGEN UND ABGRENZUNG</b>	<b>5</b>
3.1	Randbedingungen	5
3.2	Abgrenzung	5
<b>4</b>	<b>VORGEHEN</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>LÖSUNGSANSATZ</b>	<b>7</b>
5.1	Postulierte Wertverlustformel	7
5.2	Weiterentwicklung der Wertverlustformel	7
<b>6</b>	<b>VERGLEICH MIT VERWANDTEN NORMEN UND METHODEN</b>	<b>9</b>
6.1	Schweiz	9
6.1.1	VSS Normen	9
6.1.2	SIA Normen	9
6.1.3	Konzepte für Erhaltungsmassnahmen im Hochbau	10
6.1.4	Werterhaltung im Stadtstrassennetz am Beispiel Zürich	11
6.1.5	Studie zur Aufbereitung von Grundlageninformationen zur Ermittlung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes der Strassen und Kunstbauten in der Stadt Zürich	11
6.1.6	Werterhaltung von Hochleistungsstrassen im Kanton Zürich	12
6.1.7	Werterhaltung Kantonsstrassen Kanton Solothurn	12
6.1.8	Gutachten Erhaltungsbedarf Strassenverkehrsanlagen Kanton Luzern	12
6.1.9	Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst	13
6.1.10	Vergleich der Kosten im betrieblichen Strassenunterhalt in Schweizerischen Städten	14
6.2	Deutschland	14
6.2.1	Merkblatt der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen	14
6.2.2	Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen	16
6.2.3	Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstrassen	17
6.2.4	Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmassnahmen an Strassenbefestigungen	17
6.3	England	17

<b>7</b>	<b>ÜBERGANG OBJEKTSICHT ZU NETZSICHT</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>UMFRAGEN</b>	<b>20</b>
8.1	Experten- und Fachgespräche	20
8.2	Interviews mit Gemeinden	21
<b>9</b>	<b>BELASTUNGSKATEGORIEN</b>	<b>23</b>
9.1	Modell	23
9.2	Resultate aus der Erhebung	25
9.3	Fazit	29
<b>10</b>	<b>WIEDERBESCHAFFUNGSWERT</b>	<b>31</b>
10.1	Strassen-Querschnitte und -Oberbau	31
10.1.1	Modell	31
10.1.2	Resultate aus der Erhebung	38
10.1.3	Fazit	39
10.2	Strassen-Abschnitte	39
10.2.1	Modell	39
10.2.2	Resultate der Erhebung	41
10.2.3	Fazit	41
10.3	Kalkulation Wiederbeschaffungswert je Belastungskategorie	42
10.3.1	Modell	42
10.3.2	Kalkulationsgrundlagen	42
10.3.3	Vergleich mit publizierten Werten für den WBW	46
10.3.4	Resultate aus der Erhebung	47
10.3.5	Fazit	47
10.4	Anwendung des Modells	48
10.4.1	Ermittlung relevanter Netzparameter	48
10.4.2	Überprüfung der Modellannahmen	49
10.5	Folgerungen	50
<b>11</b>	<b>ALTERUNGSBEIWERT / LEBENSDAUER</b>	<b>51</b>
11.1	Problemstellung	51
11.2	Vorgehen	51
11.3	Annahmen / Randbedingungen	52
11.4	Vorgabe VSS Norm	54
11.5	Literaturrecherche	55
11.6	Zustandsverlauf	56
11.6.1	Straight Line Prediction	58
11.6.2	Deterioration Curves	59
11.6.3	Fazit	60
11.7	Modellzyklus für Erhaltungsmaßnahmen	61
11.7.1	Dynamisches Modell Wüest&Partner	61
11.7.2	Modell des Tiefbauamtes des Kantons Zürich	61
11.7.3	Zyklusmodell	62

11.7.4	Expertengespräche	67
11.8	Resultate aus der Erhebung	67
11.9	Vergleich der Resultate und Schlussfolgerungen	69
11.10	Fazit	70
<b>12</b>	<b>WEITERE EINFLUSSFAKTOREN</b>	<b>71</b>
12.1	Belastungsfaktor	71
12.2	Korrekturfaktor	71
<b>13</b>	<b>VORGABEN FÜR DIE ANWENDUNG DER WERTVERLUSTFORMEL</b>	<b>73</b>
<b>14</b>	<b>PILOTHAFTE NORMANWENDUNG</b>	<b>75</b>
14.1	Erlenbach (ZH)	75
14.2	Hinwil	77
<b>15</b>	<b>WEITERER FORSCHUNGSBEDARF / AUSBLICK</b>	<b>79</b>
15.1	Optimierung der Unterhaltszyklen Strasse - Werke	79
15.2	Abhängigkeit zwischen den Kosten für „Unterhalt / Erhaltung“ und „bauliche Reparaturen“	79
<b>16</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	<b>80</b>
16.1	Literaturverzeichnis	80
16.2	Abbildungsverzeichnis	82
16.3	Tabellenverzeichnis	83
<b>ANHANG</b>		<b>84</b>
A1	Begriffe und Begriffsdefinitionen	85
A2	Kurzfragebogen	89
A3	Fragebogen	90

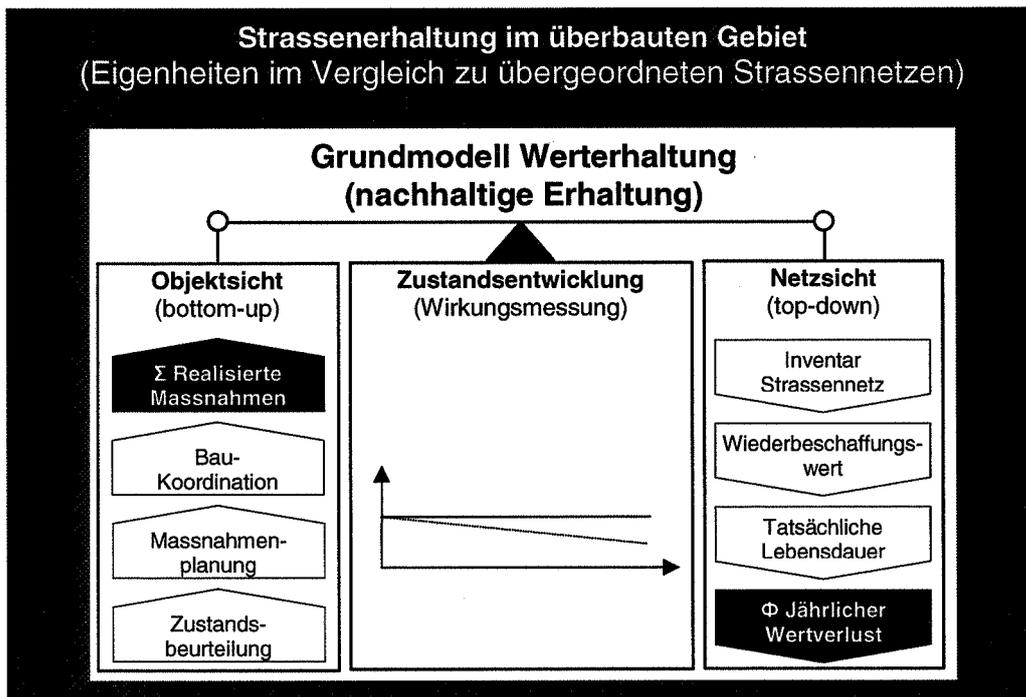
## **1 EINLEITUNG / PROBLEMSTELLUNG**

In der Schweiz gibt es rund 3000 Strassenverwaltungsbehörden bei Bund, Kantonen und Gemeinden, welche für die Erhaltung ihrer Strassen verantwortlich sind. Sie alle sind konfrontiert mit der Frage, was diese Erhaltung der Strassennetze pro Jahr kostet. Während die Finanzierung der National- und Kantonsstrassen über entsprechende Abgaben und Steuern (Mineralölsteuern, Autobahnvignette, Motorfahrzeugsteuer, etc.) geregelt ist, entnehmen die Gemeinden die Gelder für den Bau und Unterhalt der Gemeindestrassen der ordentlichen Rechnung. Vor allem in Zeiten knapper finanzieller Ressourcen kommt dem effizienten Einsatz dieser Mittel eine hohe Bedeutung zu. Die Strassenverwaltungsbehörden sind deshalb immer mehr gefordert, über längere Sicht verbindliche und nachvollziehbare Aussagen zum Mittelbedarf zu machen.

So vielfältig wie die Strassenverwaltungsbehörden sind auch die Versuche gegenüber den politischen Entscheidungsträgern, auf obige Frage Antworten zu liefern. Es existieren heute zwar verschiedene Verfahren, welche die Massnahmenplanung unterstützen. Es fehlt aber ein standardisiertes Verfahren, nach welchem die Strassenverwaltungsbehörden gegenüber Nicht-Fachleuten den durchschnittlichen jährlichen Mittelbedarf für die langfristige Erhaltung ihrer Strassennetze nach einheitlichen, ökonomischen Gesichtspunkten ausweisen können.

In der Regel basieren die bisherigen Ansätze zur Bezifferung der benötigten Mittel auf einem bottom-up Ansatz. Das heisst, es werden Zustandserhebungen durchgeführt und auf Basis dieser Erhebungen Unterhaltsprogramme für eine Zeitperiode von bis zu maximal 10 Jahren errechnet. Ein anderer, neuerer Ansatz geht von einer Netzsicht (top-down) aus. Dabei wird postuliert, dass der langjährige durchschnittliche Mittelbedarf für die Erhaltung der Strasseninfrastruktur in etwa gleich sein soll wie der jährliche Wertverlust (langjähriger Durchschnittswert pro Jahr), damit die Infrastruktur langfristig erhalten werden kann. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die komplementäre Sicht dieser beiden Verfahren.

Entsprechend dem Grundmodell Werterhaltung (siehe Abbildung 1) behandelt dieser Forschungsbericht die Bereiche „Wiederbeschaffungswert“ und „Tatsächliche Lebensdauer“. Daraus lässt sich anschliessend der jährliche Wertverlust der Infrastruktur errechnen, welcher dem aus technischer Sicht notwendigen Mittelbedarf zur langfristigen Erhaltung der Strasse entspricht.



**Abbildung 1: Grundmodell Werterhaltung (Quelle [1])**

Der vorliegende Forschungsbericht dokumentiert die im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsauftrages durch die Forschungsstelle durchgeführten Arbeiten. In regelmässigen Abständen wurden die Arbeiten mit der zuständigen Expertenkommission EK 7.10 besprochen und das weitere Vorgehen festgelegt.

Der Aufbau des Berichts folgt dem im folgenden Kapitel beschriebenen Vorgehen.

## 2 ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSAUFTRAGES

Wie einleitend ausgeführt soll ein standardisiertes Verfahren entwickelt werden, mit welchem der jährliche Mittelbedarf zur Kompensation des Wertverlustes aus einer Netzsicht ermittelt werden kann. Als Anwender stehen dabei die Verantwortlichen von Gemeinden im Vordergrund.

Aufgabe der Verantwortlichen in den Strassenverwaltungen ist dabei primär die Bezifferung des Wertverlustes gegenüber den politischen Entscheidungsträgern. Der Mittelbedarf wird anschliessend durch die politischen Instanzen auf Basis der verfügbaren Mittel und der übrigen, in der Budgetierung auf gleicher Prioritätsstufe stehenden, Aufgaben der Gemeinde festgelegt. Die Aufgabe der Strassenverwaltungen ist also die möglichst transparente Bezifferung dieses Wertverlustes. Aus diesem Grund wird in der Folge nicht mehr vom Mittelbedarf sondern vom Wertverlust gesprochen, wobei entsprechend dem Grundmodell Werterhaltung der Mittelbedarf idealerweise dem Wertverlust entspricht.

Somit kann das folgende übergeordnete Projektziel formuliert werden:

**Übergeordnetes Ziel dieses Forschungsauftrages ist es, eine einfach anwendbare Methode zu entwickeln und beispielhaft anzuwenden, mit welcher der jährliche Wertverlust eines kommunalen Strassennetzes global abgeschätzt werden kann.**

Der dieser Forschungsarbeit zugrunde gelegte offene Lösungsansatz geht aus von einem Inventar der Anlagen, die eine Strassenverwaltungsbehörde bewirtschaftet. Die Anlagen sind mit Hilfe von spezifischen Wiederbeschaffungswerten pro Einheit bewertet. Der jährliche Wertverlust basiert auf den Mittelwerten der von den Anlageteilen tatsächlich erreichten Lebensdauer. Für jede Anlage wird der jährliche Wertverlust bestimmt. Für die langfristige Werterhaltung aller Anlagen des Inventars gilt: Die langfristige Werterhaltung des Strassennetzes ist gewährleistet, wenn der Wertverlust infolge Alterung durch Erhaltungsmassnahmen kompensiert wird.

Auf der Basis des vorstehenden Lösungsansatzes sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Nach welchen **Strassenkategorien** sollen Strassenverwaltungsbehörden in der Praxis Strassennetze inventarisieren?
- Wie hoch sind die **Wiederbeschaffungswerte** des Strassenoberbaus zu jeder Strassenkategorie?
- Welche **praktische Lebensdauer** erreichen die einzelnen Anlageteile des Strassenoberbaus jeder Strassenkategorie?
- Unter welchen **Randbedingungen** kann der vorstehende Lösungsansatz in der Praxis angewendet werden?

Besonderes Gewicht wurde in der Bearbeitung auf eine einfache Handhabung, einen transparenten Aufbau und die einfache Nachvollziehbarkeit der getroffenen Annahmen gelegt. Auch soll das Verfahren so ausgestaltet sein, dass innerhalb einer bestimmten Bandbreite die Detaillierung wie auch die zugrunde gelegten Erfahrungs- und Durchschnittswerte variiert werden können.

Es sei an dieser Stelle auch erwähnt, dass dieses Verfahren nicht zum Ziel hat, die Zustandserfassung und die Massnahmenplanung zu ersetzen. Entsprechend [1] sind diese beiden Werkzeuge, also die Bezifferung des jährlichen Wertverlustes aus einer Netzsicht und die Massnahmenplanung und –Steuerung aus einer Objektsicht, komplementär zu betrachten. Es muss das Bestreben jeder Strassenverwaltungsbehörde sein, den jährlichen Wertverlust und die Summe der realisierten Massnahmen langfristig im Gleichgewicht halten zu können („nachhaltige Erhaltung“).

### **3 RANDBEDINGUNGEN UND ABGRENZUNG**

#### **3.1 Randbedingungen**

Die Forschungsarbeit berücksichtigt nachstehende Randbedingungen:

- Die Forschungsarbeit beschränkt sich auf den Strassenoberbau und die zugehörigen Ausrüstungen wie Randabschlüsse, Strassenentwässerung, Beleuchtung und ggf. Elemente der Gestaltung. Nicht Gegenstand dieser Arbeit sind Kunstbauten, allgemeine technische Ausrüstungen oder andere Infrastrukturen.
- Die Strassenkategorien müssen einfach unterscheidbar sein, so dass sie auch von kleineren Strassenverwaltungsbehörden anwendbar sind.
- Die Strassenkategorien müssen auf die geographischen Rahmenbedingungen Rücksicht nehmen (Mittelland, Voralpen, Bergregionen, usw.).
- Der unterschiedlichen Lebensdauer der Bauteile des Strassenoberbaus (Foundation, Tragschichten, Deckbeläge, Ausrüstung, usw.) ist im methodischen Ansatz Rechnung zu tragen.
- Die Offenheit des vorgeschlagenen Lösungsansatzes ist zu gewährleisten, so dass ggf. auch andere Teile der Infrastruktur eines Gemeinwesens (Leistungsnetze, Hochbauten, usw.) in ähnlicher Methodik einbezogen werden können. Die Umsetzung dieses Punktes ist nicht Gegenstand dieses Forschungsauftrages.

#### **3.2 Abgrenzung**

Diese Forschungsarbeit grenzt sich gegenüber anderen Studien wie folgt ab:

- Die Forschungsarbeit beschränkt sich auf das kommunale Strassennetz. So sind keine HLS und HVS ausserorts berücksichtigt.
- Die Forschungsarbeit berücksichtigt ausschliesslich den Strassenoberbau und somit keine Werkleitungen. Einzig die für die Strassenentwässerung und die Beleuchtung notwendigen Kosten sind in den entsprechenden Strassenkategorien im Innerortsbereich berücksichtigt.
- Die Forschungsarbeit hat nicht zum Ziel, das in [1] postulierte Grundmodell Werterhaltung zu überprüfen. Die Arbeit baut auf diesem Modell auf.
- Der Lösungsansatz geht von bituminösen Belägen gem. der Norm SN 640430 aus, welche ab 2005 gültig sein wird. Nicht berücksichtigt sind Pflasterungen, Betonstrassen und unbefestigte Strassen. Diese können aber bei Bedarf durch die Strassenverwaltungsbehörde ergänzt werden.
- Im Modell sind geringfügige Aufwendungen für eine schlichte Gestaltung (Möblierung, Bepflanzung, etc.) berücksichtigt. Weitergehende Anforderungen können durch entsprechende Anpassungen im Modell berücksichtigt werden.
- Die Forschungsarbeit berücksichtigt eine Netzsicht. Sie macht keine Aussagen zu einzelnen Massnahmen resp. Abschnitten eines Strassennetzes.

## 4 VORGEHEN

Für die Abwicklung des Forschungsauftrages wurde das folgende phasenweise Vorgehen angewendet:

- **Phase 1: Auftragsanalyse**  
In dieser Phase wurde neben der Problemanalyse und der Zieldefinition eine Analyse der bestehenden Ansätze durchgeführt. So wurden Literaturrecherchen im In- und Ausland vorgenommen.
- **Phase 2: Modellbildung**  
Ziel dieser Phase war es, den Lösungsansatz bzw. das skizzierte Modell aus Kapitel 5 zur Bestimmung des Wertverlustes („Wertverlustformel“) auf den Erkenntnissen aus der Phase 1 sowie weitergehenden Untersuchungen zu verfeinern und zu fixieren. Im Rahmen der Phase 2 wurden die Modelle für die Berechnung des Wiederbeschaffungswertes und der Lebensdauer entworfen und die postulierte Wertverlustformel weiter entwickelt. Als Vorbereitung für die Phase 3 wurde eine möglichst repräsentative Anzahl von Gemeinden als Interviewpartner für die Befragungen definiert und der Fragebogen erarbeitet.
- **Phase 3: Erarbeiten der Modellparameter und Randbedingungen**  
In dieser Phase wurden die Befragungen in einem zweistufigen Verfahren durchgeführt. Zuerst wurden Kurzfragebogen verschickt, auf deren Basis die grundsätzliche Bereitschaft der Gemeinde und die Eignung beurteilt werden konnten. In einem zweiten Schritt wurde den Gemeinden ein detaillierter Fragebogen zugestellt, mit welchem die Berechnung des Wiederbeschaffungswertes, die praktische Lebensdauer, das zugrunde gelegte Zyklusmodell für die Lebensdauer wie auch die Belastungs- und Einflussfaktoren festgelegt werden konnten. Auch sollten die Randbedingungen für die Gültigkeit der Formel definiert und die Resultate in ein einfaches Rechenhilfsmittel auf Excel Basis umgesetzt werden.
- **Phase 4: Validierung**  
Die Validierung des Modells erfolgte durch eine beispielhafte Anwendung in einer ausgewählten Gemeinde. Dabei wurden die berechneten Wertverlustquoten mit den jährlichen Aufwendungen für Erhaltungsmassnahmen verglichen.
- **Phase 5: Forschungsbericht und Abschluss**  
Die Arbeiten und Zwischenschritte wurden fortlaufend dokumentiert. Der vorliegende Schlussbericht bildet das Synthesedokument zur gesamten Forschungsarbeit und dokumentiert die Arbeiten und Resultate. Zudem wurde im Auftrag der EK 7.10 ein Normentwurf für die SN 640986 erarbeitet.

Die Arbeiten wurden im Oktober 2003 begonnen und Ende 2004 abgeschlossen. Die Befragung der Gemeinden fand im Zeitraum Mai bis Juli 2004 statt. Die Bereinigung des Normentwurfes ist im ersten Halbjahr 2005 vorgesehen.

## 5 LÖSUNGSANSATZ

### 5.1 Postulierte Wertverlustformel

Für die standardisierte Berechnung des jährlichen Wertverlustes eines kommunalen Strassennetzes postulierte die Forschungsstelle die nachfolgende Wertverlustformel<sup>1</sup>:

$$\text{Wertverlust}_{\text{p.a.}} = \text{Wiederbeschaffungswert} \times \text{Alterungsbeiwert} \times \text{BF}_B \times \text{KF}$$

Dabei sind:

- **Wiederbeschaffungswert:**  
Kosten für die Wiedererstellung der bestehenden Strassen zum heutigen Zeitpunkt, d.h. entsprechend den aktuellen Normen und Standards, mit den heute verfügbaren Baumethoden und –verfahren und zu aktuellen Durchschnittspreisen (keine Kampfpreise)
- **Alterungsbeiwert:**  
Beiwert zur Berücksichtigung der durchschnittlichen Lebensdauer der Strasse resp. der Teilelemente der Strasse
- **BF<sub>B</sub> (Belastungsfaktor):**  
Faktor zur Berücksichtigung der Belastung resp. der Belastungskategorie der Strasse resp. der entsprechenden Teilstücke des Strassennetzes
- **KF (Korrekturfaktor(en)):**  
Korrekturfaktor(en) zur Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (z.B. Klima)

### 5.2 Weiterentwicklung der Wertverlustformel

Es ist klar, dass die in Kapitel 5.1 postulierte Formel in unterschiedlicher Detaillierung und Genauigkeit – je nach beabsichtigter Aussage oder vorhandener Datengrundlage – angewendet werden kann.

Nicht von Beginn her klar war, in welchem Umfang die beiden Korrekturfaktoren BF<sub>B</sub> (Belastungsfaktor) und KF (allgemeiner Korrekturfaktor z.B. für Einfluss Klima, etc.) benötigt werden. Ziel der Forschungsstelle war es, möglichst viele gemeindespezifische Aspekte bereits in den Werten für den Wiederbeschaffungswert und den Alterungsbeiwert anpassbar und transparent zu erfassen, damit auf die beiden Korrekturfaktoren BF<sub>B</sub> (Belastungsfaktor „Betrieb“) und KF (Korrekturfaktor „Geographie“) möglichst verzichtet werden kann.

Dazu wurden je ein Modell für den Wiederbeschaffungswert und die Lebensdauer erstellt, welche eine transparente und nachvollziehbare Bestimmung des WBW und des Alterungsbeiwertes ermöglichen sollte. Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Modelle war es, diese so variabel zu gestalten, dass Anpassungsmöglichkeiten seitens des Anwenders bestehen. Diese beiden Modelle werden nachfolgend in Kapitel 10 und 11 im Detail beschrieben.

<sup>1</sup> Definition der Begriffe siehe Anhang

Die postulierte Wertverlustformel lässt sich dann, je nach vorhandener Datengrundlage, wie folgt vereinfachen:

$$\text{Wertverlust} = \sum_{i=1}^{IV} \left( \text{WBW}_{\text{BK}_i} \left[ \frac{\text{Fr.}}{\text{m}^2} \right] \cdot A_{\text{BK}_i} \cdot \text{Alterungsbeiwert}_{\text{BK}_i} \right)$$

$$\text{Wertverlust} = \sum_{i=1}^{IV} \left( \text{WBW}_{\text{BK}_i} \left[ \frac{\text{Fr.}}{\text{m}^2} \right] \cdot A_{\text{BK}_i} \cdot \frac{1}{\text{Lebensdauer}_{\text{BK}_i}} \right)$$

für Gemeinden, bei welchen die Flächen je Belastungskategorie bekannt sind, resp.:

$$\text{Wertverlust} = \sum_{i=1}^{IV} \left( \text{WBW}_{\text{BK}_i} \left[ \frac{\text{Fr.}}{\text{m}^1} \right] \cdot L_{\text{BK}_i} \cdot \text{Alterungsbeiwert}_{\text{BK}_i} \right)$$

$$\text{Wertverlust} = \sum_{i=1}^{IV} \left( \text{WBW}_{\text{BK}_i} \left[ \frac{\text{Fr.}}{\text{m}^1} \right] \cdot L_{\text{BK}_i} \cdot \frac{1}{\text{Lebensdauer}_{\text{BK}_i}} \right)$$

für Gemeinden, bei welchen nur die Strassenlängen je Kategorie bekannt sind.

## **6 VERGLEICH MIT VERWANDTEN NORMEN UND METHODEN**

Zu Beginn des Forschungsauftrages wurde eine eingehende Literaturrecherche vorgenommen auf die nachfolgend eingegangen wird. Da verschiedene Forschungsprojekte parallel zu diesem Vorhaben gelaufen sind und sich zudem die Recherche als zeitaufwendig herausstellte, wurde parallel zur Bearbeitung laufend noch weiter nach Literatur und anderen vergleichbaren Projekten gesucht.

### **6.1 Schweiz**

#### **6.1.1 VSS Normen**

Die Erhaltung der Strassen und das Erhaltungsmanagement sind Gegenstand verschiedener Normen der VSS. Als Grundnorm gilt dazu die SN 640900a, welche als Grundlage für die Einführung und Durchführung einer effizienten und systematischen Bewirtschaftung von Strassenverkehrsanlagen dient. Die SN 640901 beschreibt ein umfangreiches Zielsystem für das Management der Strassenerhaltung (MSE).

Im Bereich der Erhaltung von Fahrbahnen sind die SN 640730b (Kopfnorm) und fortfolgende Normen anzuwenden. Im Weiteren sei auch auf die für die Zustandsbeurteilung grundlegende SN 640925b hingewiesen, welche viel angewendet wird.

Alle diese Normen sind von einer Massnahmenorientierten (bottom-up) Sicht geprägt. Zwar erläutert die SN 640931 verschiedene Unterhaltsstrategien, wobei aber auch hier die Massnahmenorientierung im Vordergrund steht.

Das in [1] erläuterte Grundmodell Werterhaltung ist relativ neu. Während die Objektsicht sehr gut durch die VSS Normen abgedeckt ist, besteht derzeit kein Verfahren, welches aus einer Netzsicht den jährlichen Wertverlust abschätzen kann. Daraus ergibt sich auch der Bedarf für den vorliegenden Forschungsauftrag.

Es soll an dieser Stelle aber explizit darauf hingewiesen werden, dass im Rahmen der Bearbeitung dieses Verfahrens immer wieder die VSS Normen als Basis dienen. Dabei konnte insbesondere für die Berechnung des WBW lückenlos auf die entsprechenden Normen zurückgegriffen werden. Hingegen wurden für die Bestimmung des Alterungsbeiwerts auch in den VSS Normen keine entsprechenden Angaben gefunden. Daraus kann ein Bedarf für weitere Forschungsarbeiten im Bereich der standardisierten Unterhaltsmodelle und insbesondere unter Berücksichtigung der Lebensdauer der Werkleitungen, welche im kommunalen Strassennetz von entscheidender Bedeutung ist, erkannt werden.

#### **6.1.2 SIA Normen**

Das SIA Normenwerk umfasst wenige Normen, welche sich ausschliesslich mit der Erneuerung befassen. Einzig die SIA Norm 469 „Erhaltung von Bauwerken“ und die Norm 162/5 „Erhaltung von Betontragwerken“ beinhalten Angaben zur Erneuerung, wobei letztere für Strassen (ohne Berücksichtigung der Kunstbauten) ohne Bedeutung ist.

Die SIA Norm 469 umfasst ein umfangreiches Ablaufschema der Bauwerkserhaltung, welches auch für Strassen im Grundsatz Gültigkeit hat.

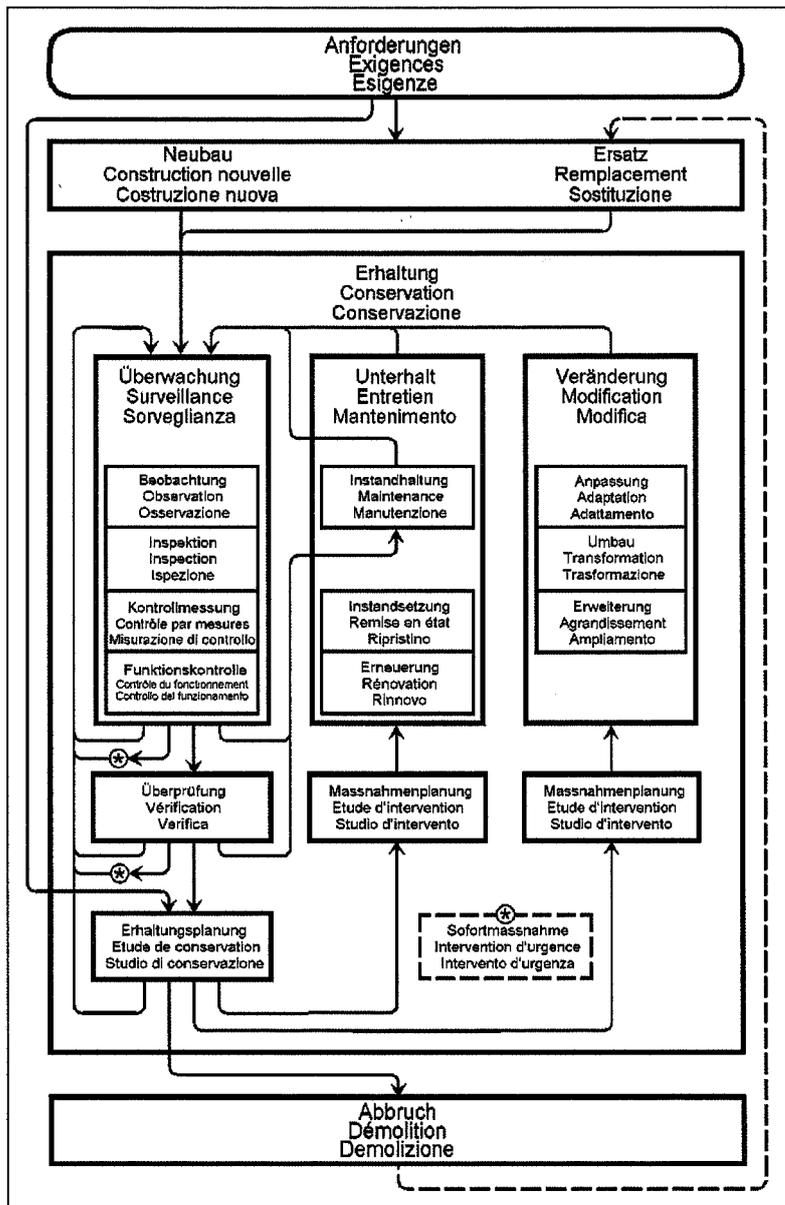


Abbildung 2: Ablaufschema der Bauwerkserhaltung (© by SIA, Zürich)

Allerdings finden sich auch im SIA Normenwerk keine Ansätze zu einer netzweiten oder top-down Sicht.

### 6.1.3 Konzepte für Erhaltungsmassnahmen im Hochbau

Eine auf den ersten Blick verwandte Aufgabenstellung wie für die Strasse zeigt sich im Management grosser Gebäudebestände. Auch hier geht es darum, die vorhandenen Ressourcen mit Blick auf den gesamten Gebäudebestand effizient, d.h. zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Objekt, einzusetzen. Durch das Hochbauinspektorat des Kantons Zürich wurde Ende der 80-er Jahre ein umfassendes Bewertungssystem entwickelt [2].

Aus diesem Konzept wurde das Programmpaket STRATUS entwickelt. Dieses Programmpaket wird durch Basler & Hofmann vermarktet und wurde zwischenzeitlich gemäss Herstellerangaben auch um entsprechende Werkzeuge zum Management von Kanalisationsnetzen und Strassennetzen erweitert.

Eine nähere Betrachtung des Systemansatzes für dieses Konzept zeigt aber, dass die Netzsicht mehr aus einer Aggregation von vielen Projekten als aus einer echten top-down Sicht gewonnen wird. Aus diesem Grund kann dieses Modell nicht für das vorliegende Forschungsprojekt übernommen werden. Das Modell ist aber im Zusammenhang mit der Herleitung des Alterungsbeiwertes hilfreich.

### 6.1.4 Werterhaltung im Stadtstrassennetz am Beispiel Zürich

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, basiert dieser Forschungsauftrag auf dem Grundmodell Werterhaltung, welches in [1] näher erläutert wird.

Dieses Grundmodell baut auf dem Gleichgewicht zwischen der Summe der realisierten Massnahmen und dem jährlichen Wertverlust der Strasseninfrastruktur auf. Diesen Kennwerten gegenübergestellt wird zudem die Zustandsentwicklung, welche regelmässig auf Basis der SN 640925b durchgeführt wird.

Interessant ist anschliessend die Gegenüberstellung von Wertverlust, realisierten Massnahmen und Zustandsentwicklung über eine gewisse Zeitreihe, welche in der Abbildung 3 dargestellt ist.

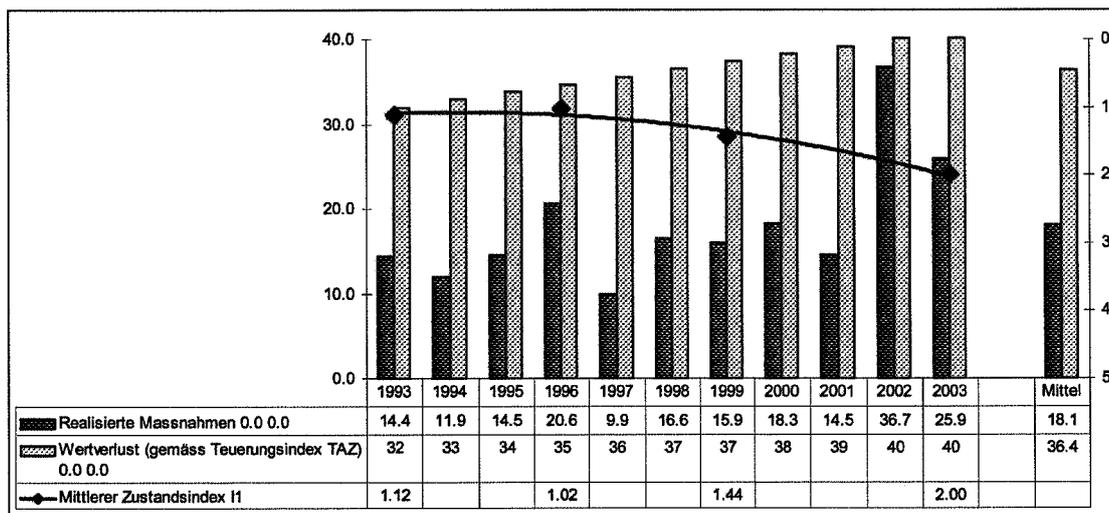


Abbildung 3: Anwendung Grundmodell Werterhaltung (Quelle [1])

### 6.1.5 Studie zur Aufbereitung von Grundlageninformationen zur Ermittlung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes der Strassen und Kunstbauten in der Stadt Zürich

Im Jahre 2002 / 2003 wurde durch Wüest & Partner im Auftrag des Tiefbauamtes der Stadt Zürich (TAZ) eine gross angelegte Studie zur Aufbereitung von Grundlageninformationen zur Ermittlung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes der Strassen und Kunstbauten in der Stadt Zürich durchgeführt [3]. Diese Studie bildete eine sehr gute und nützliche Basis für die weiteren Arbeiten.

### **6.1.6 Werterhaltung von Hochleistungsstrassen im Kanton Zürich**

Der Artikel „Wererhaltung von Hochleistungsstrassen: Beispiel Zürich“ [4] erschien im Verlauf der Bearbeitung des Forschungsauftrages und beschreibt ein Modell, mit dem sich der aktuelle Wiederbeschaffungswert des Hochleistungsstrassennetzes ermitteln lässt. Die im Modell eingeführten Einheitspreise für die einzelnen Anlageteile basieren auf kalkulierten Einzelpositionen. Diese Preise können, wenn nötig, aktualisiert und den regionalen Verhältnissen bzw. technischen Entwicklungen angepasst werden. Aufgrund von Langzeitbeobachtungen ist der Alterungsverlauf der verschiedenen Anlageteile bekannt. Somit lässt sich für jeden Anlageteil eine Gebrauchsdauer festlegen und in die Modellrechnung einführen. Die jeweils angenommene Gebrauchsdauer beträgt dabei immer ein Vielfaches der kürzesten Gebrauchsdauer des Anlageteiles  $x$ . Durch die Vorgabe der Gebrauchsdauer der einzelnen Anlageteile ist es möglich, den jährlichen Wertverlust auf einfache und nachvollziehbare Art zu bestimmen.

