SCHRIFTENREIHE FÜR FLURBEREINIGUNG

Herausgegeben vom
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Heft 58

Haltbarkeit, Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit von Wegebefestigungen

— Untersuchungen an Wegebefestigungen in Flurbereinigungsverfahren —

von
Dr.-Ing. Heinz Möser

1971
LANDWIRTSCHAFTSVERLAG GMBH. HILTRUP (WESTF.)

Schriftenreihe für Flurbereinigung

Herausgegeben vom
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Heft 58

Schriftleitung:

Ministerialrat Herbert Schicke
beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Druck: Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup bei Münster (Westf.)

Haltbarkeit, Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit von Wegebefestigungen

— Untersuchungen an Wegebefestigungen in Flurbereinigungsverfahren —

von

Dr.-Ing. Heinz Möser

1971

LANDWIRTSCHAFTSVERLAG GMBH. HILTRUP (WESTF.)

Geleitwort

Die Flurbereinigung hat sich in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten beiden Jahrzehnten zu einer integrierenden Maßnahme der Neuordnung des ländlichen Raumes entwickelt, die zwar in erster Linie der Landwirtschaft dient, außerdem aber durch ihre Mitarbeit bei der Verbesserung der überörtlichen Verkehrseinrichtungen und der Infrastruktur überhaupt und bei der Sanierung und Erweiterung der Dörfer und Städte mithilft, die Lebensverhältnisse der gesamten ländlichen Bevölkerung zu verbessern. Schließlich werden mit der gleichzeitigen Förderung von Landschafts- und Naturschutz und mit der Bereitstellung von Erholungsflächen auch der Bevölkerung aus den Ballungsgebieten wertvolle Dienste geleistet.

Eine Hauptaufgabe der Flurbereinigung für die Land- und Forstwirtschaft bleibt aber die Anlegung und Befestigung eines zweckmäßigen Wegenetzes zur Rationalisierung der Bewirtschaftung der Nutzflächen. Diese Arbeit verursacht bei den Flurbereinigungsverfahren, die jährlich auf einer Fläche von etwa 300 000 ha zur Ausführung kommen, den überwiegenden Anteil der insgesamt entstehenden Ausführungskosten. Daher sind bereits in den Jahren um 1960 auf Veranlassung und mit überwiegender finanzieller Beteiligung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Rahmen von Flurbereinigungen umfangreiche Versuchsprogramme zur Entwicklung moderner und kostensparender Bauweisen für die Befestigung ländlicher Wege durchgeführt worden, deren Ergebnisse aus den Ländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein in der Schriftenreihe für Flurbereinigung, Heft 53 „Standardwegebefestigungen in Marsch, Moor und Geest" und aus dem süddeutschen Raum als Sonderheft „Gemeinsame Versuche der Länder Baden-Württemberg und Bayern über Bodenverfestigungen im landwirtschaftlichen Wegebau" bei der Deutschen Verlagsanstalt, Stuttgart, veröffentlicht worden sind.

Bei diesen Veröffentlichungen konnte jedoch noch kein endgültiges Urteil über die Haltbarkeit, die zweckmäßigste Unterhaltung und damit über die Wirtschaftlichkeit der Bauweisen abgegeben werden. Inzwischen liegen Erfahrungen auch hierüber vor. Sie sind im Rahmen einer im Auftrage des BML durchgeführten Forschungsarbeit auf Grund detaillierter Untersuchungen von fast 2 Mio. qm Wegebefestigungen aller angewendeten Standardbauweisen unterschiedlichen Alters zusammengestellt worden.

Die Ergebnisse dieser umfangreichen wissenschaftlichen Arbeit werden mit dem vorliegenden Heft der Öffentlichkeit übergeben in der Hoffnung, daß sie der Fachwelt wertvolle Dienste leisten und dazu beitragen mögen, nicht nur die Auswahl der Bauweisen je nach vorliegenden Verhältnissen zu erleichtern, sondern auch ihre Wirtschaftlichkeit zu sichern. Damit wäre dem verdienstvollen Verfasser und Leiter der Untersuchungen, Herrn Baudirektor Dr.-Ing. M ö s e r , und seinen Mitarbeitern am besten gedankt.

B o n n , im Februar 1972

P e t r i c h
Ministerialdirektor
im Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung 17

2. Gang der Untersuchung 18

3. Bituminöse Befestigungen 40

3.1 Allgemeines 40

3.2 Schäden 47

3.2.1 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit vom Alter 47

3.2.2 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit zu den Lastübergängen 48

3.2.3 Ausmagerungen und Wundstellen in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang 49

3.2.4 Abhängigkeit des Abriebs von Alter und Lastübergang 50

3.2.5 Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang sowie je nach den Untergrundverhältnissen 52

3.2.6 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang 55

3.2.7 Durchwachsungen am Fahrbahnrand in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang 56

3.3 Verhalten der bituminösen Befestigungen 58

3.3.1 Allgemeines 58

3.3.2 Zustand der Fahrbahn 58

3.3.3 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang 59

3.3.4 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit vom Untergrund 60

3.3.5 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von der Geländeform .. 61

3.4 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung 62

3.4.1 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Alter, Lastübergang und Verkehrsart 62

3.4.2 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart 64

4. Betonwege 65

4.1 Allgemeines 65

4.2 Schäden 71

4.2.1 Abhängigkeit der Risse, Schlaglöcher und Flickstellen zum Alter 71

4.2.2 Abhängigkeit der Risse, Schlaglöcher und Flickstellen zu den Lastübergängen 72

4.2.3 Abhängigkeit des Abriebs von Alter, Lastübergängen und Verkehrsart 72

4.2.4 Abhängigkeit des Abblätterns der oberen Schichten von Alter und Verkehrsart 73

Seite

4.2.5 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit vom Alter 74
4.2.6 Ausgebrochene Fugen in Abhängigkeit von Alter, Lastwechsel und Verkehrsart 75
4.3 Verhalten der Betonwege 77
4.3.1 Allgemeines 77
4.3.2 Zustand der Wege in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel, gegliedert nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände 78
4.4 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen 80
4.4.1 Zustand der Seitenstreifen in Abhängigkeit von Alter und Verkehrsart 81
4.4.2 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter und Verkehrsart 82

5. Pflasterdecken 83
5.1 Allgemeines 83
5.2 Schäden 87
5.2.1 Risse, Schlaglöcher, Kantenabbrüche und Flickstellen in Abhängigkeit vom Alter 87
5.2.2 Abhängigkeit der Verformungen von Verkehrsart und Alter .. 88
5.2.3 Verkantete Platten und Steine in Abhängigkeit zu Verkehrsart und Alter bzw. Lastwechsel 89
5.2.4 Verformungen in Abhängigkeit von Untergrund und Alter bzw. Lastwechsel 90
5.2.5 Besonderheiten im norddeutschen Raum 92
5.3 Über das Verhalten der Pflasterdecken 92
5.3.1 Allgemeines 92
5.3.2 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Alter 92
5.3.3 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Lastwechsel 94
5.4 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen 95
5.4.1 Zustand der Seitenstreifen in Abhängigkeit von Alter und Verkehrsart bzw. Lastwechsel 95
5.4.2 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart 96

6. Befestigungen ohne Bindemittel 98
6.1 Schotterwege 98
6.1.1 Allgemeines 98
6.1.2 Verhalten der Schotterdecken, Seitenstreifen und Entwässerung 100
6.1.3 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart 100
6.1.4 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit zum Untergrund 101

Seite

6.1.5 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit zum Gelände 102
6.1.6 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerungsanlagen in Abhängigkeit vom Alter bzw. Lastübergang und Verkehrsart.. 104
6.2 Einfachbefestigungen 106
6.2.1 Allgemeines 106
6.2.2 Abhängigkeit der Schlaglöcher von Verkehrsart, Alter bzw. Lastwechsel 112
6.2.3 Abhängigkeit der Verformungen und des Abriebes von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart 113
6.2.4 Abhängigkeit der Schäden vom Alter bzw. Lastübergängen und Untergrund 115
6.2.5 Verhalten der Einfachbefestigungen, der Seitenstreifen und der Entwässerung 117
6.2.6 Zustand der Wege in Abhängigkeit vom Alter, gegliedert nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände 117
6.2.7 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Lastwechsel, gegliedert nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände 119
6.2.8 Zustand der Seitenstreifen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter bzw. Lastübergängen 121
6.2.9 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart 122

7. Zur Frage der Haltbarkeit und Unterhaltung 124
7.1 Allgemeines 124
7.2 Haltbarkeit der einzelnen Befestigungen, Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen 124
7.2.1 Haltbarkeit der bituminösen Befestigungen 124
7.2.2 Haltbarkeit der Betonwege 126
7.2.3 Haltbarkeit von Pflasterwegen 128
7.2.4 Haltbarkeit von Schotterwegen 128
7.2.5 Haltbarkeit von Einfachbefestigungen 129
7.2.6 Haltbarkeit der Seitenstreifen 129
7.2.7 Haltbarkeit der Entwässerungseinrichtungen 129
7.3 Unterhaltungsmaßnahmen 130

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen 133
8.1 Allgemeines 133
8.2 Befestigungen mit Bindemittel 134
8.3 Befestigungen ohne Bindemittel 135

9. Zusammenfassung 135

Schrifttumsangaben 140

Verzeichnis der Abbildungen 10

Verzeichnis der Tabellen 14

Verzeichnis der Abbildungen

		Seite
Abb. 1	Aufnahmeblatt	21
Abb. 2	Beispiel einer Aufnahme bei bituminöser Befestigung	22
Abb. 3	Beispiel einer Aufnahme bei Betondecken	23
Abb. 4	Zusammenfassung nach Projekt	24
Abb. 5	Allgemeine Zusammenfassung	25
Abb. 6	Erläuterungen zur Feldaufnahme	26
Abb. 7	Zustandsstufen	34
Abb. 8	Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	47
Abb. 9	Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	48
Abb. 10	Ausmagerungen und Wundstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	50
Abb. 11	Ausmagerungen und Wundstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	50
Abb. 12	Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	51
Abb. 13	Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	51
Abb. 14	Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	52
Abb. 15	Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	52
Abb. 16	Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Untergrund und Alter (Bitu)	54
Abb. 17	Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Untergrund und Lastwechsel (Bitu)	55
Abb. 18	Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	55
Abb. 19	Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	56
Abb. 20	Durchwachsungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	57
Abb. 21	Durchwachsungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	57
Abb. 22	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Bitu)	59
Abb. 23	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	60
Abb. 24	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Untergrund und Alter (Bitu)	60
Abb. 25	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Untergrund und Lastwechsel (Bitu)	61
Abb. 26	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Gelände und Alter (Bitu)	61

Seite

Abb. 27 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Gelände und Lastwechsel (Bitu) 62
Abb. 28 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter (Bitu) 63
Abb. 29 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu) 63
Abb. 30 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Alter (Bitu) 64
Abb. 31 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu) 64
Abb. 32 Risse, Schlaglöcher, Flickstellen, abhängig von Verkehrsart und Alter (Beton) 71
Abb. 33 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton).... 72
Abb. 34 Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Beton) 73
Abb. 35 Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton).... 73
Abb. 36 Abblättern in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Beton) 74
Abb. 37 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Beton) 74
Abb. 38 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton).... 75
Abb. 39 Ausgebrochene Fugen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Beton) 76
Abb. 40 Ausgebrochene Fugen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton).... 76
Abb. 41 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Beton) 78
Abb. 42 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton) 78
Abb. 43 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Untergrund und Alter (Beton) 79
Abb. 44 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Lastwechsel (Beton) 79
Abb. 45 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Gelände und Alter (Beton) 80
Abb. 46 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Gelände und Lastwechsel (Beton) 80
Abb. 47 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter (Beton) 81
Abb. 48 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton) 81
Abb. 49 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Alter (Beton) 82

Seite

Abb. 50 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel (Beton) 82
Abb. 51 Risse, Schlaglöcher, Kantenabbrüche und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Pflaster) 87
Abb. 52 Risse, Schlaglöcher usw. in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Pflaster).. 87
Abb. 53 Verformungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Pflaster) 88
Abb. 54 Verformungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Pflaster).. 88
Abb. 55 Verkantete Platten und Steine, abhängig von Verkehrsart und Alter (Pflaster) 89
Abb. 56 Verkantete Platten und Steine, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel (Pflaster) 89
Abb. 57 Verformungen in Abhängigkeit von Untergrund und Alter (Pflaster) 91
Abb. 58 Verformungen in Abhängigkeit von Untergrund und Lastwechsel (Pflaster).. 91
Abb. 59 Zustand der Fahrbahn (Pflaster), abhängig von Verkehrsart und Alter 93
Abb. 60 Zustand der Fahrbahn (Pflaster), abhängig von Untergrund und Alter 93
Abb. 61 Zustand der Fahrbahn (Pflaster), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 94
Abb. 62 Zustand der Fahrbahn (Pflaster), abhängig von Untergrund und Lastwechsel 94
Abb. 63 Zustand der Seitenstreifen (Pflaster), abhängig von Verkehrsart und Alter 95
Abb. 64 Zustand der Seitenstreifen (Pflaster), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 96
Abb. 65 Zustand der Entwässerung (Pflaster), abhängig von Verkehrsart und Alter 97
Abb. 66 Zustand der Entwässerung (Pflaster), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 97
Abb. 67 Zustand der Fahrbahn (Schotter), abhängig von Verkehrsart und Alter 100
Abb. 68 Zustand der Fahrbahn (Schotter), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 101
Abb. 69 Zustand der Fahrbahn (Schotter), abhängig von Untergrund und Alter 101
Abb. 70 Zustand der Fahrbahn (Schotter), abhängig von Untergrund und Lastwechsel 102
Abb. 71 Zustand der Fahrbahn (Schotter), abhängig von Gelände und Alter 102
Abb. 72 Zustand der Fahrbahn (Schotter), abhängig von Gelände und Lastwechsel 103

Seite

Abb. 73 Abhängigkeit des Zustands vom Längsgefälle (Schotter) 103
Abb. 74 Zustand der Seitenstreifen (Schotter), abhängig von Verkehrsart und Alter 104
Abb. 75 Zustand der Seitenstreifen (Schotter), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 105
Abb. 76 Zustand der Entwässerung (Schotter), abhängig vom Alter 105
Abb. 77 Zustand der Entwässerung (Schotter), abhängig von den Lastwechseln 106
Abb. 78 Schlaglöcher, abhängig von Verkehrsart und Alter (Einfachbef.) 112
Abb. 79 Schlaglöcher in Abhängigkeit von Verkehr und Lastwechsel (Einfachbef.) .. 112
Abb. 80 Verformungen und Abrieb (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Alter 113
Abb. 81 Verformungen und Abrieb (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 114
Abb. 82 Schlaglöcher, Verformungen und Abrieb (Einfachbef.), abhängig von Untergrund und Alter 116
Abb. 83 Schlaglöcher, Verformungen und Abrieb (Einfachbef.), abhängig von Untergrund und Lastwechsel 116
Abb. 84 Zustand der Fahrbahn (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Alter 118
Abb. 85 Zustand der Fahrbahn (Einfachbef.), abhängig von Untergrund und Alter 118
Abb. 86 Zustand der Fahrbahn (Einfachbef.), abhängig von Gelände und Alter 118
Abb. 87 Zustand der Fahrbahn (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 120
Abb. 88 Zustand der Fahrbahn (Einfachbef.), abhängig von Untergrund und Lastwechsel 120
Abb. 89 Zustand der Fahrbahn (Einfachbef.), abhängig von Gelände und Lastwechsel 120
Abb. 90 Zustand der Seitenstreifen (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Alter 122
Abb. 91 Zustand der Seitenstreifen (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 122
Abb. 92 Zustand der Entwässerung (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Alter 123
Abb. 93 Zustand der Entwässerung (Einfachbef.), abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel 123

Verzeichnis der Tabellen

		Seite
Tab. 1	Schadensarten an bituminösen Befestigungen	41
Tab. 2	Schadensarten nach Verkehrsart und Alter (Bitu)	45
Tab. 3	Schadensarten nach Verkehrsart und Lastwechsel (Bitu)	46
Tab. 4	Verformungen und Vertiefungen nach Alter, Untergrund und Lastwechsel (Bitu)	53
Tab. 5	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehr, Untergrund, Gelände und Alter (Bitu)	58
Tab. 6	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehr, Untergrund, Gelände und Lastwechsel (Bitu)	58
Tab. 7	Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung (Bitu)	62
Tab. 8	Schadensarten an Betondecken	66
Tab. 9	Schäden nach Verkehrsart und Alter (Beton)	69
Tab. 10	Schäden nach Verkehrsart und Lastwechsel (Beton)	70
Tab. 11	Zustand der Fahrbahn nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände in Abhängigkeit vom Alter (Beton)	77
Tab. 12	Zustand der Fahrbahn nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände in Abhängigkeit von den Lastwechseln (Beton)	77
Tab. 13	Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung (Beton)	80
Tab. 14	Schadensarten an Pflasterdecken	83
Tab. 15	Schadensarten nach Verkehrsart und Alter (Pflaster)	85
Tab. 16	Schadensarten nach Verkehrsart und Lastwechsel (Pflaster)	86
Tab. 17	Schäden nach Alter bzw. Lastwechsel gegliedert (Pflaster)	90
Tab. 18	Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Alter (Pflaster)	92
Tab. 19	Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Lastwechsel (Pflaster)	94
Tab. 20	Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung (Pflaster)	95
Tab. 21	Schadensarten an Schotterdecken	99
Tab. 22	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit vom Alter (Schotter)	100
Tab. 23	Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von den Lastübergängen (Schotter)	100
Tab. 24	Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung (Schotter)	104
Tab. 25	Schadensarten an Einfachbefestigungen	107
Tab. 26	Schäden in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter (Einfachbef.)	110
Tab. 27	Schäden in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel (Einfachbef.)	111
Tab. 28	Schäden in Abhängigkeit von Untergrund und Alter bzw. Lastwechsel (Einfachbef.)	115
Tab. 29	Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund, Gelände und Alter (Einfachbef.)	117
Tab. 30	Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund, Gelände und Lastwechsel (Einfachbef.)	119
Tab. 31	Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung (Einfachbef.)	121

		Seite
Tab. 32	Extrapolation der Schäden nach Abb. 8 (Schadensausmaß/Alter)	125
Tab. 33	Extrapolation der Schäden nach Abb. 9 (Schadensausmaß/Lastübergänge)	125
Tab. 34	Extrapolation des Fahrbahnzustandes nach Abb. 22 und Abb. 23 (Zustand/Alter bzw. Lastwechsel)	125
Tab. 35	Extrapolation der Schäden nach Abb. 32 und Abb. 39 (Schäden/Alter)	126
Tab. 36	Extrapolation der Schäden nach Abb. 33 und Abb. 40 (Schäden/Lastwechsel)	127
Tab. 37	Extrapolation des Fahrbahnzustandes nach Abb. 41 und Abb. 42 (Zustand/Alter bzw. Lastwechsel)	127
Tab. 38	Alter der Seitenstreifen	129
Tab. 39	Alter der Entwässerungseinrichtungen	130
Tab. 40	Kostenindices und Instandsetzungszeiträume	132
Tab. 41	Rückstellungen/Jahr in % des Kostenindexes 100	132
Tab. 42	Rückstellungen/Jahr bei einspurigen Wegen	132
Tab. 43	Lebensdauer und Rückstellungen für Erneuerungen	134
Tab. 44	Zusammenstellung der Wegebefestigungen und deren Schäden	138

1. Einleitung

Der Straßenbau ist eine Erfahrungswissenschaft. In den vergangenen Jahrzehnten wurden auf dem Gebiet der Materialbeanspruchung und der Ermittlung der Formänderungen große Anstrengungen unternommen, das Verhalten der Befestigungen unter Verkehrslast zu berechnen. Besondere Beachtung hat Ende der fünfziger Jahre der auf einem großartigen praktischen Versuch aufgebaute AASHO-Straßentest gefunden, der in jeder Versuchsphase die Möglichkeit bot, die Straßenbefestigungen zu studieren, zu bewerten und bis zur vollständigen Zerstörung zu verfolgen.

Auf dem Gebiet des Wegebaues geschah in dieser Richtung wenig. Dies lag im allgemeinen an der Größenordnung und auch daran, daß sich der Verkehr auf Wirtschaftswegen wesentlich vom Straßenverkehr unterscheidet und somit auch die theoretischen und praktischen Annahmen des Straßenverkehrs sich nicht ohne weiteres auf den ländlichen Verkehr übertragen lassen. Trotzdem war es ein bemerkenswerter Schritt, daß im Jahre 1965 und teilweise schon früher der Versuch unternommen wurde, auf Grund von Erfahrungen, bestimmte Dimensionierungen zu empfehlen: als Standardmethoden für den allgemeinen Fall.

Damit wurde in verstärktem Maße die Frage der Haltbarkeit von Wegebefestigungen angeschnitten. Schon bei der Einführung der ersten bituminösen Bauweisen wurde von Skeptikern deren Bestand in Frage gestellt und man erwartete damals, daß diese Bauweise eine Lebensdauer von höchstens 5—10 Jahre aufweisen würde. Daß hinsichtlich der Dimensionierung der Befestigungen ab etwa 1960 keine gravierenden Fehler mehr gemacht wurden, bewiesen die vielen Versuche (Versuchsprogramme Nord und West), die in dieser Zeit in allen möglichen Dicken und Zusammensetzungen ausgeführt wurden. Bemerkenswert erscheint hier das Verhalten der Versuchsstrecken unter Verkehrslast: Entweder die Wege hielten über einen längeren Zeitraum den Belastungen gut stand oder sie gingen sofort, bzw. nach sehr kurzer Zeit zu Bruch. Dadurch war es möglich, die für den landwirtschaftlichen Verkehr erforderlichen Mindestdickenbemessungen, auf empirischem Wege ermittelt, anzugeben (z. B. bei Betondecken nicht unter 12 cm Dicke, oder bei Asphaltbeton nicht unter 5 cm), ohne daß hierfür die Theorien der Befestigungen angewendet werden mußten. Inzwischen wurde auch von der Theorie her nachgewiesen, daß die heute angewandten Standardbefestigungen bei nicht zu häufigen Lastwechseln den Verkehrsbeanspruchungen standhalten [1].

Die erheblichen Mittel, die alljährlich von Bund und Ländern für Wegebaumaßnahmen aufgebracht werden, bedingen nicht nur eine sparsame und „wirtschaftliche" Verwendung der Gelder, sondern auch in gewissem Sinne eine ökonomisch sinnvolle Ausnutzung; d. h., daß es von erheblicher Bedeutung ist, wie groß die Haltbarkeit der Standardbefestigungen ist und von welchen Abhängigkeiten die Lebensdauer beeinflußt wird, wie z. B. die Frage: Welche Beziehungen bestehen zwischen Lastwechsel, Alter und Zustand?

Ein befestigtes Wegenetz, das zur Zeit in der Bundesrepublik ein Ausmaß von etwa 100 000 km hat, ist vergleichsweise ein Bauwerk, das mit einem Kostenaufwand von 5 000 Millionen Mark errichtet wurde. Da nun jedes Bauwerk einem Alterungsprozeß unterliegt, ist es von besonderer Bedeutung, welche Unterhaltungs- und Instandsetzungskosten zu welcher Zeit anfallen werden. Ganz besonders dürfte infolge des raschen Strukturwandels unseren ländlichen Gemeinden auch die Frage der Tragbarkeit von Folgelasten aus den Unterhaltungsverpflichtungen des vorhandenen Wegenetzes wichtig sein.

