

Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit und bautechnischen Bewährung von Fahrbahnbefestigungen aus Asphalt und Beton auf bestehenden Bundesautobahnen

FA 9.121

Forschungsstelle: RS-Consult, Berlin

Bearbeiter: Rubensam, J. / Hellmann, L. / Staroste, D. / Stoltz, J.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Juni 2004

bau-, Zustands-, Verkehrs- und weitere Bestandsdaten) zu kontrollieren und danach statistisch auszuwerten war. Die Auswertung sollte mit 2 unterschiedlichen Verfahren parallel erfolgen: mit Hilfe der Regressions- und der Survivalanalyse.

1. Aufgabenstellung

Der wirtschaftliche Vergleich konkurrierender Bauweisen im Straßenbau ist ein Grundanliegen des Straenbaulastragers. Sein Ziel ist es, die Kosten des Straßenbaus und der Straenerhaltung über den gesamten Lebenszyklus einer Straße unter Wahrung ihrer bezweckten Gebrauchseigenschaften so niedrig wie möglich zu halten.

Die Weiterentwicklung von Konstruktionen und Fertigungstechnologien sowie der Einsatz neuer Baustoffe bedingen, dass der wirtschaftliche Vergleich der Bauweisen ein permanenter Prozess ist. Ein Kernpunkt dabei ist die Beobachtung des Langzeitverhaltens von Bauweisen und die Ursachenforschung für unterschiedliche Verhaltensweisen.

Mit den ARS Nr. 5/1996 und 35/98 wurden vom Bundesminister für Verkehr Kriterien für die Bewertung einzelner Bauweisen festgelegt. Vereinfachend ausgedrückt wurde ein Preisvorteil des Splittmastixbelages (SMA) von 5 DM/m² gefordert, da dieser Bauweise ein schlechteres Langzeitverhalten gegenüber der Betondecke und dem Gussasphalt unterstellt wird.

Diese Regelung sollte mit dem vorliegenden Projekt verifiziert werden bzw. es sollten die Grundlagen für ihre Modifikation bereitgestellt werden. Dazu waren durch Sammlung und Auswertung bundesweit repräsentativer BAB-Streckendaten und Erfassung der Erfahrungen der Bauverwaltungen Aussagen zum Langzeitverhalten in Abhängigkeit von relevanten Einflussgrößen zu treffen. Die Untersuchung sollte den gesamten Lebenszyklus berücksichtigen und die Bauweisen Splittmastixasphalt, Gussasphalt sowie Zementbeton behandeln.

Die Erfassung der Langzeitbewahrung von Bauweisen ist jedoch immer ein Blick in die Vergangenheit mit den in diesem Zeitraum zutreffenden Bauweisen und Verkehrsbelastungen. Daraus praktische Konsequenzen für die Zukunft abzuleiten führt zu einem Zielkonflikt, dem bei der Interpretation der Ergebnisse große Bedeutung zukommt.

2. Untersuchungsmethodik

Die Bearbeitung gliederte sich in 2 wesentliche Komplexe:

1. die Erkundung der Erfahrungen der Straenverwaltungen der Länder mittels einer Expertenbefragung und
2. die Erhebung einer bundesweiten Stichprobe von Autobahn-Untersuchungsstrecken, deren Datenbestand (Auf-

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Expertenbefragung

Die Expertenbefragung erfolgte nach der Delphi-Methode. Es waren von vornherein mehrere Befragungsrunden vorgesehen. Den Experten sollte durch Ruckinformation (feed back) zu den Befragungsergebnissen die Möglichkeit gegeben werden, ihre – stets anonymen – Antworten zu überprüfen und die Fragen erneut zu beantworten (Panel-Befragung). Das Ziel der Befragungsrunden bestand darin, einen hohen Konsens der Expertenmeinungen zu erreichen bzw. die Gründe für divergierende Antworten zu finden. Die Homogenität der Expertenmeinung gilt als Maß der Gültigkeit ihrer Aussagen.

Von insgesamt 25 durch die Oberen Straenbaubehorden benannten Experten aus Straenbaubehorden nahmen 22 an der Befragung teil. In der 2. Befragungsrunde wurden einige Fragen präziser gestellt, so dass die Antworten eindeutiger waren. Die 2. Befragungsrunde wurde mit einem Treffen der Experten gekoppelt, so dass bestimmte – in Fragebögen schlecht formalisierbare – Probleme auf diese Weise geklärt werden konnten.