Das in diesem Artikel beschriebene Modell weist viele Parallelen zum in diesem Bericht erläuterten Modell auf, weswegen Kontakt mit Herrn Egger des Tiefbauamtes des Kantons aufgenommen wurde. Auf dieses Gespräch wird später in diesem Bericht noch eingegangen.

### **6.1.7 Werterhaltung Kantonsstrassen Kanton Solothurn**

Im Frühjahr 2004 wurde eine Studie des Amtes für Verkehr und Tiefbau des Kantons Solothurn veröffentlicht, welche den Erhaltungsbedarf der Kantonsstrassen im Kanton Solothurn beziffert [5].

Diese Studie beziffert aus einer Netzsicht entsprechend dem Grundmodell Werterhaltung die für die Erhaltung des Kantonsstrassennetzes im Kanton Solothurn notwendigen Investitionen. Das methodische Vorgehen ist also identisch mit dem Vorgehen, welches diesem Forschungsprojekt zugrunde liegt.

Die sowohl dem Wiederbeschaffungswert wie auch dem Alterungsbeiwert zugrunde gelegten Annahmen beruhen auf Durchschnittswerten aus verschiedenen Publikationen. Aus diesem Grund können diese Werte wohl für einen Vergleich mit dem in diesem Forschungsvorhaben gewählten Werten dienen, aber nicht direkt einen Input geben.

### **6.1.8 Gutachten Erhaltungsbedarf Strassenverkehrsanlagen Kanton Luzern**

Das Baudepartement des Kantons Luzern hat im Rahmen eines unabhängigen Gutachtens [6] im Dezember 2000 abklären lassen, mit welchen Aufwendungen für die Erhaltung des Kantonsstrassennetzes in der Zukunft zu rechnen sei und welche Konsequenzen bei ungenügendem Erhaltungsaufwand resultieren.

In dieser Studie wurden die tatsächlichen Erhaltungsaufwendungen der letzten fünf Jahre sowie die Zustandsentwicklung der Kantonsstrassen im Rahmen von Interviews mit den Unterhaltsverantwortlichen des Verkehrs- und Tiefbauamts sowie Datenrecherchen und -aufbereitungen ermittelt.

Basierend auf die Auswertungen aktueller Projekte durch das Verkehrs- und Tiefbauamt wurden Wiederbeschaffungswerte pro Quadratmeter Strasse von 300 CHF (ausserorts) bis 400 CHF (innerorts) ermittelt. Der Mittelwert lag bei 330 CHF und ist eher konservativ eingesetzt, vor allem da dieser Betrag auch die Anteile für Rad-/Gehwege und Trottoirs enthalten müsste.

Der Wertverlust pro Jahr wurde aus der Division des Wiederbeschaffungswertes durch die spezifische Lebensdauer des Anlageteils berechnet. Wobei die spezifischen Lebensdauern der Anteile „normgemäss“ wie folgt angenommen wurden:

- Deckschicht: 25 a,
- Tragschicht: 50 a,
- Fundationsschicht: 100 a,
- Entwässerung/Kanäle: 50 a,
- Leitschranken und Zäune: 25 a,
- Kleinere Betonkonstruktionen: 75 a.

Die Summe aller Wertverluste ergibt den totalen Wertverlust in Franken pro Quadratmeter und Jahr. Schliesslich beträgt das Verhältnis des totalen Wertverlustes in Franken bezogen auf den Wiederbeschaffungswert eines Quadratmeters Strasse und somit der über alle Anlageteile gemittelte jährliche Wertverlust der Strasse 2.1 %.

### 6.1.9 Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst

Die Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst [7] der Fachorganisation für Entsorgung und Strassenunterhalt (FES) schlägt eine mögliche Gliederung der Tätigkeiten von Strasseninspektoraten und Werkhöfen vor. Diese Gliederung unterscheidet in erster Linie zwischen den Produktgruppen Bau, Unterhalt / Erhaltung, Betrieb und Zusatzaufgaben. Diese werden wiederum in Detailprodukte, bzw. Tätigkeiten gegliedert. So wird der Unterhalt in die Tätigkeiten Erneuerung und baulicher Unterhalt aufgeteilt. Die Tätigkeit betrieblicher Unterhalt ist hingegen ein Detailprodukt der Produktes Betrieb.

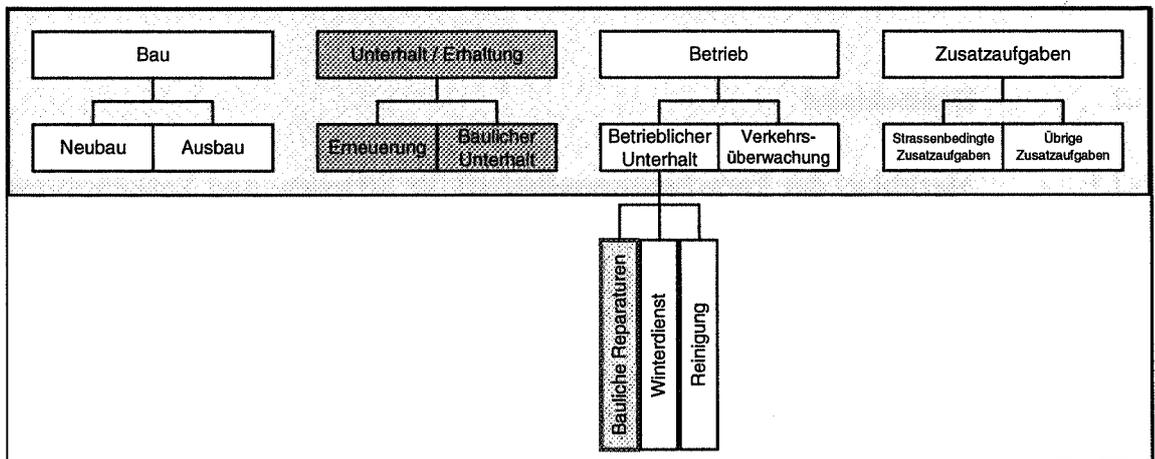


Abbildung 4: Zuordnung der Tätigkeiten gem. [7]

Im Rahmen dieses Forschungsauftrags wird vor allem die Produktgruppe „Unterhalt / Erhaltung“ betrachtet. Die finanziellen Ressourcen für diese Gruppe von Massnahmen werden in der Regel über projektspezifische Kreditbeschlüsse der zuständigen Behörden gesichert.

Der betriebliche Unterhalt beinhaltet ebenfalls einen baulichen Teil, nämlich die sog. „bauliche Reparaturen“. Die werden in der Regel als „quasi Fixkosten“ über die normalen Aufwendungen des Strassenunterhaltes auf Sammelpositionen kontiert. Aus diesem Grund sind diese Aufwendungen in vielen der heute bekannten Kennwerte nicht berücksichtigt, was zum Teil die grossen Unterschiede in der Literatur erklären mag. Im Rahmen der Umfragen wurde festgestellt, dass auch diese Ausgaben vermehrt unter Druck kommen und deshalb im Rahmen dieser Studie berücksichtigt werden müssen.

Zudem besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Einsparungen im Bereich Unterhalt / Erneuerung und den Aufwendungen für bauliche Reparaturen. Diese steigen nämlich deutlich an, wenn in den Bereich Unterhalt / Erneuerung weniger investiert wird resp. wenn die notwendigen Unterhaltsmassnahmen zeitlich verzögert werden. Diese Zusammenhänge können aber im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt werden. Sie sollten aber im Rahmen weiterer Forschungsprojekte vertiefter analysiert werden.

Die Gliederung in [7] ist detaillierter und praxisbezogener als in der SN 640900a. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Studie mehrheitlich auf diese Empfehlung abgestützt.

#### **6.1.10 Vergleich der Kosten im betrieblichen Strassenunterhalt in Schweizerischen Städten**

Seit mehreren Jahren vergleicht eine Arbeitsgruppe der FES (siehe vorhergehendes Kapitel) mit Vertretern von acht grösseren Städten die Leistungen und Kosten im betrieblichen Strassenunterhalt basierend auf den gemeinsam erarbeiteten Grundlagen. Im Artikel „Vergleich der Kosten im betrieblichen Strassenunterhalt in Schweizerischen Städten“ [8] werden die Resultate vorgestellt.

### **6.2 Deutschland**

#### **6.2.1 Merkblatt der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen**

Die deutsche Kommission „Kommunaler Strassenbau“ der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV) beschloss im November 1998 ein Merkblatt mit den folgenden zwei Zielsetzungen zu erarbeiten:

- Durch eine einheitliche Definition der Erhaltungsmassnahmen eine gemeinsame Datenbasis zu schaffen.
- Kennzahlen zu erarbeiten, mit deren Hilfe der Erhaltungsaufwand einfach ermittelt werden kann.

Diese Aufgabenstellung ist vergleichbar mit vorliegendem Forschungsauftrag. In einer Umfrage sind alle 172 deutschen Gemeinden mit mehr als 50'000 Einwohnern befragt worden. Die ersten Auswertungen der Umfrage wurden in einem Artikel „Finanzbedarf der Strassenerhaltung in den Gemeinden“ [9] von Herrn M. Krause des Tiefbauamtes der Stadt Münster anlässlich seines Vortrages auf dem Kolloquium „Systematische Strassenerhaltung in Kommunen“ vorgestellt. Im Herbst 2004 wurde das Merkblatt [10] publiziert.

Das im Merkblatt angegebene Vorgehen zur Berechnung des Finanzbedarfs ist nahezu identisch mit dem in diesem Forschungsbericht vorgestellten Verfahren. Auch das Deutsche Merkblatt geht von einem Wiederbeschaffungswert und einem Alterungsbeiwert aus.

Am 3. Dezember 2004 konnte ein telephonisches Gespräch mit Herrn Dr. Kienlein von der Universität der Bundeswehr München durchgeführt werden. Herr Dr. Kienlein war Mitglied der Ad-hoc-Gruppe „Finanzbedarf der Strassenerhaltung in den Gemeinden“ der Kommission „Kommunaler Strassenbau“ welche das Merkblatt erarbeitet hat. Leider existiert kein Forschungsbericht welcher die Arbeiten der Ad-hoc-Gruppe dokumentiert. Das Merkblatt und der Artikel von Herrn Krause sind die einzigen Publikationen. Herr Dr. Kienlein hat das Vorgehen am Telefon jedoch ausführlich erläutert.

In der Arbeitsgruppe, die Vertreter von Gemeinden unterschiedlichster Grösse umfasste und somit sehr heterogen war, wurde zuerst festgelegt, was überhaupt zur Strassenerhaltung gehört. Es sind dies nicht nur die Massnahmenkosten sondern auch alle anderen Aufwendungen der Kommunen für den Erhaltungsbedarf, wie z.B. Personalkosten für die Kontrolle, Fremdleistungen, etc. Diese Festlegung ist eine fundamentale Grundlage, um überhaupt Aussagen zu den Kosten machen zu können. Die gewählte Abgrenzung ist vergleichbar, aber nicht identisch mit der vom FES in [7] vorgestellten Struktur. So fallen in der Deutschen Struktur alle baulichen Massnahmen, also auch die „baulichen Reparaturen“ (gem. Terminologie FES) unter die „bauliche Erhaltung“.

Nach dieser Festlegung wurde ein Fragebogen entworfen, um u.a. statistische Werte von Gemeinden zu den Strecken und Flächen des Strassennetzes zu erhalten und um die Tauglichkeit einer vorgeschlagenen Kategorisierung zu prüfen. Die folgenden Kategorien wurden vorgeschlagen: Anliegerstrassen, Verkehrsstrassen, Wirtschaftswege, Nebenanlagen und Sonstige Anlagen. Auch wurden die Leiter der Tiefbauämter danach gefragt, was sie an Erhaltungsgelder (Stadtkämmerei<sup>2</sup>) erhalten und wie viel sie tatsächlich benötigen.

Dieses Vorgehen gleicht dem Vorgehen bei vorliegender Forschungsarbeit sehr. Die Kategorisierung wurde hingegen nicht wie in vorliegender Forschungsarbeit primär anhand der Verkehrsbelastung sondern nach einer einfachen verkehrstechnischen Klassifikation vorgenommen. Die Resultate der Befragung waren insgesamt ernüchternd. So geben die Gemeinden an, mehr Gelder zu benötigen; die meisten dieser Gemeinden sind jedoch nicht in der Lage diese Gelder bzw. die Bedarfszahlen zu beziffern.

---

<sup>2</sup> Die Stadtkämmerei ist für die städtische Finanzplanung zuständig und überwacht den Haushaltvollzug sowie die über- und ausserplanmässigen Ausgaben und stellt die Jahresrechnung auf.

Die Befragung fand bei 172 Gemeinden mit einer Einwohnerzahl grösser als 50'000 Einwohner statt. Davon haben zwar 70 geantwortet, aufgrund der schlechten Datengrundlagen standen schliesslich aber nur wenige aussagekräftige Antworten zur Verfügung. In vielen Gemeinden ist die Dokumentation der Strassenerhaltung noch sehr rudimentär.

Auch in der deutschen Forschungsarbeit wurde eine Musterstrasse definiert. Ferner gilt das Merkblatt ebenfalls nur für Strassen mit einem regelgemässen Aufbau. Der historisch gewachsene Aufbau wird dem Nachholbedarf zugerechnet. Ausserdem trat bei der Ermittlung der Nutzungsdauer die gleiche Problematik wie bei der vorliegenden Forschungsarbeit auf. Eine Anliegerstrasse weist theoretisch eine sehr lange Nutzungsdauer (> 100 Jahre) auf, welche aber in der Praxis durch die Werkleitungs-erneuerungen negativ beeinflusst wird. Zusätzlich lagen z.B. die Antworten bezüglich der Nutzungsdauer einer Deckschicht, sowohl bei den Verkehrsstrassen als auch bei den Anliegerstrassen, deutlich über den bei der Bemessung angenommenen Werten. Deshalb wurden die für das Merkblatt verwendeten Nutzungsdauern teilweise gegenüber den in der Literatur gefundenen Zahlen angehoben. Mit diesen Werten wurden anhand einer Abschreibungsrechnung Abschreibungswerte erhalten. Diese Zahlen lagen bei ca. 3 Euro/m<sup>2</sup> für die Wiedererstellung einer DS, was objektiv gesehen realistisch ist, aber subjektiv als sehr hoch empfunden wird. So mussten die Werte nochmals überarbeitet werden. Dazu wurden zwei Faktoren berücksichtigt, die einen erheblichen Einfluss haben. Dies sind einerseits die Kosten für Unterhaltungsarbeiten (wie kleinere Flickarbeiten, etc.) andererseits die „eingesparte Erhaltung“ aufgrund der Tatsache, dass die Gelder für Erweiterung und Umbau z.B. aus städtebaulichen Gründen wie Tempo-30-Zonen anderen Konti belastet und nicht unter Erhaltung abgerechnet werden. Dies wird in den einzelnen Gemeinden sehr unterschiedlich gehandhabt. In den Gemeinden, welche im Gremium vertreten waren, wurden Überschlagsrechnungen gemacht, aus denen Mittelwerte gebildet wurden. Somit erhielt man %-Werte für die Unterhaltung und %-Werte für die ersparte Unterhaltung infolge Ausbau, Umbau etc. Mit diesen Werten wurden in den Gemeinden Proberechnungen durchgeführt um zu ermitteln, ob die Werte plausibel sind. Erwartungsgemäss lagen die ermittelten Erhaltungskosten welche pauschal ohne Aufteilung der Strassenverkehrsanlagen auf verschiedene Strassentypen ermittelt wurden bei Gemeinden, die nicht der „statistischen Mustergemeinde“ entsprachen, entweder zu tief oder zu hoch. Sobald differenzierte Werte eingesetzt wurden (Euro/m<sup>2</sup> Fahrbahn Verkehrsstrasse resp. Anliegerstrasse, Wirtschaftswege etc.) waren die Resultate jedoch entsprechend realistisch.

In dem Gespräch mit Herrn Dr. Kienlein wurde generell ersichtlich, dass viele Parallelen zwischen der deutschen und der vorliegenden Forschungsarbeit bestehen. Dass unabhängig voneinander ein vergleichbares Verfahren entwickelt wurde, dass in der Befragung ähnliche Erfahrungen gemacht wurden und zudem die Resultate in einer vergleichbaren Grössenordnung liegen, ergibt ein zusätzliches Indiz für die Tauglichkeit des in dieser Studie vorgestellten Verfahrens.

### **6.2.2 Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen**

Im Entwurf „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen (EWS)“ [11] gibt es ein Kapitel zu den laufenden Kosten, das durchschnittliche Grundwerte (Richtwerte) der laufenden Kosten enthält.

Bei diesen laufenden Kosten werden die Massnahmen zum Unterhalt von Strassen erfasst. Unter Unterhalt werden Sofortmassnahmen und Massnahmen kleineren Umfangs (baulicher Unterhalt) sowie Arbeiten zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft wie Reinigungs-, Kontroll-, Pflegearbeiten und Winterdienst (betrieblicher Unterhalt) verstanden. Diese Aufwendungen sind vor allem vom Strassentyp, der Anzahl und der Grösse der Kunstbauten, sowie vom Umfang der Strassenausstattung abhängig.

Die Strassentypen, nach denen die laufenden Kosten kategorisiert wurden, sind Autobahnen, sonstige Ausserortsstrassen, Innerortsstrassen und Sonstiges (Brücken, Tunnels, etc.), nähere Angaben zur Definition dieser Strassentypen sind im Merkblatt nicht enthalten. Diese Kategorisierung ist nicht mit der in diesem Bericht verwendeten vergleichbar, insbesondere da sich der vorliegende Forschungsauftrag einerseits auf die Strassen des Gemeindestrassennetzes beschränkt und andererseits die Kunstbauten nicht mit einbezieht. Aus diesen Gründen konnten die Werte nicht zum Vergleich hinzugezogen werden.

### **6.2.3 Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstrassen**

Das Dokument „Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstrassen“ [12] beinhaltet eine Abgrenzung der Strassenerhaltung zu den anderen Bereichen des Strassenbaues, die zum Vergleich mit der schweizerischen Abgrenzung herbeigezogen wurde.

### **6.2.4 Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Strassenbefestigungen**

Die Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Strassenbefestigungen (RPE-Stra 01) [13] beschreiben als Rahmenrichtlinien alle wesentlichen verwaltungstechnischen Planungsstufen einer effizienten und systematischen Strassenerhaltung. Die durch Forschungsarbeiten entwickelten Ablaufverfahren werden in praktisches Verwaltungshandeln überführt und die in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich ablaufenden Erhaltungsplanungen für die Bundesfernstrassen vereinheitlicht. Die Regelungen der RPE-Stra 01 gelten in erster Linie für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Strassenbefestigungen der Bundesfernstrassen. Sie können dennoch sinngemäss auch für die Erhaltungsplanung anderer Strassenklassen angewendet werden. Jedoch basieren diese Richtlinien auf einer bottom-up Sicht und sind somit nicht auf die vorliegende Forschungsarbeit übertragbar.

## **6.3 England**

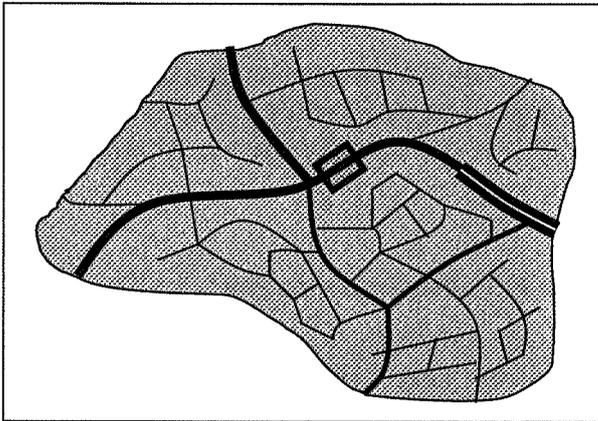
Die Recherchen ergaben, dass die englische Normung von einer bottom-up Sicht ausgeht. Es bestehen zwar Ansätze um die Erhaltungskosten zu berechnen, dabei wird aber in hohem Masse auf die Nutzerkosten eingegangen, was nicht Gegenstand dieses Forschungsauftrages ist.

## 7 ÜBERGANG OBJEKTSICHT ZU NETZSICHT

In der Regel basierten alle bis jetzt dokumentierten Modelle, wie vorstehend beschrieben, auf einer bottom-up Sicht. Diese wurde meist als Zusammenfassung von Einzelmassnahmen gewonnen.

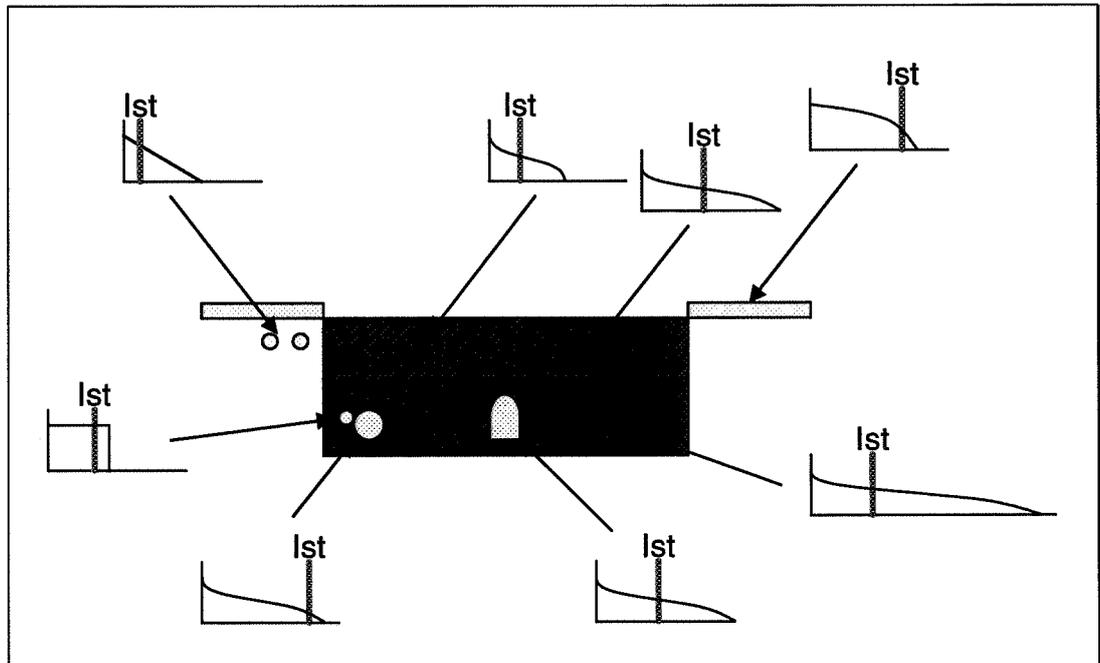
Dieser Ansatz vermag aber aufgrund der sehr unterschiedlichen Altersverteilungen und Alterungsverhalten der verschiedenen Objekte eines Strassennetzes für eine Netzsicht nicht zu genügen resp. ist aufgrund der Datenmenge nicht praktikabel. Um entsprechend dem Grundmodell Werterhaltung den Wertverlust auch aus einer top-down oder Netzsicht quantifizieren zu können, muss deshalb ein neues Verfahren entwickelt und angewendet werden.

Nachstehend ist schematisch ein Gemeindestrassennetz abgebildet. Dieses besteht in der Regel aus verschiedenen Strassen unterschiedlicher Hierarchie und Funktion, welche in der Graphik mit unterschiedlichen Strichstärken angedeutet sind.



**Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Abschnittes eines Gemeindestrassennetzes**

Während in der Objektsicht die exakte Kenntnis der verschiedenen Objekte meist aus einer Zustandserfassung im Vordergrund steht, geht es in einer Netzsicht darum, generelle Aussagen zur Gesamtheit aller Objekte machen zu können. Eine Aufsummierung über die verschiedenen Bauteile kann dabei infolge der grossen Datenmenge und der benötigten Informationen, welche in der Regel nicht verfügbar sind, nicht in Frage kommen.



**Abbildung 6: Schematische Darstellung der Altersverteilung eines Strassenabschnittes für die einzelnen Bauteile**

Abbildung 6 zeigt schematisch mögliche Altersverteilungen verschiedener Bauteile der Strasse und der Werkleitungen in einem Abschnitt auf. Es ist zu berücksichtigen, dass sehr viele unterschiedliche Abschnitte mit entsprechend unterschiedlicher Alters- resp. Zustandsverteilung der verschiedenen Anlageteile bestehen, welche nur schon ein Aufsummieren über eine Strasse oder einen Strassenzug enorm aufwendig machen.

Die kommunalen Strassen sind zudem häufig wichtige Träger von Werkleitungen, welche wiederum einen deutlich unterschiedlichen Alterungsverlauf aufweisen. Zudem haben Werkleitungen in der Regel klare Kriterien, bei welchen die Gebrauchsdauer erschöpft ist und ein rascher, z.T. sogar sofortiger Ersatz erfolgen muss (z.B. Gasleitungen).

Aus diesem Grund können bisherige Ansätze, welche auf einer bottom-up Sicht basieren, nicht zielführend sein. Als Lösungsansatz für eine top-down Sicht wird deshalb die in Kapitel 4 postulierte Wertverlustformel nachfolgend weiter detailliert und erhärtet.

## 8 UMFragen

### 8.1 Experten- und Fachgespräche

Der gewählte Ansatz wurde im Rahmen von Expertengesprächen erhärtet. Den beteiligten Personen sei auf diesem Weg für die Bereitschaft und die offenen Gespräche herzlich gedankt.

Am 3. März 2004 wurde mit Herrn Egger des Tiefbauamtes (TBA) des Kantons Zürich ein Gespräch geführt, wobei vor allem das von ihm in [4] erläuterte Modell vorgestellt wurde. In diesem Gespräch zeigte sich, dass das gewählte Modell für den Wiederbeschaffungswert und die Lebensdauer im Grundsatz mit den von der Forschungsstelle gewählten Ansätzen übereinstimmt. Unterschiedlich ist natürlich, dass der Einfluss der Werkleitungen auf dem Hochleistungsstrassennetz nicht gegeben ist.

Mit Bezug auf die zitierte Studie [3] wurde am 5. März 2004 ein Gespräch mit Herrn Arioli von Wüest & Partner geführt. Bei diesem Gespräch zeigte sich, dass der von der Forschungsstelle gewählte Ansatz als plausibel und zielführend beurteilt wird.

Am 14. Mai 2004 wurde ein Gespräch mit Herrn Thomas Egli, Geschäftsführer der Firma Road Consult in Wetzikon, durchgeführt. Im Rahmen dieses Fachgesprächs ging es vor allem darum, die beiden gewählten Modelle (Wiederbeschaffungswert und Lebensdauer) mit Erfahrungen aus der Praxis zu erhärten. Dabei zeigte sich, dass im Wiederbeschaffungsmodell vor allem die Randabschlüsse bedeutende Kostentreiber sind, was schliesslich zur Einführung der Belastungskategorie IC (ohne Abschlüsse) geführt hat. Gleichzeitig hat Herr Egli dargelegt, dass der Mittelbedarf als Grundlage für ein Investitionsbudget einer Gemeinde immer auf einer Zustandserhebung basieren muss. In diesem Sinne können die Resultate dieser Studie nur im langfristigen Vergleich herangezogen werden; einzelne Jahresbudgets können aber sowohl nach oben wie nach unten deutlich von diesem Wert abweichen.

Am 21. September 2004 fand ein Gespräch mit Prof. Hansjörg Frey von der Hochschule für Architektur, Bau und Holz (HSB) in Burgdorf statt. Herr Frey zeichnet als Mitverfasser der unter [5] zitierten Studie für den Erhaltungsbedarf der Kantonsstrassen im Kanton Solothurn. Er begutachtete die beiden gewählten Modelle und beurteilte sowohl den transparenten Ansatz als auch die Resultate als plausibel und zielführend.

Am 2. November wurde ein Gespräch mit Herrn Dr. A.-A. Rafi der RAFI Managementberatung geführt. Herr Rafi beschäftigt sich seit 20 Jahren mit dem Thema der Strassenerhaltung und ist in verschiedenen Forschungsaufträgen und Kommissionen der VSS tätig. Herr Rafi beurteilte das gewählte Vorgehen als zweckdienlich und zielführend. Seiner Meinung nach kommt der Bedeutung der Finanzierung in Zukunft eine grössere Bedeutung zu. So müssten auch auf Stufe Massnahmenplanung / Projektfinanzierung die nominalen Ausgaben unter Berücksichtigung der Fremdfinanzierung aufgeführt werden, was zum Teil bei Tiefbauämtern bereits erfolgt (Angaben der Folgekosten). Diese Sicht ist aber nicht direkt Bestandteil dieses Auftrages.

## 8.2 Interviews mit Gemeinden

Im Rahmen des Projektes wurden Interviews mit ausgewählten Gemeinden durchgeführt. Diese Interviews dienten dazu, das hergeleitete Modell auf seine Praxistauglichkeit zu überprüfen, die dem Modell zugrunde gelegten Werte zu erhärten und zusätzlich Erfahrungswerte aus den Gemeinden zu erhalten. Aus diesem Grunde wurden in Zusammenarbeit mit den Mitgliedern der Expertenkommission 28 Gemeinden identifiziert, telefonisch kontaktiert und eine erste Befragungsrunde (siehe Kurzfragebogen im Anhang) durchgeführt. Ziel dieser Runde war es, die in den Gemeinden bereits geleisteten Vorarbeiten auf diesem Gebiet zu ermitteln und das Interesse für die Teilnahme an den Interviews festzustellen.

Die Identifikation der Gemeinden wurde primär anhand von Kriterien der Siedlungsstruktur vorgenommen. Idealerweise hätte auf die Strassenfläche oder -länge je Einwohner abgestützt werden sollen, da dieser Wert die Gemeinden am ehesten in verschiedene Kategorien zuordnen lässt, welche für die Struktur des Gemeindestrassennetzes von Bedeutung sind. Leider sind entsprechende Daten aus der Statistik nicht erhältlich, weshalb einzig auf die Siedlungsdichte abgestützt werden konnte. Zudem sind die Bezeichnungen (siehe Tabelle 1, Spalte „Gemeindetyp“) nicht einheitlich vorgegeben, weshalb auch hier auf eigene Interpretationen abgestützt werden musste.

Die Forschungsstelle wie auch die Expertenkommission erachten den Einfluss lokaler Unterschiede als marginal resp. als mit dem gewählten Verfahren leicht anpassbar.

Ursprünglich war es vorgesehen, anhand dieser kurzen Befragungsrunde fünf repräsentative Gemeinden für die Durchführung detaillierter Interviews auszuwählen. Da das Interesse seitens der angeschriebenen Gemeinden sehr gross war (14 der 17 Gemeinden, die an der ersten Befragungsrunde teilnahmen, waren an einem Interview interessiert), wurde in Rücksprache mit der Expertenkommission beschlossen, alle interessierten Gemeinden in die Interviews einzubeziehen und somit die Resultate breiter abzustützen.

Da es zeitlich nicht möglich war, alle Gemeinden persönlich zu interviewen, wurde ein detaillierter, schriftlicher Fragebogen ausgearbeitet (siehe Anhang). Um sicherzustellen, dass der Fragebogen verständlich und adäquat sei, wurde mit der Gemeinde Erlenbach vorab ein Probelauf mit Interview durchgeführt. Von den 14 angeschriebenen Gemeinden haben schliesslich 12 die Fragebogen ausgefüllt zurück geschickt.

Diese 12 Gemeinden stellen ein breites Spektrum dar, dies sowohl flächenmässig (Siedlungsfläche 78–2'060 ha, bzw. Gemeindefläche 300–6'800 ha), als auch bezüglich der Einwohnerzahl (2'000–166'000 E) und dem Gemeindetyp.

Nr.	Name	Kt.	Einwohner	Gemeindefl.	Siedlungsfl.*	Siedlungsdichte**	Gemeinde Typ
1	Malans	GR	2'055	1'140 ha	78 ha	2'635 Einw./km2	
2	Balgach	SG	4'031	652 ha	140 ha	2'879 Einw./km2	Weindorf im Rheintal
3	Erlenbach	ZH	4'887	297 ha	138 ha	3'541 Einw./km2	Agglomerationsgemeinde, reiche Gemeinde
4	Bottmingen	BL	5'697	299 ha	153 ha	3'724 Einw./km2	Im Agglogürtel der Stadt, Schlafgemeinde
5	Münchenbuchsee	BE	9'540	880 ha	195 ha	4'892 Einw./km2	
6	Hinwil	ZH	9'585	2'231 ha	310 ha	3'092 Einw./km2	Arbeitsplatzgemeinde
7	Münchenstein	BL	11'744	718 ha	402 ha	2'921 Einw./km2	Agglomerationsgemeinde
8	Ostermundigen	BE	15'220	596 ha	279 ha	5'455 Einw./km2	Mittelgrosse Gemeinde
9	Aarau	AG	15'410	894 ha	592 ha	2'603 Einw./km2	
10	Gossau	SG	17'100	2'750 ha	588 ha	2'908 Einw./km2	3. grösste Gemeinde im Kanton St. Gallen
11	Reinach	BL	18'728	700 ha	369 ha	5'075 Einw./km2	Eigenständige Agglogemeinde mit Industrie und dichtem Kern
12	Uster	ZH	28'630	2'856 ha	627 ha	4'566 Einw./km2	Arbeitsplatzgemeinde
13	Köniz	BE	32'681	680 ha			Grosse Gemeinde
14	Luzern	LU	57'420	2'415 ha	953 ha	6'025 Einw./km2	Agglomeration
15	Winterthur	ZH	89'960	6'793 ha	1'867 ha	4'818 Einw./km2	Zentrum, Kernstadt
16	Bern	BE	127'479	5'161 ha			
17	Basel	BS	166'120	2'395 ha	2'060 ha	8'064 Einw./km2	Zentrumsstadt

**Tabelle 1: Liste der an der kurzen Fragerunde beteiligten Gemeinden<sup>3</sup>**

Nr.	Name	Kt.	Einwohner	Gemeindefl.	Siedlungsfl.*	Siedlungsdichte**	Gemeinde Typ
1	Malans	GR	2'055	1'140 ha	78 ha	2'635 Einw./km2	
2	Erlenbach	ZH	4'887	297 ha	138 ha	3'541 Einw./km2	Agglomerationsgemeinde, reiche Gemeinde
3	Hinwil	ZH	9'585	2'231 ha	310 ha	3'092 Einw./km2	Arbeitsplatzgemeinde
4	Münchenstein	BL	11'744	718 ha	402 ha	2'921 Einw./km2	Agglomerationsgemeinde
5	Ostermundigen	BE	15'220	596 ha	279 ha	5'455 Einw./km2	Mittelgrosse Gemeinde
6	Aarau	AG	15'410	894 ha	592 ha	2'603 Einw./km2	
7	Reinach	BL	18'728	700 ha	369 ha	5'075 Einw./km2	Eigenständige Agglogemeinde mit Industrie und dichtem Kern
8	Uster	ZH	28'630	2'856 ha	627 ha	4'566 Einw./km2	Arbeitsplatzgemeinde
9	Köniz	BE	32'681	680 ha			Grosse Gemeinde
10	Luzern	LU	57'420	2'415 ha	953 ha	6'025 Einw./km2	Agglomeration
11	Winterthur	ZH	89'960	6'793 ha	1'867 ha	4'818 Einw./km2	Zentrum, Kernstadt
12	Bern	BE	127'479	5'161 ha			
13	Basel	BS	166'120	2'395 ha	2'060 ha	8'064 Einw./km2	Zentrumsstadt

**Tabelle 2: Liste der an der detaillierteren Fragerunde beteiligten Gemeinden<sup>3</sup>**

Erklärung der Verweise im Tabellentitel:

\* Kt. ZH: eingezonte Fläche

\*\* bezogen auf Siedlungsfläche

## 9 BELASTUNGSKATEGORIEN

### 9.1 Modell

Wir gehen davon aus, dass die Gemeinden mit relativ wenig Aufwand ihr Strassennetz den verschiedenen Kategorien zuordnen können. Anfangs wurden drei Belastungskategorien definiert. Seitens einiger Vertreter der EK 7.10 wurde angeregt, eine zusätzliche Belastungskategorie IV zu berücksichtigen. Aus einem Interview mit der Gemeinde Erlenbach ging hervor, dass es zur Akzeptanz des Modells bei den kleineren Gemeinden beitragen könnte, wenn die Belastungskategorie I zusätzlich in Erschliessungs- und Sammelstrassen unterteilt werde. Wegen des erheblichen Einflusses von Randabschlüssen auf die Kosten wurde zusätzlich zwischen Ortskern und ausserhalb Ortskern unterschieden.