Der Untersuchungsauftrag „Haltbarkeit, Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit von Wirtschaftswegen" nachfolgend „Forschungsauftrag" genannt, hat die Aufgabe, zu ermitteln, wie sich die Standardbauweisen unter Verkehr verhalten, welche Abhängigkeiten bestehen und welche Haltbarkeiten angenommen werden können. In diesem Zusammenhang ist es auch von Interesse, welche Schäden in welcher Häufigkeit und Abhängigkeit auftreten. An Hand einer empirisch-statistischen Ermittlung an rund 600 km befestigten Wirtschaftswegen mit 3 Millionen erfaßten Daten aus 60 000 Einzelabschnitten, wurde versucht, diese Frage zu beantworten.

Herrn Ministerialrat Schicke vom BML ist es in besonderem Maße zu verdanken, daß dieser Forschungsauftrag gefördert und finanziert wurde.

Mein weiterer Dank richtet sich an meine Mitarbeiter:

Herrn Ministerialrat Klempert, Düsseldorf und Herrn Obervermessungsrat Schmidt, Oldenburg, sowie an die Herren Pankratz, Johannsen und Laumans, welche als Sachbearbeiter die Hauptlast der Aufnahme zu tragen hatten und last not least an die vielen Flurbereinigungsbehörden der Bundesrepublik, die bei der Erfassung beteiligt waren.

2. Gang der Untersuchung

Der Forschungsauftrag wurde im Herbst des Jahres 1966 eingereicht. Art und Umfang der Untersuchung sollte folgende Standardbauweisen erfassen:

1. Heißbitumenkiesdecke mit und ggf. ohne Asphaltfeinbeton,
2. Betondecke,
3. Pflasterdecke,
4. Schotterdecke,
5. Einfachbauweise.

Von jeder Bauweise sollten, wenn möglich, 500 000 qm untersucht werden und zwar verteilt auf gute und schlechte Untergrundverhältnisse, sowie nach Altersstufen von 0—4, 4—6, 6—8 und über 8 Jahre.

An Hand örtlicher Erhebungen und Messungen war weiterhin festzustellen: Art und Zusammensetzung, Dicke, Menge der Gesamtkonstruktion, Alter, Untergrundverhältnisse, Länge, Einzugsgebiet, Bodennutzungssystem, Art, Ausmaß und Ursache von Veränderungen und Schäden an der Fahrbahn, Bewertung des Zustandes der Fahrbahn, der Seitenstreifen und der Entwässerungen nach einem einheitlich festgelegten Schätzungsrahmen.

Die Ergebnisse sollten damit folgende statistischen Auswertungen gestatten:

1. Anteil der Schäden im Verhältnis zur Fahrbahnfläche/Länge,
2. Anteil der Schäden im Zusammenhang mit Alter, Belastung und sonstigen Umständen,
3. Folgerungen über die mutmaßliche Lebensdauer der einzelnen Bauweisen,
4. Folgerungen über Verhalten der Bauweise zu Alter, Belastungshäufigkeit, Untergrund,
5. Art und Häufigkeit der Schäden (Typisierung),
6. Folgerungen über Zusammenhänge zwischen Alter, Unterhaltungsaufwendungen bzw. Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen.

Der Forschungsauftrag wurde mit Note des BML vom 3. 4. 1967 Nr. I A 3 — 1467.43 — 1 — 1/67 bewilligt.

In mehreren Grundsatzbesprechungen und Arbeitstagungen mit den Leitern der Arbeitsgruppe und deren Mitarbeitern wurden die Aufnahmeprotokolle, die Schadensdarstellungen und Klassifizierungen, sowie der Bewertungsrahmen festgelegt (s. S. 21 ff.).

Im Jahre 1968 wurden die für die Untersuchung geeigneten Flurbereinigungsverfahren nach den Gesichtspunkten Bauart, Alter und Untergrundverhältnisse (nicht nach Zustand) ausgewählt und die Feldaufnahmen begonnen. Es wurden folgende Untersuchungsgruppen gebildet:

a) für Bayern, Baden/Württemberg, Rheinland/Pfalz
b) für Nordrhein/Westfalen, Hessen, Saarland
c) für Schleswig-Holstein, Niedersachsen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen und Messungen wurden in die Aufnahmeprotokolle eingetragen.

Die Aufnahmeblätter waren ursprünglich darauf aufgebaut, daß sie 36 Angaben, zum Teil verschlüsselt bis zu 2 Stellen erfaßten; damit wäre die Möglichkeit gegeben, später die Daten mit Lochkarten zu belegen. Bei der Auswertung stellte sich jedoch heraus, daß die im Aufnahmeprotokoll aufgenommenen möglichen Ursachen für die Beeinflussung von Schäden nur auf w e n i g e bestimmte F a k t e n zurückzuführen waren, wie der Bedeutung nach aufgeführt:

1. der Anteil am allgemeinen Verkehr
2. die Untergrundverhältnisse
3. ggf. die Geländeform

Die übrigen Einflüsse (Schneelage, Schatten, Frostzeiten usw.) haben sich im allgemeinen als n i c h t gravierend erwiesen.

Vorweg kann damit festgestellt werden, daß hinsichtlich der Gestaltung der Wege, die ersten beiden genannten Punkte — also Verkehrsart und Untergrund — künftig g l e i c h w e r t i g e B e a c h t u n g finden sollten und erst in zweiter Linie die Geländeform, sowie sonstige Einflüsse, deren Auswirkungen aber noch nachgewiesen werden müßten.

Die Feldaufnahmen wurden im wesentlichen im Jahre 1970 zu Ende geführt und anschließend konnte mit den Vorbereitungen zur Auswertung begonnen werden. Da zuerst nicht bekannt war, welche Fakten für die Untersuchungsziele signifikant waren, mußte in mehreren Vorversuchen eine Zwischenform der Zusammenfassung gefunden werden, die es gestattete, in überschaubarer Art Zusammenhänge zu erfassen, zu erkennen bzw. umzugruppieren. Damit entfiel die Aufbereitung des Untersuchungsmaterials durch EDV-Anlagen; die auf Seite 24 dargestellte Art der Zusammenfassung hat sich als weit weniger kostspielig erwiesen.

Eine weitere Stufe der gruppierten Zusammenfassung stellen die auf Seite 25 zusammengestellten allgemeinen Daten dar, die es gestatten, die notwendigen Untersuchungen vorzunehmen.

Die auf diese Art ermittelten Werte sind in den Tabellen zu den einzelnen Bauweisen angegeben. Soweit möglich, wurde nicht nur auf das Alter, sondern auch auf die Anzahl der Lastübergänge reflektiert, um ggf. feststellen zu können, welcher der beiden Faktoren mehr Einfluß hat. Obwohl die Lastübergänge naturgemäß mit dem Alter der Fahrbahn in Beziehung zueinander stehen, ist die Anzahl der Lastwechsel in erster Linie vom Einzugsgebiet und der Bodennutzung abhängig.

Je 100 ha Einzugsgebiet kann man jährlich folgende Lastübergänge mit 0,7 bis 1,0 t Achslast als Faustzahlen annehmen:

bei Getreide	9 000
bei Ackerfutter	16 000
bei Hackfrucht	44 000 [4]

Die graphischen Darstellungen nehmen Bezug auf die angeführten Tabellenwerte und sind entsprechend der Fragestellungen aufgeschlüsselt. Da den Abszissen und Ordinaten ungleichgewichtige Werte zugeordnet waren, mußten diese durch eine lineare Regression auf das allgemeine arithmetische Mittel zurückgeführt werden, die in Form von Geraden dargestellt sind. Zur Deutlichmachung der Gewichtsverteilung sind in Abb. 8 die den Werten zugeordneten Flächen angegeben. Die lineare Regression stellt weiterhin den allgemeinen Trend dar, den man für eine Extrapolation anwenden kann. Je nach Streuung der einzelnen Werte besitzt der Trendwert eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die einzelnen Abhängigkeiten und Ergebnisse ermittelt, diskutiert und gefolgert.

Der Forschungsauftrag findet mit dieser Berichterstattung seinen Abschluß.

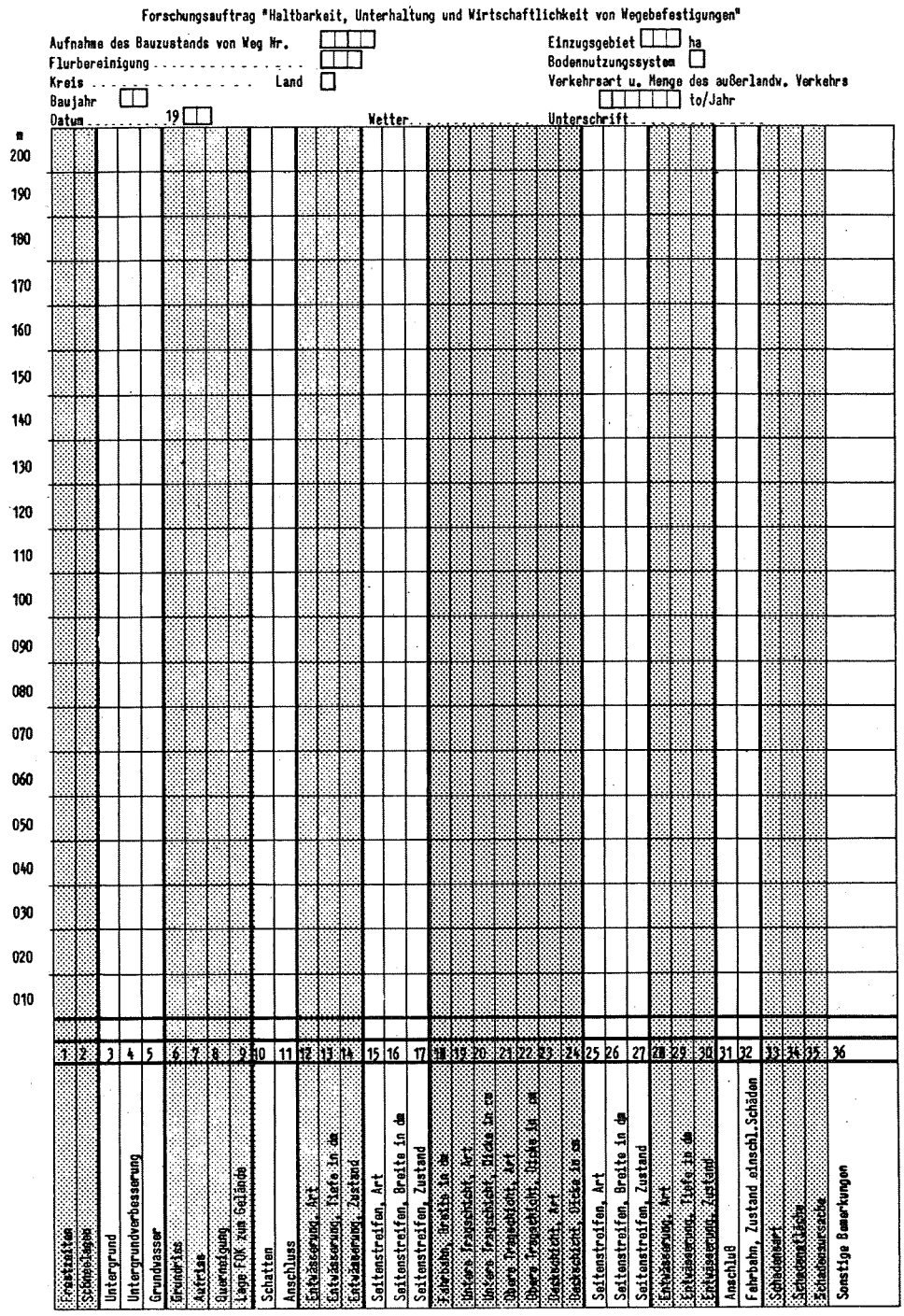


Abb. 1 Aufnahmeblatt

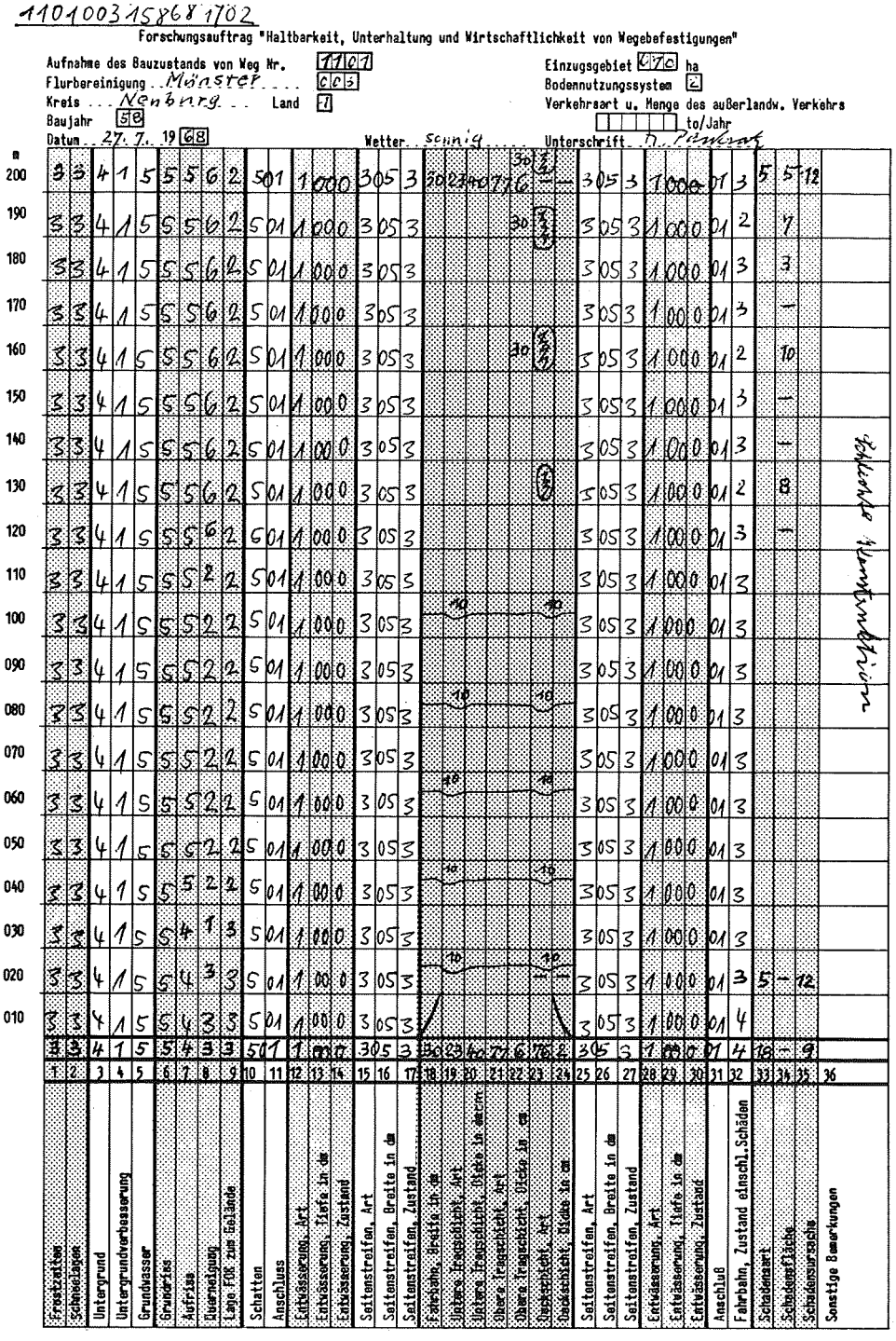


Abb. 2 Beispiel einer Aufnahme bei bituminöser Befestigung

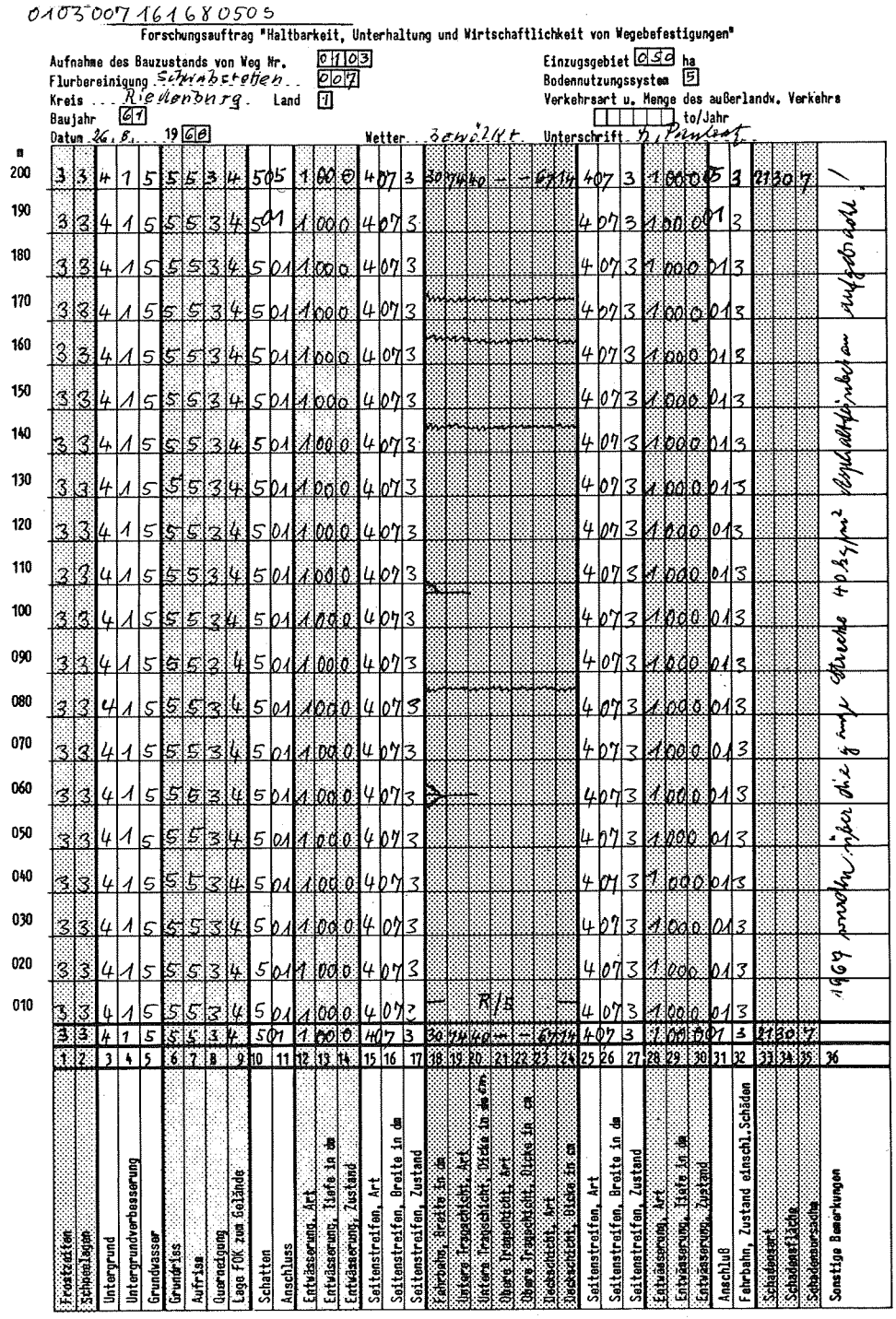


Abb. 3 Beispiel einer Aufnahme bei Betondecken

Forschungsauftrag Haltbarkeit, Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit von Wegebefestigungen - Auswertung -

Flurbereinigungen Geesteniederung-Nord, M...rriem Gelände: eben / wellig / hügelig* Standardbauweisen: Bitu / Beton / Pflaster / Schotter / Einfach*

Kontroll Nr. III/74

Weg Nr.	Alter (Jahre)	Einzugsgebiet (ha)	Bodennutzung	Belastung (t/Jahr)	Gesamtbelastung (t)	sonst. Verkehr	Länge (m)	Fahrbahnfläche (qm)	Schäden an der Fahrbahn: Art	Fläche (qm)	Ursache	Art	Fläche (qm)	Ursache	Art	Fläche (qm)	Ursache	Art	Länge (m)	Ursache	Art	Länge (m)	Ursache	FOK zum Gelände	Untergrund	Zustand der Fahrbahn	Seitenstreifen: Art	Zustand	Art	Zustand	Entwässerung: Art	Zustand	Art	Zustand	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
401	2	170	1.0	17000	34000	4	200	600																4	1	4.0	2	3.6	2	3.7	2	3.0	2	3.0	Verbundsteinpflaster ohne
2	2					4	200	600																2	1	4.0	3	3.3	2	3.0	-	-	2	3.0	Tiefbord
3	2					4	200	600																2	1	4.0	2	3.7	2	3.0	-	-	2	3.3	
4	2					4	200	600										(1) 24	02	14				2	1	4.0	2	3.5	2	3.7	-	-	2	4.0	schlechter Untergrund,
5	2					4	200	600													(7) 05	60	4	2	1	3.9	2	3.5	2	3.7	2	3.7	2	4.0	daher allgemein leichte
6	2					4	200	600										(3) 24	03	14	(5) 05	60	4	2	1	3.7	3	3.4	3	3.6	2	4.0	2	4.0	Verformungen.
7	2					4	200	600										(2) 24	10	14	(7) 05	30	4	2	1	3.0	3	3.5	3	4.0	2	4.0	2	3.6	
8	2					4	200	600													(3) 05	30	4	2	1	3.9	3	3.7	3	4.0	2	4.0	2	3.7	
9	2					4	200	600													(2) 05	20	4	2	1	4.0	3	3.8	3	3.8	2	3.4	2	3.4	
10	2					4	180	540										(1) 24	02	14				2	1	4.0	3	4.0	3	4.0	2	3.6	2	3.8	
1501	2	50	1.0	5000	10000	4	200	600																4	2	5.0	4	3.0	4	3.0	2	4.0	2	4.0	SF-Verbundsteinpflaster
2	2					4	200	600										(1) 20	10	12				4	2	5.0	4	3.0	4	3.0	2	4.0	2	4.0	ohne Tiefbord
3	2					4	200	600																4	2	5.0	4	3.2	4	3.6	2	4.0	2	4.0	
4	2					4	200	600																4	2	5.0	4	4.0	4	3.8	2	4.0	2	4.0	
5	2					4	25	75																4	2	5.0	4	5.0	4	4.0	2	4.0	2	4.0	
					26900	28	05	8415										20 24	10 17	12 14	5	210	4			4.2		3.5		3.6		3.8		3.7	

Abb. 4 Zusammenfassung nach Projekt

Kontroll Nr.	Alter, Jahre	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Einzugsgebiet ha*	Lastübergänge	mittl. Zustand der Fahrbahn	Risse (3, 4,7, 8,12, 13, 14) m²	Schlaglöcher m²	Ausmagerungen m²	Abrieb m	Verformungen m	Vertiefungen Stück Tiefe	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m	15 m²	26 m²	Zustand der Seitenstreifen	Zustand der Entwässerung	Bemerkungen Bitte 4/5 Jahr mit allg. Verhältn. [illegible]
I/70	4/5	1470	6615	65	80000	4,0		6		1570	42		45	800	5		2,9	3,0	[illegible]
I/15	4/5	2825	11407	45	53000	4,0	128	287	17	2280			45	1570					zu schmal und Bankette uneben
I/860	4	2754	8262	40	48000	2.9	75	18		460			12	131	3		3.0	3.3	Messung überprüfen!!
I/800	4	1070	2910	45	57000	2.9	104	11		180			45		12	3	2.5	3.8	
I/260	5	2453	7259	60	80000	2.4		6		910			12			18	3.0	3.0	
II/320	5	1421	5560	34	41000	4.7	5	2					382				2.2	3.0	
III/216	5	2812	8436	60	44000	4.6	441				21				5		2.8	3.0	
III/217	5	2086	6258	60	46000	4.7	85			90	3				2		3.2	3.7	
III/218	5	1684	5052	5	12500	3.7	12	2							30				
III/223	5	2870	8410	122	88000	4.2	108							570		478	3.1	3.4	Durchwachsungen bei
III/253	4/5	2800	8360	150	106000	4.7	4						4	15	1	888	3.2	3.2	
III/224	4	795	2785	200	125000	4.4								10		169	3.0	3.4	
III/227	5	2907	9121	72	65000	4.6	5						18	254	18	3	3.7	4.0	Durchwachs. beidseitig
III/228	4/5	2580	8700	63	57000	4.4	3						6	72	205	197	3.9	4.5	
III/229	5	2743	8774	120	98000	4.5	143				18		23		8	62			