Auf Grund des Umfanges der Befragung konnte im vorliegenden Bericht nur der Extrakt der Ergebnisse wiedergegeben werden. Das vollständige Ergebnis wurde dem Auftraggeber in Form einer CD übergeben und ist bei Bedarf bei der Bundesanstalt für Straßenwesen zu beziehen. Es lassen sich 2 wesentliche Ergebnisse ableiten:

1. Für die verschiedenen Bauweisen und Manahmearten werden Einschätzungen zur erwarteten Lebensdauer dargestellt, wobei die Auswirkungen anforderungsgerechter oder unterlassener baulicher Unterhaltung mit abgeschätzt werden.
2. Etwa zwei Drittel der Experten votieren für einen Fortbestand des "5-Mark-Erlasses" in der bestehenden bzw. einer modifizierten Form.

3.2 Streckenbezogene Untersuchungen

Zunächst wurden aus den beim Auftraggeber vorliegenden bundesweiten Bestands- und Zustandsdaten der Bundesautobahnen geeignete Untersuchungsstrecken ausgesucht. Dazu mussten korrekte Netzdaten, vollständige Zustands- und Aufbaudaten sowie Verkehrsdaten vorliegen und die Strecken mussten einer der drei zu untersuchenden Bauweisen angehören. Die vorliegenden Datenbestände der im Endeffekt ausgewählten ca. 3.000 homogenen Streckenabschnitte wurden in Formblättern ausgedruckt und den zuständigen Verwaltungen zur Kontrolle und Ergänzung vorgelegt.

Nach dem Rücklauf dieser Unterlagen sowie deren Sichtung und Einarbeitung in eine Datenbank wurde die statistische Auswertung durchgeführt. Dazu wurden die beiden Analysemethoden – Regressionsanalyse und Survivalanalyse – parallel angewendet. Die Gegenüberstellung ihrer Ergebnisse zeigt erhebliche Abweichungen, obwohl sie mit dem gleichen Datenmaterial ermittelt wurden. Die Ursachen für die Abweichungen liegen in der unterschiedlichen Methodik der beiden statistischen Verfahren und in den Eigenschaften des ausgewerteten Datenmaterials (zensierte Daten) begründet.

Die statistische Sicherheit der ermittelten Modelle ist als unbefriedigend einzuschätzen. Das Ziel, mit einer möglichst präzisen Datenerhebung den Streubereich der Funktionen einzugrenzen und gesicherte Verhaltensmodelle liefern zu können, wurde nicht erfüllt. Die Ursachen dafür werden im Schlussbericht diskutiert.

Positiv einzuschätzen ist, dass die bisherigen Modellvorstellungen über den grundsätzlichen Verlauf der einzelnen Zustandsgrößen in Abhängigkeit von den kumulierten Äquivalenzachslastüberrollungen bestätigt wurden. Die Längsebenheit verläuft schwach progressiv, die Oberflächenschäden nehmen stärker progressiv zu und die Spurrinnentiefe steigt degressiv an. Bei allen drei Bauweisen konnten Funktionen (und damit auch Funktionstypen) für die Entwicklung der Griffigkeit angegeben werden, auch wenn die Bestimmtheitsmaße teilweise zu wünschen übrig lassen. Außerdem ist anzumerken, dass zwar die Ursachen für die Langzeitbewährung bzw. -nichtbewährung der drei Bauweisen nicht ausreichend geklärt werden konnten, wohl aber ihre Liegezeit bis zum Ausfall beobachtet wurde. Insofern ist eine vergleichende wirtschaftliche Bewertung der Bauweisen möglich. Die Ergebnisse zeigen auch, dass es signifikante Unterschiede zwischen den Bauweisen im Verlauf bestimmter Gebrauchseigenschaften gibt und dass der Splittmastix nicht nur bezüglich des Verformungsverhaltens Nachteile aufweist, sondern dass auch die Griffigkeitsentwicklung im Lastfahrstreifen signifikant schlechter verläuft als bei den anderen Bauweisen.