Zum Zeitpunkt der Befragungen waren die Belastungskategorien wie folgt vorgesehen:

Belastungs-kategorie	Verkehrslast-klassen	Tägliche äquivalente Verkehrslast TF [L./Tag]		Verkehrstechnische Klassifikation	
1	A O.	T1	<30	Sehr leicht	ES (Erschliessungsstrasse) im Ortskern
	A a.O.	T1	<30	Sehr leicht	ES (Erschliessungsstrasse) ausserhalb Ortskern
	B O.	T1	<30	Sehr leicht	SS (Sammelstrasse) im Ortskern
	B a.O.	T1	<30	Sehr leicht	SS (Sammelstrasse) ausserhalb Ortskern
2	T2 & T3	30-300	Leicht bis mittel	VS (Verbindungsstrasse)	
3	T4	300-1'000	Schwer	HVS (Hauptverkehrsstrasse)	
4	>T4	>1'000	Sehr schwer bis extrem schwer	HVS, HLS (Hauptverkehrs-, Hochleistungsstrasse)	

**Tabelle 3: Ursprünglich vorgesehene Zuteilung zu den Belastungskategorien<sup>4</sup>**

Nach der Auswertung der Befragungen stellte sich jedoch heraus, dass die in der Tabelle 4 dargestellte Zuteilung der Belastungskategorien nützlicher wäre. Bei dieser Zuteilung wurden die beiden Kategorien IA und IB ausserhalb des Ortskernes zu einer Kategorie IC zusammengefasst. Einerseits war die preisliche Differenz zwischen den beiden Kategorien klein und andererseits bestand der einzige Unterschied darin, dass die Fahrbahnbreite unterschiedlich gewählt wurde, was aber einfach angepasst werden kann.

Die Verkehrslastklassen T1 und T2 wurden zusammengefasst und der Kategorie I zugewiesen. Diese Änderung drängte sich aufgrund der Tatsache auf, dass die interviewten Städte keine Strassen mehr auf die Verkehrslastklasse T1 dimensionieren und zudem auch viele Gemeinden auf diese verzichten.

<sup>4</sup>

O. = Ortskern;  
a.O.= ausserhalb des Ortskerns

Verkehrslastklassen	Tägliche äquivalente Verkehrslast TF [L <sub>n</sub> /Tag]		Im Ortskern	Verkehrstechnische Klassifikation	Belastungskategorie
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	ES	IA
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	SS	IB
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Nein	SS	IC
T3	100-300	Mittel	-	-	II
T4	300-1'000	Schwer	-	-	III
>T4	>1'000	Sehr schwer bis extrem schwer	-	-	IV

**Tabelle 4: Zuteilung zu den Belastungskategorien anhand der Verkehrslastklassen**

Die Zuteilung zu den Belastungskategorien sollte in der Regel anhand der täglich äquivalenten Verkehrslasten erfolgen. Falls diese nicht bekannt sind, kann auch auf die verkehrstechnische Klassifikation zurückgegriffen werden (Tabelle 5).

Verkehrstechnische Klassifikation		Belastungskategorie
ES	Erschliessungsstrasse im Ortskern	IA
SS	Sammelstrasse im Ortskern	IB
SS	Sammelstrasse ausserhalb Ortskern	IC
VS	Verbindungsstrasse	II
HVS	Hauptverkehrsstrasse	III
HVS, HLS	Hauptverkehrs-, Hochleistungsstrasse	IV

**Tabelle 5: Zuteilung zu den Belastungskategorien anhand der Verkehrstechnischen Klassifikation**

Die verkehrstechnische Klassifizierung sollte nur als Erläuterung dienen. Problematisch dabei ist jedoch, dass die kleineren Gemeinden über keine Angaben zur TF resp. zu den Verkehrslastklassen verfügen und somit ohne zusätzlichen Aufwand nur anhand dieser Zuteilung in der Lage sind, ihr Gemeindestrassennetz zu kategorisieren.

Je nach Gemeinde werden unterschiedliche Daten über das Strassennetz zur Verfügung stehen. In aufsteigender Detaillierung können die folgenden benötigten Angaben bezeichnet werden:

- Gesamtlänge Strassennetz
- Gesamtfläche Strassennetz
- Länge Strassennetz nach Belastungskategorien
- Fläche Strassennetz nach Belastungskategorie

Es war vorgesehen, dass aufgrund der Interviews mit den Gemeinden durchschnittliche Prozentanteile ebenfalls hinterlegt werden, sodass minimal mit der gesamten Strassenlänge eine Berechnung vorgenommen werden kann. Im Laufe der Erhebung stellte sich jedoch heraus, dass die Werte weit auseinander liegen und in keiner Hinsicht korrelieren, wodurch es unmöglich ist, plausible Prozentanteile anzugeben.

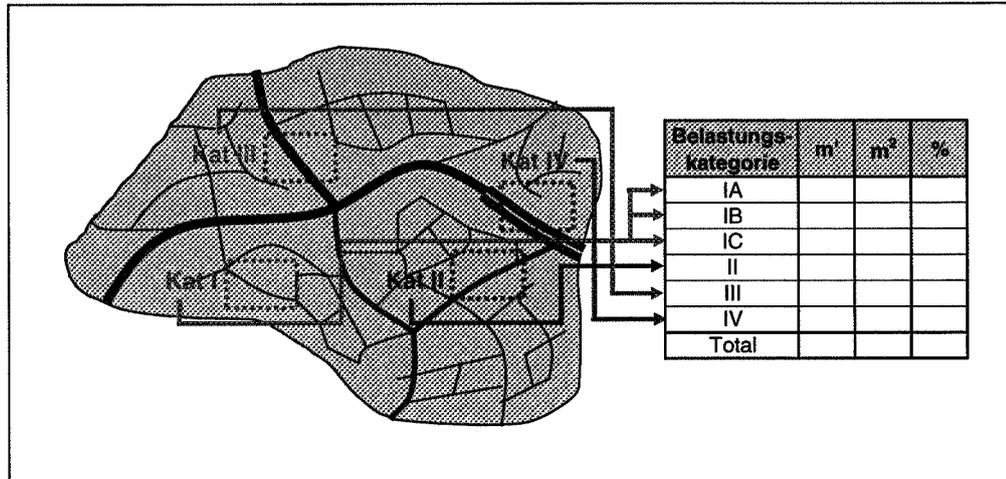


Abbildung 7: Schematische Darstellung eines Gemeindestrassennetzes

## 9.2 Resultate aus der Erhebung

Im Rahmen der detaillierten Erhebung wurden die Gemeinden zu den vorhandenen Daten zu ihrem Gemeindestrassennetz befragt.

### A) Frage Netzgrösse

Bei 11 von 12 Gemeinden war die Gesamtlänge und bei 10 von 12 Gemeinden die Gesamtfläche des Gemeindestrassennetzes bekannt.

Gemeinde	Gesamtlänge [m]	Gesamtfläche [m <sup>2</sup> ]
Aarau	65'000	400'000
Basel	317'500	3'500'000
Bern	320'000	2'542'424
Erlenbach	k. A.	138'500
Hinwil	60'439	278'911
Köniz	171'336	k. A.
Malans	33'255	123'000
Münchenstein	40'550	k. A.
Ostermundigen	30'691	176'200
Reinach	59'600	397'461
Uster	89'665	532'091
Winterthur	356'134	2'980'771

Tabelle 6: Vorhandene Daten zum Gemeindestrassennetz

### B) Frage Kategorisierung

Diese Daten sind bei 6 von 12 Gemeinden nach Kategorien aufgeteilt, dies nach der verkehrstechnischen Erschliessung. Nur die Gemeinde Basel Stadt kategorisiert ihr Strassennetz auch anhand der Verkehrslastklassen.

Gemeinde	Kategorisierung			
	Vorhanden	Nach Verkehrslastklassen	Nach der Verkehrstechn. Erschliessung	Nach anderen Kategorien
Aarau	Nein	Nein	Nein	Nein
Basel	Ja	Ja	Ja	Funktion (Priorität betr. Durchführung von Massnahmen)
Bern	Ja	Nein	Ja	Nein
Erlenbach	Nein	Nein	Nein	Nein
Hinwil	Nein	Nein	Nein	Nein
Köniz	Ja	Nein	Ja	Nein
Malans	Ja	Nein	Ja	Landwirtschaft, Fuss- und Wanderwege, Forstwirtschaft
Münchenstein	Ja	Nein	Ja	Nein
Ostermundigen	Ja	Nein	Ja	Haupt- und Nebenstrassen
Reinach	Nein	Nein	Nein	Nein
Uster	Nein	Nein	Nein	Nein
Winterthur	Nein	Nein	Nein	Nein

**Tabelle 7: Vorhandene Kategorisierung der Gemeindestrassennetze**

### C) Frage Zuordnung

Die Gemeinden wurden dazu befragt, ob es möglich sei, ohne übermässigen Aufwand die Strassen ihres Gemeindestrassennetzes den Belastungskategorien zuzuordnen. Nur bei zwei von 12 befragten Gemeinden ist dies nicht ohne übermässigen Aufwand möglich. Acht der Gemeinden können diese Zuteilung anhand der verkehrstechnischen Erschliessung durchführen, Basel-Stadt kann dies anhand beider Klassifizierungen, die anderen zwei anhand der Verkehrslastklassen.

Gemeinde	Ohne übermässigen Aufwand kategorisierbar	
	Nach Verkehrslastklassen	Nach der Verkehrstechn. Erschliessung
Aarau	Nein	Nein
Basel	Ja	Ja
Bern		Ja
Erlenbach		Ja
Hinwil	Nein	Nein
Köniz		Ja
Malans		Ja
Münchenstein		Ja
Ostermundigen		Ja
Reinach		Ja
Uster	Ja	
Winterthur	Ja	

**Tabelle 8: Möglichkeit zur Kategorisierung**

Dieses Resultat spricht für eine Zuteilung zu den Belastungskategorien anhand der verkehrstechnischen Erschliessung. Die Unterteilung nach ES, SS, etc. ist offenbar geläufiger und einfacher durchzuführen resp. verlangt einen weniger grossen Aufwand.

### D) Frage genügende Belastungskategorien

Die Frage ob die Belastungskategorien nach Ansicht der Gemeinden genügen, um ihr Gemeindestrassennetz zu kategorisieren, wurde von 9 der 12 Gemeinden bejaht. Die Kategorien die gemäss den drei Gemeinden, die diese Frage negativ beantworteten, fehlen, sind einerseits Rad- und Fusswege (Köniz), welche nicht Bestandteil dieses Forschungsauftrages sind, Landwirtschaftswege und Quartierstrassen (Malans) und andererseits Erschliessungsstrassen im Zentrumsgebiet (Winterthur). Mit Erschliessungsstrassen im Zentrumsgebiet sind die Pflästerungen in der Altstadt gemeint. Anfangs dieses Forschungsauftrages wurde die Frage, ob eine separate Kategorie für Pflästerungen eingeführt werden solle, auch gestellt. Bezogen auf das gesamte Strassennetz einer Gemeinde stellen die Pflästerungen jedoch flächenmässig einen nicht relevanten Anteil dar, weswegen auf eine zusätzliche Kategorie verzichtet wurde. Bezüglich der Landwirtschaftswege, so können diese, insoweit sie asphaltiert sind, über die Kategorie ausserhalb des Ortskernes berücksichtigt werden. Falls diese Wege jedoch Naturstrassen darstellen, so gibt es die Möglichkeit, dass die Gemeinde, für die dieser Anteil ihres Strassennetzes relevant ist, selber analog dem in diesem Bericht dargestellten Modell eine Kategorie definiert.

Das in der folgenden Tabelle dargestellte Resultat spricht für die gewählten Belastungskategorien.

Gemeinde	BK genügen	Zusätzl. Kategorien
Aarau	Ja	
Basel	Ja	
Bern	Ja	
Erlenbach	Ja	
Hinwil	Ja	
Köniz	Nein	Rad- und Fusswege inkl. Treppen
Malans	Nein	Landwirtschaft, Quartierstrassen
Münchenstein	Ja	
Ostermundigen	Ja	
Reinach	Ja	
Uster	Ja	
Winterthur	Nein	Zentrumsgebiet

**Tabelle 9: Beurteilung Belastungskategorien**

### E) Frage Unterscheidung Ortskern / ausserhalb Ortskern

Im Rahmen der Befragung wurde auch erhoben, in welchen Gemeinden die Unterscheidung nach Strassen im Ortskern und ausserhalb Ortskern (ohne Entwässerung, Markierung, Beleuchtung, etc.) wichtig ist. Vier Gemeinden (Hinwil, Köniz, Münchenstein und Uster) stufen diese Unterscheidung als relevant ein. Vor allem Agglomerationsgemeinden weisen aber einen geringen Anteil von Strassen ausserhalb des Ortskernes aus, sodass für diese Gemeinden diese Unterscheidung ohne Bedeutung ist.

Gemeinde	Unterscheidung relevant	Unterscheidung nicht relevant
Aarau		Nicht relevant
Basel		Nicht relevant
Bern		Nicht relevant
Erlenbach		Nicht relevant
Hinwil	Ja	
Köniz	Ja	
Malans		Nicht relevant
Münchenstein	Ja	
Ostermundigen		Nicht relevant
Reinach		Nicht relevant
Uster	Ja	
Winterthur		Nicht relevant

**Tabelle 10: Unterscheidung nach Strassen im Ortskern und ausserhalb Ortskern**

Aufgrund der grossen Kostenunterschiede zwischen den Strassen im resp. ausserhalb des Ortskerns wurde beschlossen, diese Unterscheidung ins Modell aufzunehmen. Da die preisliche Differenz zwischen den beiden Kategorien Erschliessungsstrassen und Sammelstrassen ausserhalb des Ortskernes jedoch minimal ausfällt (Unterscheidung nur in der Strassenbreite), wurde beschlossen, diese beiden Kategorien zur Kategorie 1C zusammenzufügen.

#### F) Frage Anteile an Belastungskategorien

Die Gemeinden wurden gebeten, die Anteile ihres Gemeindestrassennetzes an den einzelnen Belastungskategorien zu schätzen bzw. anzugeben, falls diese Angaben exakt vorhanden waren. Einzig die Gemeinde Hinwil hat keine Angaben zu den geschätzten Anteilen an Belastungskategorien erstellt.

Gemeinde	BK 1A O [%]	BK 1A a.O [%]	BK 1B O [%]	BK 1B a.O [%]	BK 2 [%]	BK 3 [%]	BK 4 [%]
Aarau	25	1	13		53	8	
Basel							
Bern	25	4	19.5	2.5	17	14	18
Erlenbach	51		49				
Hinwil	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Köniz							
Malans							
Münchenstein							
Ostermundigen	66		34				
Reinach							
Uster	8.5	6	29	7	29	20.5	
Winterthur							

**Tabelle 11: Abschätzung Flächenanteile pro Belastungskategorie in [Flächen-%]**

Gemeinde	BK 1A O. [%]	BK 1A a.O. [%]	BK 1B O. [%]	BK 1B a.O. [%]	BK 2 [%]	BK 3 [%]	BK 4 [%]
Aarau							
Basel	52.5		14.5		5	17	11
Bern	20	4.5	16.5	3	19	17.5	19.5
Erlenbach							
Hinwil	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Köniz	70	30	30	70			
Malans	30	56	4		10		
Münchenstein	55		33		12		
Ostermundigen							
Reinach	45		45		10		
Uster	11	7	30	7.5	24.5	20	
Winterthur	10		45		30	15	

**Tabelle 12: Abschätzung Laufmeteranteile pro Belastungskategorie in [Laufmeter-%]**

Aus den Tabellen 11 und 12 ist ersichtlich, dass diese Anteile sehr weit auseinander liegen. Aus diesem Grunde ist es nicht möglich, einen Richtwert anzugeben, anhand dessen die Gemeinden mit der Gesamtfläche oder der Gesamtlänge ihres Strassennetzes den Wiederbeschaffungswert ihres Strassennetzes abschätzen können. Somit müssten die Gemeinden in einem ersten Schritt eine Datenbasis resp. Grundlage erstellen, damit das Modell anwendbar ist bzw. sie müssen zumindest in der Lage sein, diese Anteile zu schätzen, anhand einer Karte einzuzeichnen oder ausmessen zu lassen.

### 9.3

#### Fazit

Bei sämtlichen befragten Gemeinden ist die Gesamtfläche und / oder die Gesamtlänge des Gemeindestrassennetzes bekannt. 50 % dieser Gemeinden kategorisiert ihr Strassennetz bereits nach der verkehrstechnischen Erschliessung. Eine Gemeinde ordnet die Strassen ihres Netzes auch den Verkehrslastklassen zu. Nur zwei von 12 Gemeinden können nicht ohne übermässigen Aufwand ihr Strassennetz anhand der vorgeschlagenen Kategorien kategorisieren. Für 10 Gemeinden ist eine Zuordnung ohne übermässigen Aufwand durchführbar. Sieben dieser Gemeinden können dies anhand der verkehrstechnischen Klassifizierung, zwei anhand der Verkehrslastklassen und eine Gemeinde anhand beider Belastungskategorien. Dies lässt darauf schliessen, dass die vorgeschlagene Kategorisierung sinnvoll und anwendbar ist. Es wird jedoch ersichtlich, dass die Klassifizierung nach der verkehrstechnischen Erschliessung geläufiger ist als die nach Verkehrslastklassen. Einzig bei den grösseren Gemeinden wie Basel, Winterthur und Uster, stellt die Kategorisierung anhand der täglich äquivalenten Verkehrslast kein Problem dar. Somit sollte die Kategorisierung anhand der verkehrstechnischen Erschliessung weiterhin ermöglicht werden. Auch wenn dies, wie in Kapitel 9 erwähnt, zu einer falschen Zuweisung zu den Belastungskategorien führen kann. Anhand von Bildern mit typischen ES, SS, VS und HVS könnte die Zuordnung evtl. erleichtert und eine richtige Anwendung sichergestellt werden.

75 % der befragten Gemeinden halten die vorgeschlagenen Belastungskategorien als genügend, um ihr Gemeindestrassennetz zu kategorisieren. Für 33 % der Gemeinden ist die Unterscheidung nach Strassen der Kategorie 1 im Ortskern und ausserhalb des Ortskernes relevant. Es wurde entschieden, dass dies eine genügend grosse Anzahl von Gemeinden sei, um eine zusätzliche Kategorie zu rechtfertigen. Zu dieser Entscheidung trug auch bei, dass ein relevanter Unterschied bezüglich der Kosten im Vergleich zu den Strassen innerhalb des Ortskernes besteht.

Diese Auswertungen lassen darauf schliessen, dass das Modell bezüglich den Belastungskategorien anwendbar ist. Einige Gemeinden werden dazu eine Datenbasis ihres Strassennetzes erstellen müssen. Dies sollte jedoch keinen erheblichen Aufwand darstellen.

Verkehrslastklassen	Tägliche äquivalente Verkehrslast TF [L <sub>n</sub> /Tag]		Im Ortskern	Verkehrstechnische Klassifikation	Belastungskategorie
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	ES	IA
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	SS	IB
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Nein	SS	IC
T3	100-300	Mittel	-	-	II
T4	300-1'000	Schwer	-	-	III
>T4	>1'000	Sehr schwer bis extrem schwer	-	-	IV

**Abbildung 8: Definitive Belastungskategorien (Zuordnung anhand Verkehrslastklassen)**

Verkehrstechnische Klassifikation		Belastungskategorie
ES	Erschliessungsstrasse im Ortskern	IA
SS	Sammelstrasse im Ortskern	IB
SS	Sammelstrasse ausserhalb Ortskern	IC
VS	Verbindungsstrasse	II
HVS	Hauptverkehrsstrasse	III
HVS, HLS	Hauptverkehrs-, Hochleistungsstrasse	IV

**Abbildung 9: Definitive Belastungskategorien (Zuordnung anhand verkehrstechn. Kl.)**

## **10 WIEDERBESCHAFFUNGSWERT**

Für eine transparente Ermittlung des Wiederbeschaffungswertes (WBW) aus einer Netzsicht schlägt die Forschungsstelle vor, auf einem Modellstrassennetz zu basieren. Dazu wird ein repräsentatives Gemeindestrassennetz definiert, welches verschiedene Strassenkategorien, unterschieden nach den Belastungskategorien gem. Kapitel 9, umfasst. Pro Belastungskategorie werden ein Modellstrassenquerschnitt, ein Modellstrassenabschnitt und ein Oberbau definiert. Mit diesem Mengengerüst können die Kosten strukturiert und transparent erhoben werden. Auch können mit dieser Methode gemeindespezifische Faktoren jederzeit entsprechend dem Kenntnisstand und den vorhandenen Grundlagen berücksichtigt werden.

Das hier vorgestellte Modell zur Berechnung des Wiederbeschaffungswertes basiert auf dem Kostenstand 2004, wobei Durchschnittspreise und keine Kampfpfeise verwendet wurden. Das Modell ist gültig für eine netzweite Berechnung des WBW. Es ist hingegen nicht zulässig, die gewählten Grundlagen objektspezifisch, z.B. für Preisannahmen, zu verwenden.

### **10.1 Strassen-Querschnitte und -Oberbau**

#### **10.1.1 Modell**

Jeder Belastungskategorie wird ein Modellstrassen-Querschnitt mit zugehörigem Oberbau zugeordnet. Die Wahl der Norm-Querschnitte und des Oberbaus basiert auf den entsprechenden VSS Normen. Die Normquerschnitte orientieren sich dabei an der Norm SN 640200, 640201 und 640202 und am heutigen Bestand. Es wurden bewusst nicht die aktuellen Normquerschnitte sondern abgeminderte, dem heutigen Durchschnitt der Gemeindestrassen entsprechende Querschnitte definiert.

Der Aufbau Fahrbahn und Trottoir wurde gemäss SN 640324 definiert. Die Aufteilung des Asphaltbetonbelages wurde, in Anbetracht des Zeitpunktes der Publikation dieses Forschungsauftrags, anhand der neuen Norm SN 640430, die ab 2005 gültig ist, festgelegt. Diese neue Norm definiert u.a. neue Mischgutbezeichnungen. In den nachfolgenden Abbildungen wurden neben den neuen Bezeichnungen die bisherigen in Klammern ebenfalls aufgeführt. Die Tragfähigkeit des Untergrundes wurde für alle Kategorien mit S2 angenommen.

Nachfolgend wird pro Belastungskategorie ein Querschnitt der Modellstrasse dargestellt und der zugehörige Aufbau des Fahrbahn- und Trottoiroberbaus definiert. Derzeit ist der Trottoiraufbau für alle Belastungskategorien gleich gewählt. Als Resultat der Forschungsarbeit stehen anschliessend Werte für den Wiederbeschaffungswert je Belastungskategorie zur Verfügung.

Das von der Forschungsstelle entwickelte einfache EDV-Modell (Excel-File) erlaubt, dass alle nachfolgend blau dargestellten Eingabefelder verändert werden können. Liegen von einer Gemeinde repräsentative Erfahrungswerte vor, so können mit Hilfe des EDV-Modells gemeindespezifische Wiederbeschaffungswerte berechnet werden. Bei einer Änderung der Werte in den blauen Eingabefeldern werden die gelb hinterlegten Felder automatisch neu berechnet.

## A) Belastungskategorien I

### Querschnitt Belastungskategorie IA (Erschliessungsstrasse) Ortskern

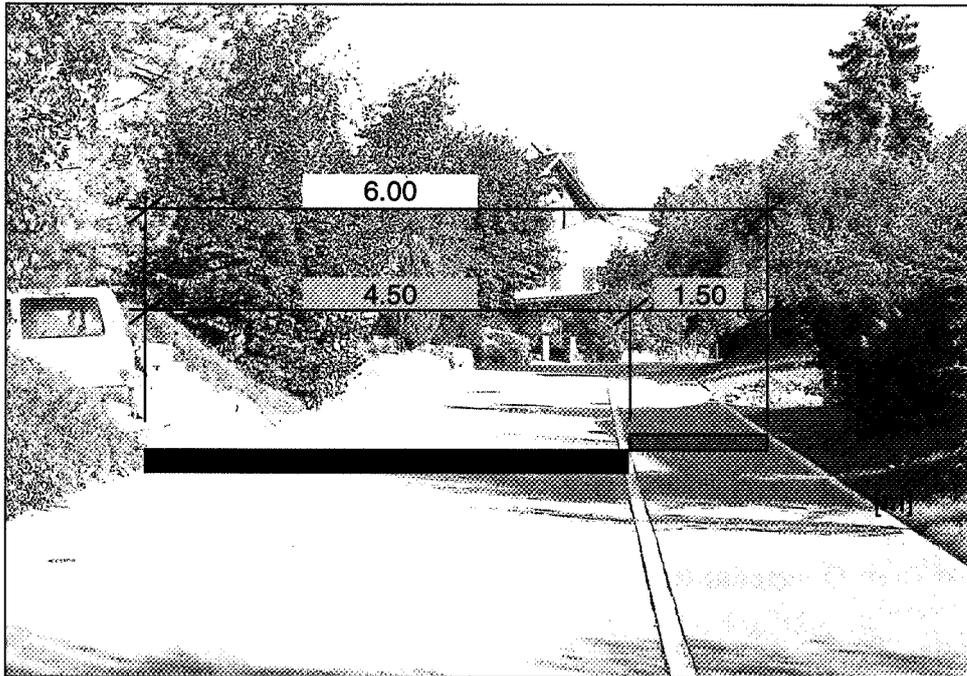


Abbildung 10: Belastungskategorie IA (Erschliessungsstrasse) Ortskern

### Querschnitt Belastungskategorie IB (Sammelstrasse) Ortskern

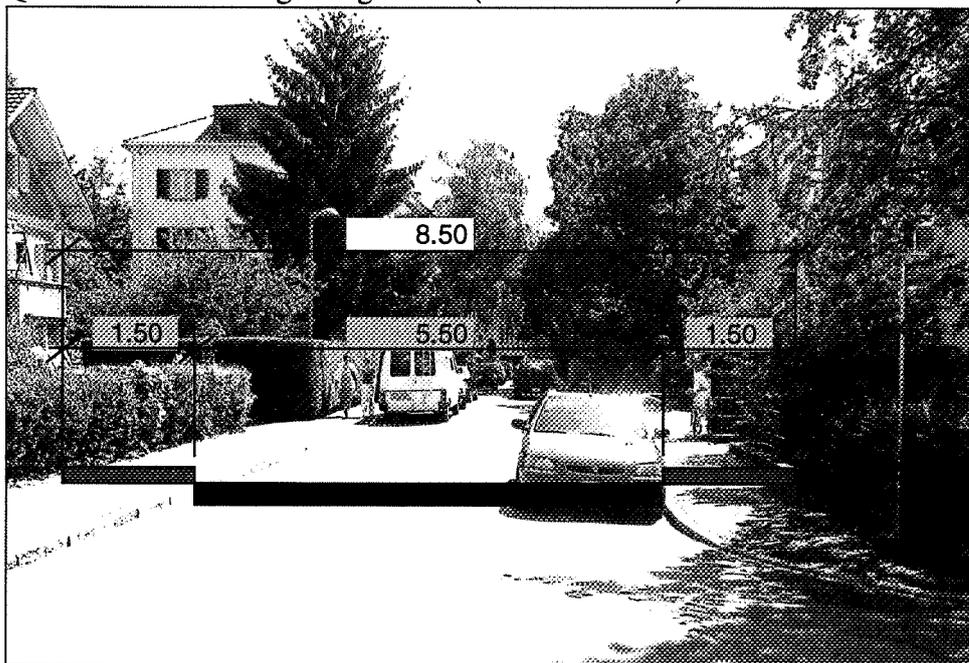


Abbildung 11: Belastungskategorie IB (Sammelstrasse) Ortskern

Querschnitt Belastungskategorie IC ausserhalb Ortskern

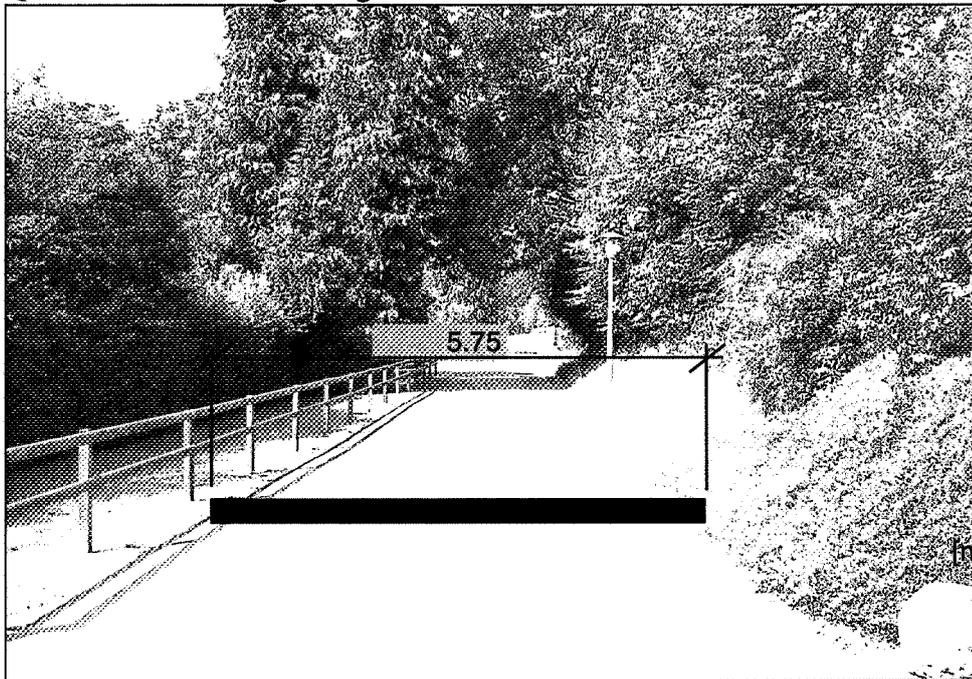


Abbildung 12: Belastungskategorie IC (Sammelstrasse) ausserhalb Ortskern

Aufbau Belastungskategorie I

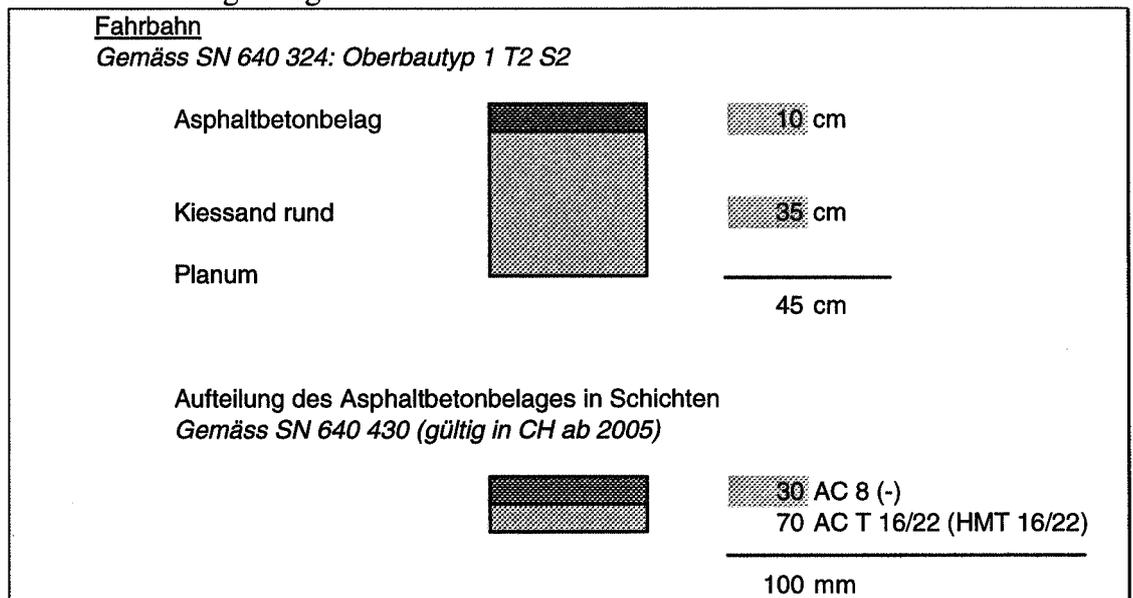
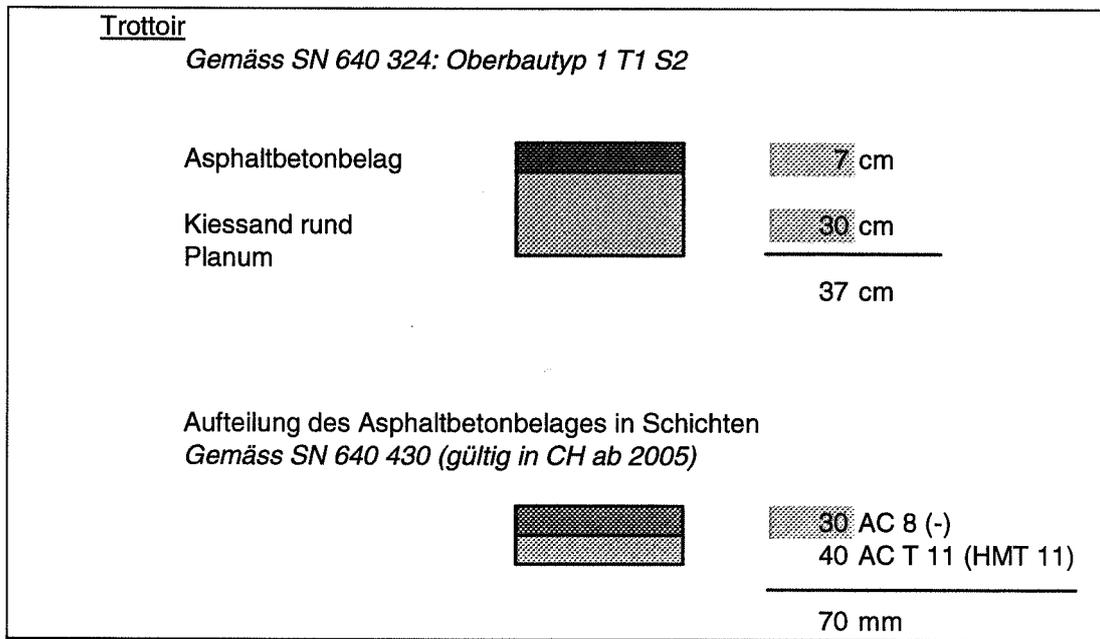


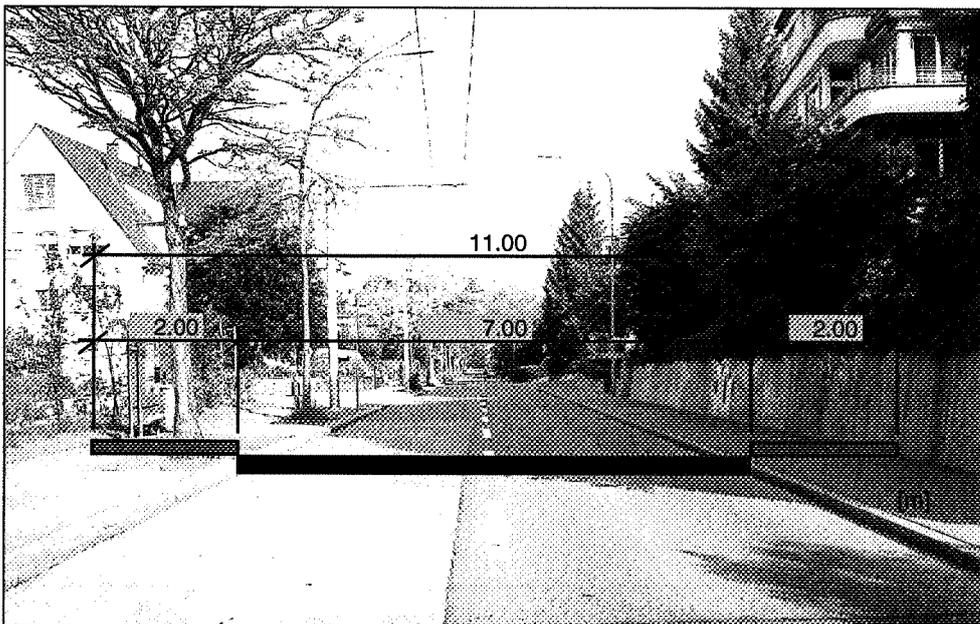
Abbildung 13: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie I