Abb. 5 Allgemeine Zusammenfassung

Abb. 6 Erläuterungen zur Feldaufnahme

A u f n a h m e p r o t o k o l l

Frostzeiten	Spalte 1
sehr lange, über 5 Monate (Höhenlagen über 700 m)	1
lange, bis 4 Monate	2
mittel, bis 3 Monate	3
kurz, < 2 Monate	4
keine	5

Schneelagen	Spalte 2
sehr lange (Oktober - März) z.B. in Talmulden, an Waldrändern bei Höhenlagen über 700 m	1
lang, etwa 4 Monate (November - März)	2
mittel (Dezember - Februar)	3
kurz < 2 Monate (Januar - Februar)	4
keine	5

Untergrund	Spalte 3
Wasserhaltende Böden - Moor, Schluff (DIN 18300 - 2.22)	1
Tonböden, schwerer, mittlerer schluffiger Ton (RLW Tab. 2/2, 3)	2
toniger Lehm, anmoorige Böden (RLW Tab. 2/4)	3
Löß, Lößlehm, mittl. Lehm, schluffiger und sandiger Lehm (RLW Tab. 2/5, 6, 7)	4
lehmige, schluffige, gleichkörnige Sande (RLW Tab. 2/8, 9)	5
schwach lehmiger Kiessand, ungleichkörniger Sand und Kiessand, felsiges Gestein (RLW Tab. 2/10, 11, 12)	6

Untergrundverbesserung	Spalte 4
keine	1
Kalkstabilisierung und Bodenverbesserung mit Zement oder anderen Bindemitteln	2
mechanische Bodenverbesserung (Zugabe von Sand, Ton, Kies, Gestein usw.)	3
Sandschüttung ≤ 50 cm	4
Sandschüttung > 50 cm	5
Sandkiesschicht 10 - 15	6

Schatten	Spalte 10
ständig im Schatten (z.B. im Hochwald)	1
überwiegend im Schatten (Niederwald, dichte Bebauung)	2
Halbschatten (locker bebautes Gebiet)	3
leichter Schatten (Gruppenpflanzungen usw.)	4
kein Schatten	5

Anschluß	Spalte 11 und 31
(Art der Bodennutzung entlang des Wegkörpers)	
Acker	1
Grünland, Obstgärten	2
Wald	3
Windschutzpflanzungen	4
befestigte Einfahrt	5
unbefestigte Einfahrt	6
Gruppenpflanzungen	7
bebautes Gebiet, Mauern usw.	8
Wasserflächen	9
Ausweiche	10
Sondernutzungen (Hopfen, Wein)	11

Entwässerung, Art	Spalte 12 und 28
keine	1
Graben, Mulde, Rinne, Spitzgräben, unbefestigt	2
Graben, Mulde, Rinne, Spitzgräben, befestigt	3
2 mit Längsdräne	4
3 mit Längsdräne	5
Längsdräne	6
Quersickerung	7
6 + 7	8

Entwässerung, Tiefe in dm — Spalte 15 und 29

Entwässerung, Zustand	Spalte 14 und 30
unbrauchbar, sofortige Maßnahmen erforderlich	1
kaum brauchbar	2
brauchbar (z.B. Böschungen teilw. angegriffen, Sohle leicht beschädigt oder zugeschlämmt)	3
gut (nur geringe Schäden)	4
sehr gut	5

Seitenstreifen, Art	Spalte 15 und 25
nicht vorhanden	1
unbefestigt, Erdbau	2
Erdkörper, berast	3
schwach befestigt mit Kies, Gestein usw.	4
standfest, radspurfrei befestigt	5

Seitenstreifen, Breite in dm (nach Aufmaß) — Spalte 16 und 26

Seitenstreifen, Zustand	Spalte 17 und 27
in sehr schlechtem Zustand (tiefe Fahrrinnen, über 10 cm tief)	1
in schlechtem Zustand (Fahrrinnen unter 10 cm; über 5 cm aufgewachsen)	2
brauchbar (schwache Verformungen; leicht aufgewachsen)	3
gut (etwa bündig mit FOK; abmähen erforderlich)	4
sehr gut (2 - 3 cm niedriger als FOK)	5

Fahrbahn, Breite in dm	Spalte 18

Grundwasser	Spalte 5
sehr hoch, ständige Staunässe	1
hoch $\leq$ 0,5 m unter Gelände - oberkante, größere Grundwasserschwankungen	2
mittel > 0,5 - 1 m	3
gering, Grundwasser tiefer als 1 - 2 m unter Gelände	4
trocken, Grundwasser tiefer als 2 m	5

Grundriß - Linienführung	Spalte 6
Radien < 20 m	1
" 20 - 50 m	2
" 50 - 100 m	3
" 100 - 200 m	4
" > 200 m	5
und Geraden	

Aufriß 1	Spalte 7
Gefälle > 15 %	1
" 10 - 15 %	2
" 6 - 10 %	3
" 3 - 6 %	4
" 1 - 3 %	5
eben	6

Querneigung	Spalte 8
keine	1
einseitig bis 3 % nach links	2
einseitig bis 3 % nach rechts	3
einseitig > 3 % nach links	4
einseitig > 3 % nach rechts	5
dachförmig oder gewölbt bis 3 %	6
dachförmig oder gewölbt > 3 %	7
muldenförmig	8

Lage — Spalte 9

(Fahrbahnoberfläche z. Geländeoberfläche;
Maß FOK zur Gel.OK.)

Im Hang mit Auf- und Abtrag über 0,3 m (gemessen am Fahrbahnrand)	1
Geländegleich $\leq \pm$ 0,3 m	2
>0,3 m unter Gelände	3
>0,3 m über Gelände	4

Untere Tragschicht, Art — Spalte 19

Größt - Korn		unsortiert					sortiert				
		3	7	30	60	>60	2-3	7-8	25/30	55/60	>
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sand	1										
Kiessand	2										
Splitt	3										
Schotter	4										
Schroppen	5										
Schotter m. Sand, Splitt o. Kies	6										
Schroppen m. Sand, Splitt o. Kies	7										
Mineralbeton	8										

Untere Tragschicht, Dicke — Spalte 20

Aufmaß in cm

Obere Tragschicht, Art — Spalte 21

Größt - Korn		unsortiert					sortiert				
		3	7	30	60	>60	2-3	7-8	25/30	55/60	>
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sand	1										
Kiessand	2										
Splitt	3										
Schotter	4										
Schotter mit Sand	5										
Mineralbeton	6										
Heißbitumenkies	7										
Heißbitumenbreczie	8										

Obere Tragschicht, Dicke — Spalte 22

Aufmaß in cm

Deckschicht, Art — Spalte 23

Größt-Korn		unsortiert					sortiert				
		3	7	30	60	>60	2-3	7-8	25/30	55/60	>
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sand	1										
Splittsand	2										
Kiessand	3										
Schotter eingesandet	4										
Mineralbeton	5										
Beton	6							0/7	0/30		
Asphaltbeton	7						0/5	0/8	0/12	0/18	0/25
Betonverbundstein	8	(Wardenburger 1 S-F 2 Wepro 3 Ipro 4)									

Deckschicht, Dicke — Spalte 24

Aufmaß in cm

Spalte 25, siehe 15
Spalte 26, siehe 16
Spalte 27, siehe 17
Spalte 28, siehe 12
Spalte 29, siehe 13
Spalte 30, siehe 14
Spalte 31, siehe 11

Fahrbahn, Zustand — Spalte 32

einschl. Schäden — Spalte 32

In den Abschnitten von 10 zu 10 m ist der Zustand der Fahrbahn zu beurteilen (s. Zustandsstufen). Kommen in diesen Abschnitten Schäden vor, so sind diese mitzuschätzen. Die Schadensfläche (Spalte 34) entspricht der Größe der Flickstelle.
Die Berechnung des Zustandes ergibt:

$$Z = \frac{F1 \cdot Z1 + F2 \cdot Z2}{F}$$

(F = ges. Flächenabschnitt, F1,2 = Teilflächen, Z1,2 = zugehörige Zustandsstufen)

Bereits durchgeführte Flickstellen erhalten grundsätzlich den Zustand 1.
In der Spalte Bemerkung ist das Jahr der Maßnahme anzugeben.

Zustand der Fahrbahn

Stufe 1

unbrauchbar:
Zerstörung reicht bis in die tieferen Schichten; über 50 % des Fahrbahnflächenabschnittes vollständig zerstört;
Fahrbahn kaum noch befahrbar;
sofortige Instandsetzung notwendig.

Stufe 2

kaum brauchbar:
>10 - 30 % des Fahrbahnabschnittes zerstört; die zerstörten Stellen müssen sofort instandgesetzt werden; nur noch mit geringer Geschwindigkeit befahrbar (z.B. Verformung mit Rißbildung).

Stufe 3

brauchbar:
bis 10 % des Fahrbahnabschnittes nur schadhaft;
Instandsetzungen müssen in spätestens 2-3 Jahren durchgeführt werden (z.B. Verformungen ohne durchgehende Risse).

Stufe 4

gut:
bis auf wenige schadhafte Stellen (L 2 %) keine größere Verformungen;
Instandsetzungsmaßnahmen in frühestens 5 - 10 Jahren zu erwarten.

Stufe 5

sehr gut:
Dichte geschlossene Fahrbahnoberflächen;
Zeitpunkt der Instandsetzungsmaßnahmen noch unbekannt.

Schadensart	Spalte 33
Verformungen im Längsprofil (Wellen) ohne Risse	1
" mit Haarrisse	2
" mit Querrisse	3
" mit Polyederrisse	4
Verformungen im Querprofil ohne Risse	5
" mit Haarrisse	6
" mit Querrisse	7
" mit Polyederrisse	8

	Spalte 33
Absackung am Fahrbahnrand	9
Beschädigte Fahrbahnränder durch Überfahren	10
Risse ohne Verformungen, Haarrisse	11
Risse ohne Verformungen, Längsrisse	12
Risse ohne Verformungen, Querrisse	13
Risse ohne Verformungen, Polyederrisse	14

Wundstellen	15
Ausmagerungen	16
Auswaschungen (durch Erosion)	17
Abrieb durch mech. Einfluß	18
Löcher (Schlaglöcher usw.)	19
Durchwachsungen	20
Abblättern der oberen Schichten	21
Kantenabbrüche	22
Ausgebrochene Fugen	23
Verkantete Platten, Steine	24
Flickstellen	25
Zerbrochene Steine	26

Schadensfläche — Spalte 34

Fläche in qm nach Aufmaß einschließlich dem erforderlichen Umgriff (siehe auch Beilagen)

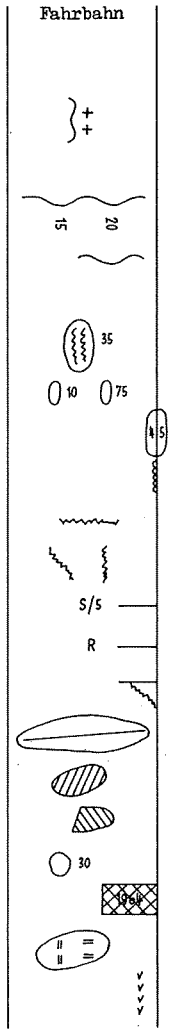
Schadensursachen — Spalte 35

		fehlerhafte Entwässerung	schlechte Konstruktion	schlechte Baustoffe
Wasser im Untergrund und Unterbau	1			
Wasser während Frost- und Tauzeiten	2			
Wasser, Tagwassereinflüsse (Erosion)	3			
schlechter Untergrund	4			x
schlechte Baustoffe:				
untere Tragschicht	5			x
obere Tragschicht	6			x
Deckschicht	7			x
Überlast	8			x

Spalte 35

		fehlerhafte Entwässerung	schlechte Konstruktion	schlechte Baustoffe
mechanische Einwirkungen:				
durch Verkehrsabrieb	9			
unsachgemäß (Eisenreifen, Stollen)	10			
Verwitterungsschäden (Alter)	11			
Einbaufehler (schl. Verdichtung usw.)	12			
Manöverschaden	13			

Zeichenerklärung zum Aufnahmeprotokoll



(Schadensflächen nach Maßstab eintragen)

Verformungen 5 mm Tiefe

Verformung im Längsprofil
ø Länge (m), ø Tiefe (mm)

Verformung im Querprofil
Ordinaten (mm), Anfang und Ende vermerken

Verformung im Querprofil einseitig

Verdrückungen 5 mm Tiefe

Verdrückung mit Rissen, z.B. Größe, Tiefe 35 mm

Verdrückungen ohne Risse (Tiefe in mm)

Absackung am Rand (Tiefe in mm am Fahrbahnrand)

beschädigter Fahrbahnrand

Querriß

Schräg-, Längsriß

Scheinfuge (alle 5 m)

Raumfuge

Kantenabbruch

Fuge ausgebrochen

Wundstelle (bit.)

Abblättern (Beton)

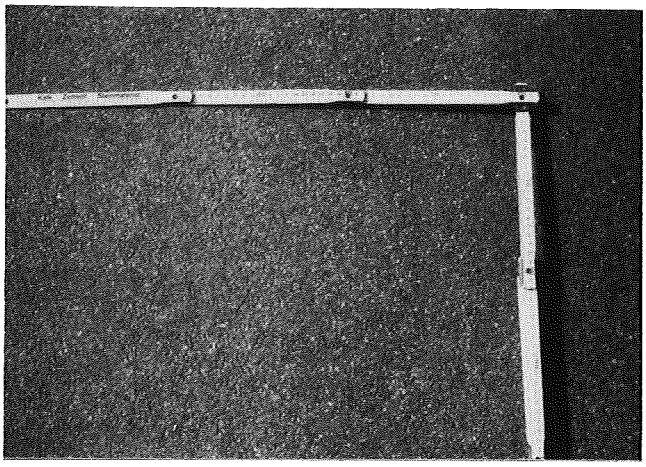
Loch, Schlagloch (30 mm tief)

Flickstelle, 1964 durchgef.

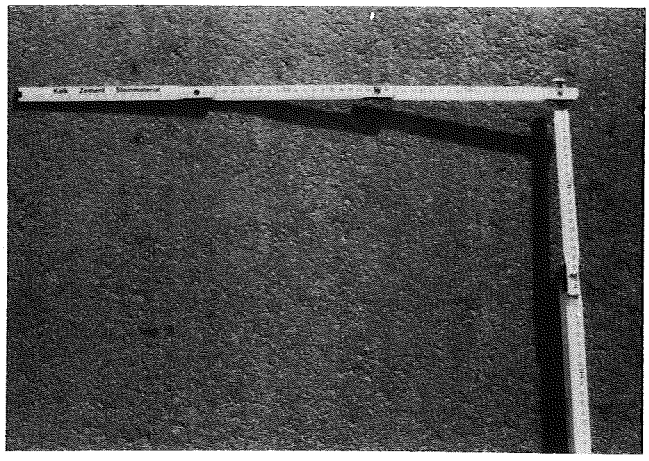
Haarrisse, längs und quer

Fahrbahndecke durchgewachsen

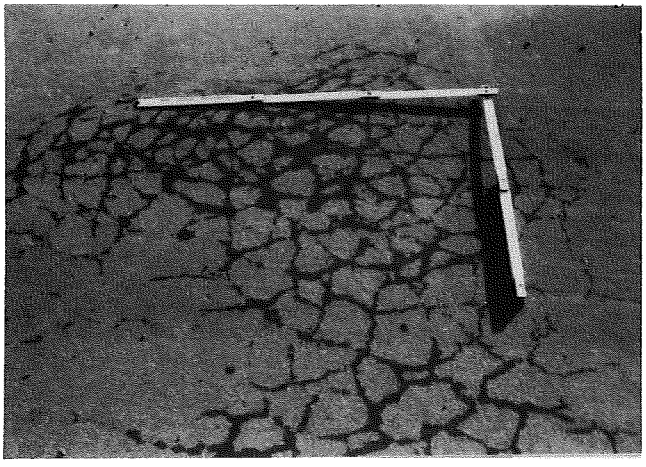
Abb. 7 Zustandsstufen (s. auch S. 31 ff.)
bei bituminösen Befestigungen



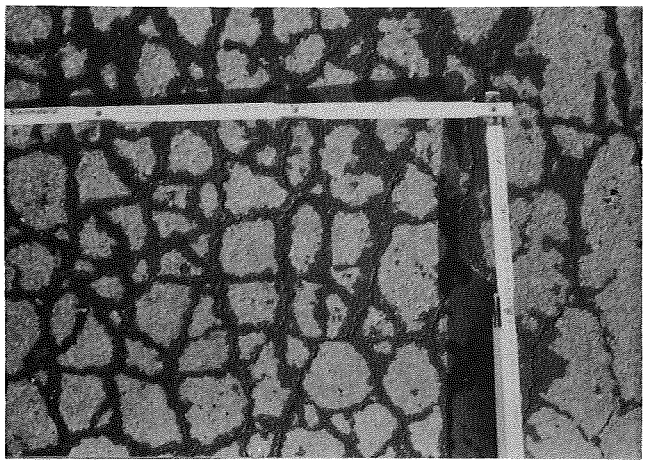
Stufe 5
einwandfreier Zustand;
dichte, geschlossene
Oberfläche mit gleich-
förmiger Struktur



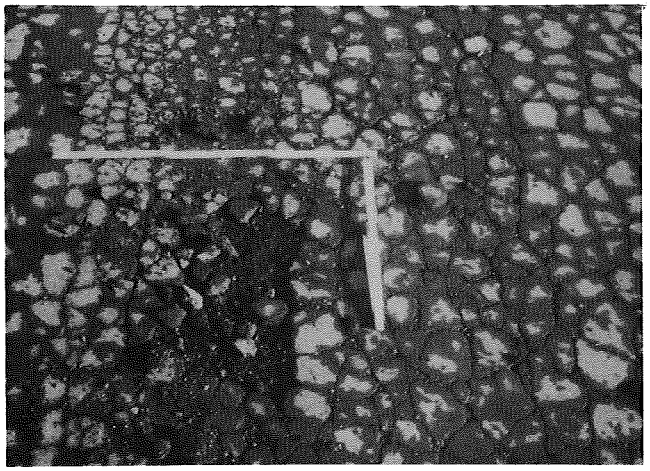
Stufe 4 bis 5
einwandfreier Zustand;
nicht mehr ganz
gleichmäßiger Ober-
flächenstruktur;
Verkehrseinwirkungen
erkennbar



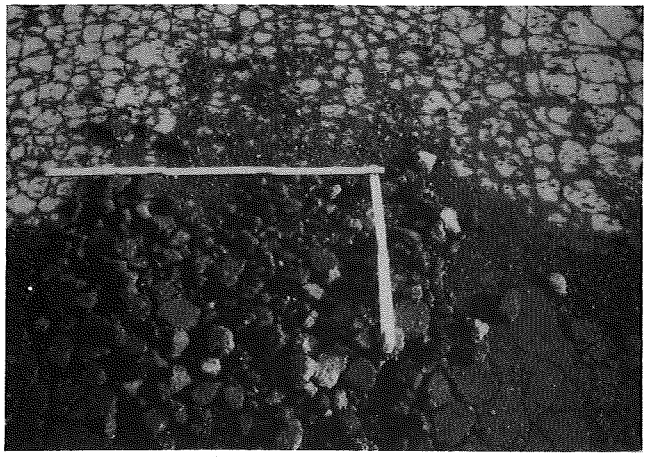
Stufe „noch" 3
feinste Haarrisse,
durch Kapillarwirkung
sichtbar gemacht;
nach Abtrocknen
Schäden nur sehr
schwer erkennbar



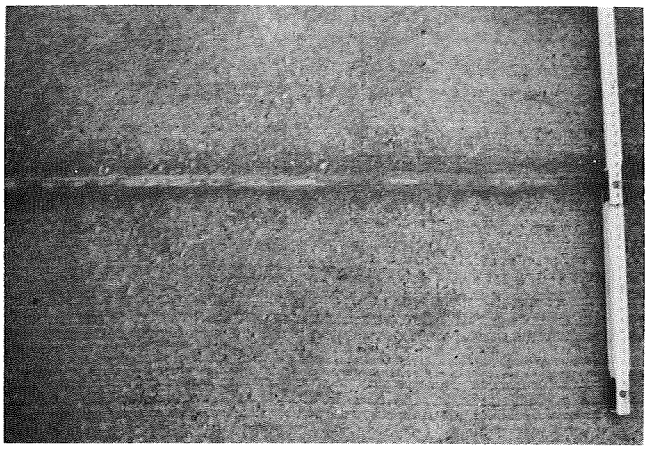
Stufe 2 bis 3
Polyederrisse noch im Verbund; bei stärkerer Verformung tritt rasche Zerstörung ein; Risse sind auch bei trockenem Zustand deutlich erkennbar



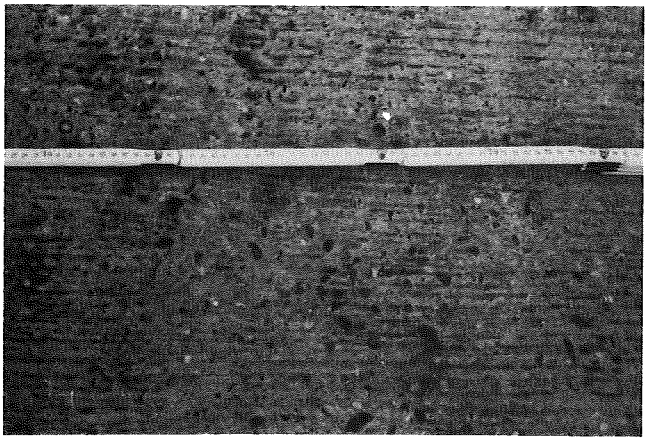
Stufe 1 bis 2
Zerstörung, die mit Verformung verbunden, bis in die untere Tragschicht hineinreichend; die Asphaltfeinbetonschicht ist bereits herausgebrochen und ohne Bindung



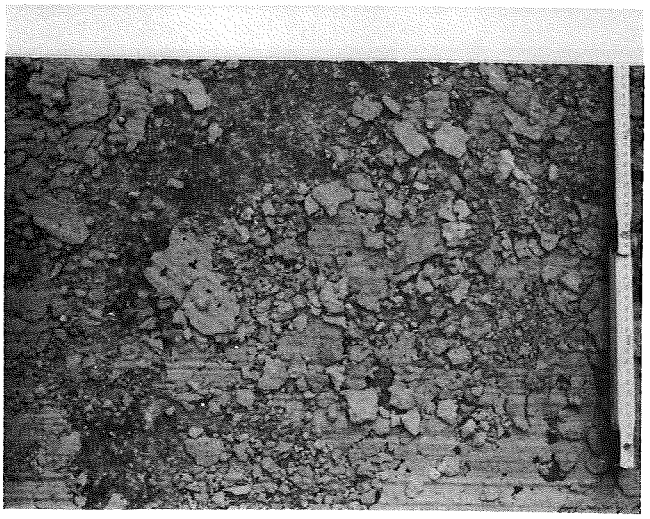
Stufe 1
vollkommene Zerstörung der bituminösen Deck- und Tragschicht; Ursache: Überlast bei Frost-Tau-Wechsel