3.3 Berücksichtigung zusätzlicher Nutzerkosten

Die Berechnungen zu zusätzlichen Nutzerkosten bei Einschränkungen des Verkehrsraumes während der Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen mit einem sich an den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsberechnung für Straßen (EWS) orientierenden Verfahren zeigen, dass eine summierte Behandlung von Baulasträger- und zusätzlichen Nutzerkosten problematisch ist, da die Baulasträgerkosten bei Stau verursachten Baustellenführungen schnell bedeutungslos werden. Nach Festlegung im Betreuerkreis wurde deshalb in der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Bauweisen diesem Ansatz der Nutzerkosten nicht gefolgt. Statt dessen wird eine Nutzerkostenberechnung vorgenommen, die sich an die Ermittlung so genannter "vertretbarer Mehrkosten" (Beschleunigungsvergütung) für Alternativ- oder Nebenangebote bei Bauarbeiten an BAB-Betriebsstrecken anlehnt, vorausgesetzt diese Angebote bieten eine verkürzte Frist für Verkehrsbeschränkungen an und dienen damit der Verbesserung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs.

3.4 Wirtschaftliche Gesamtbewertung der Bauweisen

Es wurde eine Methodik entwickelt, mit der die Bauweisen Beton, Gussasphalt und Splittmastixasphalt über einen einheit-

lichen Lebenszyklus vergleichbar gemacht werden. Diese relativ komplexe Methodik führt zu einer Aussage, welche Preise der Asphaltbauweisen zu wirtschaftlicher Gleichwertigkeit mit der Betonbauweise führen. Die Methodik ist in Bild 1 in tabellarischer Form wiedergegeben.

Der Kern der Methodik besteht darin, alle Bauweisen durch fiktive Zwischeninstandsetzungen und deren (teilweise auch anteilige) Kosten auf eine gleiche "Lebensdauer" hochzurechnen. Die Berechnungen beziehen sich auf das jeweilige gebundene Schichtenpaket, da davon ausgegangen wurde, dass die ungebundenen Schichten bauweisenunabhängig gebaut und erhalten werden. Neben dem Neubau der Konstruktionen werden auch Annahmen zur Wiederverwendbarkeit der gebundenen Tragschichten bei der nächsten Erneuerung einbezogen.

Die Berechnung enthält sehr viele Parameter, die zu einer erheblichen Variantenvielfalt führen. Der Forschungsnehmer empfiehlt für diese Parameter Werte, die sich aus den verfügbaren Datenbeständen ergeben. Diese Ansätze sind jedoch frei wählbar und können problemlos modifiziert werden. Bild 2 gibt zur Veranschaulichung das Grundprinzip der Life-cycle-Betrachtung in grafischer Form wieder.

4. Folgerungen

Die Diskussion im betreuenden Arbeitsausschuss 9.11 der FGSV ergab, dass eine direkte Extrapolation dieser in die Vergangenheit gerichteten Beobachtungen in die Zukunft (neuer Erlass) nicht zielführend ist. Die entwickelte Methodik soll daher sinngemäß auf die RStO 01 angewendet werden, um fundierte Vorschläge für eine Neuregelung des "5-Mark-Erlasses" ausarbeiten zu können.

Die Neuregelung sollte nach Auffassung des Forschungsnehmers deutlich fallspezifischer sein, als das bisher der Fall war. Grundsätzlich wird für die Aufrechterhaltung einer Bauweisenbewertung plädiert, da das Verhalten der unterschiedlichen Konstruktionen deutlich voneinander abweicht!

Da die statistische Sicherheit der verwendeten Modelle noch unbefriedigend ist, sollte das zukünftige Bewertungsinstrumentarium einer permanenten Beobachtung unterworfen werden, da sich die Baustoffe, Bauweisen und Herstellungstechnologien ständig weiterentwickeln und damit auch das Langzeitverhalten neu definiert werden muss.

Auch die Verkehrsbelastungen, Baupreise und andere Parameter unterliegen ständiger Veränderung; letztlich gibt es auch in der Vertragsgestaltung (Gewährleistungsbedingungen, Funktionsbauverträge, Privatfinanzierungsmodelle usw.) neue Tendenzen. Der kritische Punkt dabei dürften zuverlässige Daten zum Langzeitverhalten sein.

Da das BMVBW derzeit Bestrebungen unternimmt, im Einvernehmen mit den Ländern eine systematische und durchgängige Erfassung, Auswertung und Historisierung der Erhaltungsmaßnahmen zu organisieren, wird in absehbarer Zukunft dafür eine deutlich bessere Datenbasis zur Verfügung stehen.