**Abbildung 14: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie I**

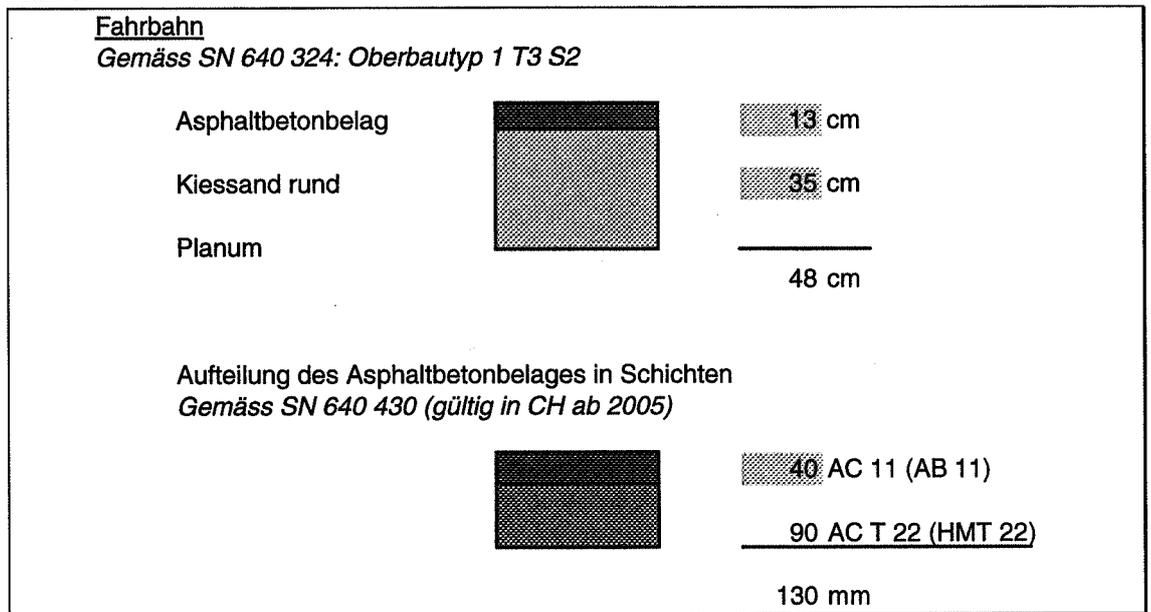
**B) Belastungskategorie II**

Querschnitt

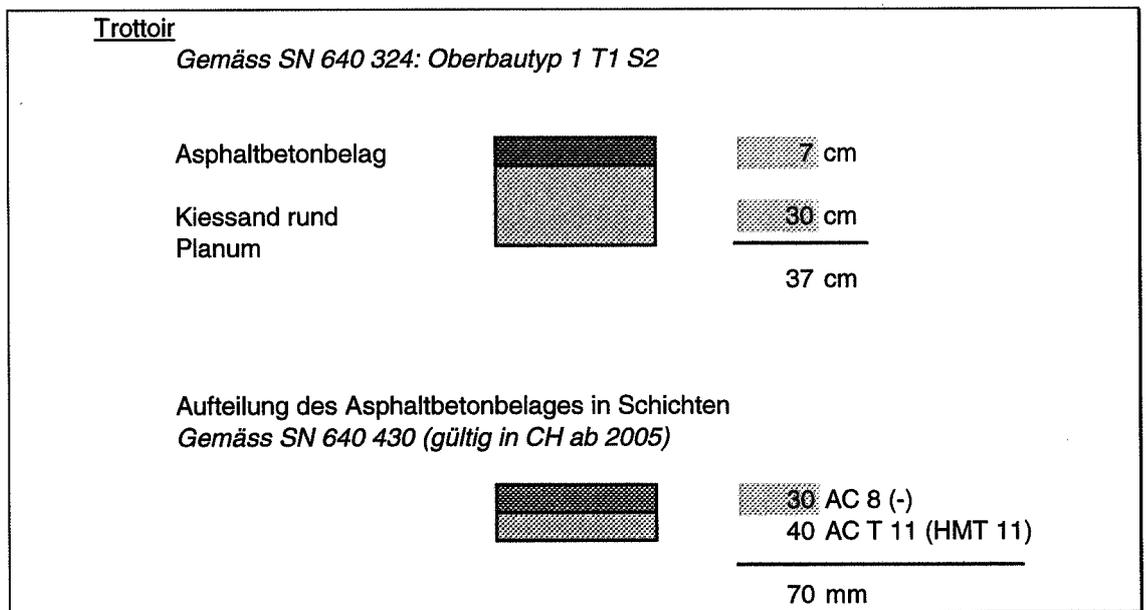


**Abbildung 15: Belastungskategorie II**

**Aufbau**



**Abbildung 16: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie II**



**Abbildung 17: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie II**

### C) Belastungskategorie III

#### Querschnitt



Abbildung 18: Belastungskategorie III

#### Aufbau

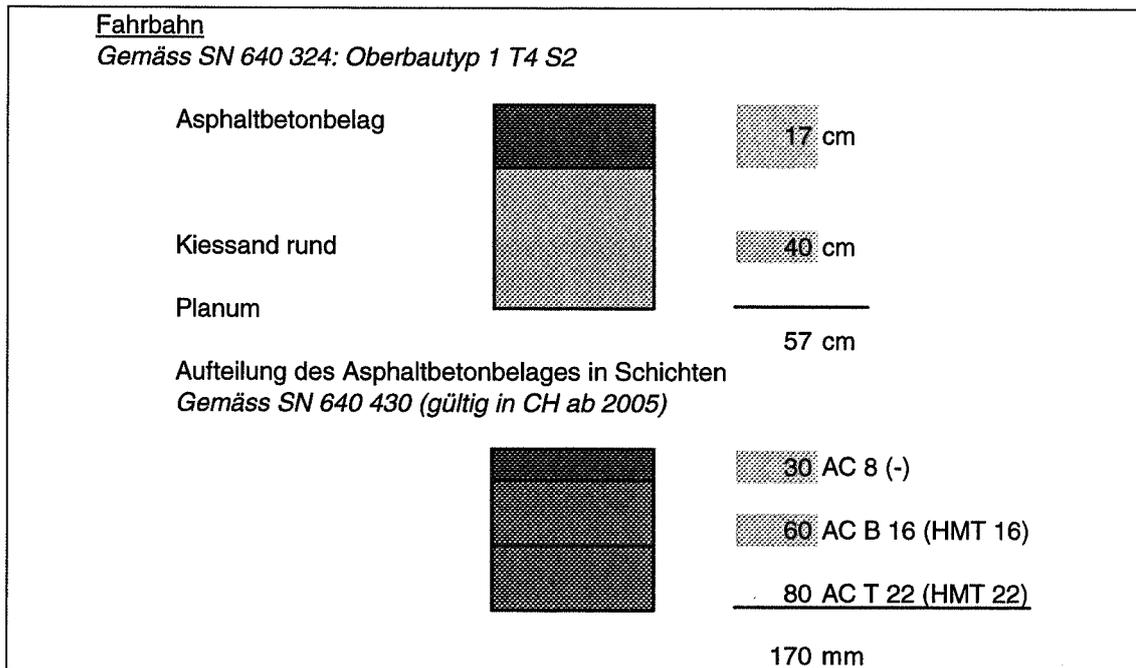


Abbildung 19: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie III

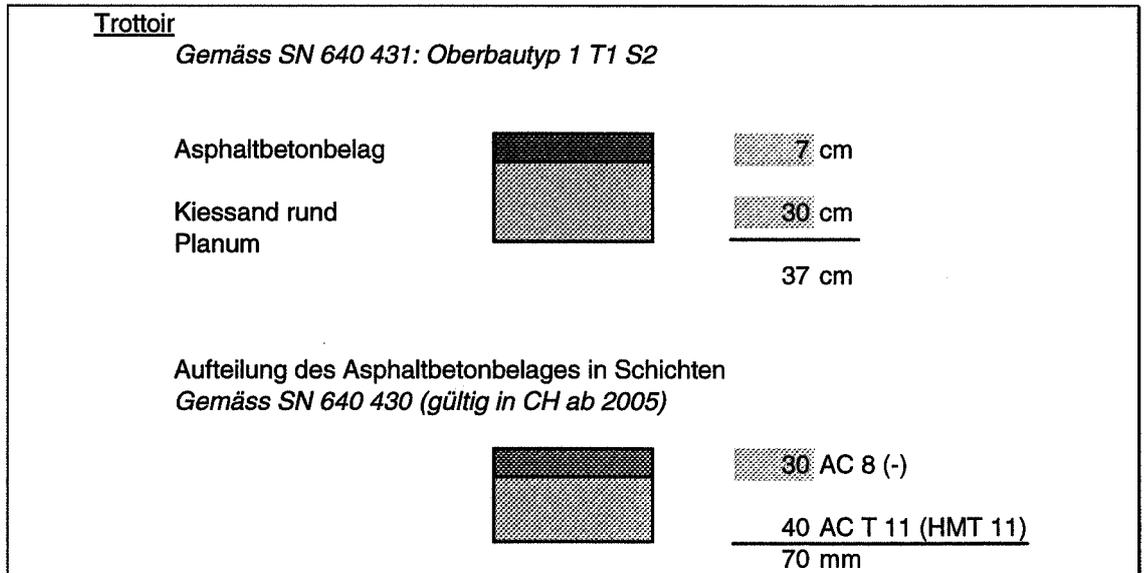


Abbildung 20: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie III

**D) Belastungskategorie IV**

Querschnitt

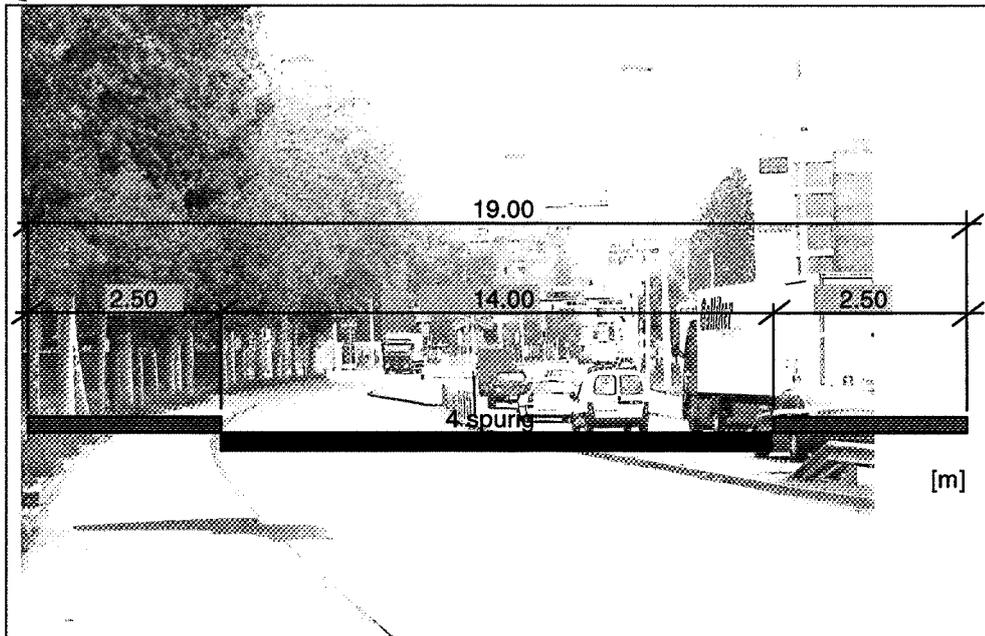


Abbildung 21: Belastungskategorie IV

## Aufbau

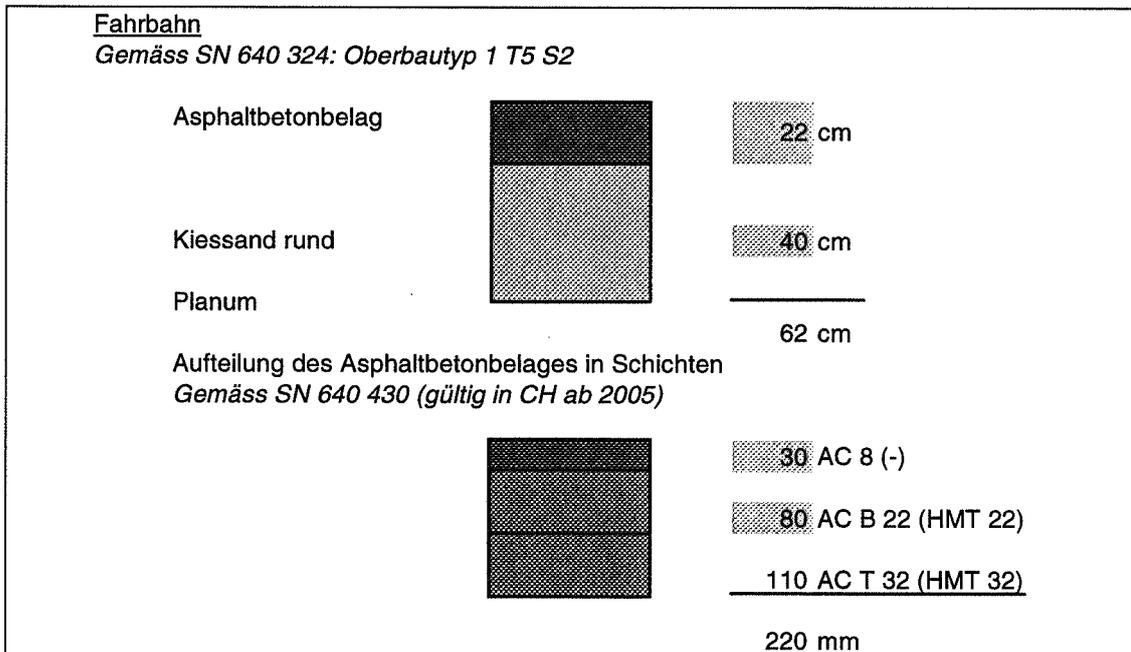


Abbildung 22: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie IV

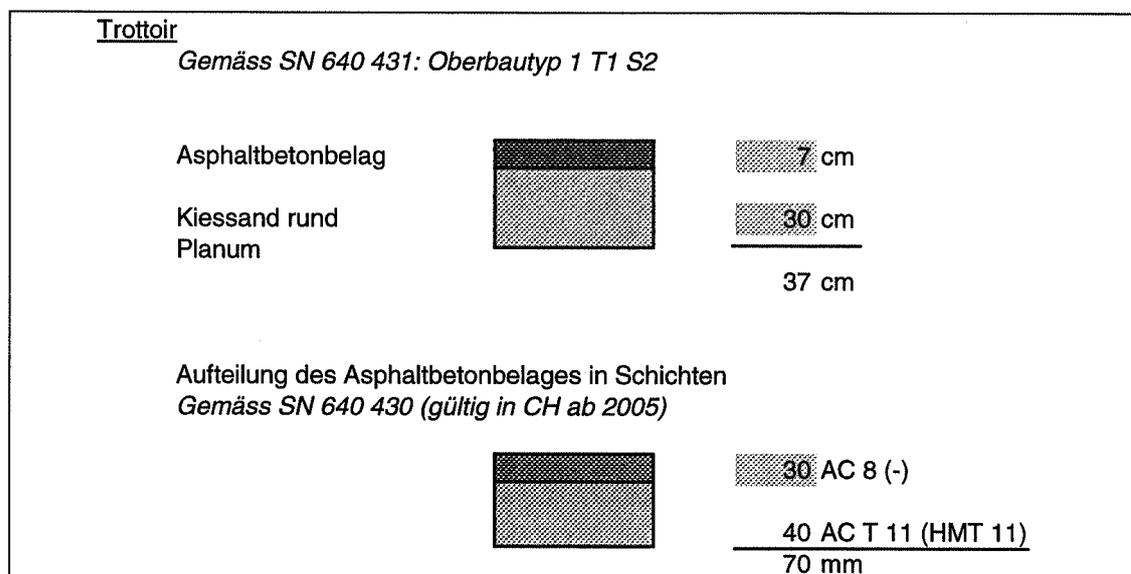


Abbildung 23: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie IV

## 10.1.2 Resultate aus der Erhebung

Die befragten Gemeinden wurden gebeten, obige Modellannahmen mit einem jeweiligen repräsentativen Strassenabschnitt ihres Strassennetzes zu vergleichen. Bei deutlichen Abweichungen sollte dargelegt werden, ob mittels Änderung der Werte der blauen Felder eine Anpassung möglich sei.

Es ist zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Erhebung die Belastungskategorien noch nicht den definitiven Kategorien entsprachen. Auch wurden zur Vermeidung von Verwechslungen mit den Verkehrslastklassen im Laufe der Bearbeitung römische Zahlen verwendet. Die Belastungskategorien BK 1A a.O. und BK 1B a.O. wurden zur Kategorie BK IC zusammengefasst. Und die Kategorie BK 4 bzw. BK IV war noch nicht definiert. Diese kommt jedoch nur bei drei Gemeinden vor, mit welchen die Definition dieser Kategorie im Nachgang der Erhebung festgelegt wurde, weswegen keine erhebliche Abweichungen zum Modell bestehen sollten.

Gemeinde	Erhebliche Abweichungen vom Modell						Anpassbar mit blauen Feldern
	BK 1A O.	BK 1A a. O.	BK 1B O.	BK 1B a.O.	BK 2	BK 3	
Aarau	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein		Teilweise
Basel	Ja		Nein		Nein	Ja	Ja
Bern	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Erlenbach	Ja		Ja				Ja
Hinwil	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
Köniz	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Malans	Ja	Ja	Ja		Ja		Ja
Münchenstein	Ja		Ja		Ja	Ja	Ja
Ostermundigen	Nein		Nein		Nein	Nein	Teilweise andere Materialien
Reinach	Ja	Nein	Ja	Nein			Ja
Uster	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
Winterthur	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

**Tabelle 13: Abweichungen zu den Modellstrassen-Querschnitten**

Die Gemeinden wurden gebeten, die Abweichungen vom Modell in den Querschnitten aufzuzeichnen. Diese Abweichungen waren minimal, sodass die Mittelwerte pro Querschnitt den Modellquerschnitten entsprechen. Auch waren die Abweichungen mit einzelnen Abweichungen allesamt anhand der blauen Eingabefelder anpassbar.

**10.1.3 Fazit**

Die Auswertung zeigt auf, dass es sinnvoll ist, das Modell variabel zu gestalten resp. ein Instrument zur Verfügung zu stellen, welches es erlaubt, die Querschnitte anzupassen.

Mit Hilfe der Auswertung konnte auch gezeigt werden, dass die dem Modell zu Grunde gelegten Modellquerschnitte in der Regel dem Bestand entsprachen und im Grundmodell entsprechend hinterlegt werden können.

**10.2 Strassen-Abschnitte**

**10.2.1 Modell**

Der WBW kann nicht basierend auf einem zwei-dimensionalen (Querschnitts-) Modell berechnet werden. Da verschiedene Elemente der Strasse auch eine Ausdehnung in der Länge haben resp. sich in gewissen Abständen wiederholen, wurde ein Modellstrassen-Abschnitt definiert, welcher für alle Belastungskategorien gleich gewählt wurde.

Aus den Interviews bzw. der Fragerunde lässt sich schliessen, dass diese Annahme zulässig ist.

Die Länge dieses Modellstrassen-Abschnittes muss so gewählt werden, dass alle relevanten Elemente in repräsentativer Anzahl erhoben werden können. Es besteht auch die Möglichkeit, bestimmte Variablen wie die Abschnittslänge, den Schlamm-sammler- und Kontrollschachtabstand etc. zu variieren.

Die im Modell vordefinierte Entwässerung basiert auf Entwässerungsschemas der Baudirektion des Kantons Zürich.

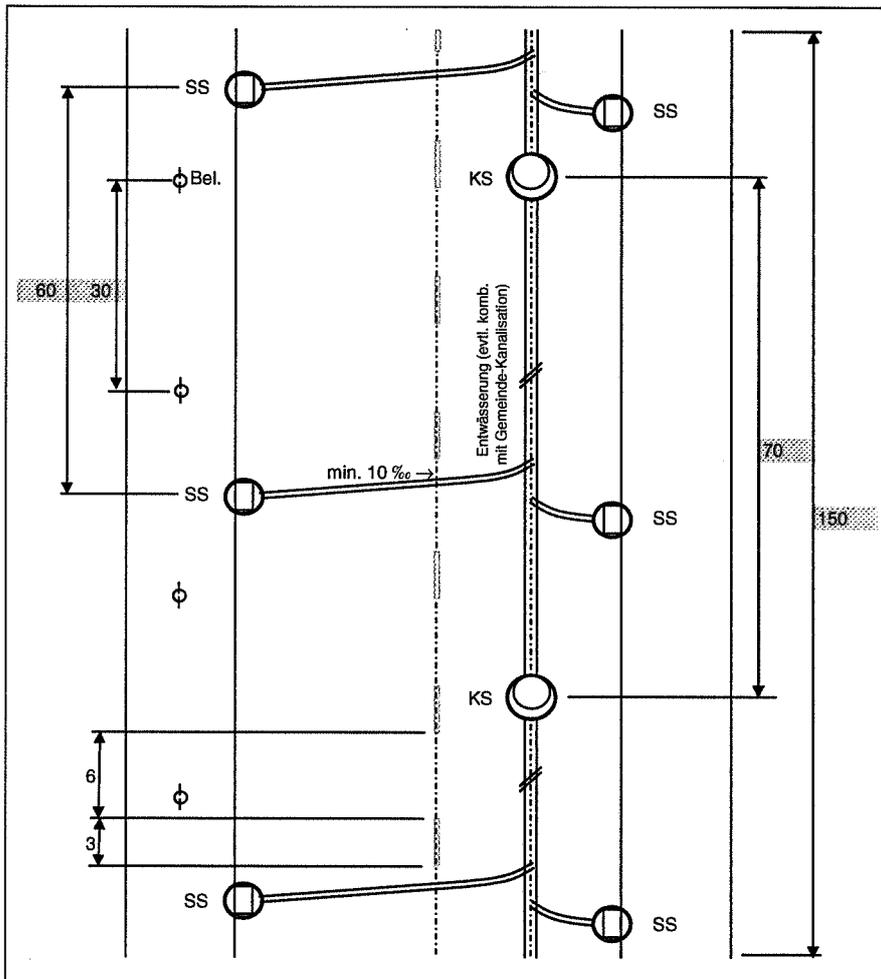


Abbildung 24: Modellstrassenabschnitt

Legende:

- SS Schlamm-sammler
- KS Kontroll-schacht
- Bel. Beleuchtung (Kandelaber)

Normstrassenabschnitt		Länge	150 m
<b>Entwässerung</b>			
1	KS Kontrollschacht alle	70 m	→ 2.1 KS
2	SS Schlamm-sammler alle	60 m	→ 5.0 SS
	Ableitung $\phi$ (min. 150 mm)	160 mm	Länge 5.50 m pro 2 Schlamm-sammler → 14 m
	Sammelleitung $\phi$ (min 250 mm)	300 mm	
<b>Ausrüstung</b>			
	Beleuchtung 1 Lampe alle	30 m	→ 5 Lampen
	Markierung	Linienbreite 15 cm	
		Linienlänge 3 m	→ 50 m' Farbe
		Linienabstand 6 m	

Abbildung 25: Eingabefelder Modellstrassenabschnitt

### 10.2.2 Resultate der Erhebung

Die Gemeinden wurden dazu befragt, ob die Modellannahme, dass der Modellstrassen-Abschnitt für alle Belastungskategorien identisch ist, zulässig sei bzw. ob dies in der Praxis der Fall sei.

Gemeinde	Modellannahme zulässig	Erhebliche Abweichungen	Abweichungen	Abweichungen anpassbar
Aarau	Ja	Nein		
Basel	Ja	Nein		
Bern	Ja	Nein	Nur d Ableitung	Ja, durch den Preis
Erlenbach	Ja	Ja	Abschnitt 100m, KS alle 50m', SS alle 40 m', Lampe alle 35 m'	Ja
Hirwil	Ja	Nein		
Köniz	Ja	Nein		
Malans	Nein, Bei Kat 1A, 1B fehlt im Dorf meistens Trottoir, SS einseitig	Ja	SS einseitig, keine Markierung Mittelstreifen	Ja, durch die Halbierung der Anzahl SS
Münchenstein	Nein, mehr Sammler, meist keine Markierungen	Nein		Ja
Ostermundigen	Ja	Nein		
Reinach	Ja	Ja	KS alle 50 m', SS alle 30 m'	Ja
Uster	Ja	Ja	Nicht angegeben	Ja
Winterthur	Ja	Nein		

**Tabelle 14: Auswertung betreffend Modellstrassenabschnitt**

Zehn von 12 befragten Gemeinden waren der Meinung, dass die Modellannahme zulässig ist. Die Gemeinde Münchenstein ist der Meinung, dass ein Unterschied zwischen der Anzahl Sammler und der Markierung zwischen den verschiedenen Kategorien besteht. Die Gemeinde Malans ist der Ansicht, dass bei den Kategorien 1A und 1B im Dorf meistens das Trottoir fehlt und die Schlammsammler einseitig angeordnet werden. Acht von 12 Gemeinden sehen keine erheblichen Abweichungen des Modellstrassenabschnittes zu Ihrem Netz. Bei der Gemeinde Erlenbach und Reinach bestehen die Abweichungen im Abstand zwischen den Kontrollschächten und den Schlammsammlern. Diese Abweichungen können jedoch anhand der blauen Eingabefelder angepasst werden. Auch die Markierung des Mittelstreifens kann auf Null gesetzt werden. Hingegen kann auf die Problematik, dass die Schlammsammler nur einseitig angeordnet werden, nur insofern eingegangen werden, als dass man die Anzahl Sammler pro Strassenabschnitt halbiert. Der Durchmesser der Ableitung kann im Modell nicht angepasst werden, jedoch kann in der Kostentabelle der Preis der Ableitung angepasst werden, wodurch der Einfluss des unterschiedlichen Durchmessers berücksichtigt werden kann.

### 10.2.3 Fazit

82 % der Gemeinden sind der Meinung, dass die Modellannahme eines identischen Modellstrassenabschnittes für sämtliche Belastungskategorien zulässig sei. 66 % stellten keine erheblichen Abweichungen zum Modellstrassenabschnitt fest. Praktisch alle ausgewiesenen Abweichungen sind jedoch anpassbar, weswegen die Schlussfolgerung nahe liegt, dass das Modell zulässig und realistisch sei.

## 10.3 Kalkulation Wiederbeschaffungswert je Belastungskategorie

### 10.3.1 Modell

Basierend auf den in den Kapiteln 10.1 und 10.2 erläuterten Elementen wurde ein Mengengerüst für alle Belastungskategorien erstellt. Dieses Mengengerüst basiert auf der für diesen Forschungsauftrag gewählten Definition des WBW. Auch in dieser Tabelle können gewisse Werte entsprechend den spezifischen Erfahrungen der Gemeinde angepasst werden.

Anhand dieses Mengengerüsts war es möglich, den Wiederbeschaffungswert in verschiedenen Einheiten zu ermitteln. Umfragen bei den Gemeinden haben ergeben, dass unterschiedliche Grundlagen bezüglich den Strassenflächen bestehen. So stehen in einzelnen Gemeinden nur Fahrbahnflächen, in anderen Gemeinden Fahrbahn- und Trottoirflächen zur Verfügung. Aus diesem Grund wird der WBW sowohl in CHF/m<sup>2</sup> Fahrbahn- und Trottoirfläche als auch CHF/m<sup>2</sup> Fahrbahnfläche angegeben. Schliesslich wurde auch der WBW in CHF/Laufmeter Strasse ermittelt. Je nach dem welche Daten in der Gemeinde vorhanden sind, kann also der WBW für die Strasse inkl. der Wiederbeschaffungskosten für das Trottoir anhand der folgenden Daten ermittelt werden:

- Laufmeter Strasse pro Belastungskategorie
- Quadratmeter Fahrbahnfläche (exkl. Trottoirfläche) pro Belastungskategorie
- Quadratmeter Fahrbahn- und Trottoirfläche („Strassenfläche“) pro Belastungskategorie

### 10.3.2 Kalkulationsgrundlagen

Die Arbeiten wurden in 6 Kapitel unterteilt:

- Rückbau
- Vorbereitungsarbeiten
- Erstellung
- Projektierung
- Bauleitung
- Oberbauleitung

Die ersten 3 Kapitel wurden mit insgesamt 20 Positionen erfasst und kalkuliert. Die Position „Anpassung an private Grundstücke“ wurde anschliessend in Form eines prozentualen Zuschlages zu den 20 Positionen aufgerechnet.

Die restlichen 3 Kapitel wurden ebenfalls als prozentuale Zuschläge zu den 20 Positionen (inkl. der erwähnten Anpassung an private Grundstücke) festgelegt.

Die Kalkulation erfolgte nach dem Normpositionenkatalog NPK 223, Preisniveau 2004. Es wurde von Annahmen ausgegangen, wie sie im Rahmen eines Kostenvoranschlages erfolgen, es wurden also keine Tief- oder Kampfpreise eingesetzt.

Die 20 Positionen der ersten 3 Kapitel umfassen stichwortartig die folgenden wichtigsten Arbeitsvorgänge (bei Einbauten ist die Materiallieferung miteinbezogen, für Deponiekosten wurde unverschmutztes Material angenommen):

Kapitel	NPK Nr.	Position Kalkulation	Arbeitsgattung	Wichtigste Arbeitsvorgänge
Rückbau	211	1	Abbruch, Abtransport	Aushub auf neuen Querschnitt Erstellen Planum/Böschung Transport Aushub in Deponie Behinderung durch Werkleitungen in Anschlussbereichen des Objektes
Vorbereitungsphase	113	2	Leistungsprovisorien	Pauschalbetrag eingesetzt (Erfahrungswert)
	113	3.1	Vermessung	Pauschalbetrag eingesetzt (Erfahrungswert)
	113	3.2	Verkehrsprovisorium	Pauschalbetrag eingesetzt (Erfahrungswert)
	113	4	Baustelleneinrichtung	Pauschalbetrag eingesetzt (Erfahrungswert)
Erstellung	223	5	Deckbelag Fahrbahn	Reinigen der Unterlage Voranstrich auftragen Belag einbauen und verdichten Fugenband nach erster Bahn
	223	6	Binder Fahrbahn (Belastungskategorie 3+4)	Reinigen der Unterlage Voranstrich Belag einbauen und verdichten Fugenband nach erster Bahn
	223	7	Tragschicht Fahrbahn	Reinigen der Unterlage Feinplanie erstellen Belag einbauen und verdichten
	221	8	Fundationsschicht Fahrbahn	Kiessand einbauen Rohplanie erstellen
	223	9	Deckbelag Trottoir	Reinigen der Unterlage Voranstrich Belag einbauen und verdichten
	223	10	Tragschicht Trottoir	Reinigen der Unterlage Feinplanie erstellen Belag einbauen und verdichten
	221	11	Fundationsschicht Trottoir	Kiessand einbauen Rohplanie erstellen
	222	12	Randabschlüsse	Versetzen der Granitsteine in Beton
	151	13	Beleuchtung	Aushub Transport Aushubmaterial in Deponie Einbau Kiessand Einbau Beton Einbau Fundamente aus Fertigteilen Rohre d=60 mm verlegen
	286	14	Markierung	Auftragen
	237	15	Kontrollschacht	Schächte inkl. Armaturen einbauen
	237	16	Schlammsammler	Schlammsammler inkl. Armaturen einbauen
	237	17	Ableitung	Graben erstellen Transport Aushubmaterial in Deponie Rohre d=160 mm verlegen Sohlen- und Hüllbeton einbringen Einfüllen von Kiessand
	237	18	Sammelleitung	Graben erstellen Transport Aushubmaterial in Deponie Rohre d=300 mm verlegen Sohlen- und Hüllbeton einbringen Kiessand einbauen
	113	19	Bepflanzung	Annahme Pauschale
	113	20	Möblierung	Annahme Pauschale

**Tabelle 15: Wichtigste Arbeitsvorgänge**

	Material	Menge	Einheit	Spez. Gewicht	Menge	Einheit	Einheitspreise	Einheit	Betrag in CHF	WBW	Positionen Kalkulation	
1. Rückbau	Abbruch, Abtransport & Deponie				387.0 m <sup>3</sup>		55.15 CHF/m <sup>3</sup>		21'343.-		1	
2. Vorbereitungsarbeiten	Leitungsprovisorien				pauschal		2'760.00 CHF/Stk		2'760.-		2	
	Vermessung				pauschal		1'500.00 CHF/Stk		1'500.-		3-1	
	Verkehrsprovisorium				pauschal		1'600.00 CHF/Stk		1'600.-		3-2	
	Baustelleneinrichtung				pauschal		10'000.00 CHF/Stk		10'000.-		4	
3. Erstellung	Fahrbahn	Belag	AC 8 N	20.3 m <sup>3</sup>	2.4	48.6 t	192.00 CHF/t		9'331.-		5	
			AC T 16 N	47.3 m <sup>3</sup>	2.4	113.4 t	158.00 CHF/t		17'917.-		6	
			Fundationsschicht	Klösssand rund			236.3 m <sup>3</sup>	77.00 CHF/m <sup>3</sup>		18'191.-		8
	Trottoir	Belag	AC 8 N	6.8 m <sup>3</sup>	2.4	16.2 t	182.80 CHF/t		2'961.-		9	
			AC T 11 N	9.0 m <sup>3</sup>	2.4	21.6 t	180.40 CHF/t		3'897.-		10	
			Fundationsschicht	Klösssand rund			67.5 m <sup>3</sup>	79.00 CHF/m <sup>3</sup>		5'333.-		11
	Randabschlüsse		Anzahl Randabschlüsse		2		300.0 m'	103.00 CHF/m'		30'900.-		12
	Ausrüstung		Beleuchtung				5.0 Stk	2'274.30 CHF/Stk		11'372.-		13
			Markierung				50.0 m'	3.30 CHF/m'		165.-		14
	Entwässerung		Kontrollschacht				2.14 Stk	2'826.30 CHF/Stk		6'056.-		15
			Schlammesammler				5.0 Stk	738.60 CHF/Stk		3'693.-		16
			Ableitung				13.8 m'	564.20 CHF/m'		7'758.-		17
			Sammelleitung				150.0 m'	294.00 CHF/m'		44'100.-		18
	Gestaltung		Bepflanzung				pauschal	825.00 CHF/Stk		825.-		19
			Möblierung				pauschal	1'650.00 CHF		1'650.-		20
			Anpassung an privaten Grundstücken					Σ		201'352.-		
							10.0 %		10.0%	20'135.-		
							5.0 %		5.0%	10'068.-		
							7.5 %		7.5%	15'101.-		
									Σ tot exkl. MWSt.	266'791.-		
						7.6 %			20'276.-			
								Σ tot inkl. MWSt.	287'067.-			
											319.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: Fahrbahn + Trottoir)	
											425.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: nur Fahrbahn)	
											1'914.- CHF/m'	

Tabelle 16: Belastungskategorie IA Ortskern

	Material	Menge	Einheit	Spez. Gewicht	Menge	Einheit	Einheitspreise	Einheit	Betrag in CHF	WBW	Positionen Kalkulation	
1. Rückbau	Abbruch, Abtransport & Deponie				537.8 m <sup>3</sup>		55.15 CHF/m <sup>3</sup>		29'657.-		1	
2. Vorbereitungsarbeiten	Leitungsprovisorien				pauschal		2'760.00 CHF/Stk		2'760.-		2	
	Vermessung				pauschal		1'500.00 CHF/Stk		1'500.-		3-1	
	Verkehrsprovisorium				pauschal		1'600.00 CHF/Stk		1'600.-		3-2	
	Baustelleneinrichtung				pauschal		10'000.00 CHF/Stk		10'000.-		4	
3. Erstellung	Fahrbahn	Belag	AC 8 N	24.8 m <sup>3</sup>	2.4	59.4 t	192.00 CHF/t		11'405.-		5	
			AC T 16 N	57.8 m <sup>3</sup>	2.4	138.6 t	158.00 CHF/t		21'899.-		6	
			Fundationsschicht	Klösssand rund			288.8 m <sup>3</sup>	77.00 CHF/m <sup>3</sup>		22'234.-		8
	Trottoir	Belag	AC 8 N	13.5 m <sup>3</sup>	2.4	32.4 t	182.80 CHF/t		5'923.-		9	
			AC T 11 N	18.0 m <sup>3</sup>	2.4	43.2 t	180.40 CHF/t		7'793.-		10	
			Fundationsschicht	Klösssand rund			135.0 m <sup>3</sup>	79.00 CHF/m <sup>3</sup>		10'665.-		11
	Randabschlüsse		Anzahl Randabschlüsse		2		300.0 m'	103.00 CHF/m'		30'900.-		12
	Ausrüstung		Beleuchtung				5.0 Stk	2'274.30 CHF/Stk		11'372.-		13
			Markierung				50.0 m'	3.30 CHF/m'		165.-		14
	Entwässerung		Kontrollschacht				2.14 Stk	2'826.30 CHF/Stk		6'056.-		15
			Schlammesammler				5.0 Stk	738.60 CHF/Stk		3'693.-		16
			Ableitung				13.8 m'	564.20 CHF/m'		7'758.-		17
			Sammelleitung				150.0 m'	294.00 CHF/m'		44'100.-		18
	Gestaltung		Bepflanzung				pauschal	825.00 CHF/Stk		825.-		19
			Möblierung				pauschal	1'650.00 CHF		1'650.-		20
			Anpassung an privaten Grundstücken					Σ		231'954.-		
							10.0 %		10.0%	23'195.-		
							5.0 %		5.0%	11'598.-		
							7.5 %		7.5%	17'397.-		
									Σ tot exkl. MWSt.	307'339.-		
						7.6 %			23'358.-			
								Σ tot inkl. MWSt.	330'697.-			
											259.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: Fahrbahn + Trottoir)	
											401.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: nur Fahrbahn)	
											2'205.- CHF/m'	