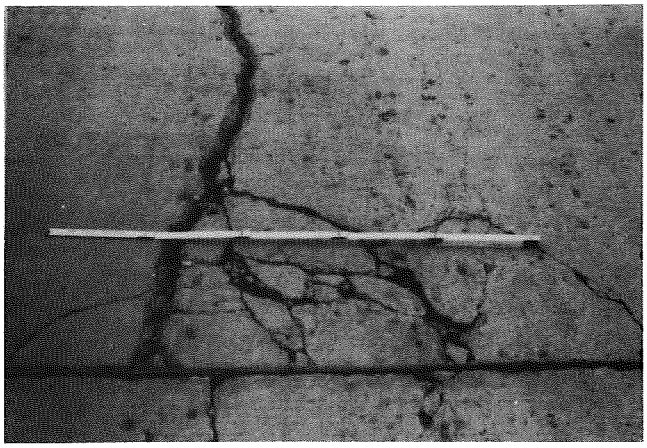
Stufe 5
einwandfreie Oberfläche und einwandfreie Fuge



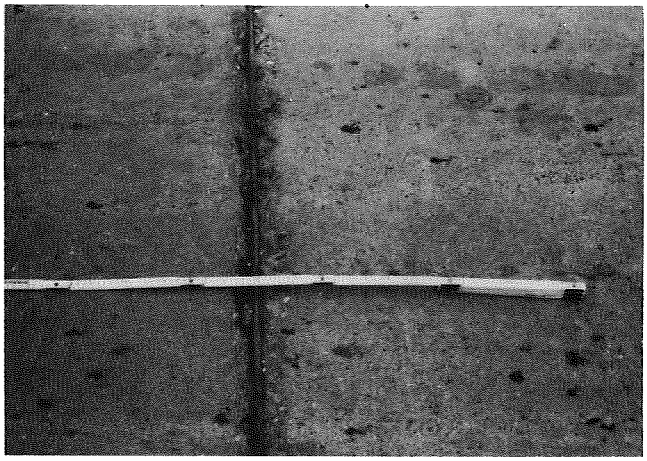
Stufe 4
noch allgemein guter Zustand; Besenstrich noch teilweise erkennbar; Verkehrsabrieb vorhanden



Stufe 3
abgesprengte Schlempe bei herausgesprengtem Korn: Zustand 2



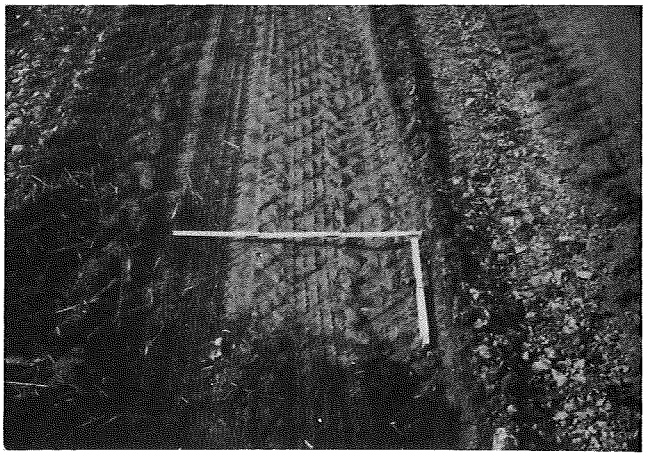
Stufe 1 bis 2
durchgehende, breite Risse; Auflösungserscheinungen; Ursache: Setzung im Untergrund



ausgeplatzte Raumfuge

Stufe 4
im Vordergrund nur schwache Fahrspur, die nicht auf Verminderung der Tragfähigkeit schließen läßt

Stufe „noch" 3
Verformung in der Fahrspur; Oberfläche nicht gebunden



Stufe 2 bis 3
beginnender Grundbruch in der Fahrspur; Verlust der Tragfähigkeit

Stufe „noch" 2
nur noch schwache Tragfähigkeit; bei kornreichem Material beginnende Schlaglochbildung

Stufe 1
tiefe Fahrspuren; starke Verformung der Oberfläche

3. Bituminöse Befestigungen

3.1 Allgemeines

Von den untersuchten Strecken nimmt die bituminöse Befestigung den größten Anteil ein, da sie auch in der Praxis anteilmäßig am stärksten vertreten ist [2].

Insgesamt wurden 27 467 Einzelabschnitte zu je 10 m Länge untersucht (Gesamtlänge 274,667 km), mit einer Fahrbahnfläche von 904 320 qm. Hieraus ergibt sich zwangsläufig ein überwiegender Anteil (~ 220 km) an einspurigen, drei Meter breiten Wegen.

Als repräsentativ für die bituminösen Befestigungen wurden nur Strecken zugelassen, die der Standardbauweise (25 cm nichtgebundene Tragschicht + 120 bis 140 kg/m² Heißbitumenkies + 40 bis 50 kg/m² Asphaltfeinbeton) entsprachen [3]. Lediglich in einem Falle (etwa 20 km) wurde eine direktbefahrene, über 10 Jahre alte Bitukiesstrecke zugelassen, die sich ähnlich der Befestigung mit Asphaltfeinbeton verhielt. Bei besonders ungünstigem Untergrund in der Marsch wurden auch Bitukiestragschichten größerer Dicke zugelassen, als Ausgleich für die nichtgebundene Tragschicht, die der sonst üblichen nicht äquivalent war.

Von den insgesamt untersuchten bituminösen Wegen sind folgende Schäden angefallen (Tab. 1, 2 und 3):

Abrieb	8,4 %	der Fahrbahnfläche
Risse	2,4 %	„
Flickstellen	1,4 %	„
Ausmagerungen	1,2 %	„
Verformungen	0,6 %	„
Schlaglöcher	0,2 %	„
Wundstellen	0,2 %	„
Durchwachsungen	4,4 %	der Fahrbahnränder
Beschädigte Ränder	0,8 %	„

Mit 8,4 % ist der Abrieb der Fahrbahnfläche hier am stärksten vertreten. Mit weitem Abstand folgen dann die Risse, Flickstellen und übrigen Schadensarten.

Der Abrieb ist als natürliche Verschleißerscheinung durch die Verkehrsbeanspruchung zu betrachten, die nicht übermäßig ins Gewicht fällt; der Verkehr auf Straßen dürfte im Gegensatz hierzu wesentlich höhere Werte aufweisen, da bekanntlich stark befahrene Strecken, besonders durch die Verwendung von Spikereifen, schon nach kurzer Zeit 60—80 % Abrieb aufweisen können.

Von größerer Bedeutung ist jedoch der Anteil der Risse, Flickstellen und Schlaglöcher, der durchschnittlich 4 % der gesamten Fahrbahnfläche erreicht. Gemessen am Alter der untersuchten Strecken, ist dieser Anteil aber noch gering und dürfte auf örtliche Reparaturen beschränkt bleiben; eine Instandsetzung der Fahrbahndecke ist bei dieser Größenordnung im allgemeinen noch nicht notwendig. Erst bei einem Ausmaß von über 15 bis 20 % kann eine Erneuerung der bituminösen Schicht erforderlich sein. Die Ausmagerungen und Wundstellen, zusammen mit einem Anteil von 1,4 %, gefolgt von den Verformungen mit nur 0,6 % erscheinen vergleichsweise an Größe und Bedeutung gering.

Erstaunlich niedrig ist auch der Anteil der beschädigten Fahrbahnränder mit 0,8 % (Fahrbahnrand = doppelte Fahrbahnlänge); die Annahme, daß bituminöse Fahrbahnränder besonders anfällig seien, erscheint angesichts dieses Wertes unrichtig.

Viel bedeutender ist dagegen die Gefahr des Einwachsens der Fahrbahnränder, da der Anteil der Durchwachsungen immerhin 4,4 % beträgt.

Tabelle 1 Schadensarten an bituminösen Befestigungen

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen									
			Risse m²	Schlaglöcher m²	Ausmagerungen m²	Wundstellen m²	Flickstellen m²	Abrieb m²	Verformungen m²	Vertiefungen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	4.353	13.984	4,7			0,3					2,2	3,3
4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	690	2.230										
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	7.372	31.061	0,3					10,4			0,1	4,7
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	42.396	134.157	1,5	0,2		0,3	1,6	4,7			0,7	4,1
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	885	3.420	11,3	0,1		1,6		16,4				37,8
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	9.491	32.374	0,6			0,9		6,1	2,0		0,3	7,6
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	10.681	37.363	4,7				0,9	16,9			4,6	8,8
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	26.969	96.843	4,6		0,1	0,1	4,5	15,6	0,8		2,4	5,0
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	14.610	52.091	1,7	2,5		0,1	0,1	23,9		0,2	1,4	7,3

Tabelle 1 Schadensarten an bituminösen Befestigungen

Art	Fahrbahn-länge m	Fahrbahn-fläche m^2	Schäden in % der Fläche bzw. Längen									
			Risse m^2	Schlag-löcher m^2	Ausmage-rungen m^2	Wund-stellen m^2	Flick-stellen m^2	Abrieb m^2	Verfor-mungen m^2	Vertie-fungen m^2	Beschäd. Fahrbahn-ränder m	Durch-wach-sungen m
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	3.829	13.047	1,2				0,1					0,2
10-11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	9.562	39.861	3,6	0,1				23,2	0,1		0,1	0,6
> 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	3.932	13.137				1,8	9,9					
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	4.480	15.590				0,2						
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	8.400	25.030	0,5			0,4	0,2				1,1	0,2
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	14.896	41.129	1,3			0,4	0,4		0,2		0,2	9,1
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	9.630	29.897	6,7	0,1		0,4	0,9	0,4			0,1	0,7
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.437	18.713					0,6	21,3				
> 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	470	1.880		0,2	100,0	5,1						

Tabelle 1 Schadensarten an bituminösen Befestigungen

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen									
			Risse m²	Schlaglöcher m²	Ausmagerungen m²	Wundstellen m²	Flickstellen m²	Abrieb m²	Verformungen m²	Vertiefungen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	7.875	23.625	0,2			0,1					0,4	0,2
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	9.959	29.877	0,3			0,4	1,5		0,1		0,5	1,4
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	5.145	14.713			9,8		0,9	2,9			0,3	3,8
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	11.266	36.511						8,5			0,1	4,7
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	19.073	63.000	0,2	0,5	6,0		0,2	10,3	0,3		0,7	9,8
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	2.607	8.747	10,2		2,3			22,4		1,0		23,4
10-11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	29.20	8.940	11,8					11,7	24,8			
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	1.728	5.174	0,6				0,7				0,5	
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.361	13.083	12,3									

Tabelle 1 Schadensarten an bituminösen Befestigungen

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen									
			Risse m²	Schlaglöcher m²	Ausmagerungen m²	Wundstellen m²	Flickstellen m²	Abrieb m²	Verformungen m²	Vertiefungen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	13.634	41.022	3,1		9,3		1,3				0,2	0,4
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	1.290	4.217				0,3						
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	12.340	36.576	1,9				6,0	6,9	0,1			2,5
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	2.781	8.423	0,2					3,9	10,4		1,3	4,7
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	1.287	4.651	18,5					7,3	0,2		0,6	
10 - 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	823	2.469					4,9					
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	495	1.485							24,6			
Insgesamt	274.667	904.320	2,4	0,2	1,2	0,2	1,4	8,4	0,6	–	0,8	4,4

Tabelle 2 Schadensarten nach Verkehrsart und Alter

Alter	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in Fläche (m²) bzw. Länge (m) in %					
			Risse +Schlaglöcher + Flickstellen m²	Wundstellen + Ausmagerungen m²	Abrieb m²	Verformungen Vertiefungen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
< 4 Jahre mit allg. Verkehr	17.923	56.834	816 1,4	174 0,3		8 -	370 1,0	331 0,9
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr	64.664	206.347	5.290 2,6	609 0,3	9.550 4,6	145 0,1	665 0,5	6.876 5,3
6 - 7Jahre mit allg. Verkehr	30.687	103.054	4.992 4,8	480 0,5	8.998 8,7	647 0,6	1.041 1,7	4.120 6,7
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr	49.845	180.694	11.414 6,3	174 0,1	31.536 17,4	950 0,5	1.711 1,7	4.858 4,9
10 - 11 Jahre mit allg. Verkehr	9.562	39.861	1.478 3,7		9.267 23,2	40 0,1	12 0,1	120 0,6
> 11 Jahre mit allg. Verkehr	4.402	15.017	1.304 8,7	2.210 14,7				
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr	13.964	41.882	1.719 4,1	20 -		5 -	83 0,3	30 0,1
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr	24.883	75.116	2.323 3,1	3.949 5,3		52 0,1	147 0,3	383 0,8
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr	31.532	96.223	3.045 3,2	1.446 1,5	6.400 6,7	916 1,0	119 0,2	2.324 3,7
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr	22.967	76.398	2.356 3,1	4.031 5,3	8.767 11,5	290 0,4	285 0,6	4.965 10,8
10 - 11 Jahre ohne allg. Verkehr	5.743	11.409	1.175 10,3		1.050 9,2	2.220 19,4		
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr	495	1.485				365 24,6		
Insgesamt	274.667	904.320	35.912	13.093	75.568	5.638	4.433	24.007

Tabelle 3 Schadensarten nach Verkehrsart und Lastwechsel

Lastübergang Verkehr	Fahrbahn-länge m	Fahrbahn-fläche m^2	Schäden in Fläche (m^2) bzw. Länge (m) in %					
			Risse +Schlaglöcher +Flickstellen m^2	Wundstellen +Ausmage-rungen m^2	Abrieb m^2	Verformungen Vertiefungen m^2	Beschäd. Fahrbahn-ränder m	Durch-wach-sungen m
< 20.000	6.150	19.535	14	70			192	34
mit allg. Verkehr			0,1	0,4			1,6	0,3
20.000 - 40.000	8.479	27.587	988	28				290
mit allg. Verkehr			3,6	0,1				1,7
40.000 - 60.000	31.446	100.199	2.072	611	6.875	66	965	3.293
mit allg. Verkehr			2,1	0,6	6,9	0,1	1,5	5,2
60.000 - 80.000	28.982	94.003	2.178	448	11.364	745	724	2.314
mit allg. Verkehr			2,3	0,5	12,1	0,8	1,2	4,0
80.000 -100.000	25.642	88.585	1.041	142	10.570	42	921	2.960
mit allg. Verkehr			1,2	0,2	11,9	-	1,8	5,8
100.000-150.000	35.077	125.974	9.009	2.074	11.265	841	618	3.123
mit allg. Verkehr			7,2	1,6	8,9	0,7	0,9	4,5
150.000-200.000	14.117	51.931	3.999	20	8.772	15	348	1.780
mit allg. Verkehr			7,7	-	16,9	-	1,2	6,3
> 200.000	27.190	93.993	5.993	254	10.505	81	31	2.511
mit allg. Verkehr			6,4	0,3	11,2	0,1	0,1	4,6
< 20.000	8.602	26.143	298	26	580	1.360	40	60
ohne allg. Verkehr			1,1	0,1	2,2	5,2	0,2	0,3
20.000 - 40.000	20.827	61.720	1.749	5.031	2.954	113	166	2.468
ohne allg. Verkehr			2,8	8,2	4,8	0,2	0,4	6,0
40.000 - 60.000	20.877	65.522	859	3.961	1.680	27	221	2.374
ohne allg. Verkehr			1,3	6,0	2,6	-	0,5	5,7
60.000 - 80.000	15.132	46.508	603	202	2.270	45	168	412
ohne allg. Verkehr			1,3	0,4	4,9	0,1	0,6	1,4
80.000 -100.000	4.849	14.547	1.056		1.390	384	23	270
ohne allg. Verkehr			7,3		9,6	2,6	0,2	2,8
100.000-200.000	18.693	62.193	3.409	226	5.623	1.879		2.040
ohne allg. Verkehr			5,5	0,4	9,0	3,0		5,5
> 200.000	8.804	25.880	2.644		1.720	40	16	78
ohne allg. Verkehr			10,2		6,6	0,2	0,1	0,4
Insgesamt	274.667	904.320	35.912	13.093	75.568	5.638	4.433	24.007

3.2 Schäden

3.2.1 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit vom Alter

Risse entstehen durch Überbeanspruchung infolge zu hoher Kontaktdrucke auf der bituminösen Schicht, wenn der Asphalt in der kühleren Jahreszeit hohe Elastizitätsmoduln erreicht. Dabei wird die zulässige spezifische Belastung des Untergrunds bzw. der darüberliegenden nichtgebundenen Tragschicht überschritten; es entsteht ein Grundbruch. Diese Wirkung ist durch die Mehrschichtentheorie, die den rechnerischen Nachweis über die Plattenbelastung der bituminösen Befestigungen in der kalten Jahreszeit führt, erbracht worden [1].

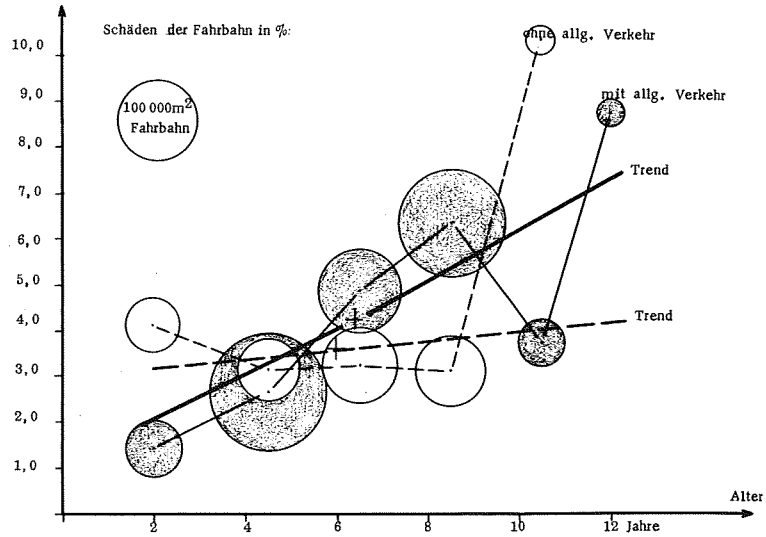


Abb. 8 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

Die Risse, Schlaglöcher und die bereits geflickten Stellen sind in Abb. 8 in Abhängigkeit zum Alter der Befestigung dargestellt, wobei grundsätzlich unterschieden wird zwischen Wegen mit allgem. Verkehr und solchen, auf denen ausschließlich landwirtschaftlicher Verkehr stattfindet. In der graphischen Darstellung sind die den Abszissen und Ordinaten zugehörigen Einzelwerte nach Gewichten eingetragen und der Trendverlauf durch lineare Regression verdeutlicht. Die Wahrscheinlichkeit der Aussage richtet sich nach der Größe der Streuung der gewichteten Werte von der entsprechenden Trendgeraden. So ist z. B. die Streuung beim allgemeinen Verkehr, abgesehen von einem „Ausreißer" geringeren Gewichts, verhältnismäßig klein.

Wie zu erwarten war, nimmt der Anteil der Schäden mit dem Alter zu. Von grundsätzlicher Bedeutung erscheint hierbei die Feststellung, daß rein landwirtschaftliche Wege mit fortschreitendem Alter weniger Risse und Schlaglöcher aufweisen als Wege mit allgemeinem Verkehr.

Die Schadensanfälligkeit der Wege mit allgemeinem Verkehr ist im Alter von 8 Jahren um etwa 30 % höher und im Alter von 12 Jahren um etwa 70 % höher als bei Wegen ohne allgemeinem Verkehr. Auffällig ist weiterhin, daß die Regressionsgeraden zum Nullpunkt hin extrapoliert, nicht in den Koordinatenschnittpunkt einmünden. Dies bedeutet, daß in der

Phase 0—2 bzw. 0—4 Jahre die meisten Schäden auftreten und erst dann die Schadensquote einigermaßen gleichmäßig ansteigt. Eine Extrapolation der beiden Geraden, in Richtung zunehmendes Alter, ergibt ein Schadensausmaß von 10% der Fahrbahnfläche nach 17 Jahren bei Wegen mit allgemeinem Verkehr und bei Wegen ohne allgemeinem Verkehr erst etwa nach 40 Jahren. Obwohl der letztgenannte Wert entsprechend unsicher ist, kann aus der Schadenshäufigkeit geschlossen werden, daß Schäden größeren Ausmaßes, die eine volle Instandsetzung der Fahrbahn erfordern, unter diesen Aspekten bei Wegen mit allgemeinem Verkehr frühestens erst nach etwa 20 Jahren und bei Wegen ohne allgemeinem Verkehr erst wesentlich später auftreten werden.

Bei den rein landwirtschaftlichen Wegen ist anfangs (bis 5 Jahre) die Rißbildung höher als bei den anderen Wegen. Dieses Phänomen ist lediglich dadurch erklärbar, daß insbesondere in den ersten Jahren der allgemeine Verkehr infolge seiner Walkarbeit die endgültige Nachverdichtung der bituminösen Tragschichten besser übernimmt als der landwirtschaftliche Verkehr; durch Überbelastung während der kühleren Jahreszeit entstehen aber dann im Laufe der darauffolgenden Zeit mehr Risse, als bei nur mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen befahrenen Strecken, wo zur kälteren Jahreszeit kaum noch Verkehr stattfindet. Der durchweg „nicht frostsichere" Ausbau ist aber anscheinend nicht die Ursache für die Schadenszunahme, weil das Ausmaß der entstandenen Schlaglöcher und insbesondere das der Verformungen auf den Wegen mit allgemeinem Verkehr gering ist.

3.2.2 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit zu den Lastübergängen

Zwischen den Lastübergängen und dem Alter besteht nur ein mittelbarer Zusammenhang, weil die Lastwechsel auch vom Einzugs-

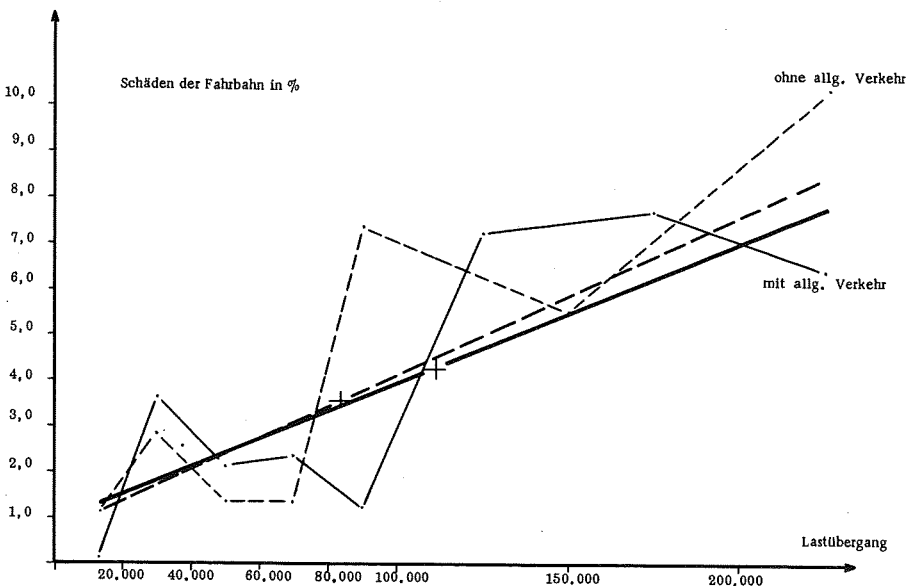


Abb. 9 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

gebiet und der Bodennutzung abhängig sind. Da die Erfassung der Lastübergänge des außerlandwirtschaftlichen Verkehrs bei Wegen mit allgem. Verkehr nicht möglich war (der allgem. Verkehr hätte nur durch Verkehrszählung ermittelt werden können), zeigen die auf den allgemeinen Verkehr bezogenen Werte nur die Auswirkungen des nichtlandwirtschaftlichen Verkehrs im Gegensatz zum landwirtschaftlichen Verkehr.