*Bilder 1 und 2:
folgende Seiten*

1	Allgemeine Parameter:	- Preise in € inkl. MWSt			
2		- Anzahl FS pro Rifa:			2
3	Faktor für Lebensdauer Verhältnis Zweitmaßnahme (Ersatz der DS auf dem Lastfahrstreifen)/ Erstmaßnahme (Neubau Decke):				0,84
4	Bauweisenbezogene Parameter	Beton	GA	SMA	Bemerkung
5	Tafel/Zeile RStO 01 (Bauklasse SV)	2 / 1.1	1 / 1	1 / 1	Betondicke abweichend! (22 cm)
6	Preis Deckschicht (€/m ²)		7,85	5,93	vgl. ANLAGE 7-1
7	Preis Binderschicht (€/m ²)		11,75	11,75	vgl. ANLAGE 7-1
8	Preis Decke (€/m ²)	25,25	19,60	17,68	vgl. ANLAGE 7-1
9	Preis Tragschicht (€/m ²)	7,62	19,65	19,65	vgl. ANLAGE 7-1
10	Gesamtpreis gebundener Oberbau (Neubau) (€/m ²)	32,87	39,25	37,33	Zeile 9 + Zeile 10
11	Abminderungsfaktor für Preis Tragschicht durch mehrfache Nutzung bei Asphalttragschichten	1,00	0,73	0,73	vgl. ANLAGE 7-2; für Beton wird 1 festgelegt
12	korrigierter Tragschichtpreis (€/m ²)	7,62	14,34	14,34	Zeile 9 * Zeile 11
13	fiktiver Gesamtpreis gebundener Oberbau (Neubau)	32,87	33,94	32,02	Zeile 8 + Zeile 12
13a	Mehr- oder Mindernutzerkosten (Neubau) gegenüber Beton	0,00	-3,51	-3,01	vgl. Anlage 7-4
13b	fiktiver Gesamtpreis gebundener Oberbau (Neubau) inkl. Nutzerkosten Neubau	32,87	30,44	29,02	Zeile 13 + Zeile 13a
14	B_kum _{max} (Mio) für Neubau	32,0	27,0	18,0	vgl. Kap. 7.1
15	Gesamtpreis für eine Instandsetzung (IS) der Deckschicht (DS) (€/m ²)		10,09	8,17	vgl. ANLAGE 7-3
16	eine flächenhafte Fugenerneuerung im Betrachtungszeitraum (Beton, €/m ²)	1,36			vgl. ANLAGE 7-3
17	B_kum _{max} (Mio) nach einer IS		22,7	15,1	Zeile 3 * Zeile 14
18	Anzahl der zu berück. Instandsetzungen		1	1	aus Zeile 3 und 14 berechnet
19	B_kum _{max} nach allen IS DS Lastfahrstreifen (sofern erforderlich)	32,0	49,7	33,1	aus Zeile 14, 17 und 18 berechnet
20	Faktor für Preisminderung wegen evtl. höherer Restlebensdauer aller IS der DS (gegenüber B_kum _{max} Beton)	1,000	0,780	0,074	aus Zeile 17 und 19 berechnet
21	zusätzliche Kosten (€/m ²) für Sanierung der Griffigkeit innerhalb B_kum _{max}	2,11	0,19	7,00	vgl. ANLAGE 7-4
22	fiktiver Preis (€/m ²) für Verlängerung der DS-Lebensdauer auf die von Beton inklusive Abminderung gemäß Zeile 20 und Griffigkeitsmaßnahme gemäß Zeile 21		2,41	14,57	aus Zeile 15, 18, 20 und 21 berechnet
23	fiktiver Preis (€/m ² Gesamtfahrbahn) für Erreichen der Lebensdauer Beton (inklusive Abminderung bei GA, SMA)	2,42	1,21	7,28	Zeile 22 / Zeile 2 + Zeile 16 (2. Summand nur bei Beton)
23a	zusätzliche Nutzerkosten je Instandsetzungsmaßnahme (€/m ² Gesamtfahrbahn)	0,00	3,36	3,36	vgl. ANLAGE 7-4
24	fiktiver Preis (€/m ² Gesamtfahrbahn) für Betrachtungszeitraum bei Anzahl FS gemäß Zeile 2	35,29	35,01	39,66	Summe der Zeilen 13b, 23 und 23a unter Berücksichtigung der Zahl der Instandsetzungen
25	erforderlicher realer Preis Deckschicht (€/m ²) für wirtschaftliche Gleichwertigkeit (Zeile 6 neu)		8,10	2,94	Berechnung unter Annahme der Konstanz aller anderen Preisbestandteile
26	fiktiver Gesamtpreis (€/m ²) gebundener Oberbau bei wirtschaftlicher Gleichwertigkeit (€/m ²) (Zeile 24 neu)	35,29	35,29	35,29	Ergebnis der Kontrollrechnung