Tabelle 17: Belastungskategorie IB Ortskern

		Material	Menge	Einheit	Spez. Gewicht	Menge	Einheit	Einheitspreise	Einheit	Betrag in CHF	WBW	Positionen Kalkulation	
1. Rückbau	Abbruch, Abtransport & Deponie					388.1 m³		55.15 CHF/m³		21'405.-		1	
2. Vorbereitungsarbeiten	Leistungsprovisorien					pauschal		0.00 CHF/Stk		0.-		2	
	Vermessung					pauschal		1'500.00 CHF/Stk		1'500.-		3-1	
	Verkehrsprovisorium					pauschal		0.00 CHF/Stk		0.-		3-2	
	Baustelleneinrichtung					pauschal		10'000.00 CHF/Stk		10'000.-		4	
3. Erstellung	Fahrbahn	Belag	AC 8 N	25.9 m³	2.4	62.1 t		192.00 CHF/t		11'923.-		5	
			AC T 16 N	60.4 m³	2.4	144.9 t		158.00 CHF/t		22'894.-		6	
	Fundationsschicht	Kiessand rund					301.9 m³		77.00 CHF/m³		23'244.-		8
							0.0 t		182.80 CHF/t		0.-		9
	Trottoir	Belag	AC 8 N	0.0 m³	2.4	0.0 t		180.40 CHF/t		0.-		10	
			AC T 11 N	0.0 m³	2.4	0.0 t		79.00 CHF/m³		0.-		11	
	Fundationsschicht	Kiessand rund					0.0 m³		103.00 CHF/m³		0.-		12
							0.0 m'		3.30 CHF/m'		0.-		14
	Randabschlüsse					0		0.0 Stk		2'274.30 CHF/Stk		13	
	Ausrüstung							0.0 Stk		3.30 CHF/m'		14	
	Beleuchtung							0.0 Stk		2'826.30 CHF/Stk		15	
	Markierung							0.0 Stk		738.60 CHF/Stk		16	
	Entwässerung							0.0 m'		564.20 CHF/m'		17	
	Kontrollschacht							0.0 m'		294.00 CHF/m'		18	
	Schlammstammier							0.0 m'		0.00 CHF/Stk		19	
	Ableitung							0.0 m'		0.00 CHF		20	
	Sammelleitung							0.0 m'		0.00 CHF			
	Gestaltung							0.00 CHF/Stk		0.-			
	Bepflanzung							0.00 CHF		0.-			
	Möblierung							0.00 CHF		0.-			
Anpassung an privaten Grundstücken							0.0 %		0.0%	90'967.-			
4. Projektierung							10.0 %		10.0%	9'097.-			
5. Bauleitung							5.0 %		5.0%	4'548.-			
6. Oberbauleitung							7.5 %		7.5%	6'823.-			
										111'434.-			
										8'469.-			
Mehrwertsteuer							7.6 %						
										119'903.-			
										139.-		CHF/m² (Bezugsfläche: Fahrbahn)	
										799.-		CHF/m'	

Tabelle 18: Belastungskategorie IC ausserhalb Ortskern

		Material	Menge	Einheit	Spez. Gewicht	Menge	Einheit	Einheitspreise	Einheit	Betrag in CHF	WBW	Positionen Kalkulation	
1. Rückbau	Abbruch, Abtransport & Deponie					726.0 m³		51.80 CHF/m³		37'607.-		1	
2. Vorbereitungsarbeiten	Leistungsprovisorien					pauschal		2'760.00 CHF/Stk		2'760.-		2	
	Vermessung					pauschal		1'875.00 CHF/Stk		1'875.-		3-1	
	Verkehrsprovisorium					pauschal		1'600.00 CHF/Stk		1'600.-		3-2	
	Baustelleneinrichtung					pauschal		13'000.00 CHF/Stk		13'000.-		4	
3. Erstellung	Fahrbahn	Belag	AC 11 N	42.0 m³	2.4	100.8 t		182.30 CHF/t		18'376.-		5	
			AC T 22 N	94.5 m³	2.4	226.8 t		146.70 CHF/t		33'272.-		6	
	Fundationsschicht	Kiessand rund					367.5 m³		77.00 CHF/m³		28'298.-		8
							43.2 t		184.00 CHF/t		7'949.-		9
	Trottoir	Belag	AC 8 N	18.0 m³	2.4	43.2 t		181.70 CHF/t		10'466.-		10	
			AC T 11 N	24.0 m³	2.4	57.6 t		79.00 CHF/m³		14'220.-		11	
	Fundationsschicht	Kiessand rund					180.0 m³		103.00 CHF/m³		30'900.-		12
							5.0 Stk		2'455.10 CHF/Stk		12'276.-		13
	Randabschlüsse					2		300.0 m'		185.-		14	
	Ausrüstung							5.0 Stk		2'926.30 CHF/Stk		15	
	Beleuchtung							50.0 m'		3.30 CHF/m'		16	
	Markierung							2.14 Stk		738.60 CHF/Stk		17	
	Entwässerung							5.0 Stk		630.20 CHF/m'		18	
	Kontrollschacht							17.5 m'		294.00 CHF/m'		19	
	Schlammstammier							150.0 m'		1'100.00 CHF/Stk		20	
	Ableitung							0.0 m'		2'475.00 CHF/Stk			
	Sammelleitung							0.0 m'		0.00 CHF			
	Gestaltung							0.00 CHF/Stk		2'475.-			
	Bepflanzung							0.00 CHF		0.-			
	Möblierung							0.00 CHF		0.-			
Anpassung an privaten Grundstücken							10.0 %		10.0%	28'121.-			
4. Projektierung							10.0 %		10.0%	28'121.-			
5. Bauleitung							5.0 %		5.0%	14'061.-			
6. Oberbauleitung							7.5 %		7.5%	21'091.-			
										372'610.-			
Mehrwertsteuer							7.6 %			28'318.-			
										400'928.-			
										243.-		CHF/m² (Bezugsfläche: Fahrbahn + Trottoir)	
										382.-		CHF/m² (Bezugsfläche: nur Fahrbahn)	
										2'673.-		CHF/m'	

Tabelle 19: Belastungskategorie II

		Material	Menge	Einheit	Spez.	Menge	Einheit	Einheitspreise	Einheit	Betrag in CHF	WBW	Positionen Kalkulation	
1. Rückbau	Abbruch, Abtransport & Deponie					876.0 m <sup>3</sup>		49.70	CHF/m <sup>3</sup>	43'537.-		1	
2. Vorbereitungsarbeiten	Leistungsprovisorien					pauschal		2'760.00	CHF/Stk	2'760.-		2	
	Vermessung					pauschal		2'400.00	CHF/Stk	2'400.-		3-1	
	Verkehrsprovisorium					pauschal		2'500.00	CHF/Stk	2'500.-		3-2	
	Baustelleneinrichtung					pauschal		15'000.00	CHF/Stk	15'000.-		4	
3. Erstellung	Fahrbahn	Belag	AC 8 S	31.5 m <sup>3</sup>	2.4	75.6 t		221.90	CHF/t	16'776.-		5	
			AC B 16 S	63.0 m <sup>3</sup>	2.4	151.2 t		143.80	CHF/t	21'743.-		6	
			AC T 22 S	84.0 m <sup>3</sup>	2.4	201.6 t		160.60	CHF/t	32'377.-		7	
		Fundationsschicht	Kiessand rund			420.0 m <sup>3</sup>		77.00	CHF/m <sup>3</sup>	32'340.-		8	
	Trottoir	Belag	AC 8 N	22.5 m <sup>3</sup>	2.4	54.0 t		184.80	CHF/t	9'979.-		9	
			AC T 11 N	30.0 m <sup>3</sup>	2.4	72.0 t		180.90	CHF/t	13'025.-		10	
		Fundationsschicht	Kiessand rund			225.0 m <sup>3</sup>		79.00	CHF/m <sup>3</sup>	17'775.-		11	
		Randabschlüsse	Anzahl Randabschlüsse		2	300.0 m <sup>1</sup>		103.00	CHF/m <sup>1</sup>	30'900.-		12	
		Ausrüstung	Beleuchtung			5.0 Stk		2'516.00	CHF/Stk	12'580.-		13	
			Markierung			50.0 m <sup>1</sup>		3.30	CHF/m <sup>1</sup>	165.-		14	
		Entwässerung	Kontrollschacht			2.1 Stk		2'826.30	CHF/Stk	6'056.-		15	
			Schlamm-sammler			5.0 Stk		738.60	CHF/Stk	3'693.-		16	
			Ableitung			17.5 m <sup>1</sup>		630.20	CHF/m <sup>1</sup>	11'029.-		17	
			Sammelleitung			150.0 m <sup>1</sup>		294.00	CHF/m <sup>1</sup>	44'100.-		18	
		Gestaltung	Bepflanzung			pauschal		1'650.00	CHF/Stk	1'650.-		19	
			Möblierung			pauschal		3'300.00	CHF/Stk	3'300.-		20	
		Anpassung an privaten Grundstücken						10.0 %		10.0 %	32'368.-		
	4. Projektierung							10.0 %		10.0 %	32'368.-		
	5. Bauleitung							5.0 %		5.0 %	16'184.-		
	6. Oberbauleitung							5.0 %		5.0 %	16'184.-		
									Σ tot exkl. MWSt.	420'789.-			
Mehrwertsteuer								7.6 %		31'980.-			
									Σ tot inkl. MWSt.	452'769.-			
											252.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: Fahrbahn + Trottoir)		
											431.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: nur Fahrbahn)		
											3'018.- CHF/m <sup>1</sup>		

Tabelle 20: Belastungskategorie III

		Material	Menge	Einheit	Spez.	Menge	Einheit	Einheitspreise	Einheit	Betrag in CHF	WBW	Positionen Kalkulation	
1. Rückbau	Abbruch, Abtransport & Deponie					1579.5 m <sup>3</sup>		47.75	CHF/m <sup>3</sup>	75'421.-		1	
2. Vorbereitungsarbeiten	Leistungsprovisorien					pauschal		2'760.00	CHF/Stk	2'760.-		2	
	Vermessung					pauschal		2'400.00	CHF/Stk	2'400.-		3-1	
	Verkehrsprovisorium					pauschal		2'500.00	CHF/Stk	2'500.-		3-2	
	Baustelleneinrichtung					pauschal		25'000.00	CHF/Stk	25'000.-		4	
3. Erstellung	Fahrbahn	Belag	AC 8 H	63.0 m <sup>3</sup>	2.4	151.2 t		215.14	CHF/t	32'529.-		5	
			AC B 22 H	168.0 m <sup>3</sup>	2.4	403.2 t		135.83	CHF/t	54'767.-		6	
			AC T 32 H	231.0 m <sup>3</sup>	2.4	554.4 t		133.39	CHF/t	85'039.-		7	
		Fundationsschicht	Kiessand rund			840.0 m <sup>3</sup>		77.00	CHF/m <sup>3</sup>	64'680.-		8	
	Trottoir	Belag	AC 8 N	22.5 m <sup>3</sup>	2.4	54.0 t		184.80	CHF/t	9'981.-		9	
			AC T 11 N	30.0 m <sup>3</sup>	2.4	72.0 t		180.91	CHF/t	13'026.-		10	
		Fundationsschicht	Kiessand rund			225.0 m <sup>3</sup>		79.00	CHF/m <sup>3</sup>	17'775.-		11	
		Randabschlüsse	Anzahl Randabschlüsse		2	300.0 m <sup>1</sup>		103.00	CHF/m <sup>1</sup>	30'900.-		12	
		Ausrüstung	Beleuchtung			5.0 Stk		2'516.00	CHF/Stk	12'580.-		13	
			Markierung			250.0 m <sup>1</sup>		1.98	CHF/m <sup>1</sup>	495.-		14	
		Entwässerung	Kontrollschacht			2.1 Stk		2'776.40	CHF/Stk	5'949.-		15	
			Schlamm-sammler			5.0 Stk		738.60	CHF/Stk	3'693.-		16	
			Ableitung			35.0 m <sup>1</sup>		576.81	CHF/m <sup>1</sup>	20'188.-		17	
			Sammelleitung			150.0 m <sup>1</sup>		293.94	CHF/m <sup>1</sup>	44'091.-		18	
		Gestaltung	Bepflanzung			pauschal		1'650.00	CHF/Stk	1'650.-		19	
			Möblierung			pauschal		3'300.00	CHF/Stk	3'300.-		20	
		Anpassung an privaten Grundstücken						10.0 %		10.0 %	50'872.-		
	4. Projektierung							10.0 %		10.0 %	50'872.-		
	5. Bauleitung							5.0 %		5.0 %	25'436.-		
	6. Oberbauleitung							5.0 %		5.0 %	25'436.-		
									Σ tot exkl. MWSt.	661'342.-			
Mehrwertsteuer								7.6 %		50'262.-			
									Σ tot inkl. MWSt.	711'604.-			
											250.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: Fahrbahn + Trottoir)		
											339.- CHF/m <sup>2</sup> (Bezugsfläche: nur Fahrbahn)		
											4'744.- CHF/m <sup>1</sup>		

Tabelle 21: Belastungskategorie IV

### 10.3.3 Vergleich mit publizierten Werten für den WBW

Bei der Erarbeitung des Modells für den Wiederbeschaffungswert wurde auf dem Internet nach Wiederbeschaffungswerten (WBW) gesucht. Dabei wurden einige Werte gefunden, die im Folgenden aufgelistet werden. Um die Angaben allesamt in die Einheit CHF/m<sup>2</sup> auszuweisen, mussten teilweise Annahmen getroffen werden.

Gemeinde/Kanton	Publizierte Werte	Annahme	WBW	Bemerkungen
Kanton Aargau	125 CHF/m <sup>2</sup>		125 CHF/m <sup>2</sup>	Kantonsstrassen
Stadt Münster	184 DM/m <sup>2</sup>	1 DM=0.5 €=0.8 CHF	147 CHF/m <sup>2</sup>	
Gemeinde Belp	790-1050 CHF/m	b=6m	130-175 CHF/m <sup>2</sup>	
Freistaat Sachsen	740 km à WBW=580 Mio. €	1 €=1.55 CHF, b=6m	202 CHF/m <sup>2</sup>	
Gemeinde Münsingen	65-80 Mio. CHF	55km à 70 Mio, b=6m	212 CHF/m <sup>2</sup>	
Kanton Aargau	273 CHF/m <sup>2</sup>		273 CHF/m <sup>2</sup>	Nationalstrassen
Stadt Zürich	300 CHF/m <sup>2</sup>		300 CHF/m <sup>2</sup>	nur Fahrbahn
Kanton Luzern	3'497'262 m <sup>2</sup> à 1'155 Mio. CHF		330 CHF/m <sup>2</sup>	
Stadt Bern	2820 CHF/m	b=6m	470 CHF/m <sup>2</sup>	

Tabelle 22: Vergleich WBW in Literatur

Es wird ersichtlich, dass die Abgrenzung, welche Anlageteile resp. welche Kosten in den Wiederbeschaffungswert integriert werden, sehr unterschiedlich ist. Bei vielen dieser Werte wurde auch nicht ausgewiesen, wie diese WBW berechnet wurden, weswegen ein direkter Vergleich nicht zulässig ist.

### 10.3.4 Resultate aus der Erhebung

Gemeinde	Wesentliche Kosten enthalten	Welche Kosten fehlen	Stellungnahme zu eingesetzten Einheitspreisen
Aarau	Ja	Evtl. Verkehrsdienste, LSA-Schlaufen (resp. Verkehrs-dosierung), evtl. Pflästerungen	Preise sind in der Region tendenziell tiefer, ca. 10-15 %
Basel	Ja	-	Preise scheinen allgemein etwas zu tief. V.a. für die Randabschlüsse.
Bern	Ja	-	Schächte zu billig eingesetzt, Definition Randabschlüsse unklar
Erlenbach	Nein	Lichtsignalanlage bei Provisorien	Für Ortskerne zu niedrig (Sammelleitungen, Provisorien) realistisch: ES 300 CHF/m <sup>2</sup> ; SS 350 CHF/m <sup>2</sup>
Hinwil	Ja	-	-
Köniz	Nein	Anteil Kunstbauten, Mehrkosten Kreuzungen (Kreisel etc.), (mit steigender Strassenklasse Anteil höher)	-ok
Malans	Ja		Projekt 8 %, Berandung: Typ10 einreihig, 45 CHF/m', Typ 10/12 2-reihig 80 CHF/m'
Münchenstein	Ja	-	Deckbelag Strasse/Trottoir eher umgekehrt; Kies tiefer; Schächte höher; Sammelleitung höher
Ostermundigen	Ja	-	Stimmt im grossen und ganzen
Reinach	Ja		Honorare zu hoch angesetzt (Projekt, Ober- und Bauleitung zusammen max. 15%)
Uster	Ja	-	
Winterthur	Ja	-	Kiessand rund 50 CHF anstatt 91 CHF ; BK 1&2: Ableitung 200 CHF anstatt 564 CHF BK 3&4 Ableitung 250 CHF anstatt 630 CHF

Tabelle 23: Auswertung der Fragen bezüglich Kostentabellen

### 10.3.5 Fazit

Gemäss der Stadt Aarau sind die Preise in ihrer Region tendenziell tiefer. Für Basel Stadt scheinen die Preise hingegen zu tief angesetzt. Dies lässt darauf schliessen, dass die angenommenen Preise irgendwo in der Mitte liegen und weist darauf hin, dass es sinnvoll ist, ein Instrument zur Verfügung zu stellen, welches es zulässt, Änderungen vorzunehmen, um die gemeindespezifischen Begebenheiten zu berücksichtigen resp. das Modell variabel zu gestalten.

Belastungs- kategorie	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]
	Bezugsfläche Fahrbahn + Trottoir	Bezugsfläche nur Fahrbahn	
IA	319	425	1'914
IB	259	401	2'205
IC	139	-	799
II	243	382	2'673
III	252	431	3'018
IV	250	339	4'744

**Tabelle 24: Vergleich der Wiederbeschaffungswerte der Belastungskategorien (Preisbasis 2004)**

Beim Vergleich der Wiederbeschaffungswerte der einzelnen Belastungskategorien wird ersichtlich, dass eine erhebliche Differenz zwischen den Werten für Ortskern und Ausserhalb Ortskern besteht.

## 10.4 Anwendung des Modells

Den vorstehenden Ausführungen kann entnommen werden, dass die Anwendung des Modells zur Berechnung des WBW je nach Datengrundlage der Gemeinde unterschiedlich sein kann.

Grundsätzlich erfolgt die Modellanwendung in zwei Stufen:

1. Ermittlung der relevanten Netzparameter
2. Überprüfen und anpassen der hinterlegten Modellstrassen-Querschnitte, -Abschnitte und -Oberbauformen

### 10.4.1 Ermittlung relevanter Netzparameter

Wie bereits unter Punkt 9.1 beschrieben, müssen für eine netzweite Berechnung des WBW gewisse Ausmasse zur Verfügung stehen. Je nach vorhandener Datenlage kann der WBW entsprechend detaillierter und genauer berechnet werden.

Das folgende Vorgehen ist vorgesehen:

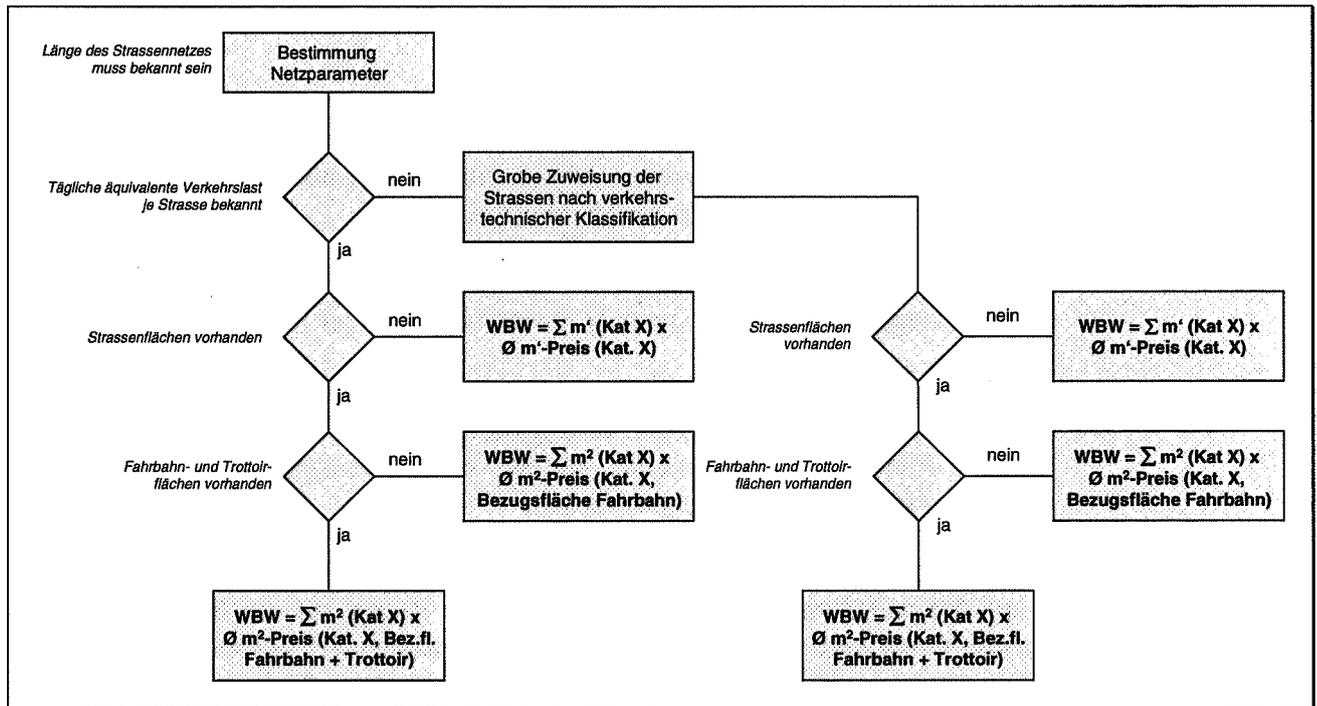
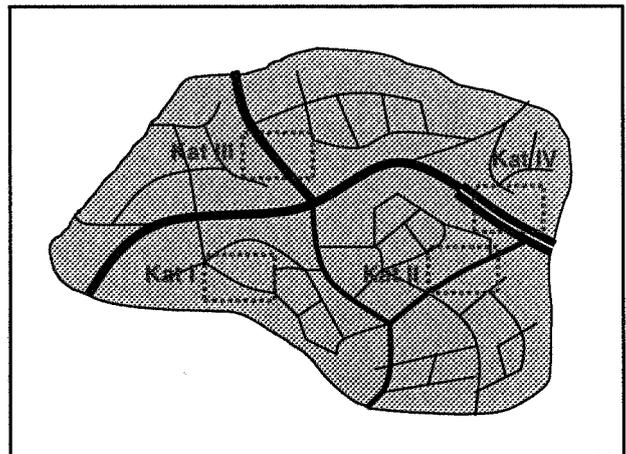


Abbildung 26: Prozessdiagramm

### 10.4.2 Überprüfung der Modellannahmen

Im Modell sind je Kategorie repräsentative Strassenquerschnitte hinterlegt. Die Erhebung zeigte auf, dass diese Modellwerte ziemlich nahe dem Durchschnitt liegen. Die Strassenquerschnitte sollen aber in der Regel vor der Modellanwendung überprüft werden.



Eine Möglichkeit der Überprüfung besteht darin, dass die Gemeinde je Belastungskategorie einen für ihr Strassennetz repräsentativen Abschnitt auswählt und diesen mit dem entsprechenden Modellstrassenabschnitt vergleicht. Auch soll hier auf die Erfahrung der verantwortlichen Mitarbeiter der Gemeinde abgestützt werden.

Diese Beurteilung soll nicht nur die bestehende Infrastruktur berücksichtigen, sondern auch ggf. auf den aktuellen Planungsvorgaben (interne Normen, Vorschriften, etc.) der Gemeinden (vor allem in den Städten) aufbauen.

Das Modell ist so gestaltet, dass es je nach Datenlage und bekannten Einflussfaktoren erweitert und angepasst werden kann, aber trotzdem transparent und nachvollziehbar bleibt. So können z.B. neue Belastungskategorien eingefügt oder aber zusätzliche

Elemente im Mengengerüst berücksichtigt werden. Dies setzt voraus, dass die entsprechenden Kalkulationsgrundlagen bestehen.

## **10.5 Folgerungen**

- Die Modellansätze BK I – BK IV sind in Bezug auf Umfang, Querschnitt und Aufbau insgesamt verwendbar. Abweichungen können grösstenteils durch Anpassen der Parameter aufgefangen werden.
- Der Modellansatz in Bezug auf den Strassenabschnitt ist verwendbar. Abweichungen können grösstenteils durch Anpassen der Parameter aufgefangen werden.
- Die Kalkulation des Wiederbeschaffungswertes ist verwendbar. Abweichungen (lokales Preisniveau, prozentuale Anteile von Arbeitsgattungen) können ins Berechnungsschema eingegeben werden.

Zusammenfassend zeigt die Auswertung der Umfragen, dass das Modell in Bezug auf Umfang, auf Art und Anzahl der Parameter sowie in Bezug auf die Kostenschätzung eine geeignete Grundlage zur Berechnung der notwendigen Wiederbeschaffungswerte darstellt. Die unvermeidlichen Variationen bei Querschnitten, Aufbauten, Abschnitten und Kosten verschiedener kommunaler Eigenheiten können grösstenteils durch Anpassen der Annahmen berücksichtigt werden.

## 11 ALTERUNGSBEIWERT / LEBENSDAUER

### 11.1 Problemstellung

Der in der vereinfachten Wertverlustformel postulierte Alterungsbeiwert wird als Reziprokwert der Lebensdauer definiert (siehe Kapitel 4). Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Strassenaufbau in der Regel mehrschichtig ist und diese verschiedenen Schichten eine jeweils unterschiedliche Lebensdauer aufweisen. Da die Strasse aber immer von „oben her“ bearbeitet wird, sollte die Lebensdauer der untenliegenden Schicht immer ein Vielfaches der Lebensdauer der darüberliegenden Schichten sein.

Im Rahmen der hier angeführten Diskussion der Lebensdauer muss berücksichtigt werden, dass das Alter für den Zustand der Anlage nur bedingt massgebend ist. Die Massnahmenplanung von Kommunen wird sich immer nach dem Zustand der Strasseninfrastruktur richten, wobei dieser unter Berücksichtigung der im Kapitel 11.3 beschriebenen Randbedingungen synchron zum Alter verläuft.

Kommunale Strassen sind aber auch wichtige Träger von Werkleitungen. Aus diesem Grund kommt es immer wieder vor, dass Strassenabschnitte ihre technische Lebensdauer gar nicht ausschöpfen können, sondern wegen dringenden Ausbauten oder Reparaturen / Ersatz von Werkleitungen vorzeitig „miterneuert“ werden müssen. Dieser Einfluss konnte im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht vertieft untersucht werden. Im Idealfall wird die Lebensdauer aller Elemente im Strassenkörper in Rahmen der Projektkoordination optimiert

Im Weiteren zeigte es sich, dass die effektiven Lebenserwartungen von Strassen, welche nach modernen Dimensionierungsstandards und Fachkenntnissen gebaut wurden, zum heutigen Zeitpunkt empirisch noch nicht bekannt sind. Die Strassen haben zum heutigen Zeitpunkt die erwartete Lebensdauer noch nicht erreicht.

### 11.2 Vorgehen

Die Bestimmung der Lebensdauer war einer der Knackpunkte der Forschungsarbeit. In erster Näherung kann die in Fachkreisen häufig genannte Lebensdauer von 50-100 Jahren (entspricht einem Prozentsatz von 1-2 %) herangezogen werden. Im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsauftrages wurde zuerst versucht, die Lebensdauer auf der Basis von verschiedenen Erhebungen, der verfügbaren Literatur und eigener Modelle abzuschätzen, um so einen für das Modell anwendbaren Prozentsatz zu erhalten.

Es wurden die folgenden vier Quellen im Rahmen der Bearbeitung vertieft untersucht:

- Basis VSS Normung (Gebrauchsdauer in Bemessungsformel)
- Literaturrecherche
  - Internationale Publikationen
  - Umfrage Wüest & Partner AG [3]
- Interviews mit Gemeinden

Im Rahmen der Bearbeitung musste aber festgestellt werden, dass die bestehenden Erfahrungsdaten für eine Abschätzung der Lebensdauer der gesamten Strasse unzureichend sind. Zwar liegen viele Erfahrungswerte für die Lebensdauer der Deckbeläge vor. Es fehlen aber weitgehend Erfahrungswerte für die Lebensdauer der nach heutiger Norm erstellten Trag- und Fundationsschichten.

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten verschiedene Quellen eruiert werden, welche ideale Modellzyklen für Erhaltungsmassnahmen der Berechnung der Lebensdauer zu Grunde legten:

- Quellen für Modellzyklen für Erhaltungsmassnahmen
  - Modell Wüest & Partner AG [3]
  - Modell des TBA des Kantons Zürich [4]

Die Forschungsstelle hat diese Modelle aufgenommen und im Rahmen der Bearbeitung weiter entwickelt:

- Modellzyklus der Forschungsstelle („Zyklusmodell“)

### 11.3 Annahmen / Randbedingungen

Der Alterungsbeiwert wurde als Reziprokwert der Lebensdauer definiert. Damit diese Annahme für ein kommunales Strassennetz gelten kann, müssen die nachfolgenden Randbedingungen erfüllt sein:

- **Homogene Zustandsverteilung:**  
Das Strassennetz muss eine homogene Zustandsverteilung aufweisen, d.h. kein eigentlicher Erneuerungstau.

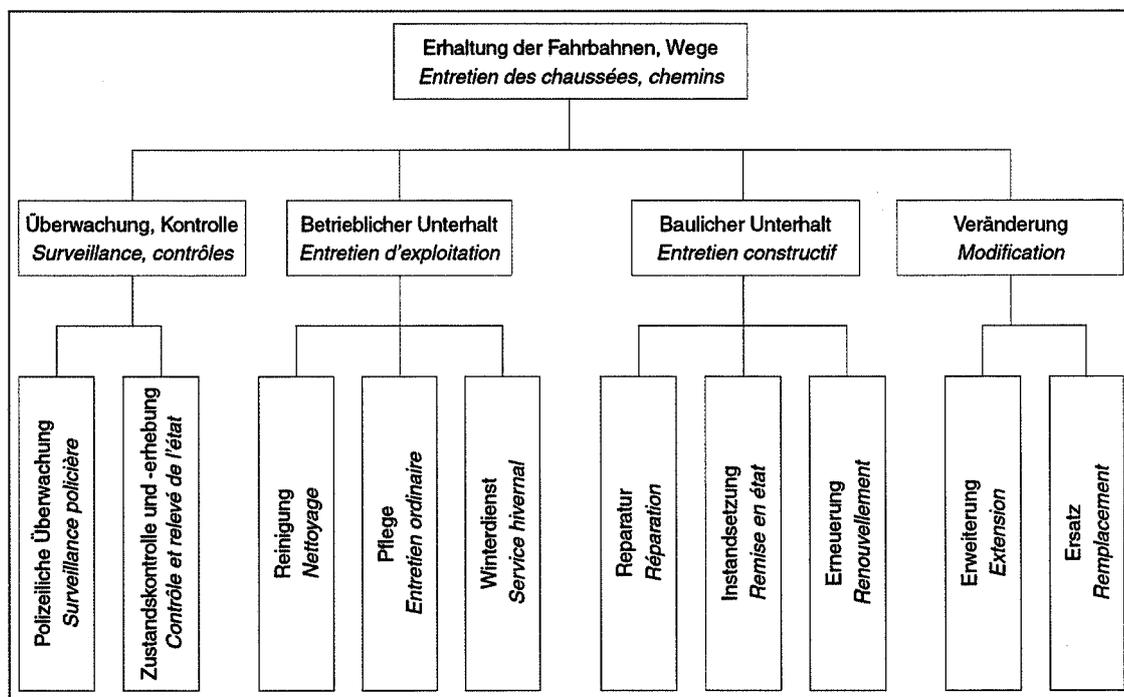
Eine homogene Zustandsverteilung bedingt in der Regel:

- **Homogene Altersverteilung:**  
Die Annahme einer homogenen Altersverteilung ist dadurch begründbar, dass Gemeinden bzw. ihr Strassennetz historisch wachsen. Es kann auch sein, dass ein anfangs heterogenes Netz sich mit der Zeit durch Erhaltungsmassnahmen zu einem homogenen Netz entwickelt.
- **Ausreichende Dimensionierung:**  
Das Strassennetz muss den Anforderungen an die Dimensionierung weitgehend entsprechen.
- **Einwandfreie Bauausführung:**  
Die Strassen sind entsprechend dem Stand der Technik und den Qualitätsanforderungen zu erstellen.
- **Ausführen regelmässiger Erhaltungsmassnahmen:**  
Ein adäquater betrieblicher und baulicher Unterhalt ist regelmässig auszuführen.

Die Erhaltungsmassnahmen für die Fahrbahn werden gemäss SN 640900a, Ziffer 4.6ff wie folgt definiert:

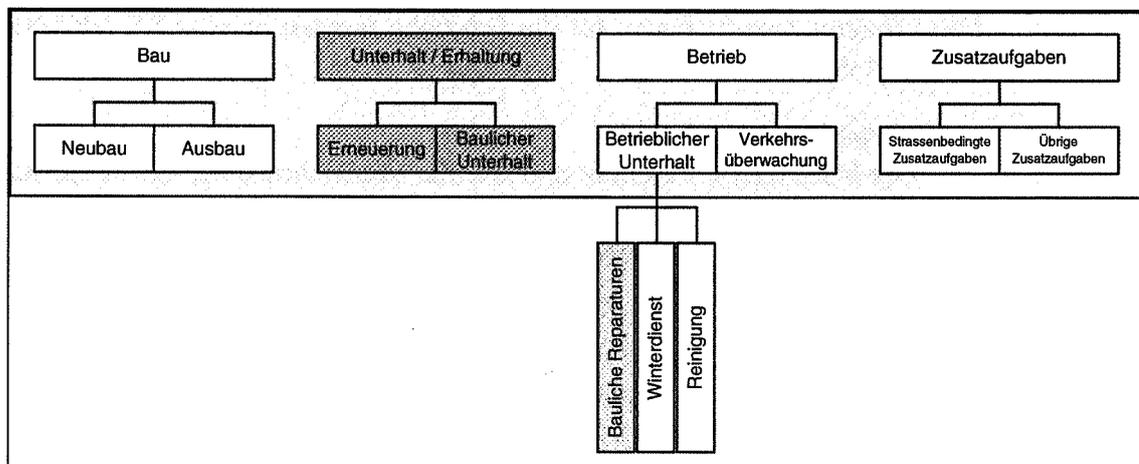
- **Betrieblicher Unterhalt:**  
 “Der betriebliche Unterhalt umfasst alle Massnahmen zur Gewährleistung der Betriebssicherheit der Strassenverkehrsanlage. Dies sind vor allem Reinigung, Pflege, Wartung, Instandhaltung und Kleinreparaturen.“
  
- **Baulicher Unterhalt:**  
 “Der bauliche Unterhalt umfasst bauliche und technische Massnahmen zur Gewährleistung der Bauwerkssicherheit, der Aufrechterhaltung der Anlagesubstanz und der Anlagefunktion. Er umfasst Reparaturen, Instandsetzung und Erneuerung.“

Entsprechend der SN 640900a, Anhang C, lässt sich die Erhaltung der Fahrbahn wie folgt gliedern:



**Abbildung 27: Erhaltung der Fahrbahnen und Wege: Gliederung und Zusammenhänge (Quelle SN 640900a)**

In Ergänzung und zur weiteren Konkretisierung dieser Norm hat die Fachorganisation für Entsorgung und Strassenunterhalt (FES) die Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst herausgegeben [7]. Diese Empfehlung orientiert sich an der nachfolgenden Struktur.