Grundsätzlich ist wie in Abb. 8 ein kontinuierlicher Anstieg erkennbar. Ein Schadensanteil von 10 % dürfte nach etwa 300 000 Lastübergängen erreicht werden. Unter der Annahme eines Einzugsgebietes von 100 ha würden — linear extrapoliert — die Fahrbahnflächen in einem Ausmaß von 10 % durch Risse und Schlaglöcher schadhaft werden:

bei Getreidegebieten nach rd. 30 Jahren und
bei Hackfruchtgebieten nach rd. 18 Jahren.

Diese Angaben zeigen die Größenordnungen auf, innerhalb derer sich unter den verschiedenen Standpunkten und Gegebenheiten größere Flickarbeiten — in diesem Falle die Erneuerung der gesamten Fahrbahnfläche, wenn 10 % schadhaft geworden sind — ergeben würden. Das Ansteigen der beiden Regressionsgeraden mit mäßiger Streuung der Einzelwerte — beide unter einem Winkel von etwa 30° — zeigt, daß sich je nach Alter bzw. nach Lastübergängen die Schäden nicht progressiv vermehren.

Trendwerte: + 1,8 % je Jahr bzw. + 6,4 % je 100 000 Lastübergänge.

Es erhebt sich hierbei die Frage, bei welchem Schadensausmaß keine Flickarbeiten mehr, sondern Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich bzw. wirtschaftlicher sind. Bei einer Größenordnung von 10 % erscheint eine vollständige Erneuerung der Decke noch keineswegs gerechtfertigt. Weiteres hierüber in Kapitel Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit.

3.2.3 Ausmagerungen und Wundstellen in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang

Die Streuungen der Werte in den Abbildungen 10 und 11 sind groß. Bei den Wegen mit allgem. Verkehr in Abb. 10 erscheint der letzte Wert nicht repräsentativ; weitere Ausreißer sind in Abb. 11 bei den Anfangsdaten der rein landwirtschaftlichen Wege feststellbar. Trotzdem dürfte folgende allgemeine Tendenz erkennbar sein: Wundstellen nehmen mit dem Alter zu, mit der Anzahl der Lastübergänge beim landwirtschaftlichen Verkehr jedoch ab. Dieser scheinbare Widerspruch ist dadurch erklärbar, daß durch die zunehmende Verkehrsmenge insbesondere die Ausmagerungen in wesentlich geringerem Umfang auftreten als bei rein landwirtschaftlichem Verkehr, weil die „Walkarbeit" der luftgummibereiften Räder eine Entstehung derartiger Schäden verhindert oder nur in geringem Maße aufkommen läßt. Deutlich sieht man diesen Verlauf in Abb. 11, wo Bezug auf Lastwechsel, was gleichbedeutend mit Verkehrsbeanspruchung ist, genommen wird. Weiterhin dürften bei Überbelastungen die Wundstellen wohl eher als Verformungen oder Risse (je nach Jahreszeit) in Erscheinung treten und somit in diesen beiden Darstellungen nicht erfaßt sein. Der Schadensverlauf bei den Wegen mit allg. Verkehr zeigt sowohl in Abhängigkeit vom Alter als auch von der Anzahl der Lastübergänge nur einen sehr schwachen Anstieg.

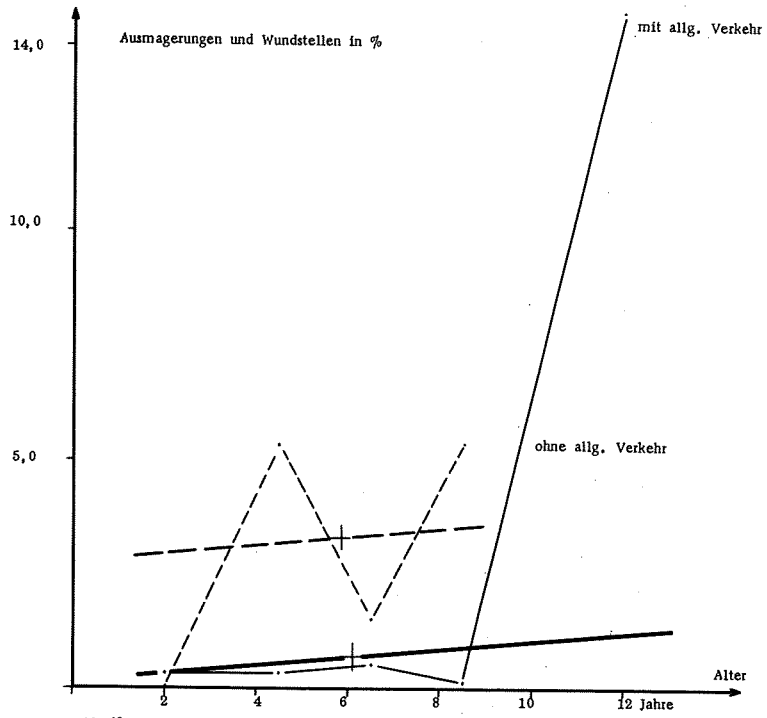


Abb. 10 Ausmagerungen und Wundstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

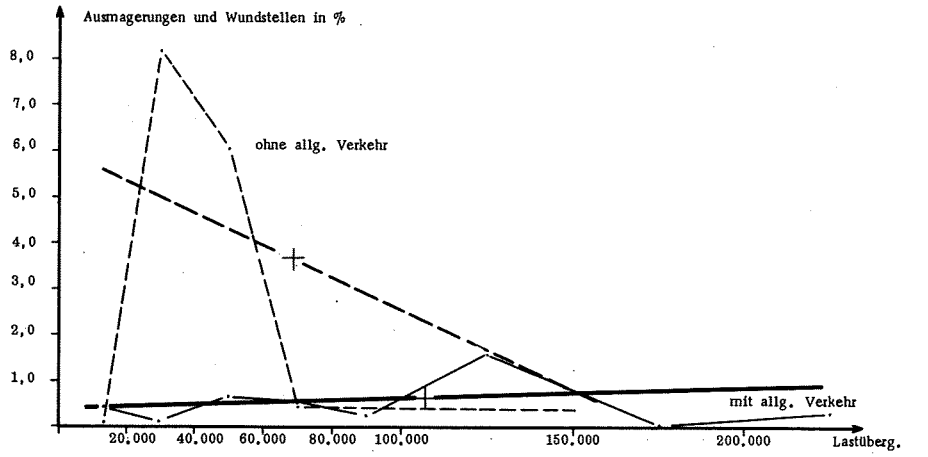


Abb. 11 Ausmagerungen und Wundstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

3.2.4 Abhängigkeit des Abriebs von Alter und Lastübergang

Der Abrieb, der deutlich an der Fahrbahnoberfläche erkennbar ist, entsteht durch die Verkehrsbeanspruchung über die Beschleunigung oder die Bremskräfte der Räder. Naturgemäß ist somit der Abrieb besonders von dem Anteil an schnellen Fahrzeugen abhängig, wie auch aus den Abbildungen zu ersehen ist. Insbesondere ist die steile Zunahme des Abriebs in Abb. 12 erkennbar, wo er bei allgemeinem Verkehr auf ein Alter von 12 Jahren extrapoliert, schon einen

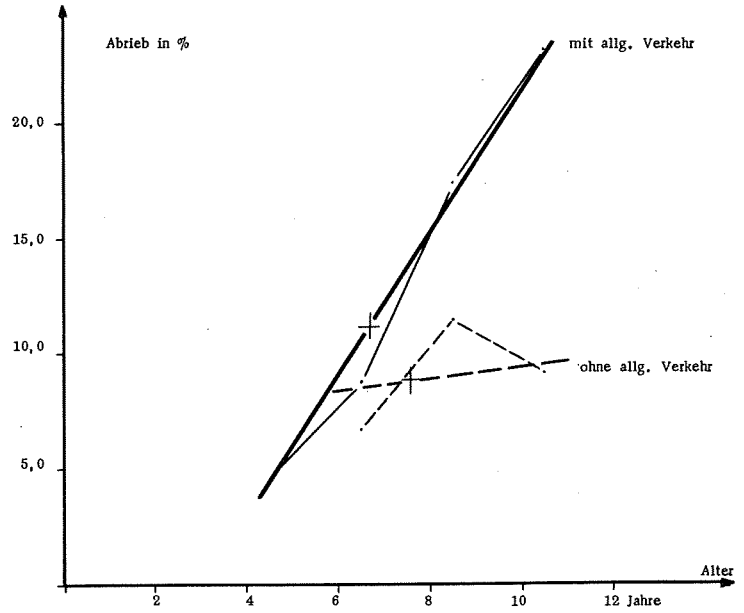


Abb. 12 Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

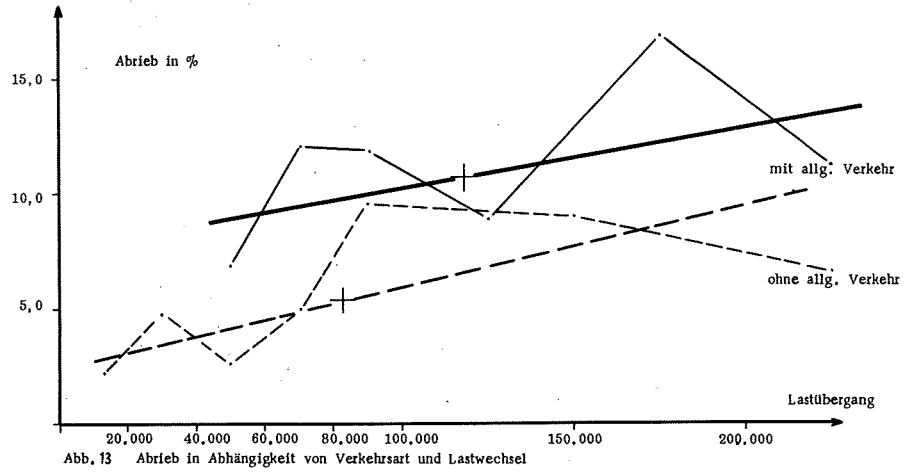


Abb. 13 Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Wert von 25 % der gesamten Fahrbahnfläche erfassen würde. Sehr gering dagegen nimmt sich die Zunahme bei landwirtschaftlichem Verkehr aus, die sich bei einem Zeitraum von 4 Jahren nur um 1 % vergrößert.

Die Beziehungen im Zusammenhang mit den Lastwechseln zeigen in Abb. 13 besonders den Anteil des Abriebes, der durch außerlandwirtschaftlichen Verkehr verursacht wird und absolut um etwa 5 % höhere Werte gegenüber den Wegen ohne allgemeinem Verkehr aufweist.

Von der Wegeunterhaltung her gesehen bedeutet der Abrieb einen Substanzverlust der Decke, der dann durch eine Erneuerung ausgeglichen werden muß, wenn nicht nur an flächenmäßiger Ausbreitung, sondern besonders in der Verringerung der Deckendicke die Gefahr der Entstehung weiterer Schäden vorhanden ist. Insbesondere ist dies beim Straßenverkehr durch die Verwendung von Spikereifen der Fall, wodurch jährlich mehrere Millimeter Belag „heruntergе-

fahren" werden. In keinem Fall, auch nicht bei Wegen mit allgemeinem Verkehr, ist eine derartige starke Auswirkung feststellbar gewesen, so daß sich der „Verlust" an Decke bei den ländlichen Wegen nur sehr gering auswirkt und trotz des relativ hohen Ausmaßes auf den Bestand der Wege keinen nennenswerten Einfluß haben dürfte.

3.2.5 Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang, sowie je nach den Untergrundverhältnissen

Verformungen und Vertiefungen bituminöser Fahrbahnen können auf zweierlei Arten entstehen:

1. Die unter der bit. Befestigung liegende nichtgebundene Tragschicht weist große Hohlräume auf und gibt nach (z. B. durch Ausspülungen, mangelnde Verdichtung, schlechter Untergrund), so daß die darüberliegenden Schichten bei warmen Temperaturen ohne Risse absacken.

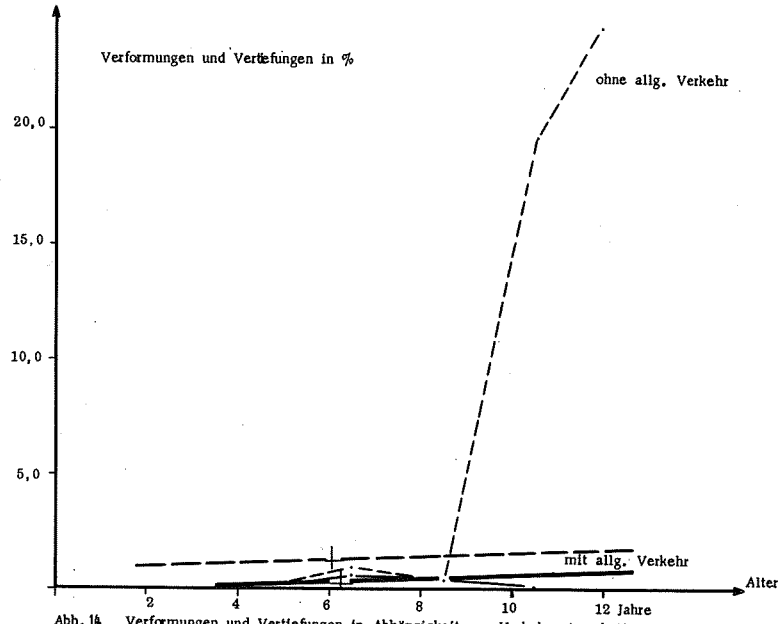


Abb. 14 Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

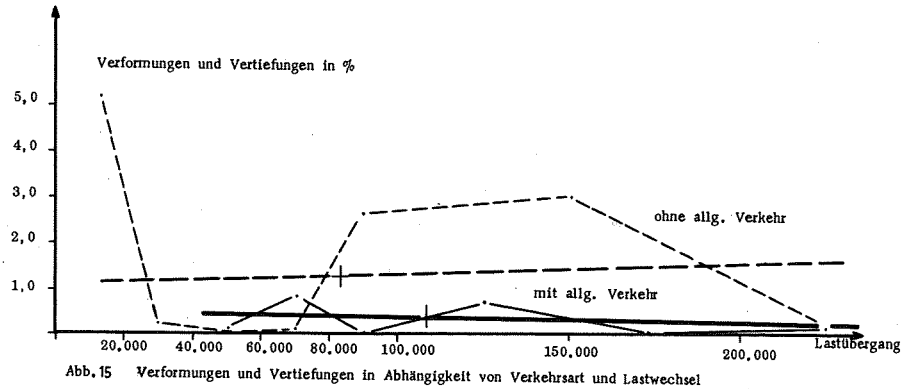


Abb. 15 Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Tabelle 4 Verformungen und Vertiefungen nach Alter, Untergrund und Lastwechsel

Alter Untergrund	Fahrbahnfläche m²	Schäden in (m²) - in % für Verformungen + Vertiefungen
< 4 Jahre Untergrund günstig	39.839	2 0,01
4 - 5 Jahre Untergrund günstig	195.095	88 0,05
6 - 7 Jahre Untergrund günstig	124.381	650 0,52
8 - 9 Jahre Untergrund günstig	233.728	1.231 0,53
10 - 11 Jahre Untergrund günstig	48.801	2.260 4,63
> 11 Jahre Untergrund günstig	13.137	
< 4 Jahre Untergrund ungünstig	58.877	11 0,02
4 - 5 Jahre Untergrund ungünstig	86.368	109 0,13
6 - 7 Jahre Untergrund ungünstig	74.896	913 1,22
8 - 9 Jahre Untergrund ungünstig	23.364	9 0,04
10 - 11 Jahre Untergrund ungünstig	2.469	
> 11 Jahre Untergrund ungünstig	3.365	365 10,85
Insgesamt (Kontrolle)	904.320	5.638 0,62

Lastübergang Untergrund	Fahrbahnfläche m²	Schäden in (m²) - in % für Verformungen + Vertiefungen
< 20.000 Untergrund günstig	31.364	1.360 4,33
20.000 - 40.000 Untergrund günstig	49.476	100 0,28
40.000 - 60.000 Untergrund günstig	127.756	83 0,06
60.000 - 80.000 Untergrund günstig	123.231	773 0,63
80.000 -100.000 Untergrund günstig	88.102	40 0,05
100.000-150.000 Untergrund günstig	132.305	1.820 1,38
150.000-200.000 Untergrund günstig	50.675	55 0,11
> 200.000 Untergrund günstig	52.072	
< 20.000 Untergrund ungünstig	14.314	
20.000 - 40.000 Untergrund ungünstig	39.831	13 0,03
40.000 - 60.000 Untergrund ungünstig	37.965	10 0,03
60.000 - 80.000 Untergrund ungünstig	17.280	17 0,10
80.000 -100.000 Untergrund ungünstig	11.334	376 3,32
100.000-150.000 Untergrund ungünstig	50.910	904 1,78
150.000-200.000 Untergrund ungünstig	19.924	6 0,03
> 200.000 Untergrund ungünstig	57.781	81 0,14
Insgesamt	904.320	5.638

2. Bei hohen Außentemperaturen weist die bit. Trag- und Deckschicht nur einen geringen Elastizitätsmodul auf und belastet bei höherem Kontaktdruck und relativ längeren Lastübergangszeiten die nichtgebundenen Schichten stärker als zulässig, so daß ein Grundbruch entsteht.

Die Werte für rein landwirtschaftliche Wege in Abb. 14 steigen ab einem Alter von 10 Jahren scheinbar steil an; sie sind aber nicht gewichtig genug, um die lineare Regression merkbar beeinflussen zu können. Ganz abgesehen von dem allgemein geringen Anteil der Verformungen und Vertiefungen an der Fahrbahnfläche (jeweils unter 5 %), ist nach Abb. 14 nur eine sehr geringe Zunahme festzustellen. Deutlich tritt dagegen die „walkende" Wirkung der außerlandwirtschaftlichen Fahrzeuge bei den Wegen mit allgemeinem Verkehr in Erscheinung: Wege ohne allgemeinem Verkehr weisen um etwa 1 % höhere Werte auf, als die anderen Wege; noch stärker tritt diese Tatsache in Abb. 15 in Erscheinung, wo die Werte bei „ohne allgemeinem Verkehr" durchschnittlich sogar 2 % höher sind als bei Wegen mit außerlandwirtschaftlichen Verkehrsanteilen. Erstaunlicherweise nehmen mit zunehmendem Lastwechsel (Abb. 15) bei beiden Verkehrsarten die Verformungen und Vertiefungen ab, was zu der Erkenntnis führt, daß durch die Verkehrszunahme zumindest keine weiteren derartigen Schäden entstehen. Auswirkungen des teilweise ganzjährigen Verkehrs auf den nicht frostsicheren Ausbau der Wege konnten nicht festgestellt werden.

Die beiden Graphiken Abb. 16 und 17 sind der Versuch, unabhängig von der Verkehrsart die Beziehungen der Schäden in Abhängigkeit vom Untergrund darzustellen. Der Trendverlauf der Abb. 16 — beide Verkehrsarten fallen fast in einer Geraden zusammen — ist demjenigen in Abb. 14 sehr ähnlich. Auch hier ist das nur sehr langsame Ansteigen mit der Zunahme des Alters zu beobachten; von besonderem Interesse dürfte jedoch die Feststellung sein, daß zwischen günstigem und ungünstigem Untergrund fast keine Abhängigkeit besteht, d. h., daß die Verformungen und Vertiefungen unabhängig von

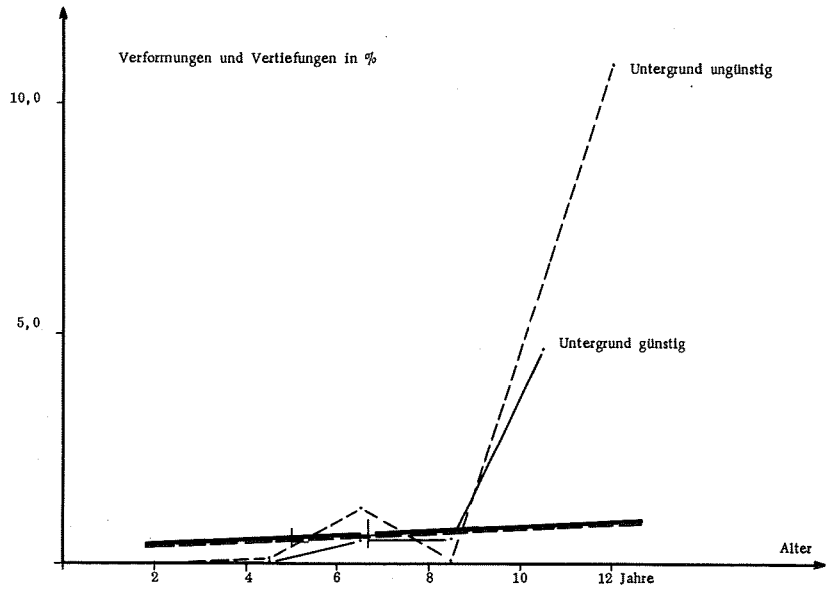


Abb. 16 Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Untergrund und Alter

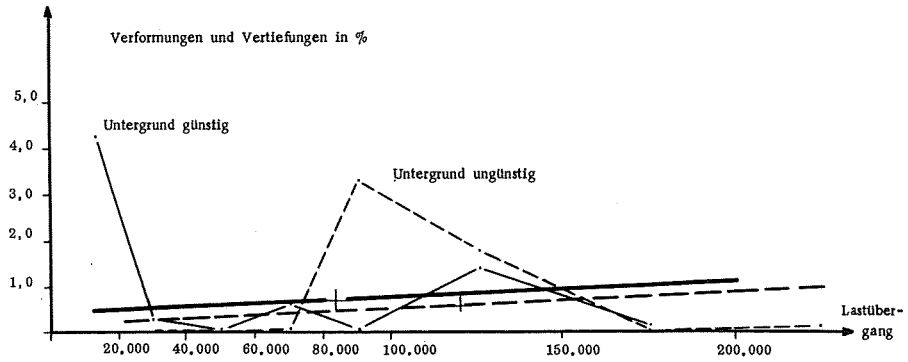


Abb. 17 Verformungen und Vertiefungen in Abhängigkeit von Untergrund und Lastwechsel

der Qualität des Untergrundes auftreten. Auch Abb. 17 hat mit der Abb. 15 viel Ähnlichkeit; zwingend können aber aus dieser Darstellung keine weiteren Erkenntnisse abgeleitet werden, es sei denn mit zunehmendem Lastwechsel — wie bei zunehmendem Alter — nehmen die Schäden eher ab als zu.

Allgemein kann festgestellt werden, daß lediglich die Verkehrsart einen Einfluß auf das Schadensausmaß hat; insgesamt gesehen haben diese Schäden einen sehr niedrigen Trendwert, so daß eine Extrapolation nicht sinnvoll erscheint.

3.2.6 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastübergang

Im Gegensatz zu den Schadensarten Abb. 8—17 sind die beschädigten Fahrbahnränder und die Durchwachsungen in ihrem Verhältnis zur Länge der Fahrbahnränder (je 1 km Fahrbahn also 2 000 m Rand) dargestellt.

Beschädigungen der Fahrbahnränder entstehen durch Überfahren bei nicht fachgerechter Ausbildung der Ränder (falsches Abschrägen, zu tief liegende Seitenstreifen, Ausspülungen usw.) oder durch Überbelastung der Ränder infolge Verkehrslast. Diese Überbeanspruchung ist bei bituminösen Decken schnell erreicht, da die Randbelastung etwa doppelt so hoch ist wie Mittenbelastung (Mehrschichtentheorie, Plattentheorie [1]).

Aus Abb. 18 können folgende grundsätzliche Erkenntnisse gewonnen werden:

1. Die Beschädigungen am Fahrbahnrand nehmen für beide Verkehrsarten mit einem Trendwert von 0,05 % je Jahr nur sehr langsam zu.