Bild 1: Algorithmus zur Bewertung der Deckenbauweisen Beton, GA und SMA

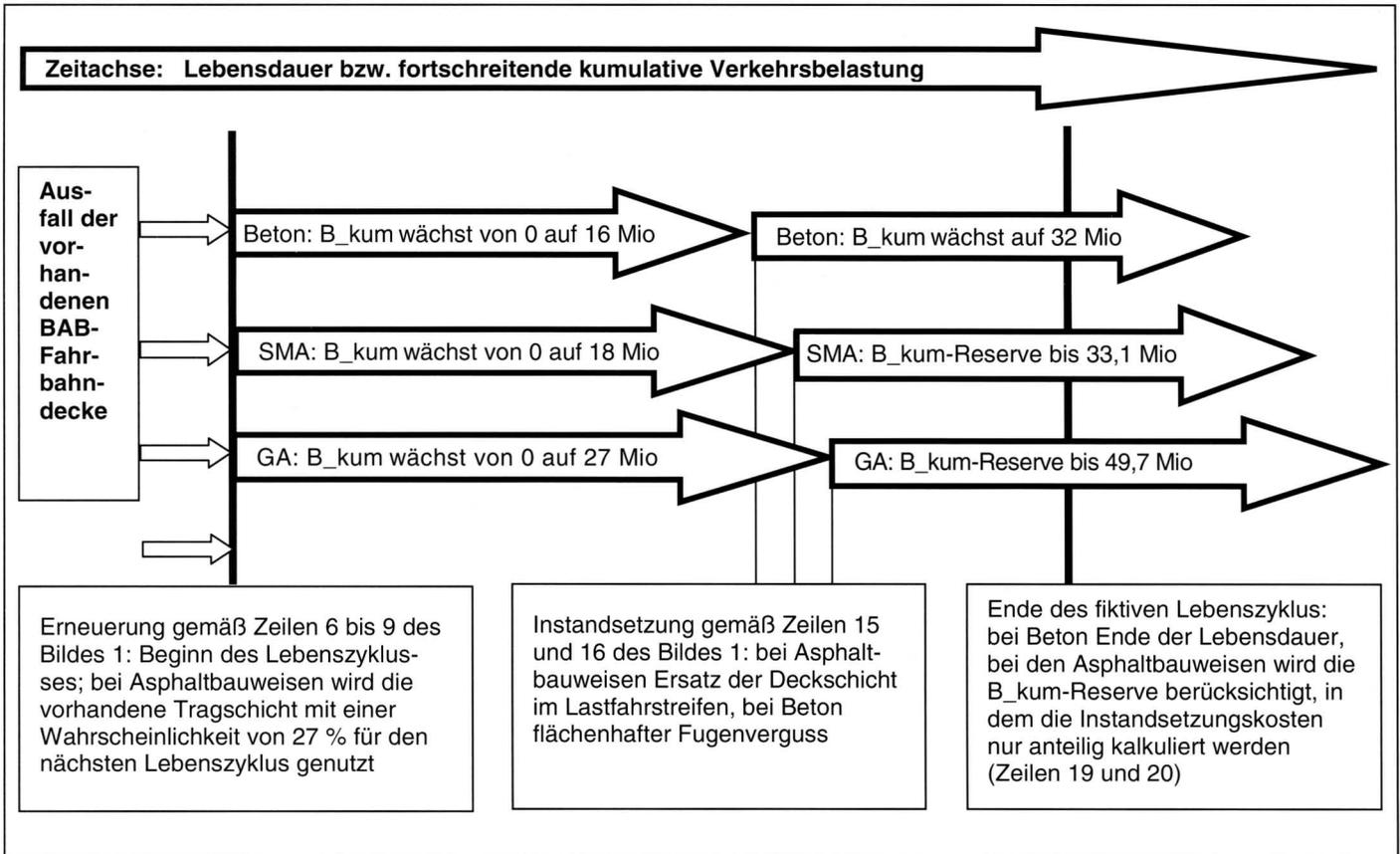


Bild 2: Schematische grafische Darstellung zum Bild 1