**Abbildung 28: Zuordnung der Tätigkeiten gem. [7]**

Eine einheitliche Angrenzung und klare Zuweisung der verschiedenen Tätigkeiten ist Voraussetzung, um vergleichbare Werte für bauliche Erhaltungsmaßnahmen zu erhalten. Im Rahmen der vorliegenden Studie sind alle baulichen Massnahmen, welche zum einen zum Bereich „Unterhalt / Erhaltung“ und zum anderen zu den „baulichen Reparaturen“ gehören von Bedeutung.

#### 11.4 Vorgabe VSS Norm

In der VSS-Norm SN 640324 Abschnitt „A. Allgemeines“ steht:

##### 3. Zweck:

“Die Dimensionierung hat zum Zweck, die Gesamtdicke sowie die Dicke der verschiedenen Schichten des Strassenoberbaus derart zu bestimmen und die Baustoffe so zu wählen, dass die Strasse ohne Oberbauverstärkung während einer **Gebrauchsdauer von mindestens 20 Jahren** die Verkehrslasten zu tragen vermag.“

Diese Dimensionierung ist aber konservativ und die tatsächlich erreichte Gebrauchsdauer liegt höher.

Diese Norm basiert auf der Dimensionierung der AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). In den AASHTO Interimsrichtlinien [15] ist von einer Verkehrsanalysenperiode von 20 Jahren die Rede. AASHTO führt weiter aus: „Weder die Verkehrsanalysenperiode noch die Zeit bis zum Erreichen des Endbefahrbarkeitswertes sollten mit der Lebensdauer der Strasse verwechselt werden“. Dies da der Verkehr durch tägliche und gesamte äquivalente Übergänge der 18 kip (80kN)-Einzellastachslast ausgedrückt wird und somit jede beliebige Periode mit diesen Dimensionierungsrichtlinien betrachtet werden kann.

## 11.5 Literaturrecherche

Die Forschungsstelle hat relativ viel Zeit in die Literaturrecherche investiert. Das Resultat ist aber dennoch ernüchternd. Während zur Zustandserfassung und zur Dimensionierung viele Arbeiten vorhanden sind, so fehlen doch Studien, welche sowohl einen konsequenten top-down Ansatz (trotz zum Teil gegenteiliger Studientitel) verfolgen als auch fundierte Aussagen zur Lebensdauer der Strasse machen.

Die folgenden Studien wurden beschafft und sind teilweise in die Überlegungen eingeflossen:

### **1. Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstrassen, E EMI 2003, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Deutschland**

(Überlegungen zur Abgrenzung der Erhaltungsmassnahmen zwischen betrieblichem und baulichem Unterhalt) [12]

### **2. Verfahren zur Finanzbedarfsprognose für die Strassenerhaltung bei Ortsdurchfahrten, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik Heft 556, 1989, Deutschland**

In dieser relativ weit zurückliegenden Studie wird auch ein Strategiemodellverfahren postuliert [14]. Die Massnahmenarten sind zwar ähnlich zum vorliegenden Modellvorschlag (siehe Kapitel 11.7), jedoch wird die Massnahmenfolge nicht systematisch in einem Zyklusmodell aufgestellt. Im Rahmen der Studie wurde u.a. eine umfangreiche Befragung zur Nutzungsdauer und zu den Massnahmearten und -anteilen durchgeführt. Dabei wurde ein stochastischer Ansatz gewählt, beispielsweise wurden die Fachleute danach befragt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Zeitraum von d Jahren erreicht oder überschritten wird, bevor eine Erhaltungsmassnahme stattfindet. An der Befragung beteiligten sich die Bauverwaltungen von 10 Grossstädten mit einer Grössenordnung von 100'000 bis 1.6 Millionen Einwohnern. Die Werte sind aus diesen verschiedenen Gründen nicht auf diese Studie übertragbar, jedoch wurde der definierte Ansatz bestätigt.

### **3. Studie zur Aufbereitung von Grundlageninformationen zur Ermittlung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes der Strassen und Kunstbauten in der Stadt Zürich**

Im Jahre 2002 / 2003 wurde durch Wüest & Partner im Auftrag des TAZ eine gross angelegte Studie zur Aufbereitung von Grundlageninformationen zur Ermittlung des durchschnittlichen jährlichen Wertverlustes der Strassen und Kunstbauten in der Stadt Zürich durchgeführt. Diese Studie bildete eine sehr gute und nützliche Basis für die weiteren Arbeiten der Forschungsstelle. Im Rahmen dieser Studie wurde auch eine umfangreiche Expertenbefragung der Fachleute des TAZ durchgeführt. Die Befragten gaben sowohl einen durchschnittlichen Erwartungswert sowie einen Minimal- bzw. Maximalwert für die Lebensdauer der Strassenkategorien an.

Den Auswertungsergebnissen liegen fünfzehn ausgefüllte Fragebögen zu Grunde (9 von Mitarbeitern des Tiefbauamtes der Stadt Zürich und 6 von für die Erhaltung von Strassenanlagen Verantwortlichen aus anderen Schweizer Städten). Dies ist ein beschränkter Stichprobenumfang, weswegen die Resultate mit Vorsicht zu geniessen sind. An dieser Stelle werden die für diesen Forschungsauftrag relevanten Resultate aufgelistet.

Verkehrslastklasse	Deckschicht			Tragschicht			Fundationsschicht		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
T1	21	33	48	33	50	68	49	79	111
T2-T3	18	28	40	26	42	54	41	71	99
≥T4	14	21	32	20	33	43	35	54	81

**Tabelle 25: Resultate aus der Expertenbefragung (Quelle [3])**

Wenn man diese Werte nach den Kosten der Bauteile mittelt, erhält man (ohne Berücksichtigung der baulichen Reparaturen) folgende mittlere Lebensdauern:

Verkehrslastklasse	Mittlere Lebensdauer in Jahren	Quote Wertverlust in %
T1	54	1.9
T2-T3	48	2.1
≥T4	38	2.6

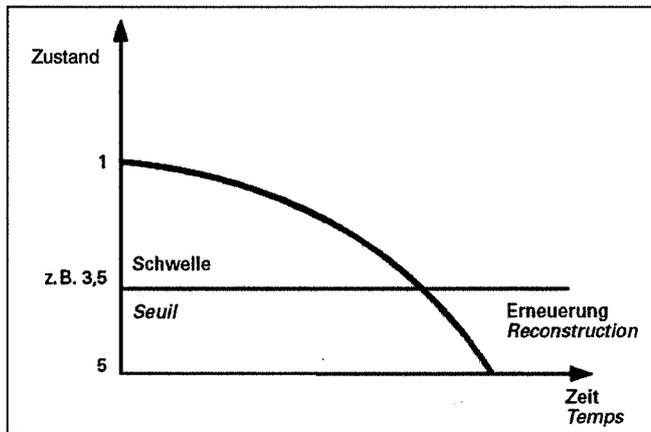
**Tabelle 26: Mittlere Lebensdauer (Quelle [1])**

Nachdem in der deutschsprachigen Literatur keine für diesen Forschungsauftrag nützlichen Aussagen über die Alterungskurven von Strassen gefunden wurden, versuchte man es in der englischsprachigen Literatur.

Im anglikanischen Raum gibt es einige netzsichtbasierte Infrastrukturmanagement-Software-Pakete, die den Zustand einzelner Infrastrukturbestandteile voraussagen, um den Zustand des Gesamtnetzes zu bestimmen. Dies ist ein Widerspruch in sich. Jedoch wurde kein einziger top-down-Approach gefunden. Andererseits ist es logisch, dass um eine Aussage über die Allgemeinheit machen zu können, man auch gewisse Kenntnisse über die Individuen, aus denen sich die Allgemeinheit zusammensetzt, haben muss.

## 11.6 Zustandsverlauf

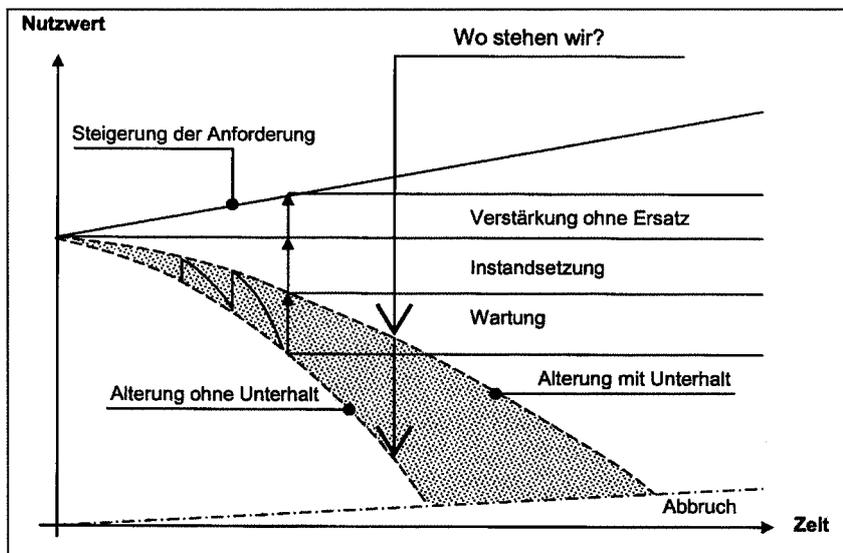
Zum Zustandsverlauf existieren verschiedene Modelle. Die SN 640931 „Erhaltungsstrategien für Fahrbahnen“ gibt den folgenden Zustandsverlauf bei Nullunterhalt als grundlegende Abbildung an:



**Abbildung 29: Zustandsverlauf bei Nullunterhalt (Quelle SN 640931)**

Die SN 640931 stellt auch den Einfluss verschiedener Erhaltungsmaßnahmen auf den Zustandsverlauf konzeptionell dar, ohne allerdings verbindliche Aussagen zu Zeit oder Zustand zu machen.

Weitergehend ist die im von Prof. Fechtig postulierte und in [5] zitierte Abbildung des Zustandsverlaufs (= Nutzwertes) eines Bauwerkes, welche den Einfluss verschiedener Massnahmen konzeptionell abbildet.



**Abbildung 30: Nutzwert eines Bauwerkes nach Prof. R. Fechtig, ETH Zürich (Quelle [5])**

Im Rahmen der Recherchen wurde versucht, weitere entsprechende Konzepte zu eruieren und vor allem verbindliche Aussagen zu den effektiven Zeit- und Zustandsverhältnissen zu erlangen.

Es wurden grundsätzlich zwei Arten von Zustandsvoraussagen gefunden. Die „Straight Line Prediction“ und die „Deterioration Curves“.

### 11.6.1 Straight Line Prediction

Bei der Straight Line Prediction wird der Pavement Condition Index (PCI, ein Zustandsindex) gleich nach der Fertigstellung als 100 angenommen. Dies sieht man in der untenstehenden Abbildung, in der die Strasse 1985 fertig gestellt wurde. Bei einer Zustandsaufnahme im Jahre 2000 wurde ein PCI von 70 gemessen. D.h. dass über eine Periode von 15 Jahren der PCI um 30 Punkte reduziert wurde. Das wiederum heisst, dass die Zerfallsrate bei einem linearen Zustandsverlauf 2 Punkte pro Jahr beträgt. Diese Zerfallsrate kann dann dazu benutzt werden, um mittels einer linearen Extrapolation die zukünftigen PCI Werte zu bestimmen.

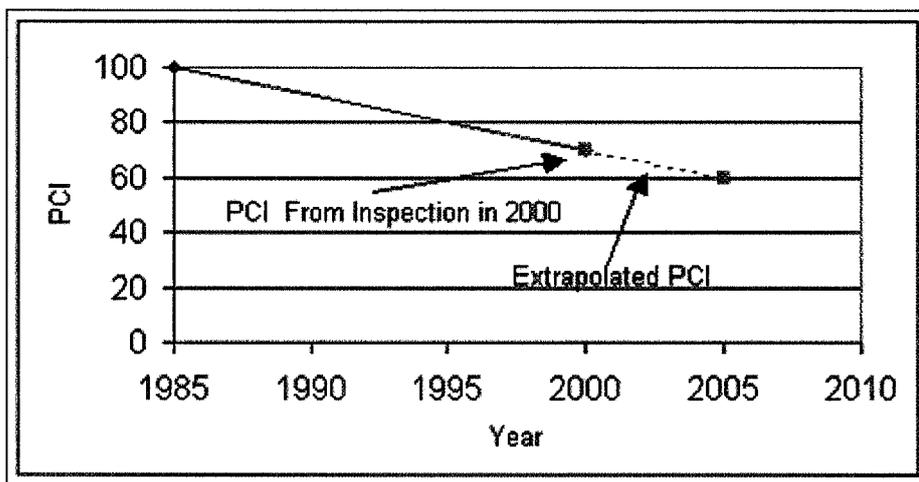


Abbildung 31: Straight Line Prediction Curve (Quelle [16])

Das Straight Line Prediction Modell ist ein Versuch, die Zustandsentwicklung in der Zukunft mit einem einfachen, linearen Zustandsverlauf vorherzusagen. Leider konnten aber keine effektiven Werte aus langjährigen Erhebungen in Erfahrung gebracht werden, welche es uns erlaubt hätten, die für den Forschungsauftrag entscheidenden Fragen der Lebensdauer einer Strasse zu beantworten. Auch ist der lineare Verlauf der Zustandsentwicklung durch Beobachtungen nicht belegt resp. wird in der Literatur eher selten verwendet.

### 11.6.2 Deterioration Curves

Strassen weisen typischerweise keinen linearen Verlauf der Verschlechterung des Strassenzustandes auf. Die folgende Abbildung zeigt eine typische Zustandsverlaufskurve einer Strasse, wobei der „Zustandsverlust“ mit dem „Wertverlust“ gleichgesetzt werden kann.

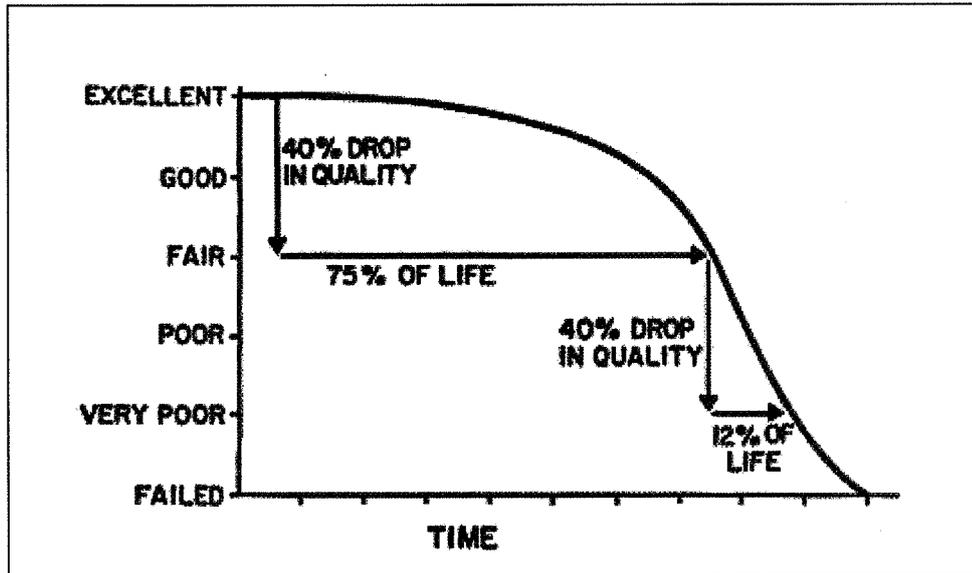


Abbildung 32: Deterioration Curve (Quelle [16])

Die Zerfallskurve illustriert, dass während den ersten Jahren einer Strasse die Zerfallsrate ziemlich gering ist. Dies unter der Voraussetzung, dass die Strasse richtig dimensioniert und ausgeführt wurde. Nachdem die Strasse näherungsweise 75 % seiner dimensionierten Lebensdauer erreicht hat, nimmt die Zerfallsrate erheblich zu. Der Zustand nimmt in den nächsten 18 % seiner dimensionierten Lebensdauer um nochmals 40 % ab.

In der nachfolgenden Abbildung ist ersichtlich, wie diese Kurven entstehen. Es werden die Daten einer bestimmten „Strassenfamilie“ erhoben und der Zustandsindex PCI in Funktion des Alters aufgezeichnet. Anschliessend wird aus dieser Datenmenge eine Regressionskurve erstellt. Eine Strassenfamilie ist definiert als eine Gruppe von Strassen, die eine ähnliche Funktion erfüllen.

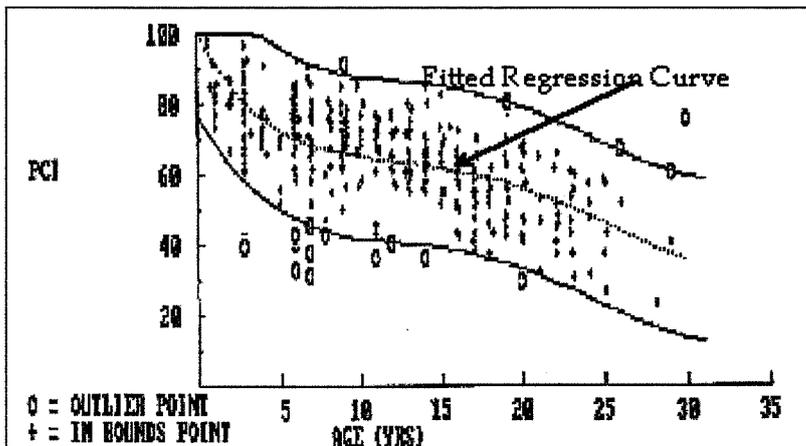


Abbildung 33: Fitted Regression Curve (Quelle [16])

Ein ähnlicher Zustandsverlauf wurde auch in [4] aus Erhebungen auf dem Hochleistungsstrassennetz des Kantons Zürich dargestellt. Darin wird festgehalten, dass sich der Strassenzustand nicht linear verhält, sondern einer Kurve, welche mit Hilfe von „gezielten, sanften Kleineingriffen“ einen nahezu stabilen Zwischenzustand aufweist, folgt.

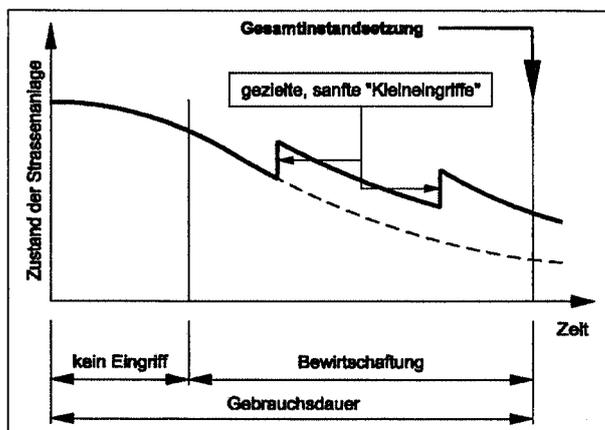


Abbildung 34: Schadenverlauf während Gebrauchsdauer (Quelle [4])

### 11.6.3 Fazit

So interessant die gewonnenen Erkenntnisse aus diesen Publikationen auch erscheinen, so vermögen sie nicht die für uns massgebende Frage der Lebensdauer der einzelnen Anlageteile der Fahrbahn zu beantworten.

Im Rahmen der Literaturrecherche stiess die Forschungsstelle aber auf idealisierte Modellzyklen für Erhaltungsmassnahmen, welche zum Teil der Berechnung der Lebensdauer von Anlageteilen zu Grund gelegt wurden. Dieser Modellansatz wurde in der Folge näher betrachtet und weiter entwickelt.

## 11.7 Modellzyklus für Erhaltungsmassnahmen

### 11.7.1 Dynamisches Modell Wüest&Partner

In [3] wird die Lebensdauer der Strasse über eine „Idealtypische Massnahmenabfolge und Bezeichnung des Intervalls zwischen den einzelnen Massnahmen“ festgelegt. Das Modell baut auf einem Zyklusmodell von 104 Jahren auf und definiert anschliessend die Kosten für die verschiedenen Massnahmen. Diese Massnahmenabfolge ist Teil eines dynamischen Modells, welches den jährlichen Mittelbedarf zudem in Abhängigkeit des Kalkulationszinssatzes berechnet.

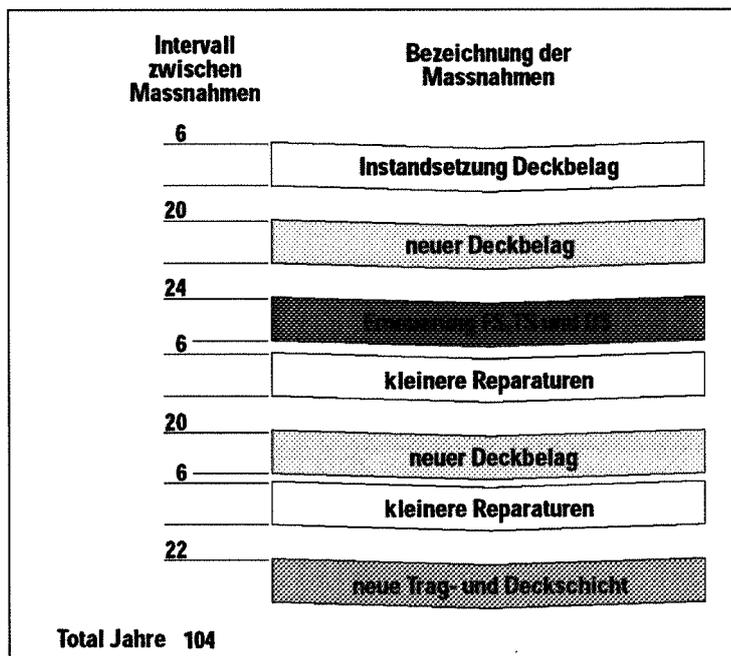


Abbildung 35: Zyklusmodell nach Wüest&Partner (Quelle [3])

### 11.7.2 Modell des Tiefbauamtes des Kantons Zürich

Das Tiefbauamt des Kantons Zürich hat ein eigenes System für den Unterhalt der Nationalstrassen entwickelt [4]. Ausgangspunkt war eine Feststellung des ASTRA, dass der Kanton Zürich zu wenig in die Erhaltung der Autobahnen investiert, was aber nicht durch eine entsprechende Verschlechterung des Zustandes erhärtet werden konnte.

Dieses System baut ebenfalls auf wiederkehrenden Massnahmenzyklen auf. Der Alterungsverlauf wird dabei gem. Abbildung 29 auf Basis eigener Erhebungen angenommen.

Die Massnahmen werden in systematischen Abfolgen in einem zeitlichen Vielfachen des kürzesten Zyklus angenommen. Basierend auf diesen Annahmen berechnete das TBA die jährlich notwendigen Ausgaben für die Werterhaltung basierend auf dem effektiv vorhandenen Autobahnnetz. Das System wurde in [4] im Detail beschrieben.

### 11.7.3 Zyklusmodell

In Anlehnung an entsprechende Unterhaltskonzepte in der Industrie, z.B. bei Triebfahrzeugen der Eisenbahn, wird versucht, einen idealen Modellzyklus für Erhaltungsmassnahmen für die verschiedenen Belastungskategorien zu definieren. Das Zyklusmodell betrachtet den Zeitabschnitt vom Neubauten bis zum Totalersatz der Strasse, wobei das Modell auf immer wiederkehrende Teilprozesse aufbaut. Die Lebensdauer wurde dabei je nach Belastungskategorie unterschiedlich festgelegt (Bandbreite 100 bis 200 Jahre).

Die für den Strassenunterhalt zugrunde gelegte Methodik basiert zum einen auf der SN 640900a und zum anderen auf der Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst des FES, Edition 2000 [7]. Wie bereits in Kapitel 11.3 ausgeführt, sind dabei für die vorliegende Forschungsarbeit die baulichen Massnahmen, welche in den Bereich von „Unterhalt / Erhaltung“ und der „Baulichen Reparaturen“ fallen, von Bedeutung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die baulichen Reparaturen als Teil des betrieblichen Unterhaltes betrachtet werden.

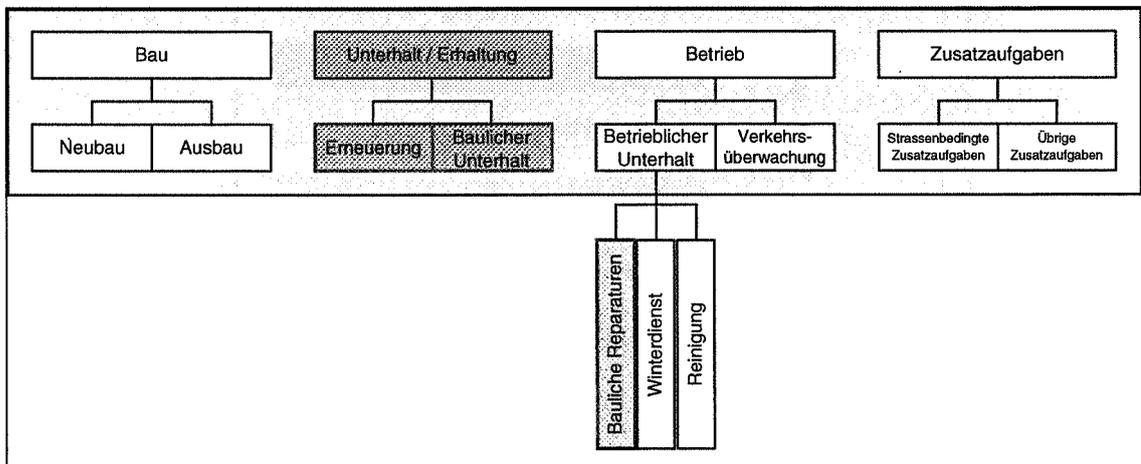


Abbildung 36: Zuordnung der Tätigkeiten gem. [7]

Es ist zu beachten, dass die Kreditgenehmigung für die beiden Bereiche „Unterhalt / Erhaltung“ und „Betrieb“ in der Regel unterschiedlich erfolgen. Die Ausgaben für Unterhalt / Erhaltung (wie auch für Bau) werden in der Regel über projektbezogene Kredite bewilligt, die Aufwendungen für den Betrieb (inkl. bauliche Reparaturen) hingegen als Gesamtbetrag für den Strassenunterhalt („quasi Fixkosten“). Diese Abgrenzung ist wichtig und führt bei einer generellen Auswertung der Verwaltungsrechnung oft dazu, dass unterschiedliche Zahlen verglichen werden.

Diese Ausgaben für den betrieblichen Unterhalt wurden in den vergangenen Jahren vom FES auf Basis der vorstehend beschriebenen Struktur in verschiedenen Städten und Gemeinden erhoben und teilweise auch publiziert [8]. In der nachfolgenden Tabelle sind die Werte aus [8] für das Jahr 2001 sowie Kennwerte (Kosten pro Quadratmeter Strassenfläche) der Jahre 2002 und 2003, welche von FES zur Verfügung gestellt wurden, abgebildet:

Bereich	2001			2002	2003	Durchschnitt 2001-2003 Mittelwert [CHF/m <sup>2</sup> ]
	Minimum [CHF/m <sup>2</sup> ]	Mittelwert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Maximum [CHF/m <sup>2</sup> ]	Mittelwert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Mittelwert [CHF/m <sup>2</sup> ]	
Winterdienst	0.45	0.73	2.07	0.44	0.89	0.69
Reinigung	1.67	2.8	3.31	3.29	3.36	3.15
Bauliche Reparaturen	1.41	2.05	2.81	1.61	1.52	1.73
Total vergleichbare Tätigkeiten	3.7	5.31	7.13	5.28	5.77	5.45

**Tabelle 27: Kosten für den betrieblichen Unterhalt (Quellen: Jahr 2001: [8]; Jahre 2002/2003: FES)**

Nachfolgend werden die dem Modell zugrunde gelegten Massnahmen (Ausgangspunkt: neuerbaute Strassen zum Zeitpunkt  $t=0$ ) in Ergänzung zu den zitierten Dokumenten definiert. Die für die verschiedenen Massnahmen eingestellten Kosten basieren auf den oben genannten Zahlen der FES und auf aktuellen Erfahrungswerten.

- **Neubau Strasse:**  
Neubau des gesamten Strassenoberbaus inkl. Foundationsschicht, Tragschicht und Deckschicht, aber ohne Stabilisierungsmassnahmen im Untergrund;  
Entwässerung (sofern nicht über Schulter), Markierung, Anteile Ausrüstung (Details siehe Kapitel 10 Wiederbeschaffungswert).  
Kosten: 143.- bis 300.- pro Quadratmeter
- **Betrieblicher Unterhalt ohne bauliche Reparaturen:**  
Als betrieblichen Unterhalt werden Reinigung, Pflege und Schneeräumung betrachtet. Im Zyklusmodell werden diese Tätigkeiten kostenmässig nicht berücksichtigt. Sie sind aber Voraussetzung für eine einwandfreie Gebrauchstauglichkeit der Anlage und für die Anwendung des Zyklusmodells.
- **Bauliche Reparaturen (als Bestandteil des betrieblichen Unterhaltes):**  
Die baulichen Reparaturen umfassen kleinere bauliche Massnahmen im Rahmen von Sofortmassnahmen zur Erhaltung der Betriebsbereitschaft. Dazu zählen z.B. das Flickern von Löchern, Ausgiessen von Rissen, Auffrischen von Markierungen, etc.  
Kosten: gem. Erhebung der FES zwischen
  - Belastungskategorie IA, IB und IC: 1.41 CHF pro Quadratmeter
  - Belastungskategorie II, III und IV: 1.73 CHF pro Quadratmeter
- **Baulicher Unterhalt (lokale Zwischenintervention):**  
Beschränkte Oberflächensanierung wie z.B. teilweiser Ersatz Deckschicht, Mikrobeläge, etc.  
Im Modell wurden die folgenden Massnahmen eingesetzt:
  - Belastungskategorien I (ohne IC) und II: Ersatz Deckbelag  
Kosten: 20 bis 28 CHF pro Quadratmeter
  - Belastungskategorien IC: Einfache Oberflächenbehandlungen wie z.B. Erneuerung Splittbelag oder Kaltmicrobeläge  
Kosten: 10 CHF pro Quadratmeter
  - Belastungskategorien III und IV: Kosten für Mikrobeläge  
Kosten: 15 CHF pro Quadratmeter

- Erneuerung / Zwischenintervention:  
Flächige Sanierung wie z.B. Ersatz der Deckschicht und Teile Tragschicht, etc.; ebenfalls berücksichtigt wurden Kosten für Demarkierung resp. Markierung, nicht jedoch Anpassungen an Randabschlüssen und Entwässerung, Erneuerung der Beleuchtung, etc.
  - alle Belastungskategorien: Ersatz Deckbelag und obere Tragschicht  
Kosten: 60 bis 85 CHF pro Quadratmeter
  - zusätzlich bei Belastungskategorien IA, IB und II: Trottoirs: 30 CHF pro Quadratmeter
- Erneuerung / Ersatz Deck- und Teile Tragschicht resp. Binderschicht:  
Kosten für den Ersatz der Trag- und der Deckschicht der entsprechenden Belastungskategorie (nur bei Belastungskategorie III und IV); ebenfalls berücksichtigt wurden Kosten für Demarkierung resp. Markierung, Anpassungen an Randabschlüssen und Entwässerung, etc.  
Kosten: 110 bis 125 CHF pro Quadratmeter, Trottoirs: 30 CHF pro Quadratmeter
- Totalersatz (erneuter Neubau) der Strasse (kostenmässig nicht berücksichtigt)

Die Trottoirflächen wurden im Modell ebenfalls berücksichtigt. Dabei wurde angenommen, dass nur zusammen mit grösseren Interventionen zur Hälfte der betrachteten Zeiträume (50 resp. 100 Jahre) ein Ersatz Deck- und Tragschicht im Trottoirbereich vorgenommen wird. Die eingesetzten Kosten betragen 30 CHF pro Quadratmeter.

Nachfolgend sind die verschiedenen Massnahmenabfolgen je Belastungskategorie visualisiert.