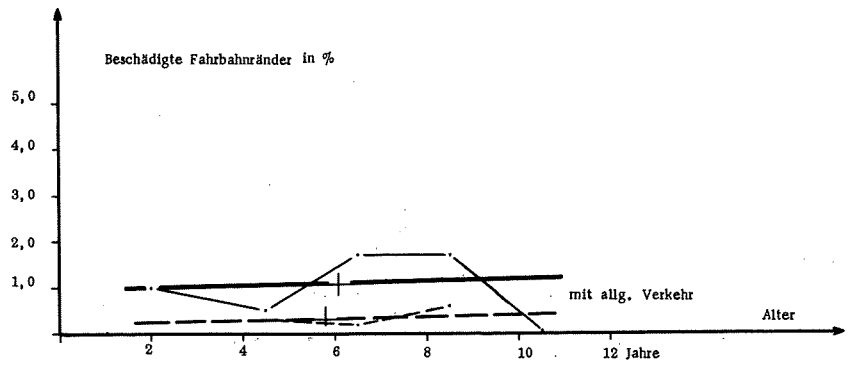


Abb. 18 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

2. Bei allgemeinem Verkehr kommt es zwangsläufig zu mehr Begegnungen und somit zum Zwang, auf die Seitenstreifen auszuweichen. Daher sind bei allgemeinem Verkehr um durchschnittlich 0,7 % mehr Schäden festzustellen."

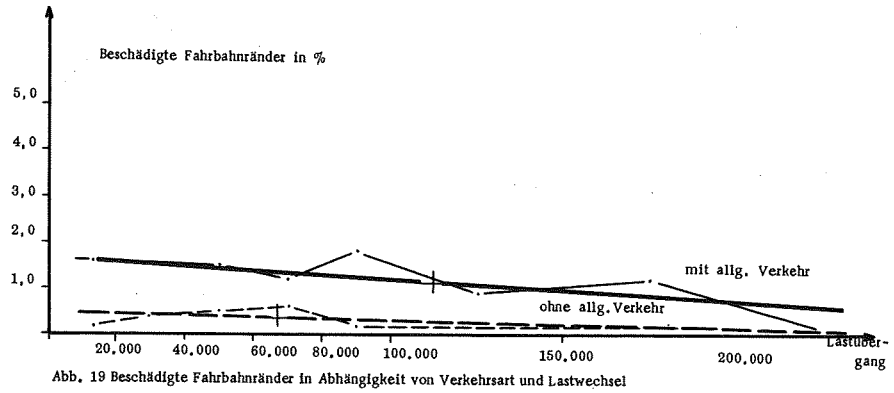


Abb. 19 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Auch aus Abb. 19 bringt die Abhängigkeit zu den Lastwechseln lediglich die Erkenntnis, daß mit verhältnismäßig geringen Schwankungen der Anteil beschädigter Fahrbahnränder ungefähr konstant bleibt, und zwar mit 0,5 % bei Wegen ohne allgemeinem Verkehr (Ausgangswert Abb. 19: 0,5 %) und mit 1,2 % bei Wegen mit allgemeinem Verkehr (Ausgangswert: 1,5 %), beide mit abnehmender Tendenz.

Da nur vorwiegend einspurige Wege — 3 m breite Wege — untersucht wurden (92 % aller bit. Wege), bleibt auf Grund der vorstehenden Ergebnisse die Feststellung, daß auch die einspurigen Wege bei richtiger Ausbildung der Fahrbahnränder keine nennenswerten Randschäden aufweisen. Die positive Folgerung lautet hieraus, daß einspurige Fahrbahnen auch bei außerlandwirtschaftlichem Verkehr nicht wesentlich durch das gelegentliche Ausweichen und Überfahren der Ränder so in Mitleidenschaft gezogen werden, um damit einen zweispurigen Ausbau zu rechtfertigen.

3.2.7 Durchwachsungen am Fahrbahnrand in Abhängigkeit von Alter und Lastwechsel

Besonders widerstandsfähige und ausläufertreibende Unkräuter können den wurzelfreundlichen Fahrbahnbelag aus Bitumen dort durchwachsen, wo wenig oder kein Fahrverkehr stattfindet. Dadurch entsteht die Gefahr, daß die Befestigung von außen her zerstört wird.

Abb. 20 überrascht durch den verhältnismäßig hohen Anteil der Durchwachsungen. Während bei landwirtschaftlichen Wegen, auf Grund der angegebenen Lage der nur schwach gestreuten Einzelwerte, ein steiles Ansteigen der Linearität verständlich ist, erscheint für den allgemeinen Verkehr die Darstellung in Form einer Geraden der Mittelwerte fragwürdig, zumindest nicht repräsentativ. Das Anwachsen der Schäden auf Wegen ohne allg. Verkehr ist beträchtlich und beträgt im Durchschnitt über 1,5 % je Jahr! Dies bedeutet, daß nach einer Anlaufzeit von 2 Jahren, bereits nach 10 Jahren 10 % aller Fahrbahnränder durchwachsen sein können. Genau das Gegenteil weist der mit zunehmendem Alter absinkende Verlauf der Einzelschäden bei Wegen mit allg. Verkehr auf. Die entsprechende Linearregression zeigt nur ein langsames Anwachsen, beginnend mit einem Ausgangswert von etwa 4 %. Es dürfte aber verständlicher sein, hier dem Verlauf der Werte ohne Gewichtsbe-

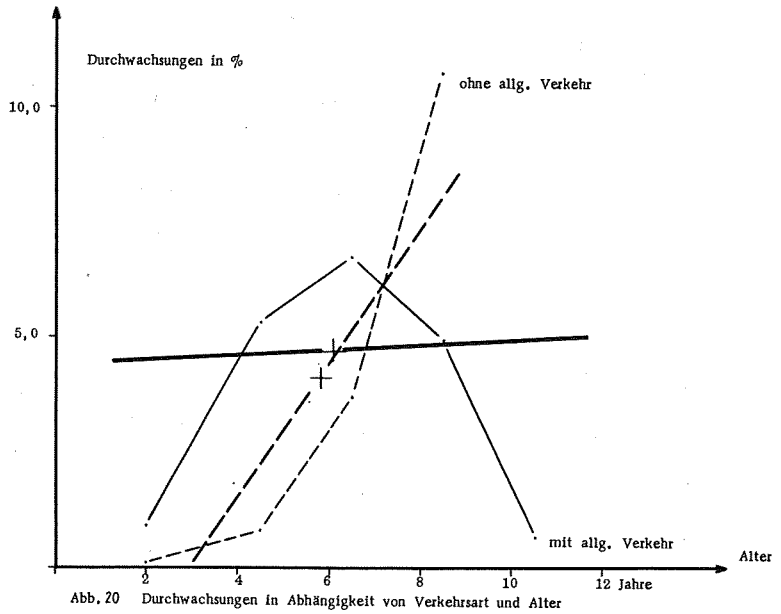


Abb. 20 Durchwachsungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

stimmung zu folgen: Anfangs steigen die Werte bis auf über 5 % an und fallen dann wieder steil ab. Dieses sonderbare Verhalten kann nur bedeuten, daß die Durchwachsungen bei häufigem Überfahren wieder (Gegenverkehr) verschwinden, weil die Pflanzen über längere Zeit das ständige Abknicken durch Überfahren nicht aushalten. Vielfach wurde die Meinung vertreten, daß die Pflanzen anfangs zwar den Belag durchstoßen, aber dann zugrunde gehen, weil sie in der nährstoffarmen unteren Tragschicht nicht genügend Nahrung finden. Diese Ansicht dürfte jedoch nicht richtig sein, da sich dann die rein landwirtschaftlichen Wege ähnlich wie die mit allg. Verkehr verhalten müßten. Eher scheint die Abhängigkeit von der Häufigkeit des Verkehrs eine Rolle zu spielen, denn auch aus Abb. 21 ist erkennbar, daß der Schadensverlauf bei den Einzelwerten mit zunehmenden Lastübergängen sinkt und damit die Möglichkeit des Überfahrens vom Rande her einwachsender Pflanzen und deren Vernichtung größer wird.

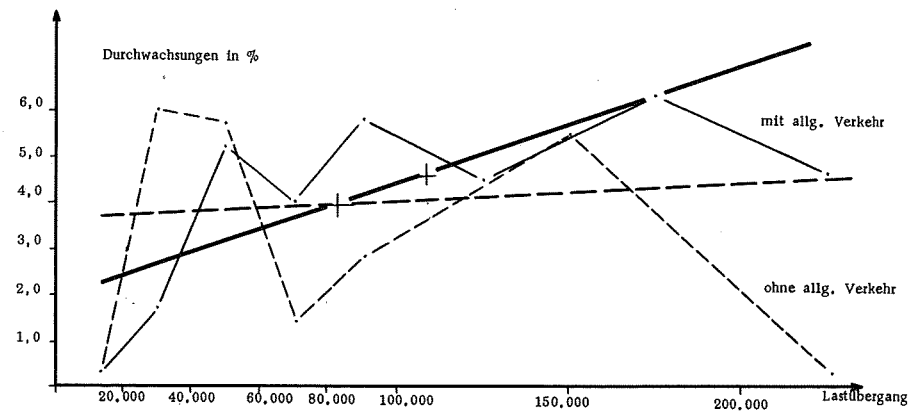


Abb. 21 Durchwachsungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Es muß darüber hinaus noch bemerkt werden, daß bei den Aufnahmeprotokollen auch gelegentliche Einwachsungen vermerkt worden sind, die den 10 m Abschnitten in voller Länge angerechnet wurden; d. h. daß der effektive Anteil an Durchwachsungen wohl geringer sein dürfte als hier angegeben. Trotzdem ist die Gefahr der Durchwachsung von bituminösen Fahrbahnrändern eindeutig vorhanden und sollte künftig mehr Beachtung beim Bau finden.

Hierzu wären jedoch noch eingehende Untersuchungen notwendig, da sich auf Grund der vorliegenden Ergebnisse keine weiteren Abhängigkeiten ermitteln ließen; so verliefen z. B. die Ermittlungen, Durchwachsungen mit dem Quergefälle in Verbindung zu bringen, erfolglos.

3.3 Verhalten der bituminösen Befestigungen

3.3.1 Allgemeines

Durch die Einführung eines Bewertungsrahmens, der über den allgemeinen Zustand des Baukörpers eine Aussage macht, war es möglich, das Verhalten der Befestigung unter bestimmten Voraussetzungen zu verfolgen (siehe Seite 34—39). Die Zustandsstufen 1—5 (Seite 31) beschreiben den Zustand von unbrauchbar 1 bis sehr gut 5, wobei das Objekt als „gerade noch brauchbar" bezeichnet wird, wenn es den Zustand 2,5 erreicht hat.

3.3.2 Zustand der Fahrbahn

Tabelle 5 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehr Untergrund, Gelände und Alter

Alter	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
< 4 Jahre	4,6	4,6	4,8	4,5	4,5	4,9
4 - 5 Jahre	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,6
6 - 7 Jahre	3,8	4,0	3,8	4,0	4,0	3,7
8 - 9 Jahre	3,8	4,1	3,9	3,9	3,9	3,8
10 - 11 Jahre	3,9	3,2	3,7	3,9	3,7	
> 11 Jahre	3,7	4,0	3,7	3,8	3,7	3,8

Tabelle 6 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehr, Untergrund, Gelände und Lastwechsel

Lastübergang	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
< 20.000	4,6	4,3	4,3	4,7	4,3	4,6
20.000 - 40.000	4,6	3,9	3,8	4,5	4,4	3,7
40.000 - 60.000	4,2	4,4	4,3	4,3	4,3	4,0
60.000 - 80.000	4.0	4,3	4,1	4,1	4,2	3,9
80.000 -100.000	4,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1
100.000-150.000	4,0	4,0	3,9	4,1	4,0	4,0
150.000-200.000	3,7	4,4	3,9	4,0	3,9	3,9
> 200.000	3,9	4,0	3,8	4,0	3,9	

In den vorstehenden Tabellen 5 und 6 wurde der Zustand der Fahrbahn nicht nur nach Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart aufgeschlüsselt, sondern auch versucht, Beziehungen zu den Untergrundverhältnissen und der Geländeform (eben, hügelig) herzustellen, um feststellen zu können, welche Bedeutung die einzelnen Fakten auf die Lebensdauer eines Weges haben.

Der graphische Verlauf der nachfolgend angegebenen Darstellungen 22—27 läßt sehr gut eine Ausgleichung in Form von Geraden zu. Die auftretenden Streuungen sind gering, so daß bei den Lastwechseln auf eine Regression verzichtet wurde. Vorweg läßt sich feststellen, daß der Zustand naturgemäß mit zunehmendem Alter abnimmt. Erstaunlicherweise ergibt die Extrapolation zum Baubeginn jeweils in keinem Fall den Zustand 5,0 (bei Abb. 22: 4,8, Abb. 23: 4,5, Abb. 24: 4,5), so daß hieraus das Verhalten der Fahrbahn in den ersten 2—3 Jahren sich wie folgt erklärt: In diesem Zeitraum treten die wesentlichen Schäden und Baumängel auf (siehe auch Abb. 8, 9, 10 usw.); erst dann, wenn sich der Baukörper beruhigt hat, ist der Verlauf stetig.

Der Gesamtverlauf des Verhaltens mit zunehmendem Alter bzw. Lastwechsel weist in den Endwerten meist geringere Streuungen auf als zu Beginn, so daß sich hier die Trends mit guter Wahrscheinlichkeit extrapolieren lassen.

3.3.3 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Alter und Lastübergang

Der Zustand der Fahrbahn fällt gleichmäßig ab, nahezu unabhängig von der Verkehrsart. Er verringert sich nach 12 Jahren auf die Zustandsstufe 3,5, wobei er sich im Altersbereich von 2—12 Jahren um 1,0 Stufen nahezu linear vermindert. Die Wege ohne allg. Verkehr weisen einen etwas besseren Zustand auf, der jedoch mit 0,1 Stufen Unterschied denkbar gering ausfällt. Der Verkehrsart „mit allgemeinem Verkehr" wird daher anscheinend mehr Bedeutung zugemessen als ihr tatsächlich zukommt. Gegen diese Feststellung sprechen allerdings die Schadensverläufe von beispielsweise den Abbildungen 8 und 12, die wohl aber wegen des verhältnismäßig geringen Umfanges nicht sonderlich ins Gewicht fallen. Der Trendabfall von durchschnittlich 0,1 Stufen/Jahr ist erstaunlich gering und läßt unter Berücksichtigung der Anfangsminderung (in den ersten beiden Jahren 0,1—0,5 Stufen) den Schluß zu, daß erst nach etwa 20—25 Jahren der kritische Zustand 2,5 (brauchbar — gerade noch brauchbar) erreicht sein wird. Dies dürfte dann der Zeitpunkt sein, bei dem größere Instandsetzungsmaßnahmen erforderlich werden, wenn jedoch in der Zwischenzeit fachgerechte Flickarbeiten vorgenommen werden, kann sich dieser Zeitpunkt noch weiter hinausschieben. Um welche Größenordnungen es sich hierbei handelt, ist noch unbekannt.

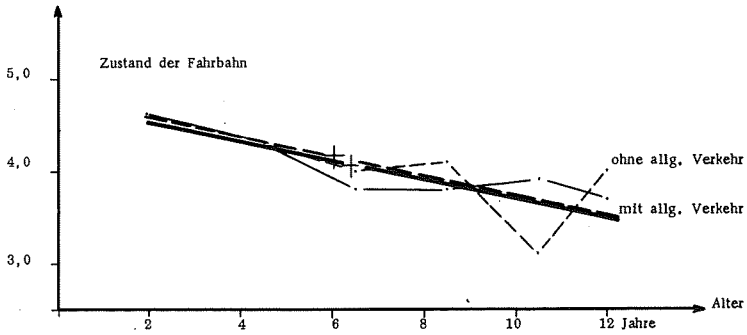


Abb. 22 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

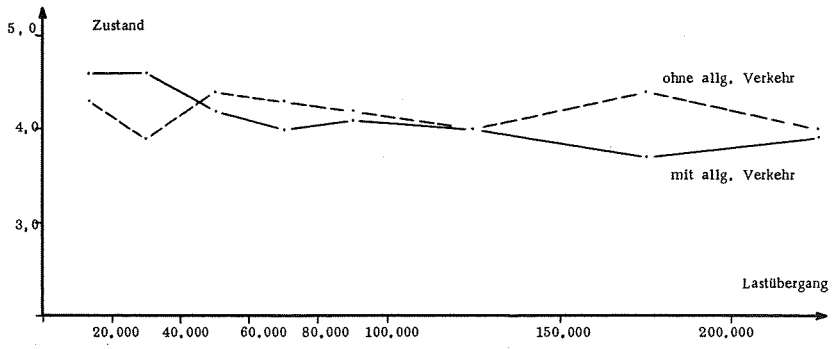


Abb. 23 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Nicht wesentlich anders gestaltet sich der Verlauf des Zustandes in Abhängigkeit vom Lastwechsel. Die Wege verhalten sich hier bei zunehmenden Lastwechseln wie in der Relation zum Alter (Abb. 22). Die Fortsetzung der Einzelwerte des allgemeinen Verkehrs, durch eine Linie auf den Lastwechsel 0 hin, zeigt, daß sie nicht den Schnittpunkt 5,0 ergibt, sondern beim Zustand 4,5 beginnen würde. Dies weist auch hier darauf hin, daß sich die Wege anfangs rascher verschlechtern, als nach einem Ablauf von 20 000—40 000 Lastwechseln.

Im Gegensatz zu den Beziehungen Zustand/Alter zeigt sich, daß mit der Zunahme der Lastübergänge der weitere Verlauf des Zustandes noch schwächer abfällt, so daß eine Extrapolation über das Eintreten des kritischen Zustandes von 2,5 in den Bereich des Spekulativen gerät, denn eine lineare Fortsetzung des Verlaufes läßt den Zustand von 2,5 erst bei 500 000—1 000 000 Lastwechseln erwarten.

3.3.4 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit vom Untergrund

Der graphische Verlauf von Abb. 24 läßt keinen Unterschied zwischen günstigem und ungünstigem Untergrund erkennen, denn beide Regressionen fallen in einer einzigen Geraden zusammen; auch gegenüber der Darstellung Zustand zu Verkehr in Abb. 22, sind mit Ausnahme einer geringen Anfangsverschiebung die Verlaufsgeraden einander sehr ähnlich.

Auch der in Abb. 25 dargestellte Zustand in Abhängigkeit von Lastwechsel und Untergrund zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die Abhängigkeiten von Zustand, Lastwechsel und Verkehr. Auch hier ist im Grundsatz erkennbar, daß die Untergrundverhältnisse keine wesentliche Rolle spielen.

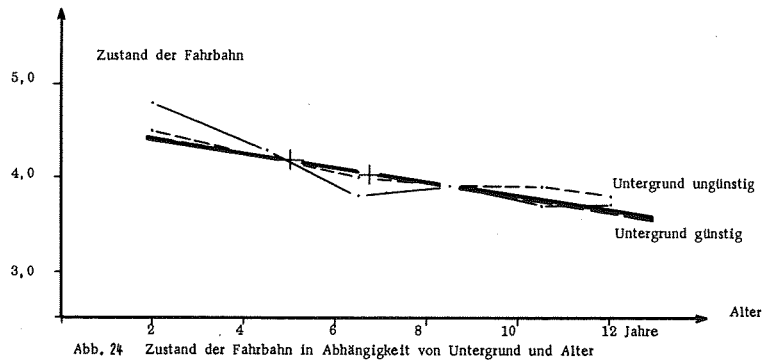


Abb. 24 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Untergrund und Alter

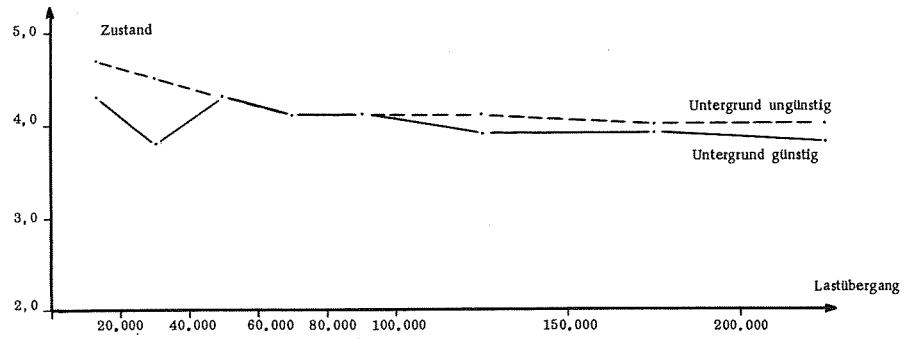


Abb. 25 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Untergrund und Lastwechsel

Allem Anschein nach sind die Befestigungen dem Untergrund so angepaßt — z. B. durch dickere nichtgebundene Tragschichten —, daß sie die spezifischen Belastungen durch Verkehr schadlos und ohne nachhaltige Wirkung auffangen. Eine unterschiedliche Dimensionierung der nichtgebundenen Tragschichten von 20—40 cm je nach Untergrund ist somit ausreichend und richtig.

3.3.5 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von der Geländeform

Nach Abb. 26 verhalten sich die Wege im welligen Gelände und mit zunehmendem Alter sogar etwas günstiger als im ebenen Gelände. Dieses Phänomen kann nur dadurch erklärt werden, daß die Entwässerung des Wegekörpers in welligem Gelände weniger Schwierigkeiten verursacht als in der Ebene. In der Ebene ist dagegen die Wahrscheinlichkeit größer, daß Oberflächenwasser oder Grundwasser nicht aus oder vom Wegekörper abfließen kann und dadurch eher den Bestand eines Weges gefährdet. Die Abhängigkeit von der Anzahl der Lastwechsel zeigt jedoch, daß im großen und ganzen keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Geländeformen im Hinblick auf den Zustand eines Weges bestehen; zumindest scheint aber aus beiden Abbildungen festzustehen, daß die Wege im welligen Gelände keine geringeren Zustandsstufen aufweisen als in der Ebene. Die Darstellung hat mit Abb. 24, wo der Zustand in Beziehung zum Untergrund gebracht wird, sehr viel Ähnlichkeit.

Die Darstellung einer Regressionsgeraden in Abb. 27 erübrigt sich, weil die Verbindungslinien der einzelnen Werte einen linearen Verlauf erkennen lassen. Auch hier fällt der schwach abfallende Trend auf, der fast deckungsgleich mit dem in Abb. 25 ist.

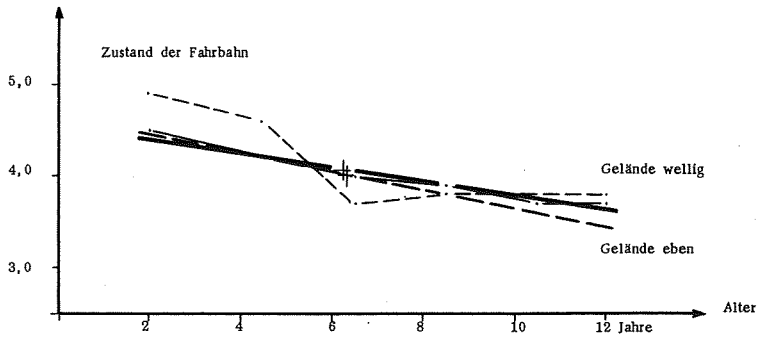


Abb. 26 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Gelände und Alter

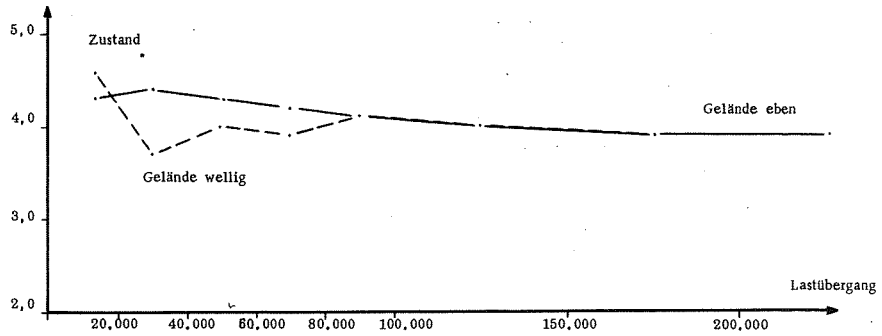


Abb. 27 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Gelände und Lastwechsel

3.4 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung

Der Zustand der Seitenstreifen und der Entwässerung ist nach allgemeiner Ansicht für den Bestand der Wege von großer Bedeutung. Bei ordnungsgemäßer Unterhaltung, die sich im wesentlichen auf das Abmähen hochgewachsener Seitenstreifen, der Reparatur von Böschungen und Grabensohlen erstrecken sollte, müßte zu erwarten sein, daß der Zustand der Seitenstreifen und der Entwässerung, u n a b h ä n g i g von Alter oder Lastwechsel, sich konstant in den Größenordnungen 4,0—5,0 bewegen würde. Aus den nachfolgenden Darstellungen Abb. 28 bis 32 ist zu ersehen, daß dies n i c h t der Fall ist.

