



Tobias Wermuth

**Lebenskostenplanung für den Straßenoberbau
mittels Markov-Prozess vor dem Hintergrund
des Public Private Partnership**

2012

Vorwort

Im Rahmen der Straßenerhaltungsplanung sind Erfassung und Prognose der Veränderung des Straßenzustandes während der Gebrauchsdauer infolge von verkehrslastbedingten und witterungsbedingten Beanspruchungen sowie in Abhängigkeit der Baustoff- und Struktureigenschaften von entscheidender Bedeutung. Erhaltungsplanung und Investitionsentscheidungen erfolgen in Abhängigkeit von Zustandsfunktionen, mit deren Hilfe die Veränderung der Eigenschaften der Straßenkonstruktion beschrieben wird. Der Autor Tobias Wermuth zeigt, dass die Theorie stochastischer Prozesse ein geeignetes Hilfsmittel ist, um die zufällig verteilten Einflussfaktoren auf das Gebrauchsverhalten der Straße mit Hilfe stochastischer Kenngrößen zu beschreiben. Er schlägt vor, die Einflüsse mit Hilfe von Markov Ketten zu beschreiben. Damit stellt er Lebenszyklusbetrachtungen an und beschreibt sowohl theoretisch als auch anhand von konkreten Beispielen, wie die Zustandsprognose auf Basis einer wahrscheinlichkeitstheoretischen Betrachtung erfolgen kann. Er formuliert ein Prognosemodell für die Berechnung der Lebensdauerverteilung des Straßenoberbaus und entwickelt eine Kalkulation der wahrscheinlichen Lebenszykluskosten. Er will damit dem Straßenerhalter im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ermöglichen, unter Beachtung von definierten Anforderungsniveaus sowie technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkt die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Umfang und Zeitpunkt von notwendigen Erhaltungsmaßnahmen sowie Nutzungsdauer und Ausfallzeitpunkt abzuschätzen. Tobias Wermuth schließt mit dieser Arbeit sein Promotionsstudium an der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig erfolgreich ab. Doktorvater Univ.-Prof. Dr.-Ing. R. Leutner und Gutachter Univ.-Prof. Dr. T. Spengler haben die Promotionsschrift im Juli 2012 ausgezeichnet bewertet.

Michael P. Wistuba, Herausgeber

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	IX
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangssituation.....	1
1.2 Aufbau und Ziel der Arbeit.....	5
2 Definitionen und allgemeine Grundlagen.....	9
2.1 Bautechnische Grundsätze und Begriffe	9
2.2 Nutzen, Abnutzung und Erhaltung.....	12
3 Public Private Partnership.....	17
3.1 Historische Entwicklung	19
3.2 Gründe und Ziele für PPP	21
3.3 Kernelemente und spezifische Merkmale von PPP	24
3.3.1 Lebenszyklusbetrachtung	24
3.3.1.1 Lebenszyklus von Verkehrsflächen	25
3.3.1.2 Lebenszykluskosten von Verkehrsflächen	31
3.3.2 Risikoallokation	35
3.4 Beteiligte an PPP	38
3.4.1 Öffentliche Partner.....	38
3.4.2 Privatwirtschaftliche Partner	40
3.4.3 Nutzer.....	43
3.5 PPP im Bereich der Straßeninfrastruktur.....	43
3.5.1 Internationale Beispiele für PPP im Straßenwesen.....	43
3.5.2 PPP-Modelle im Bundesfernstraßennetz	44
3.5.2.1 Vorfinanzierung	44

3.5.2.2	Das F-Modell	45
3.5.2.3	Das A-Modell	47
3.5.2.4	Funktionsbauvertrag.....	51
4	Pavement-Management-Systeme (PMS).....	55
4.1	Ziele des Pavement-Management-Systems	55
4.2	Pavement-Management im „Management-System Straße“	56
4.3	Ablauf und Komponenten	57
4.4	Das Informationssystem.....	60
4.5	Datenerhebung und -auswertung	61
5	Prognosemodell zur Ermittlung der Lebenszykluskosten mit Hilfe von Markov-Prozessen	65
5.1	Lebens- oder Nutzungsdauerverteilungen.....	67
5.1.1	Grundbegriffe	67
5.1.2	Weibull-Verteilung als Nutzungsdauerverteilung.....	70
5.1.3	Kalibrierung der Parameter der Weibull-Verteilung	76
5.2	Ermittlung der Lebensdauerverteilung mittels Markov-Prozess	77
5.2.1	Grundlagen.....	77
5.2.2	Ermittlung merkmalspezifischer Übergangsmatrizen und Prognose der Zustandsverteilungen	81
5.2.3	Nutzungsdauerverteilung bei einem Zustandsparameter	89
5.2.4	Wahrscheinlichkeitsverteilung der minimalen Nutzungsdauer bei mehreren Zustandsparametern	92
5.3	Entwicklung eines Lebenszykluskostenkonzepts zur Auswahl von Erhaltungsmaßnahmen	94
5.3.1	Ziel.....	94
5.3.2	Wahrscheinlichkeitsverteilung des mehrstufigen Erhaltungsbedarfs.....	95
5.3.3	Berechnung zukünftig zu erwartender Erhaltungskosten	102
5.3.4	Risikoabschätzung des Schichtenaufbaus von Verkehrsflächen.....	104

5.3.5	Abnutzung auf Ausweichstrecken.....	113
6	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Entscheidungsfindung	119
6.1	Grundsätzliches	119
6.1	Bewertung unterschiedlicher Maßnahmenalternativen	120
6.1.1	Kapitalwertmethode und Nutzen-Kosten-Analyse	120
6.1.2	Wirksamkeits-Kosten-Analyse	122
6.1.3	Nutzwertanalyse	123
6.2	Bewertung von Erhaltungsstrategien.....	124
7	Zusammenfassung und Fazit	127
	Literaturverzeichnis.....	133
	Anhang	147
	Privatisierung	147
	Vermögensprivatisierung.....	149
	Aufgabenprivatisierung.....	150
	Grade und Methoden der Privatisierung.....	151