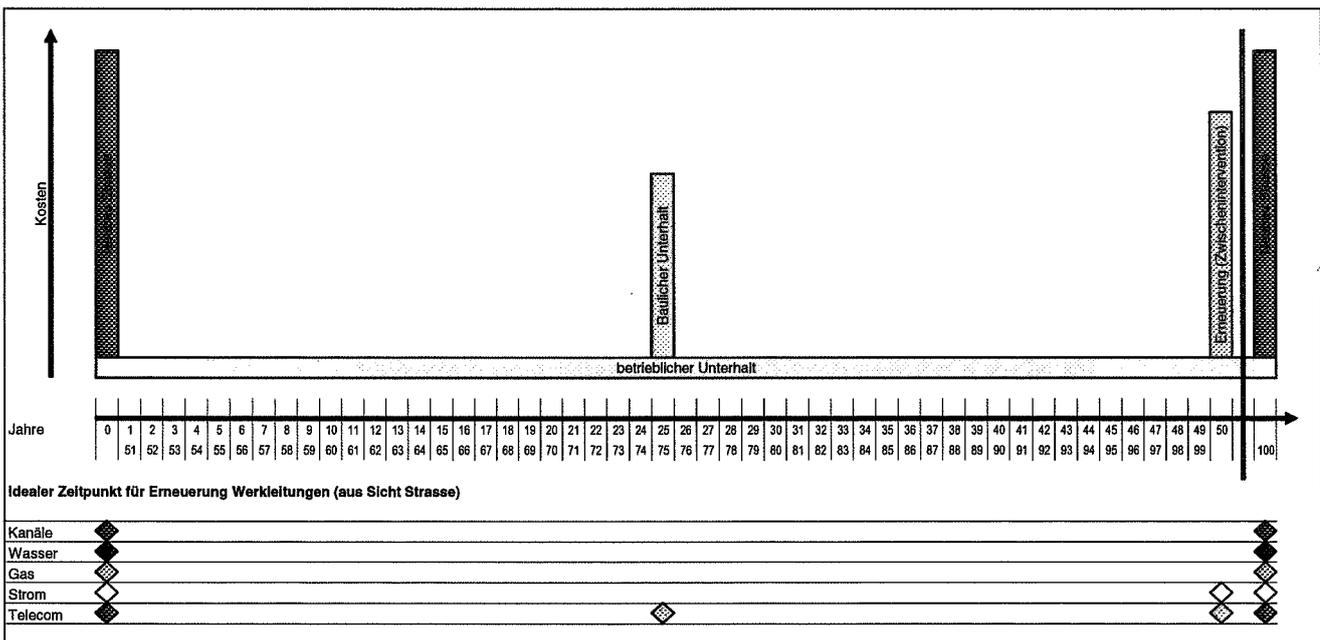
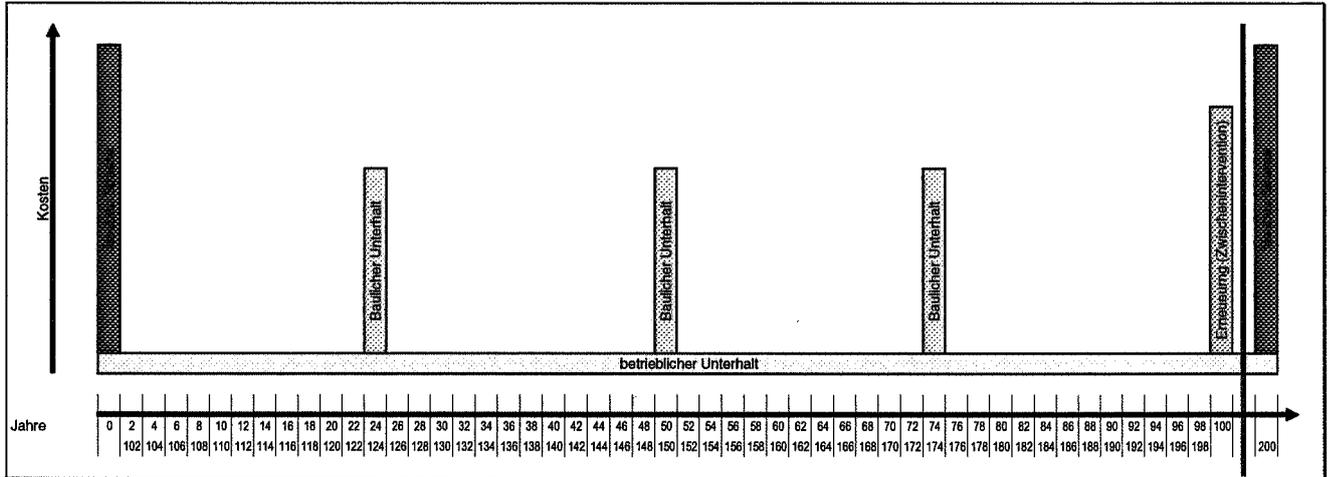
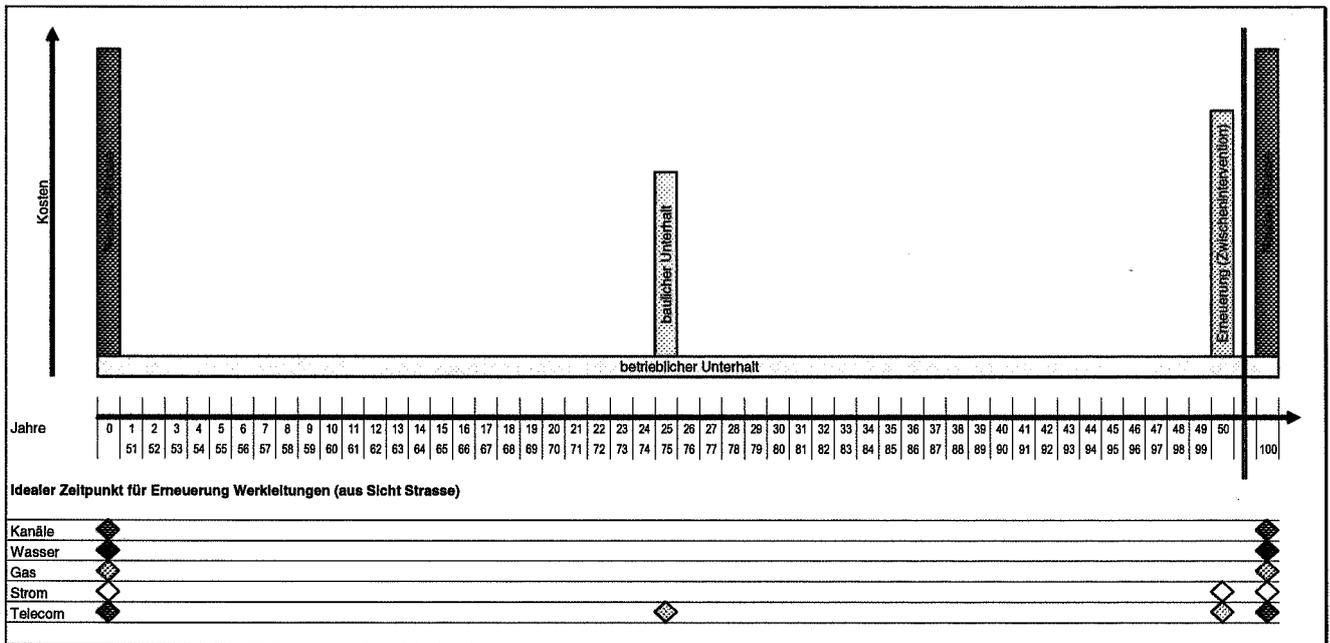


Abbildung 37: Zyklusmodell für die Belastungskategorien IA und IB

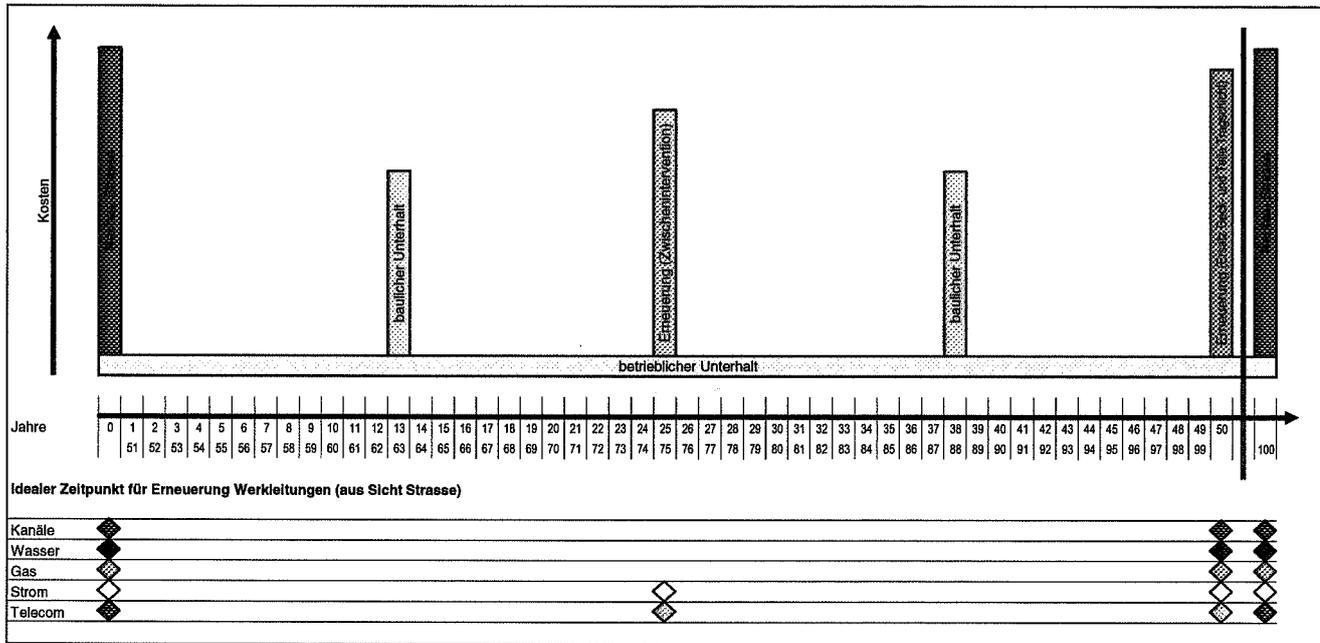


**Abbildung 38: Zyklusmodell für die Belastungskategorie IC**

Es ist zu beachten, dass in Abbildung 37 ein abweichender Masstab auf der Zeitachse dargestellt ist (betrachteter Zeithorizont 200 Jahre).



**Abbildung 39: Zyklusmodell für die Belastungskategorie II**



**Abbildung 40: Zyklusmodell für die Belastungskategorien III und IV**

In den vorstehenden Abbildungen sind auch die aus der Sicht der Strasse idealen Zeitpunkte für die Erneuerung der Werkleitungen eingezeichnet. In diesem Bereich sieht die Forschungsstelle weiteren Forschungsbedarf, müssen doch im kommunalen Strassenbau die Erneuerungszyklen der Strasse und der Werkleitungen aufeinander abgestimmt werden.

Der Alterungsbeiwert berechnet sich nach der folgenden Formel:

$$\text{Alterungsbeiwert} = \frac{\text{„Total Kosten während Zyklus“}}{\text{WBW} * \text{„Dauer Zyklus Neubau – Neubau“}}$$

Um eine bessere Transparenz der Resultate zu erhalten wurden zwei unterschiedliche Werte für die verschiedenen Strassenkategorien berechnet. Der eine Wert beinhaltet die baulichen Reparaturen und umfasst – bezogen auf die Verwaltungsrechnung – sowohl die Projektkosten als auch die „Quasi-Fixkosten“ des Werkhofes (Alterungsbeiwert I). Der andere Wert wiederum umfasst die baulichen Reparaturen nicht und kann somit den reinen Projektkosten gegenüber gestellt werden (Alterungsbeiwert II).

Basierend auf den aus dem Modell für den Wiederbeschaffungswert gewonnenen Kostenangaben kann der theoretische, jährliche Wertverlust wie folgt beziffert werden:

Belastungskategorie IA		Belastungskategorie IB		Belastungskategorie IC	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.6%	Alterungsbeiwert I	1.6%	Alterungsbeiwert I	1.4%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.3%	Alterungsbeiwert II	1.3%	Alterungsbeiwert II	0.9%

Belastungskategorie II		Belastungskategorie III		Belastungskategorie IV	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.		mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.8%	Alterungsbeiwert I	2.2%	Alterungsbeiwert I	2.6%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.		ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.4%	Alterungsbeiwert II	1.9%	Alterungsbeiwert II	2.1%

Tabelle 28: Resultate aus Zyklusmodell

### 11.7.4 Expertengespräche

Das Modell der Forschungsstelle wurde mit den Herren Arioli und Egger im Sinne von Expertengesprächen diskutiert. Es deckt sich im Grundsatz mit den Annahmen von Herrn Egger, wobei sein Modell nicht auf einem Modellstrassennetz sondern auf dem effektiven Nationalstrassennetz aufbaut. Auch Herr Arioli hat sich positiv zu diesem Ansatz geäußert, welcher sich teilweise – wie vorstehend erläutert – mit seinen Untersuchungen für das TAZ deckt.

### 11.8 Resultate aus der Erhebung

Die Gemeinden wurden gebeten, die durchschnittliche Lebensdauer der einzelnen Schichten einer Strasse ihrer Gemeinde zu schätzen und jeweils pro Strassentyp und Schicht einen durchschnittlichen, einen Minimal- und einen Maximalwert anzugeben.

Da aufgrund der Resultate der Umfrage die Belastungskategorien noch einmal angepasst wurden, sind die nachfolgenden erwähnten Kategorien nicht in jedem Fall mit den im Kapitel 9 beschriebenen identisch.

Gemeinde	Erschliessungsstrasse / Belastungskategorie I								
	Deckschicht			Tragschicht			Fundationsschicht		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
Aarau	20	30	40	40	50	60	60	90	>100
Basel	k.A.	30	k.A.	k.A.	60	k.A.	k.A.	120	k.A.
Bern	30	35	40	60	70	80	120	140	180
Erlenbach	15	25	40	40	45	60	40	60	100
Hinwil	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Köniz	15	25	40	30	50	60	60	100	120
Malans	30	40	50	k.A.	60	k.A.	k.A.	120	k.A.
Münchenstein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Ostermundigen	20	25	30	30	35	40	40	k.A.	k.A.
Reinach	20	30	35	30	50	60	80	100	120
Uster									
Winterthur	k.A.	30	k.A.	k.A.	50	k.A.	k.A.	80	k.A.
Min. / Ø / Max.	15	30	50	30	52	80	40	101	180

Tabelle 29: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Erschliessungsstrasse

Sammelstrasse / Belastungskategorie 1									
Gemeinde	Deckschicht			Tragschicht			Fundationsschicht		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
Aarau	20	30	40	40	50	60	60	90	>100
Basel	k.A.	30	k.A.	k.A.	60	k.A.	k.A.	120	k.A.
Bern	30	35	40	60	70	80	120	140	180
Erlenbach	15	25	40	40	45	60	40	60	100
Hinwil	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Köniz	12	20	30	20	40	60	60	80	120
Malans	k.A.	40	k.A.	k.A.	60	k.A.	k.A.	120	k.A.
Münchenstein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Ostermundigen	k.A.	20	k.A.	30	35	40	40	k.A.	k.A.
Reinach	15	25	30	20	40	50	60	80	100
Uster									
Winterthur	k.A.	30	k.A.	k.A.	50	k.A.	k.A.	80	k.A.
Min. / Ø / Max.	12	28	40	20	50	80	40	96	180

Tabelle 30: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Sammelstrasse

Verbindungsstrasse / Belastungskategorie 2									
Gemeinde	Deckschicht			Tragschicht			Fundationsschicht		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
Aarau	15	25	40	30	40	50	60	90	>100
Basel	k.A.	30	k.A.	k.A.	60	k.A.	k.A.	120	k.A.
Bern	30	35	40	60	70	80	120	140	180
Erlenbach	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hinwil	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Köniz	10	15	30	30	40	60	50	80	100
Malans	k.A.	30	k.A.	k.A.	60	k.A.	k.A.	120	k.A.
Münchenstein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Ostermundigen	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Reinach	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Uster									
Winterthur	k.A.	25	k.A.	k.A.	45	k.A.	k.A.	70	k.A.
Min. / Ø / Max.	10	27	40	30	53	60	50	103	180

Tabelle 31: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Verbindungsstrasse

Hauptverkehrsstrasse / Belastungskategorien 3 & 4									
Gemeinde	Deckschicht			Tragschicht			Fundationsschicht		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
Aarau	12	20	35	20	30	40	60	90	>100
Basel	k.A.	20	k.A.	k.A.	40	k.A.	k.A.	80	k.A.
Bern	23	28	32	46	56	64	92	112	128
Erlenbach	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hinwil	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Köniz	8	12	25	20	30	50	50	70	80
Malans	k.A.	25	k.A.	k.A.	50	k.A.	k.A.	100	k.A.
Münchenstein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Ostermundigen	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Reinach	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Uster	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Winterthur	k.A.	20	k.A.	k.A.	40	k.A.	k.A.	60	k.A.
Min. / Ø / Max.	8	21	35	20	41	64	50	85	128

Tabelle 32: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Hauptverkehrsstrasse

Verkehrstechn. Klassifikation / BK	Deckschicht			Tragschicht			Fundationsschicht		
	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
ES / BK 1	15	30	50	30	52	80	40	101	180
SS / BK 1	12	28	40	20	50	80	40	96	180
VS / BK 2	10	27	40	30	53	60	50	103	180
HVS / BK 3 & 4	8	21	35	20	41	64	50	85	128

**Tabelle 33: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten verschiedener Strassentypen**

Die aus der Umfrage abgeleiteten Mittelwerte für die durchschnittliche Lebensdauer einer Deckschicht liegen erstaunlich nahe bei den Werten aus der Expertenbefragung aus [3]. Dies lässt darauf schliessen, dass bezüglich der Deckschicht genügend Erfahrung vorhanden ist. Je tiefer die Schicht bzw. je höher die durchschnittliche Lebensdauer, je mehr variieren die Resultate. So liegen die durchschnittlichen Lebensdauern der Fundationsschicht aus der Umfrage deutlich höher als die aus der Expertenbefragung aus [3] ermittelten Werte.

Auch wurden die Gemeinden zum vorgeschlagenen Modellzyklus befragt. Die Modellannahmen wurden als plausibel und das Modell mehrheitlich als gut eingestuft. Dass die Praxis unberechenbarer ist als das theoretische Modell, ist einleuchtend. Sowohl die im Modell definierten Teilprozesse wie auch die Zeitdauer zwischen den einzelnen Prozessen wurden als richtig eingeschätzt. Einzig bezüglich der Zeit zwischen zwei Neubauten liegen die Schätzungen mit Werten von 30 bis 150 Jahren sehr weit auseinander. Dies kommt einerseits daher, dass bezüglich dieser Zeitdauer noch keine Erfahrungen vorhanden sind. Andererseits differenziert diese Zeitdauer je nach Belastung, Nutzung, Werkleitungen, ÖV Betrieb, Klima und Untergrund sehr stark. Die Kosten des baulichen Unterhalts in Franken pro Quadratmeter und Jahr wurden jedoch mit nur zwei Ausnahmen auf ca. 2.20 CHF/m<sup>2</sup> und Jahr geschätzt.

### 11.9 Vergleich der Resultate und Schlussfolgerungen

Aus den mittleren Lebensdauern pro Schicht und Kategorie wurden anhand der nachstehenden Formel die mittleren Lebensdauern pro Kategorie berechnet.

$$\text{Mittlere Lebensdauer } r = \frac{L_{DS_{BK_i}} \cdot WBW_{DS_{BK_i}} + L_{TS_{BK_i}} \cdot WBW_{TS_{BK_i}} + L_{FS_{BK_i}} \cdot WBW_{FS_{BK_i}}}{WBW_{DS_{BK_i}} + WBW_{TS_{BK_i}} + WBW_{FS_{BK_i}}}$$

$$\text{Wertverlust} = \frac{1}{\text{mittlere Lebensdauer } r}$$

Belastungs-kategorie	Mittlere Lebensdauer [a]	Wertverlustquote [%]
IA	68	1.48
IB	65	1.55
IC	65	1.55
II	67	1.50
III	56	1.77
IV	59	1.70

**Tabelle 34: Mittlere Lebensdauer und Wertverlustquoten aus der Umfrage (ohne Berücksichtigung bauliche Reparaturen)**

Belastungs-kategorie	ohne bauliche Reparaturen		mit baulichen Reparaturen	
	Mittlere Lebensdauer	Wertverlustquote	Mittlere Lebensdauer	Wertverlustquote
	[a]	[%]	[a]	[%]
IA	80	1.3	64	1.6
IB	77	1.3	61	1.6
IC	109	0.9	72	1.4
II	73	1.4	55	1.8
III	54	1.9	45	2.2
IV	48	2.1	39	2.6

Tabelle 35: Mittlere Lebensdauer und Wertverlustquoten aus den Zyklusmodellen

Die Resultate der verschiedenen Modelle und Umfragen zeigen das folgende Bild:

Belastungs-kategorie	Wertverlustquote					Deutsch-land [10]
	VSS-Normung	Literatur-recherche Umfrage	Zyklusmodell Forschungsstelle		Umfrage Forschungs-stelle	
			o. baul. Rep.	m. baul. Rep.		
I	5%	1.90%	1.3%	1.6%	155.0%	1.5%
II	5%	2.10%	1.4%	1.8%	150.0%	1.5%
III	5%	2.60%	1.9%	2.2%	177.0%	1.5%
IV	5%	2.60%	2.1%	2.6%	170.0%	1.5%

Tabelle 36: Wertverlustquoten pro Belastungskategorie

11.10 Fazit

Die Abschätzung des Alterungsbeiwertes war aufgrund der kaum verfügbaren Erfahrungswerte aus den Gemeinden schwierig. Das gewählte Zyklusmodell muss als theoretisches Modell betrachtet werden, welches unter verschiedenen Bedingungen plausible und taugliche Werte für die mittlere Lebensdauer resp. die Wertverlustquote ergibt. Auch der Vergleich mit den verfügbaren Untersuchungen zeigt, dass die Modellwerte in derselben Bandbreite liegen.

Belastungskategorie IA		Belastungskategorie IB		Belastungskategorie IC	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert I 1.6%	mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert I 1.6%	mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert I 1.4%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert II 1.3%	ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert II 1.3%	ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert II 0.9%

Belastungskategorie II		Belastungskategorie III		Belastungskategorie IV	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert I 1.8%	mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert I 2.2%	mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert I 2.6%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert II 1.4%	ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert II 1.9%	ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	Alterungsbeiwert II 2.1%

Tabelle 37: Alterungsbeiwerte pro Belastungskategorie

## 12 WEITERE EINFLUSSFAKTOREN

Im Rahmen der Offerte für diesen Forschungsauftrag wurde von der Forschungsstelle die nachfolgende Wertverlustformel postuliert:

$$\text{Wertverlust}_{p.a.} = \text{Wiederbeschaffungswert} \times \text{Alterungsbeiwert} \times \text{BF}_B \times \text{KF}$$

In dieser Formel bezeichnen die Faktoren:

- **BF<sub>B</sub>** (Belastungsfaktor):  
Faktor zur Berücksichtigung der Belastung resp. der Belastungskategorie der Strasse resp. der entsprechenden Teilstücke des Strassennetzes
- **KF** (Korrekturfaktor(en)):  
Korrekturfaktor(en) zur Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (z.B. Klima)

Faktoren haben unter anderem den gravierenden Nachteil, dass sie dem Anwender viel Spielraum offen lassen, um die Formel und damit das Resultat zu beeinflussen, im schlimmsten Fall sogar zu manipulieren. Aus diesem Grund setzte sich die Forschungsstelle von Beginn weg und im Einklang mit den Vorgaben der EK 7.10 zum Ziel, auf diese Faktoren zu Gunsten eines möglichst transparenten Ansatzes zu verzichten. Die Machbarkeit eines solchen Ansatzes war aber zum Zeitpunkt der Ausarbeitung noch nicht abschätzbar.

Bezogen auf die beiden Faktoren „Belastung“ und „Korrekturen“ sind die entsprechenden Einflüsse auf die Anwendung der Formel nachstehend erläutert.

### 12.1 Belastungsfaktor

Entsprechend dem gewählten Ansatz zur Berechnung des Wiederbeschaffungswertes werden die unterschiedlichen Belastungen in den Belastungskategorien berücksichtigt. Das heisst, dass ein entsprechender Aufbau des Strassenkörpers entsprechend der Belastung kostenmässig berücksichtigt ist.

### 12.2 Korrekturfaktor

Der Einfluss verschiedener örtlicher Faktoren wie z.B. Klima ist im aktuellen Ansatz nicht explizit berücksichtigt. Der gewählte Ansatz lässt es aber auf einfache Art zu, diese Einflüsse in der Berechnung des Wiederbeschaffungswertes resp. des Alterungsbeiwertes zu berücksichtigen. Konkret können die Einflüsse wie folgt im Modell abgebildet werden:

- **Klimaeinflüsse:**  
Diese können auf zwei unterschiedliche Arten im Modell berücksichtigt werden:
  - Stärkere Dimensionierung der Foundations- resp. Tragschicht entsprechend der Frosttiefe
  - Änderungen der Intervalle zwischen zwei Interventionen resp. höhere Ansätze für baulicher Unterhalt und Interventionen im Zyklusmodell

- Regionale Einflussfaktoren auf Preise / Erstellungskosten:  
Diese Einflüsse können durch Korrektur der vorgegebenen Einheitspreise erfolgen.
- Gestaltung:  
Falls eine Gemeinde generell einen höheren Ausbaustandard der Strassenmöblierung aufweist, z.B. durch grossflächige Verkehrsberuhigungsmassnahmen, so ist es möglich, diesem Umstand durch Korrektur der Einheitspreise in der Kostentabelle zur Berechnung des Wiederbeschaffungswertes Rechnung zu tragen.  
Auch eine aufwendigere Bepflanzung kann unter der Kostenstelle Gestaltung berücksichtigt werden.
- PAK Beläge:  
Treten in einer Gemeinde grossflächig PAK Beläge auf, so kann dies bei der Berechnung des Wiederbeschaffungswertes berücksichtigt werden, indem der Einheitspreis für den Rückbau (Deponie) nach oben korrigiert wird.
- Bauen unter Verkehr:  
In gewissen Gemeinden bedeutet Bauen fast immer Bauen unter Verkehr, was zu erheblichen Mehrkosten führt. Dies kann unter der Kostenstelle Vorbereitungsarbeiten (Verkehrsprovisorien, Baustelleneinrichtung) berücksichtigt werden.

### 13 VORGABEN FÜR DIE ANWENDUNG DER WERTVERLUSTFORMEL

Die Wertverlustformel erlaubt eine einfache, rasche und transparente Berechnung des durchschnittlichen, jährlichen Wertverlustes eines Strassennetzes unter idealen Bedingungen. Die Wertverlustformel ermöglicht es den Verantwortlichen von kommunalen Strassenbehörden, den Wertverlust des Strassennetzes und damit auch den theoretischen, durchschnittlichen Mittelbedarf zur Kompensation des Wertverlustes zu beziffern und gegenüber den Budgetverantwortlichen der Gemeinde darzustellen. Die erhaltenen Jahreswerte des Wertverlustes können dabei als Benchmark dafür dienen, ob die Gemeinde im langfristigen Mittel genügend in die Strassenerhaltung investiert oder nicht.

Die Wertverlustformel basiert auf zwei Modellen (Wiederbeschaffungswert und Lebensdauer) welche nur dann Gültigkeit haben, wenn die folgenden Randbedingungen gegeben sind:

- Der betriebliche Unterhalt inkl. bauliche Reparaturen wird ausgeführt.
- Das Strassennetz weist eine ausgeglichene Alters- und Zustandsverteilung auf (mittlere Zustandswerte um 2 bis 2.5).

Die zweite Randbedingung wird in der Regel nicht oder nur bedingt gegeben sein. Da zudem die Wertverlustformel den effektiven Strassenzustand nicht berücksichtigt, ist es z.B. nicht zulässig, unter Anwendung der Wertverlustformel ein Investitionsbudget zu erstellen. Die Wertverlustformel kann auch nicht die klassische Planung resp. Planungsvorbereitung beginnend mit der Zustandserfassung, Massnahmenplanung, etc. ersetzen. Sie liefert eine komplementäre Betrachtung zur Bewertung und Beurteilung der Investitionsbudgets aus einer langfristigen Netzsicht.

Die Anwendung der Wertverlustformel erfolgt in den nachfolgenden fünf Bearbeitungsschritten (die nachfolgenden Tabellen sind ohne Legende versehen, da sie bereits in den vorstehenden Kapiteln erläutert sind und hier im Sinne einer Zusammenfassung wiederholt werden):

1. Kategorisierung des Gemeindestrassennetzes:
  - nach Verkehrslastklasse
  - nach verkehrstechnischer Klassifikation

Verkehrslastklassen	Tägliche äquivalente Verkehrslast TF [L./Tag]		im Ortskern	Verkehrstechnische Klassifikation	Belastungskategorie
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	ES	IA
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Ja	SS	IB
T1 / T2	<100	Sehr leicht bis leicht	Nein	SS	IC
T3	100-300	Mittel	-	-	II
T4	300-1'000	Schwer	-	-	III
>T4	>1'000	Sehr schwer bis extrem schwer	-	-	IV

Verkehrstechnische Klassifikation		Belastungskategorie
ES	Erschliessungsstrasse im Ortskern	IA
SS	Sammelstrasse im Ortskern	IB
SS	Sammelstrasse ausserhalb Ortskern	IC
VS	Verbindungsstrasse	II
HVS	Hauptverkehrsstrasse	III
HVS, HLS	Hauptverkehrs-, Hochleistungsstrasse	IV

2. Ermittlung der Ausmasse je Belastungskategorie:
  - Quadratmeter Strassen- und Trottoirflächen pro Belastungskategorie
  - Quadratmeter Strassenfläche pro Belastungskategorie
  - Laufmeter Strasse pro Belastungskategorie
  
3. Überprüfung der Modellstrassen-Querschnitt und Modellstrassen-Abschnitte:
  - Sind die Modellstrassenquer- und Abschnitte für das Gemeindestrassennetz repräsentativ?
    - Wenn JA: Übernahme der Wiederbeschaffungswerte pro Kategorie
    - Wenn NEIN: Anpassung der entsprechenden Werte

Belastungskategorie	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Wiederbeschaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]
	Bezugsfläche Fahrbahn + Trottoir	Bezugsfläche nur Fahrbahn	
IA	319	425	1'914
IB	259	401	2'205
IC	139	-	799
II	243	382	2'673
III	252	431	3'018
IV	250	339	4'744

4. Überprüfung des Zyklusmodells:
  - Ist das Zyklusmodell für die Erhaltungsstrategie repräsentative?
    - Wenn JA: Übernahme der Wertverlustquote pro Kategorie
    - Wenn NEIN: Anpassung der entsprechenden Massnahmen und / oder Intervalle zwischen Massnahmen

Belastungskategorie IA	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.6%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.3%

Belastungskategorie IB	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.6%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.3%

Belastungskategorie IC	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.4%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	0.9%

Belastungskategorie II	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	1.8%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.4%

Belastungskategorie III	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	2.2%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	1.9%

Belastungskategorie IV	
mit kostenmässiger Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert I	2.6%
ohne kostenmässige Berücksichtigung baul. Rep.	
Alterungsbeiwert II	2.1%

5. Berechnung des langjährigen durchschnittlichen Wertverlustes als Addition der entsprechenden Werte je Kategorie

Im Rahmen des Normentwurfes wird ein vereinfachtes 3-Schritt-Verfahren erläutert. Dieses Verfahren verzichtet darauf, gemeindespezifische Wiederbeschaffungswerte und Alterungsbeiwerte zu berechnen, da im Rahmen der Norm klar definierte Mittelwerte für die Anwendung der Wertverlustformel vorgegeben werden.

## 14 PILOTHAFTE NORMANWENDUNG

Im Rahmen der Umfragen wurden von verschiedenen Gemeinden die für die Normanwendung notwendigen Daten erhoben. Im Sinne einer Überprüfung wurde die Wertverlustformel pilothaft für die Gemeinden Erlenbach (ZH) und Hinwil angewendet und die erhaltenen Werte den effektiven Aufwendungen der Gemeinde während den letzten fünf Jahren gegenüber gestellt. Die beiden Gemeinden boten sich aufgrund der zur Verfügung gestellten Werte sowie aufgrund der sehr unterschiedlichen Gemeindestruktur für eine Plausibilisierung an.

### 14.1 Erlenbach (ZH)

Die Gemeinde Erlenbach (ZH) ist eine sehr kompakte Gemeinde mit knapp 5'000 Einwohnern. Sie liegt im engeren Agglomerationsgürtel am rechten Zürichseeufer und umfasst bei einer Gemeindefläche von 297 ha ein Siedlungsgebiet (eingezone Fläche) von 138 ha. Das Gemeindestrassennetz umfasst eine Fläche von rund 138'500 m<sup>2</sup>, womit sich bei einer durchschnittlichen Strassenbreite von rund 8.2 m (inkl. Trottoir) ein Gemeindestrassennetz von rund 16.8 km ergibt. Bezogen auf die Gemeindefläche ergeben sich 5.7 km Gemeindestrassen pro ha resp. bezogen auf die Siedlungsfläche 12.2 km / ha. Pro Einwohner weist die Gemeinde eine Gemeindestrassenlänge von 3.4 m' auf.

Für die Gemeinde Erlenbach wurden die folgenden Werte errechnet:

- Wertverlustformel ohne gemeindespezifischen Anpassungen (Grundmodell)
- Wertverlustformel mit gemeindespezifischen Anpassungen in den Modellstrassenquerschnitten gem. Vorgaben der Gemeinde
- Effektive Ausgaben gem. Gemeinderechnung resp. Voranschlag der letzten 7 Jahre

In einem ersten Arbeitsschritt wurde die Wertverlustformel ohne Korrekturen aufgrund der Flächenangaben (Wiederbeschaffungswert mit Bezugsfläche Fahrbahn + Trottoir) der Gemeinde Erlenbach angewendet. Für die Gemeinde Erlenbach sind nur die beiden Belastungskategorien IA und IB relevant.

Belastungs-kategorie	Flächen (inkl. Trottoir)	Wiederbe-schaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Alterungsbeiwert (o. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF]	Alterungsbeiwert (m. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF]
IA	70'000	319	1.3%	290'290	1.6%	357'280
IB	68'500	259	1.3%	230'640	1.6%	283'864
	<b>138'500</b>			<b>520'930</b>		<b>641'144</b>

**Tabelle 38: Modellanwendung (ohne gemeindespezifischen Modifikationen)**

In einem zweiten Schritt wurden die Strassenbreiten und die Dimensionierungen des Strassenoberbaus entsprechend den Angaben der Gemeinde Erlenbach angepasst und die Wiederbeschaffungswerte gemeindespezifisch errechnet. Daraus ergeben sich die folgenden Werte:

Belastungs-kategorie	Flächen (inkl. Trottoir)	Wiederbe-schaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Alterungsbeiwert (o. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF]	Alterungsbeiwert (m. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF]
IA	70'000	353	1.3%	321'230	1.6%	395'360
IB	68'500	303	1.3%	269'822	1.6%	332'088
<b>138'500</b>				<b>591'052</b>		<b>727'448</b>

**Tabelle 39: Modellanwendung (mit gemeindespezifischen Modifikationen)**

Von der Gemeinde Erlenbach erhielten wir die Kosten- resp. Budgetzahlen der letzten Jahre, von welchen wir einen Mittelwert bildeten. Diese Kosten betragen:

Jahr	Erneuerung [CHF]	baulicher Unterhalt [CHF]
1999	77'000	239'000
2000	245'000	276'000
2001	110'000	228'000
2002	246'000	312'000
2003	638'000	382'000
VA 2004	687'000	311'000
VA 2005	295'000	368'000
<b>Total</b>	<b>2'298'000</b>	<b>2'116'000</b>
<b>Summe</b>	<b>4'414'000</b>	
<b>Durchschnitt pro Jahr</b>	<b>630'571</b>	

**Tabelle 40: Effektive resp. budgetierte Aufwendungen**

In diesen Zahlen nicht enthalten sind die Aufwendungen für die baulichen Reparaturen. Diese wurden von der Gemeinde mit rund 85'000.- CHF pro Jahr beziffert.

Berechnungsgrundlage	Wertverzehr [CHF] (o. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF] (m. baul. Rep.)
Norm o. Gde. spez. Anpassungen	520'930	641'144
Norm m. Gde. spez. Anpassungen	591'052	727'448
<b>Durchschnitt gem. Gde. Rechnung</b>	<b>630'571</b>	<b>715'571</b>

**Tabelle 41: Vergleich berechnete und effektive Aufwendungen**

Aus der obigen Tabelle ist ersichtlich, dass der berechnete Wertverzehr pro Jahr und die effektiven Aufwendungen für den Unterhalt der Gemeindestrassen ziemlich gut übereinstimmen. Es muss aber berücksichtigt werden, dass in diesen Werten die Anteile der Werke an den Strassenbau (Kostenteiler) nicht berücksichtigt sind und deshalb die totalen Investitionen geringfügig unterschätzt werden. Die Kostenanteile der Werke sind aber nicht einfach zu eruieren, da diese Kosten mit den Werken direkt abgerechnet werden. Auf der anderen Seite besteht auch ein negativer Einfluss aus Grabenbau ohne Gesamterneuerung der Strasse, welche potentielle Schadenstellen im Oberbau verursachen deren Behebung anschliessend zu Lasten der Strasse geht. Es kann also insgesamt ausgesagt werden, dass die Gemeinde Erlenbach in etwa im gleichen Umfang in das Gemeindestrassennetz investiert, wie es Wertverzehr erfährt.

## 14.2 Hinwil

Die Gemeinde Hinwil (ZH) weist neben dem Zentrum verschiedene verstreute Gemeindeteile, sog. Aussenwachen auf. Hinwil zählt rund 9'600 Einwohnern und liegt im weiteren Agglomerationsgürtel von Zürich am Fusse des Bachtels. Hinwil umfasst bei einer Gemeindefläche von 2'231 ha ein Siedlungsgebiet (eingezonte Fläche) von 310 ha. Das Gemeindestrassennetz umfasst eine Länge von rund 60.5 km. Bezogen auf die Gemeindefläche ergeben sich 2.7 km Gemeindestrassen pro ha resp. bezogen auf die Siedlungsfläche 19.5 km / ha. Pro Einwohner weist die Gemeinde eine Gemeindestrassenlänge von 6.3 m' auf. Interessant ist, dass die wichtigsten Verbindungsstrassen zwischen dem Zentrum und den Aussenwachen Kantonsstrassen sind und deshalb hier nicht berücksichtigt werden.

Für die Gemeinde Hinwil wurden die folgenden Werte errechnet:

- Wertverlustformel ohne gemeindespezifischen Anpassungen (Grundmodell)
- Effektive Ausgaben gem. Voranschlag der Jahre 2003 bis 2006

Die Anwendung der Wertverlustformel auf Basis einer durch die Gemeinde durchgeführten verkehrstechnischen Klassifikation der Strassen ergibt die folgenden Werte:

Belastungs-kategorie	Flächen (inkl. Trottoir)	Wiederbe-schaffungswert [CHF/m <sup>2</sup> ]	Alterungsbeiwert (o. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF]	Alterungsbeiwert (m. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF]
IA	75'255	319	1.3%	312'082	1.6%	384'102
IB	24'505	259	1.3%	82'508	1.6%	101'549
IC	49'010	139	0.9%	61'312	1.3%	88'561
II	86'516	243	1.4%	294'327	1.8%	378'421
<b>235'286</b>				<b>750'230</b>		<b>952'632</b>

**Tabelle 42: Modellanwendung**

Aus der Tabelle 38 ist ersichtlich, dass das Gemeindestrassennetz von Hinwil pro Jahr einen Wertverzehr von rund 750'230.- CHF erfährt. Zusätzlich besteht ein Mittelbedarf für bauliche Reparaturen im Umfang von ca. 200'000.- CHF.

Jahr	Strassenunterhalt [CHF]
VA 2003	479'000
VA 2004	710'600
VA 2005	595'000
VA 2006	595'000
<b>Total</b>	<b>2'379'600</b>
<b>Durchschnitt pro Jahr</b>	<b>594'900</b>

**Tabelle 43: Budgetierte Aufwendungen**

In der Jahren 2003 bis 2006 wurde durchschnittlich der Betrag von rund 595'000.- CHF für den Strassenunterhalt budgetiert. Darin enthalten ist ein Betrag von rund 60'000.- CHF für bauliche Reparaturen.

Berechnungsgrundlage	Wertverzehr [CHF] (o. baul. Rep.)	Wertverzehr [CHF] (m. baul. Rep.)
Normbedarf	750'230	952'632
Durchschnitt gem. Gde. Budget	534'900	594'900

**Tabelle 44: Vergleich berechnete und effektive Aufwendungen**

Aus der obigen Gegenüberstellung ist ersichtlich, dass die derzeitigen Aufwendungen der Gemeinde Hinwil den errechneten Wertverzehr pro Jahr nicht decken. Das bedeutet, dass pro Jahr ein nicht kompensierter Substanzverlust von rund 215'000.- CHF (ohne Berücksichtigung der baulichen Reparaturen) resp. 360'000.- CHF (mit Berücksichtigung der baulichen Reparaturen) besteht.