Tabelle 7 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung

Alter	Zustand			
	Seitenstreifen		Entwässerung	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr
< 4 Jahre	4,0	3,7	4,2	3,9
4 - 5 Jahre	3,3	3,1	3,5	3,5
6 - 7 Jahre	3,1	3,2	3,4	3,5
8 - 9 Jahre	3,1	3,0	3,0	3,2
10-11 Jahre	3,1	3,3	3,0	3,3
>11 Jahre	2,8	2,1	3,2	4,4
< 20.000	4,1	4,2	4,6	4,6
20.000 - 40.000	3,7	3,3	4,0	3,7
40.000 - 60.000	3,0	3,2	3,6	3,3
60.000 - 80.000	3,3	2,7	3,6	3,2
80.000 -100.000	3,3	2,9	3,2	3,2
100.000-150.000	3,3	3,1	3,3	3,6
150.000-200.000	3,1	3,2	3,1	3,7
>200.000	3,1	3,3	3,2	3,6

3.4.1 Z u s t a n d d e r S e i t e n s t r e i f e n , a b h ä n g i g v o n A l t e r , L a s t ü b e r g a n g u n d V e r k e h r s a r t

In Abhängigkeit vom Alter zeigt der Verlauf der linearen Regression eine stark abfallende Tendenz. Der kritische Zustand von 2,5 dürfte dabei in absehbarer Zeit schon nach 12—15 Jahren erreicht sein.

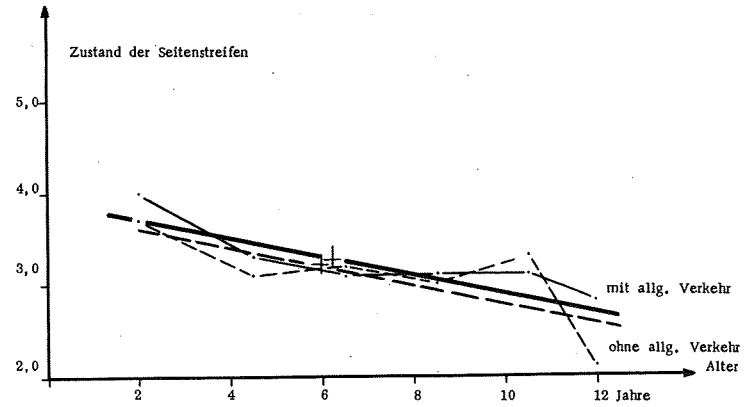


Abb. 28 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter

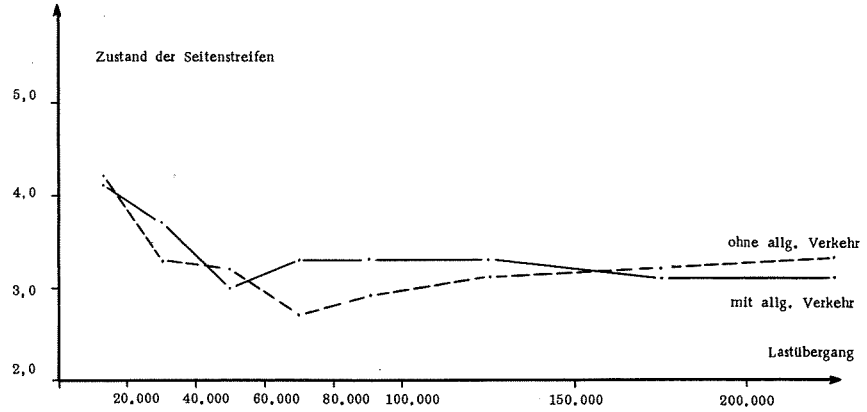


Abb. 29 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Es hat den Anschein, daß genauso wenig wie an den Fahrbahnen, an den Seitenstreifen keine oder höchst mangelhafte Unterhaltungsmaßnahmen durchgeführt worden sind. Auch hier zeigt sich ein stärkeres Abfallen des Zustandes innerhalb der ersten Jahre nach der Bauabnahme. In Abb. 28 weisen die Wege mit Allgemeinverkehr einen geringfügig besseren Zustand gegenüber den rein landwirtschaftlichen Wegen auf.

In Abb. 29 ist keine so stark abfallende Tendenz zu bemerken wie in Abhängigkeit vom Alter. Erstaunlich ist wiederum, daß bis zu 50 000—70 000 Lastwechseln der Zustand der Seitenstreifen stärker abfällt und dann nahezu parallel der Abszisse bei 3,0 weiter verläuft. Diese Tendenz ist der Abb. 28 ähnlich, wo ein sprunghafter Wechsel nach etwa 4 Jahren Alter eintritt.

Insgesamt gesehen ist der Zustand der Seitenstreifen wesentlich schlechter (etwa 1,0 Zustandsstufe) als derjenige der Fahrbahnen. Dies zeigt, daß die Seitenstreifen auch wesentlich anfälliger sind. Der Zustandsverlauf läßt auf folgendes Verhalten schließen: Bis zum Alter von etwa 4—5 Jahren bzw. 50 000 Lastwechseln werden keine Unterhaltungsmaßnahmen ausgeführt; wenn der „kritische" Zustand erreicht wird, werden dann die Seitenstreifen notdürftig repariert und in diesem Zustand gehalten.

3.4.2 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart

In Abhängigkeit zum Alter zeigt der Verlauf der mittleren Geraden in Abb. 30 eine etwa gleich fallende Tendenz wie bei den Seitenstreifen. Im Gegensatz zu den Seitenstreifen jedoch weisen die Wege ohne allg. Verkehr einen bis zu 0,5 Stufen besseren Zustand der Entwässerung auf als die Wege mit Allgemeinverkehr. Dies bestätigt auch die graphische Darstellung in Abhängigkeit zu den Lastübergängen. Wie bei den Seitenstreifen fällt dort der Zustand anfänglich bis etwa 4—5 Jahren oder 50 000 Lastwechseln stärker ab und pendelt sich — unter Außerachtlassung der Regressionsgeraden — bei der Größenordnung 3,5 ein. Der Zustandsverlauf dürfte daher derselbe sein wie bei den Seitenstreifen.

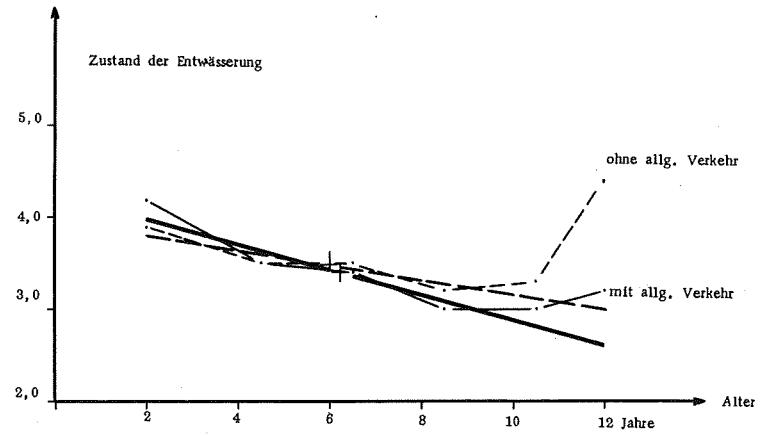


Abb. 30 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Alter

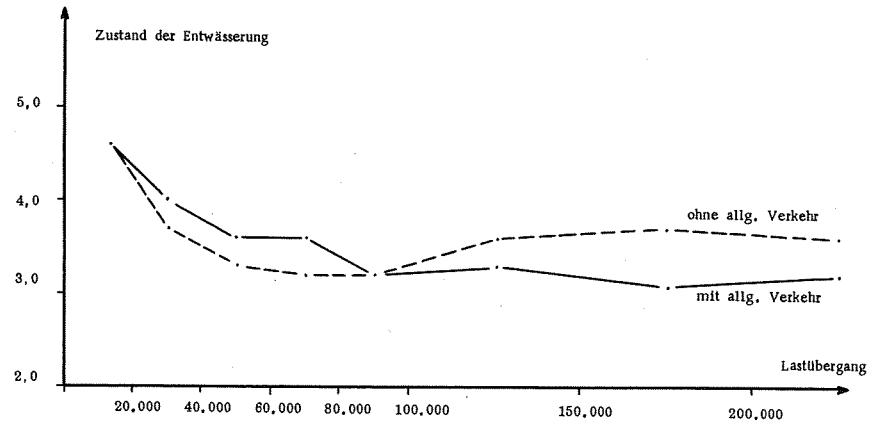


Abb. 31 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

4. Betonwege

4.1 Allgemeines

Von den Betonwegen wurden 11 776 Einzelabschnitte zu je 10 m Länge mit einer Fahrbahnfläche von 361 827 m² untersucht. Der überwiegende Anteil der untersuchten Wege war somit einspurig.

Es wurden Betondecken entsprechend der Standardbauweisen mit unterschiedlichen Dicken von 12—14 cm zugelassen, die auf einer nichtgebundenen Tragschicht bzw. Sauberkeitsschicht aufliegen. Der Hauptteil der Strecken wurde in den Altersklassen 5—11 Jahre erfaßt, ältere Strecken waren nicht mehr auffindbar.

Insgesamt sind an Schäden angefallen:

Risse	2,7 %	der Fahrbahnfläche
Abrieb	2,4 %	„
Abblättern der oberen Schichten	0,9 %	„
Wundstellen	0,2 %	„
Beschädigte Fahrbahnränder	0,3 %	der Fahrbahnränder
Ausgebrochene Fugen	4,1 %	der Gesamtfugenlänge $= \frac{\text{Weglänge} \cdot \text{Fahrbahnbreite}}{5}$

Die Risse sind mit 2,7 % der gesamten Fahrbahnfläche anteilmäßig vertreten. Dahinter folgen mit 2,4 % der Abrieb und mit Abstand das Abblättern der Schichten, das mit den Wundstellen zusammen nur 1,1 % der Fahrbahnfläche erreicht. Gemessen am durchschnittlichen Alter der Strecken ist der Anteil der Risse gering. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß ein entstandener Riß noch längere Zeit befahrbar ist und erst dann, wenn die Bruchstücke gegenseitig nicht mehr verzahnt sind, die effektive Zerstörung eintritt und Instandsetzungen notwendig sind. Dies mag allerdings auch für dickere bituminöse Decken gelten. Im Interesse einer gleichartigen Beurteilung (Häufigkeit und Ausmaß) wurde jedem Riß, unabhängig von der Bauweise, die ihm entsprechende Schadensfläche zugeordnet (s. S. 32).

Da die „Schlaglöcher" (meist handelt es sich um Löcher im Beton, die allerdings nicht durch Schlaglochwirkung entstanden sind) nur mit 0,1 % vertreten waren und die Flickstellen in ähnlicher Größenordnung auftraten, wurden beide Schadensarten den Rissen zugeordnet.

Der Abrieb als natürliche Verschleißerscheinung durch die unmittelbare Verkehrsbeanspruchung ist verhältnismäßig gering ausgefallen und dürfte bei einer Aussage über die Haltbarkeit überhaupt nicht ins Gewicht fallen.

Das Abblättern, das auf fehlerhaften Einbau bzw. ungünstige Witterung schließen läßt, hält sich einschließlich der Wundstellen (stärkere Abriebstellen) ebenfalls in „bescheidenen" Grenzen. Erwartungsgemäß verhielten sich die Fahrbahnränder, von denen nur 0,3 % Beschädigungen aufwiesen. Erstaunlich hoch ist dagegen der Anteil der ausgebrochenen Fugen mit 4,1 % der Gesamtfugenlänge. Die „Plattentheorie" und das Verhalten bei Wölbspannungen [5] sind Anlaß, auf die Gefährdung der Platte von der Fuge her, hinzuweisen.

Tabelle 8 Schadensarten an Betondecken

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m^2	Schäden in % der Fläche bzw. Längen					
			Risse m^2	Wundstellen m^2	Abrieb m^2	Abblättern d. oberen Schichten m^2	Beschäd. Fahrbahnränder m	Ausgebr. Fugen m
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	570	1.755	6,3			3,4	0,1	
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	11.074	35.815	1,5		6,9	1,0	0,1	2,1
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	3.007	11.717	4,6		2,3		0,1	3,0
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	6.632	22.026	1,8		0,3	0,2	1,1	5,5
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	2.960	13.055	1,0	1,0	13,9			2,8
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	2.340	8.135	1,9		21,0		0,5	
10 - 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	1.372	4.125	2,6					
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	11.939	35.820	0,9				0,1	1,2

Tabelle 8 Schadensarten an Betondecken

Art	Fahrbahn-länge	Fahrbahn-fläche	Schäden in % der Fläche bzw. Längen					
			Risse	Wund-stellen	Ab-rieb	Abblättern d. oberen Schichten	Beschäd. Fahrbahn-ränder	Ausgebr. Fugen
	m	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m	m
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	12.891	38.810	2,3	1,1			0,4	4,3
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	7.621	23.435	8,8				0,2	24,4
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	4.213	12.869	12,9		3,9	0,2	0,2	
10 - 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.914	14.148	3,5				1,0	
> 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	2.150	6.450	13,9					15,1
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	9.271	26.078	0,5	0,1	0,2	0,1		0,4
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	2.880	8.475	0,2		2,7	3,8	0,2	0,3
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	8.074	24.222	0,2		0,8	9,2		1,6

Tabelle 8 Schadensarten an Betondecken

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m^2	Schäden in % der Fläche bzw. Längen					
			Risse m^2	Wundstellen m^2	Abrieb m^2	Abblättern d. oberen Schichten m^2	Beschäd. Fahrbahnränder m	Ausgebr. Fugen m
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	5.575	17.705	1,1		7,5		0,3	8,2
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	863	2.589	0,8		2,3	0,8		0,6
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	2.197	6.591	1,0					0,5
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	10.330	27.860	1,0				0,1	1,1
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	5.580	16.226	1,7	0,5			0,4	7,5
10 - 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	1.307	3.921	11,6				0,7	
Insgesamt	117.760	361.827	2,7	0,2	2,4	0,9	0,3	4,1

Tabelle 9 Schäden nach Verkehrsart und Alter

Alter Verkehr	Fahrbahn-länge m	Fahrbahn-fläche m²	Schäden in Fläche (m²) bzw. Länge (m) in %					
			Risse + Schlaglöcher + Flickstellen m²	Wund-stellen m²	Abrieb m²	Abblättern d. oberen Schichten m²	Beschäd. Fahrbahn-ränder m	Ausgebr. Fugen m
< 4 Jahre, mit allg. Verkehr	570	1.755	110 6,3			60 3,4	1 0,1	
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr	23.013	71.635	901 1,3	7 -	2.460 3,4	375 0,5	60 0,1	234 1,6
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr	22.530	72.553	1.901 2,6	410 0,6	330 0,5	43 0,1	266 0,6	649 4,5
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr	17.134	57.494	4.021 7,0	135 0,2	4.030 7,0	20	64 0,2	1.216 10,6
10 - 11 Jahre mit allg. Verkehr	6.286	18.273	609 3,3				101 0,8	
> 11 Jahre mit allg. Verkehr	2.150	6.450	895 13,9					195 15,1
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr	2.197	6.591	69 1,0					6 0,5
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr	19.601	53.938	420 0,8	30 0,1	40 0,1	30 0,1	21 0,1	83 0,8
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr	16.534	48.923	362 0,7	86 0,2	425 0,9	2.552 5,2	53 0,2	325 3,3
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr	6.438	20.294	208 1,0		1.390 6,8	20 0,1	38 0,3	294 7,2
10 - 11 Jahre ohne allg. Verkehr	1.307	3.921	454 11,6				17 0,7	
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr								
Insgesamt	117.760	361.827	9.950	668	8.675	3.100	621	3.002

Tabelle 10 Schäden nach Verkehrsart und Lastwechsel

Lastübergang	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m^2	Schäden in Fläche (m^2) bzw. Länge (m)					
			Risse +Schlaglöcher +Flickstellen m^2	Wundstellen m^2	Abrieb m^2	Abblättern der oberen Schichten m^2	Beschäd. Fahrbahnränder m	Ausgebr. Fugen m
< 40.000	1.562	4.715	132		150	435	1	4
mit allg. Verkehr			2,8		3,2	9,2	-	0,4
40.000 - 80.000	7.561	24.904	512		2.510	43	19	61
mit allg. Verkehr			2,1		10,1	0,2	0,1	1,2
80.000 - 120.000	11.393	36.341	1.140	10	10		164	447
mit allg. Verkehr			3,1	-	-		0,7	6,2
120.000 - 160.000	21.536	70.225	990	542	1.850		131	1212
mit allg. Verkehr			1,4	0,8	2,6		0,3	8,6
160.000 - 200.000	9.379	30.318	404		90		38	139
mit allg. Verkehr			1,3		0,3		0,2	2,3
200.000 - 300.000	10.775	33.820	3.599		2.210	20	39	236
mit allg. Verkehr			10,6		6,5	0,1	0,2	3,5
> 300.000	9.477	27.837	1.660				100	195
mit allg. Verkehr			6,0				0,5	3,5
< 30.000	4.870	14.610	86					3
ohne allg. Verkehr			0,6					0,1
30.000 - 50.000	9.424	25.835	62	30	200	2.224	9	17
ohne allg. Verkehr			0,2	0,1	0,8	8,6	-	0,3
50.000 - 70.000	14.699	40.579	313	86	40	33	52	48
ohne allg. Verkehr			0,8	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6
70.000 - 100.000	10.062	30.297	261		1.095	345	41	363
ohne allg. Verkehr			0,9		3,6	1,1	0,2	5,9
100.000 - 200.000	5.715	18.425	337		520		10	277
ohne allg. Verkehr			1,8		2,8		0,1	7,5
418.000	1.307	3.921	454				17	
ohne allg. Verkehr			11,6				0,7	
Insgesamt	117.760	361.827	9.950	668	8.675	3.100	621	3002

4.2 Schäden

4.2.1 Abhängigkeit der Risse, Schlaglöcher und Flickstellen zum Alter

Die Risse, Löcher und Flickstellen in Abhängigkeit zum Alter weisen starke Streuungen auf und wurden durch eine ausgleichende Gerade dargestellt. Besonders augenfällig tritt hierbei der Einfluß des allgemeinen Verkehrs in Erscheinung, der gegenüber dem rein landwirtschaftlichen Verkehr durchschnittlich um 2,5 % höhere Schadensanteile hat. Als Faustformel kann angegeben werden, daß die Schadensquote bei Wegen mit allgemeinem Verkehr rund doppelt so hoch ist wie bei den rein landwirtschaftlichen Wegen. Es kann angenommen werden, daß bei außerlandwirtschaftlichem Verkehr LKW-Fahrten beteiligt sind, die nahezu doppelt so hohe Biegespannungen in der Platte hervorrufen [1] und Risse verursachen. Insbesondere sind hiervon die Plattenränder, -ecken und die Fugen betroffen.

Aus der Darstellung ist weiterhin ersichtlich, daß der Trend mit einer Schadenszunahme von etwa 0,3 bis 0,4 %/Jahr verläuft, wobei auf landwirtschaftlichen Wegen in den ersten Jahren keine Schäden auftreten. Überhaupt weist diese Wegeart nach 10 Jahren einen Wert von nur 2 % an Rissen auf, womit die Eignung dieser Bauweise gerade für Wirtschaftswege ohne Sonderverkehr unter Beweis gestellt sein dürfte. Eine lineare Extrapolation dieses Trendverlaufes führt in Zeiträume, die man als Spekulation bezeichnen muß, weil sie einen Schadensanteil von 10 % erst nach etwa 50 Jahren erreichen würden. Anders verhalten sich dabei die Wege mit allgemeinem Verkehr, die 10 % Risse und Schlaglöcher nach etwa 20—25 Jahren erwarten lassen würden.

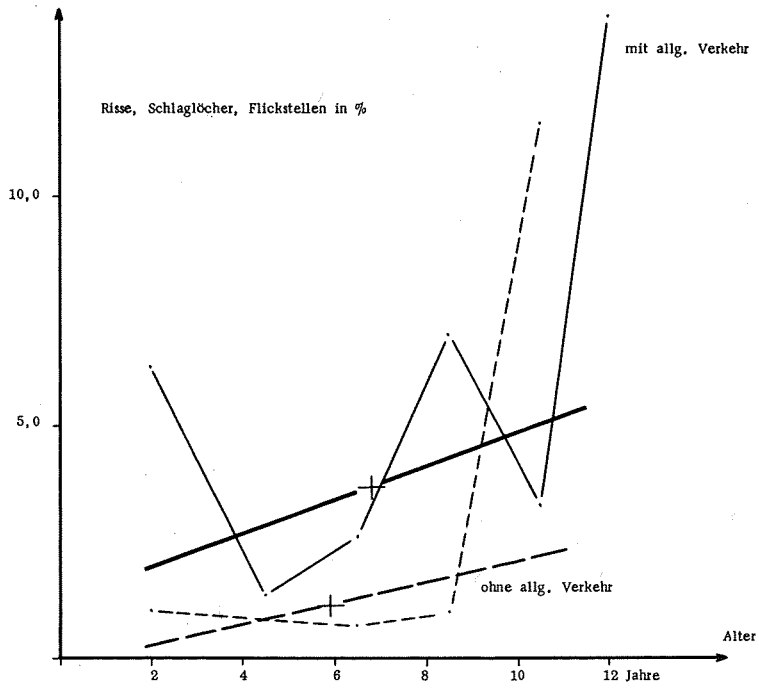


Abb. 32 Risse, Schlaglöcher, Flickstellen, abhängig von Verkehrsart und Alter

4.2.2 Abhängigkeit der Risse, Schlaglöcher und Flickstellen zu den Lastübergängen

Da die Ermittlung der Lastübergänge des außerlandwirtschaftlichen Verkehrs nicht möglich war, beziehen sich die Lastwechsel auf den rein landwirtschaftlichen Verkehr. Die Werte sind besonders bei Wegen mit allgemeinem Verkehr stark gestreut.

Allgemein erkennbar ist auch hier ein kontinuierliches Ansteigen, das jedoch durch den Einzelschlußwert von 11,6 % mit allerdings sehr geringem Gewicht zu hoch ausfällt und daher einen niedrigeren Trendwert ergibt, der in der Größenordnung von 10 % Schäden bei 1 Mio. Lastwechsel liegt. Der Trendwert beträgt bei landwirtschaftlichem Verkehr etwa 1 % je 100 000 Lastwechsel und ist damit gering. Bei Wirtschaftswegen mit außerlandwirtschaftlichem Verkehr ist der Trendwert doppelt so hoch.