Auch hier ist zu berücksichtigen, dass in diesen Werten die Anteile der Werke an den Strassenbau (Kostenteiler) nicht berücksichtigt sind. Da in Hinwil derzeit verschiedene Erneuerung der Werke anstehen, kann dieser Anteil mit gegen 20% geschätzt werden. Da genauen Kosten sind aber auch in Hinwil nicht bekannt resp. können nicht einfach eruiert werden. Berücksichtigt man den Anteil der Werke an den Strassenbaukosten mit 20% so besteht ein zu kompensierender Wertverzehr pro Jahr von Fr. 600'180.- ohne bauliche Reparaturen resp. 762'100.- inkl. bauliche Reparaturen, was immer noch deutlich über den derzeitigen durchschnittlichen Ausgaben gem. Gemeinbudget pro Jahr liegt.

Daraus kann nun aber nicht direkt geschlossen werden, dass die Gemeinde den Strassenunterhalt vernachlässige resp. das entsprechende Budget sofort anzupassen sei. Eine solche Beurteilung müsste die Entwicklung der Zustandsverteilung über die letzten Jahre mit einschliessen. Es wäre ja z.B. möglich, dass die Gemeinde als Folge grösserer Erneuerungen in den letzten Jahren (vor 2003) einen hohen Anteil Strassen in einem guten Zustand aufweist und deshalb im Moment die Unterhaltsaufwendungen niedrig gehalten werden können. Allerdings müssten auch in diesem Fall die Aufwendungen für die baulichen Reparaturen deutlich über den heute budgetierten 60'000.- CHF liegen. Weist die Gemeinde aber eine eher schlechte Zustandsverteilung auf, so müsste möglichst rasch das Budget angehoben werden, steigt doch der Erhaltungsaufwand beim Aufschieben von notwendigen Massnahmen überproportional stark an.

## **15 WEITERER FORSCHUNGSBEDARF / AUSBLICK**

Im Rahmen der Bearbeitung dieses Forschungsvorhabens wurden verschiedene Fragestellungen aufgeworfen, welche durch die verfügbaren Unterlagen nicht oder noch nicht vollständig abgedeckt sind. Die folgenden Bedürfnisse für weitergehende Untersuchungen resp. Forschungen konnten definiert werden:

### **15.1 Optimierung der Unterhaltszyklen Strasse - Werke**

Die Forschungsstelle gewann den Eindruck, dass derzeit keine Gesamtoptimierung der Unterhaltszyklen der Strasse erfolgt. Zwar werden grosse Anstrengungen in der Optimierung des Unterhalts der einzelnen Anlageteile resp. Leitungen unternommen, dieses Vorgehen greift aber im kommunalen Umfeld, wie in Kapitel 7 dargestellt, zu kurz. In den Städten ist in der Regel zwar eine Baukoordination etabliert, welche die anstehenden Massnahmen in räumlicher, zeitlicher und finanzieller Hinsicht koordiniert. Dabei ist aber der betrachtete Zeithorizont in der Regel < 5 Jahre, was im Hinblick auf die Langlebigkeit der Anlageteile zu kurz ist.

Die Forschungsstelle ist der Ansicht, dass eine Gesamtoptimierung der Unterhaltszyklen des Gesamtsystems Strasse inkl. Berücksichtigung der Werkleitungen und ggf. weiterer Beteiligter (z.B. Tram) wenig erforscht ist und hier noch Nachholbedarf besteht.

### **15.2 Abhängigkeit zwischen den Kosten für „Unterhalt / Erhaltung“ und „bauliche Reparaturen“**

Aus Erfahrung ist bekannt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen den Investitionen in den Bereich Unterhalt / Erneuerung und den Aufwendungen für bauliche Reparaturen besteht. Die Aufwendungen für Reparaturen steigen nämlich deutlich an, wenn in den Bereich Unterhalt / Erneuerung weniger investiert wird resp. wenn die notwendigen Unterhaltsmassnahmen zeitlich verzögert werden.

So sehr dieser Zusammenhang qualitativ unbestritten ist, so liegen derzeit keine Grundlagen vor, welche diesen Zusammenhang in einer mittel- bis langfristigen Betrachtung monetarisieren lassen. Es ist auch bekannt, dass bei einer zu langen Vernachlässigung des Unterhalts und der Erneuerung ein grosser Investitionsbedarf entsteht, welcher die Gebrauchstauglichkeit ganzer Netze über mehrere Jahre gefährdet.

Die Forschungsstelle ist der Ansicht, dass diese Phänomene detailliert untersucht werden sollten, damit die Auswirkungen einer Vernachlässigung des Strassenunterhaltes auf den mittel- bis langfristigen Mittelbedarf quantifiziert werden können.

## 16 VERZEICHNISSE

### 16.1 Literaturverzeichnis

- [1] Bürgi, Martin: „Werterhaltung im Strassennetz am Beispiel Zürich“; Strasse und Verkehr Nr. 9, September 2003
- [2] Schröder, Jules: „Zustandsbewertung grosser Gebäudebestände“; Schweizer Ingenieur und Architekt Heft 17/1989
- [3] Wüest&Partner AG: „Werterhaltung der Strassen und Kunstbauten“; April 2003
- [4] Eckstein, Peter, Bächtold, Marcel, Kronig, Manfred, Suter, Erich, Egger, Urs: „Werterhaltung von Hochleistungsstrassen: Beispiel Zürich“; Strasse und Verkehr Nr. 3, März 2004
- [5] Frey, Hansjörg (Prof.) und Nikles, Hans-Jörg (Prof.): „Werterhaltung Kantonsstrassen, Studie Erhaltungsbedarf“; März 2004
- [6] M. Bürgi, F. Schellenberg, C. Zimmermann: „Gutachten Erhaltungsbedarf Strassenverkehrsanlage“; Baudepartement des Kantons Luzern, 2000, Schweiz
- [7] Fachorganisation für Entsorgung und Strassenunterhalt (FES): „Empfehlung Leistungs- und Kosten-Controlling im Strassenunterhaltsdienst“; überarbeitete Version der Publikation 4.05.01, Schweizerischer Städteverband, 2000
- [8] „Vergleich der Kosten im betrieblichen Strassenunterhalt in Schweizerischen Städten“, «*die stadt – les villes*», Ausgabe 6/03
- [9] Krause, Michael: „Finanzbedarf der Straßenerhaltung in den Gemeinden“; Straße + Autobahn, Heft 5, 2002
- [10] „Merkblatt über den Finanzbedarf der Strassenerhaltung in den Gemeinden“; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV), Kommission Kommunalen Strassenbau, 2004, Deutschland
- [11] „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen EWS“ (Entwurf), Aktualisierung der RAS-W 86; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, 1997, Deutschland
- [12] „Empfehlungen für das Erhaltungsmanagement von Innerortsstraßen EMI 2003“; Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe Sonderaufgaben, 2003, Deutschland
- [13] „Richtlinien für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen an Strassenbefestigungen RPE-Stra 01“; Forschungsgesellschaft für Strassen-

und Verkehrswesen, Arbeitsausschuss Systematik der Strassenerhaltung, 2001, Deutschland

- [14] „Verfahren zur Finanzbedarfsprognose für die Straßenerhaltung bei Ortsdurchfahrten“; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 556, 1989, Deutschland
- [15] „AASHTO Interimsrichtlinien für die Dimensionierung der Strassen 1972“; Deutsche Übersetzung von „AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972“; Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, Jahr unbekannt
- [16] <http://www.sme-inc.net> (Soil and Materials Engineers, Inc. (SME))

### Zitierte Normen

SN 640 900a	Erhaltungsmanagement (EM), Grundnorm
SN 640 901	Zielsystem
SN 640 730b	Erhaltung von Fahrbahnen, Kopfnorm; Massnahmenkonzept
SN 640 925b	Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF), Zustandserhebung und Indexbewertung
SN 640 931	Erhaltungsmanagement, Erhaltungsstrategien für Fahrbahnen
SN 640 200	Geometrisches Normalprofil, Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente
SN 640 201	Geometrisches Normalprofil, Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer
SN 640 202	Geometrisches Normalprofil, Erarbeitung
SN 640 324	Dimensionierung Strassenoberbau
SN 640 430	Walzasphalt, Konzeption, Ausführung, Anforderungen an die eingebauten Beläge
SIA 469	Erhaltung von Bauwerken
SIA 162/5	Erhaltung von Betontragwerken

## 16.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundmodell Werterhaltung (Quelle [1]).....	2
Abbildung 2: Ablaufschema der Bauwerkserhaltung (© by SIA, Zürich).....	10
Abbildung 3: Anwendung Grundmodell Werterhaltung (Quelle [1]).....	11
Abbildung 4: Zuordnung der Tätigkeiten gem. [7] .....	13
Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Abschnittes eines Gemeindestrassennetzes.....	18
Abbildung 6: Schematische Darstellung der Altersverteilung eines Strassenabschnittes für die einzelnen Bauteile.....	19
Abbildung 7: Schematische Darstellung eines Gemeindestrassennetzes .....	25
Abbildung 8: Definitive Belastungskategorien (Zuordnung anhand Verkehrslastklassen) .....	30
Abbildung 9: Definitive Belastungskategorien (Zuordnung anhand verkehrstechn. Kl.).....	30
Abbildung 10: Belastungskategorie IA (Erschliessungsstrasse) Ortskern .....	32
Abbildung 11: Belastungskategorie IB (Sammelstrasse) Ortskern .....	32
Abbildung 12: Belastungskategorie IC (Sammelstrasse) ausserhalb Ortskern .....	33
Abbildung 13: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie I .....	33
Abbildung 14: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie I .....	34
Abbildung 15: Belastungskategorie II.....	34
Abbildung 16: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie II.....	35
Abbildung 17: Aufbau des Troittoirs für die Belastungskategorie II.....	35
Abbildung 18: Belastungskategorie III.....	36
Abbildung 19: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie III.....	36
Abbildung 20: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie III.....	37
Abbildung 21: Belastungskategorie IV .....	37
Abbildung 22: Aufbau der Fahrbahn für die Belastungskategorie IV.....	38
Abbildung 23: Aufbau des Trottoirs für die Belastungskategorie IV .....	38
Abbildung 24: Modellstrassenabschnitt .....	40
Abbildung 25: Eingabefelder Modellstrassenabschnitt.....	40
Abbildung 26: Prozessdiagramm.....	49
Abbildung 27: Erhaltung der Fahrbahnen und Wege: Gliederung und Zusammenhänge (Quelle SN640900a).....	53
Abbildung 28: Zuordnung der Tätigkeiten gem. [7] .....	54
Abbildung 29: Zustandsverlauf bei Nullunterhalt (Quelle SN 640931).....	57
Abbildung 30: Nutzwert eines Bauwerkes nach Prof. R. Fechtig, ETH Zürich (Quelle [5]).....	57
Abbildung 31: Straight Line Prediction Curve (Quelle [16]).....	58
Abbildung 32: Deterioration Curve (Quelle [16]).....	59
Abbildung 33: Fitted Regression Curve (Quelle [16]) .....	60
Abbildung 34: Schadenverlauf während Gebrauchsdauer (Quelle [4]) .....	60
Abbildung 35: Zyklusmodell nach Wüest&Partner (Quelle [3]) .....	61
Abbildung 36: Zuordnung der Tätigkeiten gem. [7] .....	62
Abbildung 37: Zyklusmodell für die Belastungskategorien IA und IB.....	64
Abbildung 38: Zyklusmodell für die Belastungskategorie IC.....	65
Abbildung 39: Zyklusmodell für die Belastungskategorie II.....	65
Abbildung 40: Zyklusmodell für die Belastungskategorien III und IV.....	66
Abbildung 41: Erhaltung der Fahrbahnen und Wege: Gliederung und Zusammenhänge (Quelle SN 640900a).....	85
Abbildung 42: Praktische Lebensdauer .....	87

### 16.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der an der kurzen Fragerunde beteiligten Gemeinden .....	22
Tabelle 2: Liste der an der detaillierteren Fragerunde beteiligten Gemeinden .....	22
Tabelle 3: Ursprünglich vorgesehene Zuteilung zu den Belastungskategorien .....	23
Tabelle 4: Zuteilung zu den Belastungskategorien anhand der Verkehrslastklassen.....	24
Tabelle 5: Zuteilung zu den Belastungskategorien anhand der Verkehrstechnischen Klassifikation	24
Tabelle 6: Vorhandene Daten zum Gemeindestrassennetz .....	25
Tabelle 7: Vorhandene Kategorisierung der Gemeindestrassennetze .....	26
Tabelle 8: Möglichkeit zur Kategorisierung .....	26
Tabelle 9: Beurteilung Belastungskategorien .....	27
Tabelle 10: Unterscheidung nach Strassen im Ortskern und ausserhalb Ortskern .....	28
Tabelle 11: Abschätzung Flächenanteile pro Belastungskategorie in [Flächen-%].....	28
Tabelle 12: Abschätzung Laufmeteranteile pro Belastungskategorie in [Laufmeter-%].....	29
Tabelle 13: Abweichungen zu den Modellstrassen-Querschnitten .....	39
Tabelle 14: Auswertung betreffend Modellstrassenabschnitt .....	41
Tabelle 15: Wichtigste Arbeitsvorgänge .....	43
Tabelle 16: Belastungskategorie IA Ortskern .....	44
Tabelle 17: Belastungskategorie IB Ortskern .....	44
Tabelle 18: Belastungskategorie IC ausserhalb Ortskern .....	45
Tabelle 19: Belastungskategorie II.....	45
Tabelle 20: Belastungskategorie III .....	46
Tabelle 21: Belastungskategorie IV .....	46
Tabelle 22: Vergleich WBW in Literatur.....	47
Tabelle 23: Auswertung der Fragen bezüglich Kostentabellen .....	47
Tabelle 24: Vergleich der Wiederbeschaffungswerte der Belastungskategorien (Preisbasis 2004) ....	48
Tabelle 25: Resultate aus der Expertenbefragung (Quelle [3]) .....	56
Tabelle 26: Mittlere Lebensdauer (Quelle [1]) .....	56
Tabelle 27: Kosten für den betrieblichen Unterhalt (Quellen: Jahr 2001: [8]; Jahre 2002/2003: FES) .....	63
Tabelle 28: Resultate aus Zyklusmodell .....	67
Tabelle 29: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Erschliessungsstrasse .....	67
Tabelle 30: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Sammelstrasse .....	68
Tabelle 31: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Verbindungsstrasse .....	68
Tabelle 32: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten einer Hauptverkehrsstrasse .....	68
Tabelle 33: Durchschnittliche Lebensdauer [a] der Schichten verschiedener Strassentypen .....	69
Tabelle 34: Mittlere Lebensdauer und Wertverlustquoten aus der Umfrage (ohne Berücksichtigung bauliche Reparaturen) .....	69
Tabelle 35: Mittlere Lebensdauer und Wertverlustquoten aus den Zyklusmodellen.....	70
Tabelle 36: Wertverlustquoten pro Belastungskategorie .....	70
Tabelle 37: Alterungsbeiwerte pro Belastungskategorie .....	70
Tabelle 38: Modellanwendung (ohne gemeindespezifischen Modifikationen) .....	75
Tabelle 39: Modellanwendung (mit gemeindespezifischen Modifikationen).....	76
Tabelle 40: Effektive resp. budgetierte Aufwendungen.....	76
Tabelle 41: Vergleich berechnete und effektive Aufwendungen .....	76
Tabelle 42: Modellanwendung .....	77
Tabelle 43: Budgetierte Aufwendungen .....	77
Tabelle 44: Vergleich berechnete und effektive Aufwendungen .....	78

## **ANHANG**

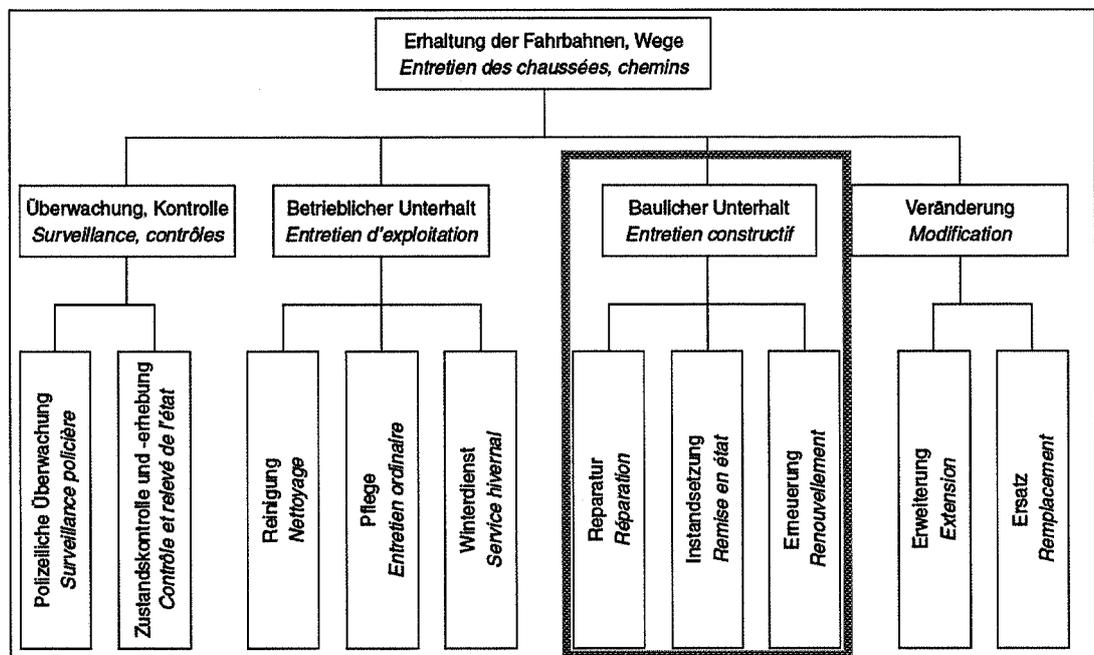
- A1       Begriffe und Begriffsdefinitionen
- A2       Fragebogen kurz
- A3       Fragebogen lang

## A1 Begriffe und Begriffsdefinitionen

Entscheidend für die Entwicklung und anschliessende Anwendung der Mittelbedarfsformel ist die exakte Definition und Abgrenzung der verschiedenen Faktoren. Aus diesem Grund wurde das nachstehende Glossar erstellt. Es sei dabei auch auf die SIA Norm 469 (Ausgabe 1997) verwiesen.

### Werterhaltung

Die Werterhaltung umfasst alle Massnahmen, welche für die langfristige Erhaltung der Strasse notwendig sind. Die Werterhaltung unterscheidet sich dabei von Wertvermehrenden Massnahmen wie Neu- und Ausbau (Terminologie FES, siehe Abbildung 4) resp. Erweiterung und Ersatz (Terminologie VSS, siehe nachfolgende Abbildung 39).



**Abbildung 41: Erhaltung der Fahrbahnen und Wege: Gliederung und Zusammenhänge (Quelle SN 640900a)**

Entsprechend der obigen Abbildung umfasst die Werterhaltung die folgenden Massnahmen (in Klammer sind jeweils die Quellen der unterschiedlichen Bezeichnungen angegeben):

- Reparaturen (VSS), resp. bauliche Reparaturen als Bestandteil des betrieblichen Unterhaltes (FES)
- Instandsetzung (VSS), resp. baulicher Unterhalt (FES)
- Erneuerung (VSS und FES)

Die in der Schweiz verwendeten Strukturierungen und Terminologien sind leider nicht einheitlich und auch nicht kongruent.

Während die Struktur gem. SN 640009a keine baulichen Tätigkeiten dem betrieblichen Unterhalt zuordnet und auch kompatibel zu entsprechenden Strukturierungen in Deutschland ist, orientiert sich die Struktur gem. FES [7] stark an der Finanzierung der verschiedenen Massnahmen.

Dabei besteht ein bedeutender Unterschied zwischen den in der Regel über den Werkhof als „quasi-Fixkosten“ und immer zu Lasten der laufenden Rechnung finanzierten (baulichen) Reparaturen und den übrigen Massnahmen der Werterhaltung, welche in der Regel als Projekte mit einem Kreditbeschluss (zu Lasten sowohl der Laufenden als auch der Investitionsrechnung) genehmigt werden.

Im Rahmen dieser Studie sind diese Unterschiede dahingehend berücksichtigt worden, dass für den Alterungsbeiwert sowohl Werte unter Berücksichtigung der baulichen Reparaturen als auch ohne bauliche Reparaturen angegeben werden.

### Mittelbedarf

*Jährlich aufzuwendender theoretischer Betrag für Erhaltungsmassnahmen, um den Wert der Infrastruktur zu erhalten.*

Dabei wird postuliert, dass der durchschnittliche Mittelbedarf pro Jahr dem durchschnittlichen Wertverlust der Infrastruktur entsprechen soll.

### Wiederbeschaffungswert

*Betrag der aufgewendet werden muss, um die betrachtete Infrastruktur gleichwertig, dass heisst entsprechend dem aktuellen Stand der Technik und den aktuellen gesellschaftlichen Anforderungen, neu zu erstellen.*

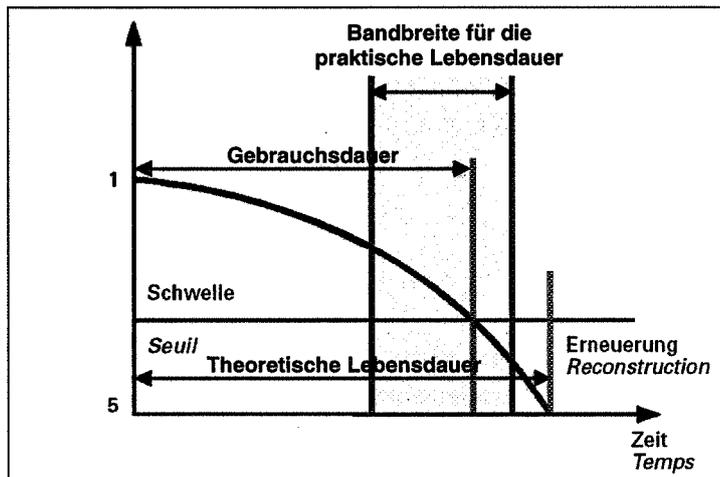
Der Wiederbeschaffungswert (WBW) entspricht also nicht dem Erstellungswert der Infrastruktur, sondern dem Wert einer gleichwertigen Anlage zu aktuellen Bedingungen. Bezogen auf einen m<sup>2</sup> Strasse sind alle Kosten für Rückbau, Vorbereitungsarbeiten, Erstellung, Verkehrsprovisorien, Inbetriebsetzung wie auch Planung, Projektierung, Bauleitung und Oberbauleitung einzurechnen. Auch in den WBW einzurechnen sind Ausrüstungen wie Markierung, Beleuchtung, etc.

Einmalige Kosten wie z.B. Landerwerb werden nicht berücksichtigt. Im Sinne einer Arbeitshypothese wird auch angenommen, dass Baugrundverbesserungen (wie z.B. Stabilisierungen) einen einmaligen Charakter aufweisen.

Besondere Abgrenzungsprobleme ergeben sich infolge der gesteigerten gesellschaftlichen Anforderungen an den kommunalen Strassenraum. Heutige werterhaltende Massnahmen gehen häufig über den „1 zu 1 Ersatz“ hinaus, indem zusätzliche Aufwendungen für Gestaltung, Fussgängersicherheit, bauliche Massnahmen infolge Tempo-30-Zonen etc. getätigt werden müssen.

## Gebrauchsdauer / Lebensdauer

Die Begriffe Lebensdauer und Gebrauchsdauer werden in der Literatur unterschiedlich verwendet. Im Rahmen dieses Forschungsauftrages wurde zwischen der praktischen und der theoretischen Lebensdauer unterschieden und wie folgt definiert:



**Abbildung 42: Praktische Lebensdauer**

Die **Gebrauchsdauer** entspricht dem Zeitraum, über welchen eine Anlage bis zum Erreichen eines Schwellenwertes betrieben werden kann. Die optimale Erreichung dieses Zeitpunktes bedingt entsprechende Unterhaltmassnahmen.

Die **praktische Lebensdauer** entspricht der tatsächlichen Zeitspanne zwischen dem Neubau einer Strasse und deren Abbruch, resp. Neubau. Infolge verschiedener Einflüsse (z.B. finanzielle Ressourcen, koordiniertes Bauen) wird dieser Zeitpunkt in der Regel nicht mit der Gebrauchsdauer identisch sein.

Die **theoretische Lebensdauer** ist erreicht, wenn die Anlage den geringst möglichen Zustandswert erreicht hat. Dann muss die Anlage vollständig ersetzt werden. Die Praxis zeigt, dass dieser Wert oft sehr schwierig einzuschätzen ist, weisen verschiedene Objekte doch eine erstaunlich lange Resistenz gegenüber dem totalen Zerfall auf.

## Alterungsbeiwert

Dieser Wert entspricht dem Kehrwert der Lebensdauer unter der Annahme, dass eine regelmässige Instandhaltung erfolgt.

Aus heutiger Sicht erscheint es uns nicht vorteilhaft, einen einheitlichen Alterungsbeiwert für einen m<sup>2</sup> Strasse festzulegen. Wir gehen davon aus, dass der Strassenkörper in zwei bis drei Anlageteile aufgeteilt werden muss. Diese Unterteilung soll die unterschiedliche Lebensdauer der Anlageteile abbilden. Mögliche Anlageteile sind:

- Deckschicht / Deckbelag
- Tragschicht
- Foundationsschicht

Im kommunalen Strassennetz ist häufig nicht die Strasse Auslöser von umfassenden Erhaltungsmassnahmen. Erfüllen Werkleitungen die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr (z.B. Lecks), so werden sie rascher erneuert als der Strassenoberbau, welcher diesbezüglich grössere Toleranzen zulässt (z.B. Warnschilder, Geschwindigkeitsreduktionen, etc.). Es ist zu prüfen, ob bei einem überdurchschnittlichen Alter der Werkleitungen durch das häufige Sanieren von Strassen vor Erreichung der Lebensdauer ein signifikanter Einfluss auf die netzweiten Erhaltungsinvestitionen besteht (siehe Kap. 16.1).

**A2 Fragebogen kurz**

## *Fragebogen für ausgewählte Gemeinden*

Sollte der Platz für die Beantwortung nicht ausreichen, so bitten wir Sie, ein Zusatzblatt zu verwenden und jeweils die entsprechende Nummer der Frage aufzuführen.

01) Welche Organisationseinheit resp. welche Funktion / Position ist in Ihrer Gemeinde für das Gemeindestrassennetz verantwortlich (genaue Bezeichnung inkl. Ansprechperson, genaue Funktion, Postanschrift, Telefon, E-Mail etc.)?

\_\_\_\_\_

02) Wie viele Einwohner zählt Ihre Gemeinde?

\_\_\_\_\_

03) Wie gross ist die Gesamtfläche und die Siedlungsfläche Ihrer Gemeinde?

\_\_\_\_\_

04) Ist das Strassennetz Ihrer Gemeinde inventarisiert?

\_\_\_\_\_

05) Wenn Frage 04) ja, nach welchen Kriterien / Kategorien ist es inventarisiert?

\_\_\_\_\_

06) Wenn Frage 04) ja, welche Hilfsmittel (Software etc.) werden dafür eingesetzt?

\_\_\_\_\_

07) Wie gross ist die Gesamtlänge und / oder -Fläche Ihres Gemeindestrassennetzes?

\_\_\_\_\_

08) Bestehen Vorarbeiten / Studien im Bereich Management Strassenerhaltung, wie z.B. Berechnung des Wiederbeschaffungswertes des Gemeindestrassennetzes?

\_\_\_\_\_

09) Haben Sie Interesse an der Teilnahme an unsere Interviewrunde?

\_\_\_\_\_

10) Bemerkungen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Herzlichen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit!*

**A3 Fragebogen lang***Fragebogen für ausgewählte Gemeinden*

Die nachfolgenden Fragen sind thematisch gegliedert. Die Nummern hingegen sind fortlaufend. Sollte der Platz für die Beantwortung nicht ausreichen, so bitten wir Sie, ein Zusatzblatt zu verwenden und jeweils die entsprechende Nummer der Frage aufzuführen.

Gemeinde: \_\_\_\_\_

**VORHANDENE DATEN ZUM GEMEINDESTRASSENNETZ**

01) Ist die Gesamtlänge oder -Fläche Ihres **Gemeindestrassennetzes** bekannt?

- Ja  
 Nein

02) Wenn Frage 01) ja, wie hoch ist dieser Betrag? [m'/m<sup>2</sup>]

\_\_\_\_\_ m'  
\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

03) Wenn Frage 01) ja, sind sonstige Längen- und / oder Flächenangaben zu Ihrem Gemeindestrassennetz vorhanden?

\_\_\_\_\_

04) Wenn Frage 03) ja, sind diese Daten nach Kategorien aufgeteilt?  
(z.B. Verkehrslastklassen, Verkehrstechnische Klassierung)

- Ja  
 Nein

05) Wenn Frage 04) ja, nach welche Kategorien?

- Verkehrslastklassen (T1, T2 etc. Siehe Beilage 1)  
 Verkehrstechnische Erschliessung (ES, SS, VS etc. Siehe Beilage 1)  
 Andere (Bitte aufführen) \_\_\_\_\_

06) Ist es möglich ohne übermässigen Aufwand die Strassen Ihres Gemeindestrassennetzes den in der Beilage 1 dargestellten Kategorien zuzuordnen? (Belastungskategorie 1-4 oder verkehrstechnische Klassifikation)

- Ja, anhand der Verkehrslastklassen, resp. der tägl. äquivalenten Verkehrslast  
 Ja, anhand der verkehrstechnischen Klassifikation  
 Nein \_\_\_\_\_

07) Genügen Ihrer Meinung nach diese Belastungskategorien um Ihr Gemeindestrassennetz zu kategorisieren?

- Ja  
 Nein \_\_\_\_\_

08) Wenn Frage 07) nein, welche zusätzliche Kategorien braucht es Ihrer Meinung nach?

\_\_\_\_\_

09) Ist die Unterscheidung nach Strassen im Ortskern (Randabschlüsse, Entwässerung etc.) und ausserhalb Ortskern für Ihre Gemeinde relevant?

Ja

Nein

10) Wie viel % Ihres Gemeindestrassennetzes würden Sie schätzungsweise den einzelnen Kategorien (Siehe Beilage 1) zuordnen? Falls diese Angaben exakt vorhanden sind, können Sie sie in m' oder m<sup>2</sup> angeben.

Kategorie		Ortskern			Ausserhalb Ortskern		
BK 1A	ES	m'	m <sup>2</sup>	%	m'	m <sup>2</sup>	%
BK 1B	SS	m'	m <sup>2</sup>	%	m'	m <sup>2</sup>	%
BK 2	VS	m'	m <sup>2</sup>	%			
BK 3	HVS	m'	m <sup>2</sup>	%			
BK 4	HVS, HLS	m'	m <sup>2</sup>	%			

Falls Schätzung in %, repräsentieren die Prozente den Laufmeter- oder den Flächenanteil?

Laufmeteranteil

Flächenanteil

**MODELL-STRASSENABSCHNITT**

**Modellstrassen-Querschnitt &-Oberbau**

11) Wenn Sie pro Belastungskategorie einen repräsentativen („durchschnittlichen“) Abschnitt Ihres Strassennetzes wählen und diese mit den Modell-Querschnitten und dem Oberbauaufbau (siehe Beilage 2) vergleichen, weichen diese erheblich vom Modell ab?

	Ortskern		Ausserhalb Ortskern	
BK 1A:	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
BK 1B:	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
BK 2:	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein		
BK 3:	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein		

12) Wenn Frage 11) ja, können die Abweichungen durch Veränderung der Werte in den blauen Eingabefeldern (siehe Beilage 2) behoben werden? (Die gelben Felder werden bei Änderung der blauen Feldern automatisch angepasst)

Ja

Nein / Nur teilweise

13) Wenn Frage 12) ja, bitte passen sie die Werte in den blauen Feldern den Abmessungen Ihrer Gemeinde an (bitte andere Farbe verwenden).

- 14) Wenn Frage 12) nein, welches sind die Abweichungen die nicht angepasst werden können? (bitte auch angeben in welcher Kategorie)
- 
- 

### Modellstrassen-Abschnitt

- 15) Der Modellstrassen-Abschnitt (siehe Beilage 3) ist für alle Belastungskategorien identisch (Ausnahme: BK 1A und BK 1B ausserhalb Ortskern). Sind Sie der Meinung, dass dies in der Praxis der Fall ist, bzw. dass dies als Modellannahme zulässig ist?

Ja

Nein

---

- 16) Wenn Frage 15) nein, worin bestehen Ihrer Meinung nach Abweichungen zwischen den einzelnen Belastungskategorien?
- 
- 

- 17) Wenn Sie einen repräsentativen Strassenabschnitt Ihrer Gemeinde wählen und ihn mit dem Modellstrassenabschnitt vergleichen, weichen diese erheblich voneinander ab?

Ja

Nein

---

- 18) Wenn Frage 17) ja, ist es möglich diese Abweichungen anhand der blauen Felder zu korrigieren? (Die gelben Felder werden bei Änderung der blauen Feldern automatisch angepasst)
- 
- 

- 19) Wenn Frage 17) nein, welche Abweichungen können nicht angepasst werden?
- 
- 

### KOSTENANGABEN

- 20) Sind Ihrer Meinung nach die bei einer Wiedererstellung einer Strasse wesentlichen anfallenden Kosten in der Kostentabelle (siehe Beilage 4) enthalten?

Ja

Nein

---

- 21) Wenn Frage 20) nein, welche wesentliche Kosten fehlen Ihrer Meinung nach?
- 
- 
- 

- 22) Gerne hätten wir eine Stellungnahme zu den eingesetzten Einheitspreisen welche die aktuellen Marktpreise 2004 darstellen sollen (Quelle: Batigroup).
-

Bitte geben Sie Ihre Erfahrungswerte (Budgetierungswerte, nicht Kampfpfeise), bzw. Ihre Bemerkungen zu den einzelnen Positionen in der Beilage 4 an.

---



---

### LEBENSDAUER VON STRASSEN

Wie hoch schätzen Sie die durchschnittliche Lebensdauer (Dauer bis ein vollständiger Ersatz der Schicht erforderlich wird) der einzelnen Schichten einer Strasse Ihrer Gemeinde ein? Bitte geben Sie jeweils pro Strassentyp (verkehrstechnische Klassifizierung) und Schicht einen durchschnittlichen, einen Minimal- und einen Maximalwert an.

#### Erschliessungsstrasse (Belastungskategorie I)

23) Deckschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

24) Tragschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

25) Foundationsschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

#### Sammelstrasse (Belastungskategorie I)

26) Deckschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

27) Tragschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

28) Foundationsschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

**Verbindungsstrasse (Belastungskategorie II)**

29) Deckschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

30) Tragschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

31) Foundationsschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

**Hauptverkehrsstrasse (Belastungskategorie III & IV)**

32) Deckschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

33) Tragschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

34) Foundationsschicht

Ø: \_\_\_\_\_ [a]    Min: \_\_\_\_\_ [a]    Max: \_\_\_\_\_ [a]

---

**MODELLZYKLUS FÜR ERHALTUNGSMASSNAHMEN**

Bitte beachten Sie, dass die Belastungskategorien separate Modellzyklen aufweisen. (siehe Beilage 5)

35) Wie schätzen Sie aus Ihrer Erfahrung die Plausibilität des Modellzyklus für Erhaltungsmassnahmen ein?

\_\_\_\_\_

36) Würden Sie die Teilprozesse zwischen zwei Neubauten einer Strasse anders definieren? Und wenn ja, wie? (Bitte zeichnen Sie diese Vorschläge wenn möglich direkt in die Beilagen hinein)

\_\_\_\_\_

37) Würden Sie die Zeitdauer zwischen den einzelnen Prozessen anders wählen? Und wenn ja, wie?

\_\_\_\_\_

38) Wie hoch schätzen Sie, muss man die Zeit zwischen zwei Neubauten wählen?

\_\_\_\_\_

---

39) Wie hoch schätzen Sie die Kosten für den baulichen Unterhalt (Definition vgl. VSS SN 640 900 a) pro Jahr und m<sup>2</sup>? Falls vorhanden geben Sie die Werte unterschieden nach Belastungskategorien an.

---

---

---

**FREIE BERICHTSPUNKTE**

Hier möchten wir Ihnen die Gelegenheit geben, uns zusätzliche Angaben oder Vorschläge zu machen, welche aus Ihrer Sicht wichtig sind.

40)

---

---

---

---

43)

---

---

---

---

44)

---

---

---

---

45)

---

---

---

---

*Herzlichen Dank für Ihre wertvolle Mitarbeit!*