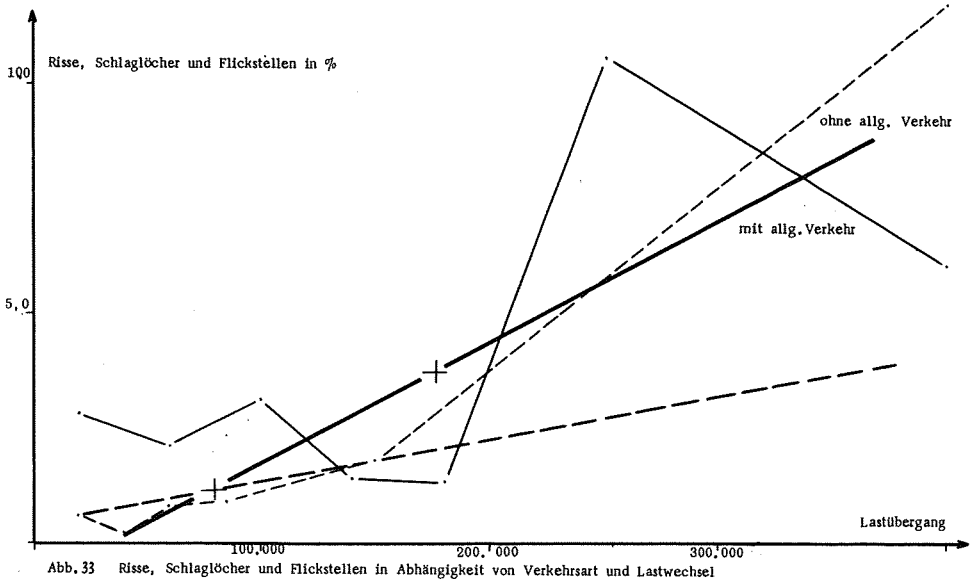


Abb. 33 Risse, Schlaglöcher und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

4.2.3 Abhängigkeit des Abriebs von Alter, Lastübergängen und Verkehrsart

Bemerkenswert ist das steile Ansteigen des Abriebs in beiden Verkehrsarten nach einer gewissen Anlaufzeit. Bei rein landwirtschaftlichen Wegen ist der Abrieb erst nach einem Ablauf von 5 Jahren bemerkbar. Beim allgemeinen Verkehr, der in größeren Teilbereichen naturgemäß einen höheren Abrieb aufweist, ist es fraglich, ob bei dieser starken Streuung und den wenigen Werten in Abb. 34 ein Ausgleich durch eine Gerade sinnvoll ist. Die Regression soll hier lediglich den verhältnismäßig steilen Anstieg versinnbildlichen.

Noch stärkere Streuungen weist die Abhängigkeit der Schäden im Zusammenhang von der Anzahl der Lastwechsel auf. Der Trend beim allgemeinen Verkehr zeigt im Gegensatz zur Darstellung Abb. 34 einen viel schwächeren Anstieg auf. Grundsätzlich ist erwartungsgemäß der Abrieb bei allgemeinem Verkehr höher als bei rein landwirtschaftlichem Verkehr, dessen Abrieb in Abb. 35 wegen der starken Streuung und der wenigen, zur Verfügung stehenden Werte, nicht repräsentativ erscheint.

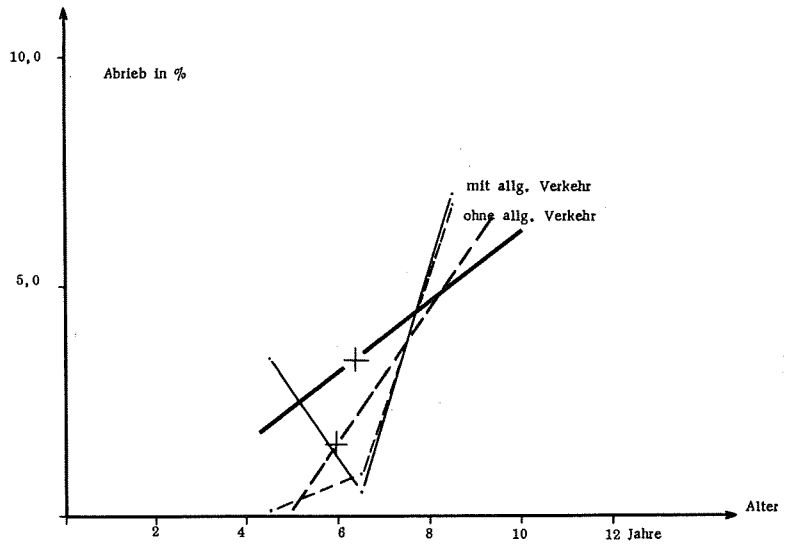


Abb. 34 Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

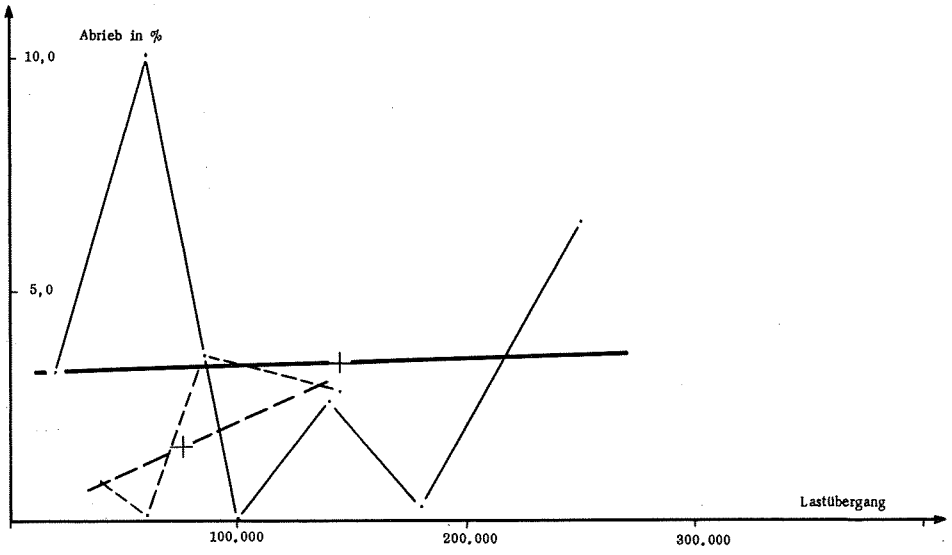


Abb. 35 Abrieb in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Der Abrieb, der nur die Deckenoberfläche in Mitleidenschaft zieht, hat auf die Haltbarkeit der Betonwege keinen Einfluß.

4.2.4 Abhängigkeit des Abblätterns der oberen Schichten von Alter und Verkehrsart

Die Größenordnungen, innerhalb derer sich die Schäden bewegen, sind gering; daher kann auch auf eine Darstellung der Abhängigkeit zu der Anzahl der Lastübergänge verzichtet werden. Die wenigen, beim landwirtschaftlichen Verkehr

4.2.5 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit vom Alter

Die ohne stärkere Streuung verlaufenden Werte gestatten eine gute und einigermaßen sichere Linearisierung. Grundsätzlich bewegen sich die Werte in kleineren Größenordnungen, so daß allgemein den Beschädigungen der Fahrbahnränder keine besondere Bedeutung zugemessen werden muß. Es fällt weiterhin auf, daß bei Wegen mit allgemeinem Verkehr um 0,1 % höhere Werte auftreten. Der Trendwert beträgt 0,05 % je Jahr und ist damit denkbar gering.

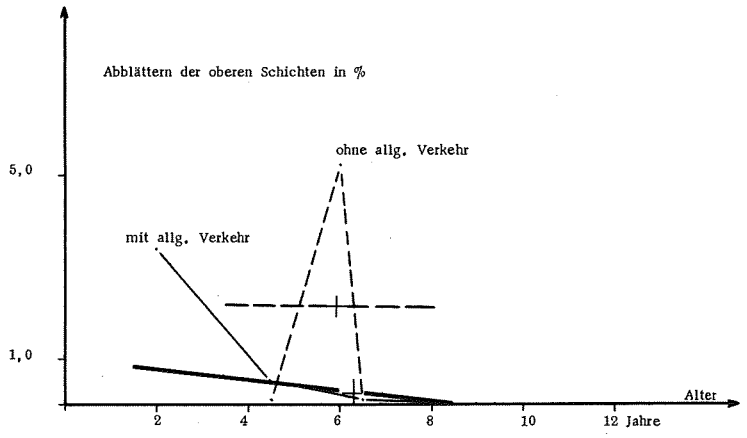


Abb. 36 Abblättern in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

zur Verfügung stehenden Werte, weisen starke Streuungen auf und verlaufen als Trend parallel zur Abszisse; beim allgemeinen Verkehr verläuft mit zunehmendem Alter der Trend negativ, was im wesentlichen die Annahme bestätigt, daß hier grundsätzlich keine Abhängigkeiten zur Lebensdauer bestehen und daß die Ursache für das Abblättern der oberen Schichten beim Einbauen oder bei der Witterung während des Einbaues zu suchen ist.

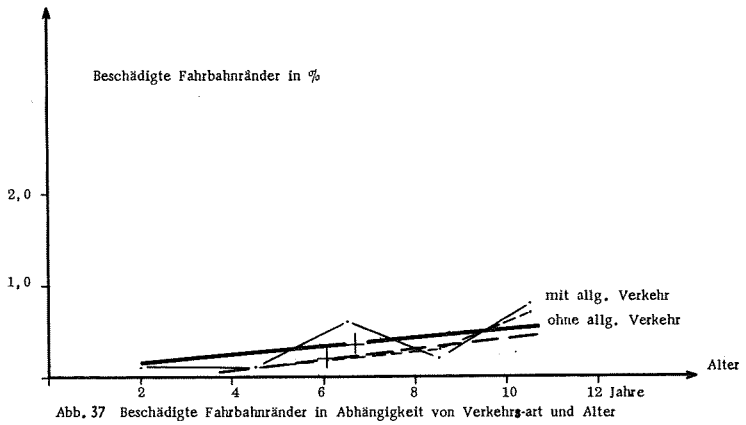


Abb. 37 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrs-art und Alter

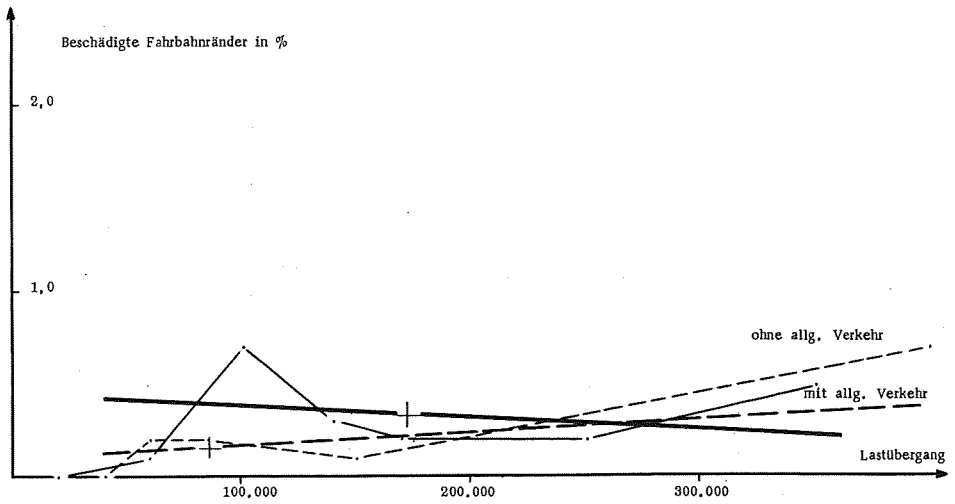


Abb. 38 Beschädigte Fahrbahnränder in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Die Beschädigung der Fahrbahnränder dürfte sich bei diesen Werten auf nur wenige besondere Fälle beschränken, die auf die Lebensdauer bzw. Haltbarkeit des Betonweges ohne nennenswerten Einfluß sind. Es ist auch denkbar, daß die Kanten nicht richtig abgefast waren. Dies scheint Abb. 38 im Zusammenhang mit den Lastübergängen zu bestätigen, wo der Trend bei allgemeinem Verkehr negativ verläuft.

Die Größenordnungen sind im allgemeinen die gleichen wie in Abb. 37.

4.2.6 Ausgebrochene Fugen in Abhängigkeit von Alter, Lastwechsel und Verkehrsart

Bei den ausgebrochenen Fugen handelt es sich in über 90 % aller Fälle um Raumfugen. Scheinfugen waren meist nur dort ausgeplatzt, wo sie zu tief in die Oberfläche eingelassen sind.

Die ausgebrochenen Fugen wurden jeweils relativ zur Gesamtfugenlänge gestellt, wobei als durchschnittlicher Wert eine Fuge nach je 5 m Fahrbahnlänge über die gesamte Fahrbahnbreite angenommen wurde. Somit treffen auf einen einspurigen Weg von je 1 000 m Weglänge 600 m Fugen. Die Prozentwerte multipliziert mit dem Faktor 6 ergeben somit die schadhafte Fugenlänge in Meter je km Weg.

Die Streuung der Werte in Abb. 39 ist verhältnismäßig gering, so daß sich auch hier durch die Linearregression der Trendverlauf mit guter Wahrscheinlichkeit angeben läßt. Erwartungsgemäß ist die Schadensquote bei Wegen mit allgemeinem Verkehr wesentlich — nach 8 Jahren schon um das Doppelte — höher, als auf rein landwirtschaftlichen Wegen. Bedenklich stimmt allerdings das sehr steile Ansteigen des Schadensverlaufes mit einem Trendfaktor von 2,5 % je Jahr bei allgemeinem Verkehr. Bei den Wegen ohne allgemeinem Verkehr beträgt der Trendwert mit 0,75 % je Jahr nur den dritten Teil davon. Im Gegensatz zu allen anderen bisher aufgeführten Schäden an den Betondecken, dürften den ausgebrochenen bzw. den ausbrechenden Fugen in Zukunft mehr Bedeutung zugemessen werden wie bisher; denn wenn beispielsweise bei Wegen mit allgemeinem Verkehr entsprechend dem Trend nach 20 Jahren bis 40 % aller Fugen ausbrechen würden, wäre dadurch der Ge-

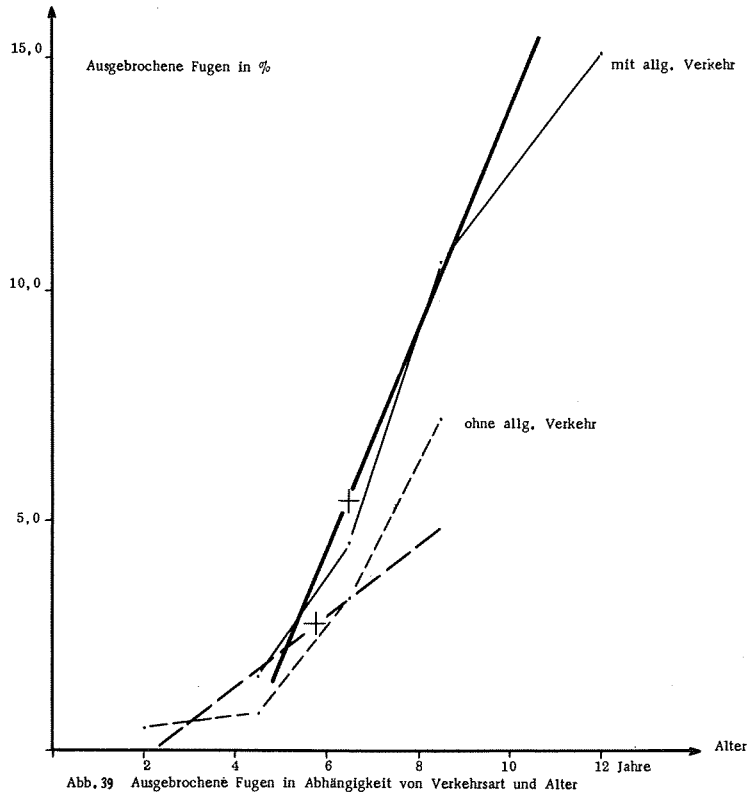


Abb. 39 Ausgebrochene Fugen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

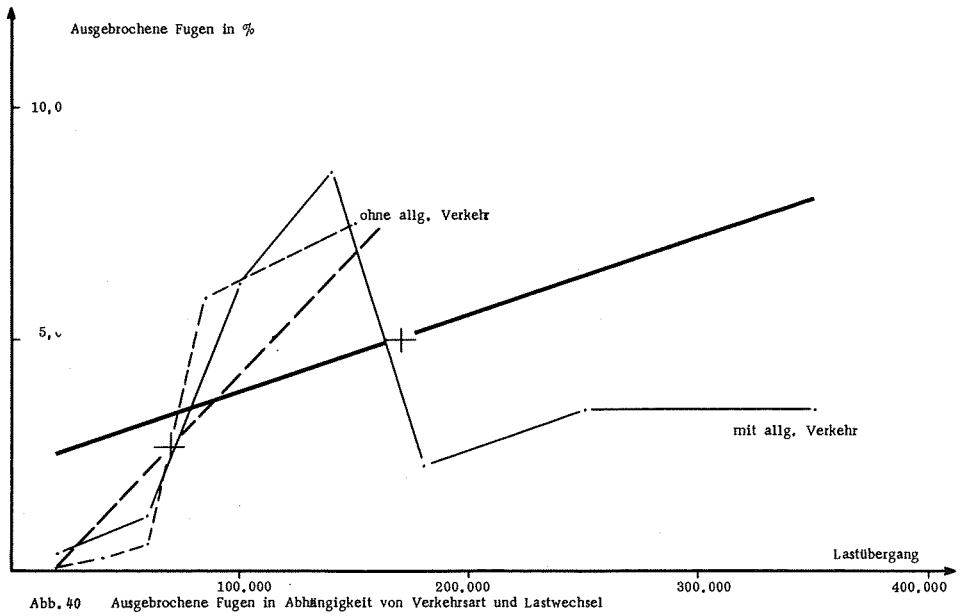


Abb. 40 Ausgebrochene Fugen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

brauchswert der Fahrbahn erheblich vermindert. Ordnet man den schadhaften Fugen die gleichen Größenordnungen zu wie den Rissen, so wäre bei dieser Vergleichsrechnung dann 8 % der gesamten Fahrbahnfläche davon erfaßt. Der linearisierte Verlauf in Abhängigkeit von den Lastübergängen, in Abb. 40 dargestellt, zeigt ebenfalls ein kräftiges Ansteigen bei der Wegeart mit allgemeinem Verkehr. Im Gegensatz zu Abb. 39 verläuft dort der Trendanstieg wesentlich geringer, da bei allgemeinem Verkehr eine Größenordnung von 10 % erst nach etwa 450 000 Lastwechseln erreicht wird. Die Streuung ist dabei recht groß und demzufolge hat die aus der Verallgemeinerung gezogene Folgerung geringeres Gewicht. Wenig repräsentativ dagegen dürfte die Darstellung der Fugenschäden bei Wegen ohne allgemeinem Verkehr sein, da keine weiteren Werte über 150 000 Lastwechsel vorhanden waren.

4.3 Verhalten der Betonwege

4.3.1 Allgemeines

In den Tabellen 11 und 12 sind an Hand eines „Betondeckenbewertungsrahmens" (siehe Seite 36—37) die Aussagen über den Zustand der Wege zusammengefaßt. Wie bei den anderen Wegen bewerten die Zustandsstufen 1—5 den Zustand von der Qualifikation unbrauchbar (1) bis sehr gut (5), wobei der kritische Zustand, bei dem das Objekt gerade noch verwendet werden kann, mit 2,5 bezeichnet wird.

Tabelle 11 Zustand der Fahrbahn nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände in Abhängigkeit vom Alter

Alter	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
≤ 4 Jahre	4,6	4,4	4,6	4,4	4,4	4,6
4 - 5 Jahre	4,6	4,5	4,5	4,7	4,6	
6 - 7 Jahre	4,3	4,7	4,6	4,3	4,4	4,6
8 - 9 Jahre	4,0	4,5	4,4	3,8	4,2	4,0
10-11 Jahre	4,2	3,7	4,7	4,0	4,1	
> 11 Jahre	3,5			3,5	3,5	

Tabelle 12 Zustand der Fahrbahn nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände in Abhängigkeit von den Lastwechseln

Alter	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
< 30.000	4,4	3,8	3,8	4,9	3,9	4,6
30.000 - 50.000	4,9	4,8	4,7	5,0	4,9	4,5
50.000 - 70.000	4,4	4,6	4,7	4,5	4,5	4,9
70.000 -100.000	4,3	4,7	4,6	4,0	4,4	4,9
100.000-150.000	4,4	4,7	4,6	4,4	4,5	4,2
150.000-200.000	4,6	4,8	4,8	4,5	4,7	4,0
200.000-300.000	3,8		4,2	3,6	4,0	3,5
> 300.000	4,1	3,7		4,0	3,9	4,5

4.3.2 Zustand der Wege in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel, gegliedert nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände

Erwartungsgemäß sinkt in jedem der Fälle mit zunehmendem Alter bzw. Lastwechsel der Zustand. Die verhältnismäßig geringen Streuungen der Werte lassen jeweils eine gute und einigermaßen sichere Regression zu.

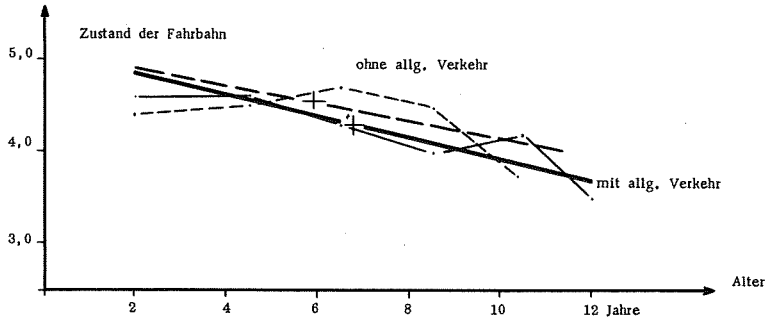


Abb. 41 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

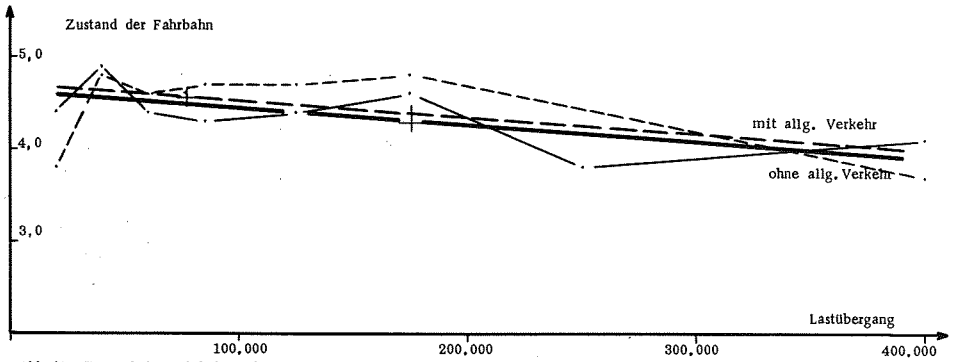


Abb. 42 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Im Gegensatz zu den Feststellungen bei den bituminösen Bauweisen verläuft die Extrapolation gegen 0 Jahre fast immer in Zustandswerte über 5,0; dies bedeutet, daß sich die Betonwege schon in den ersten Jahren stabil verhalten und nicht, wie bei anderen Bauweisen erst zur Beruhigung kommen müssen. Die Erklärung für dieses Verhalten ist in der lastverteilenden Wirkung der Platte zu suchen, wobei nur sehr geringe Spannungen in den unter der Betondecke liegenden Schichten auftreten [1]. Naturgemäß verhalten sich landwirtschaftlicher Verkehr besser als außerlandwirtschaftlicher Verkehr und günstiger Untergrund besser als ungünstiger Untergrund. Es ist aber erstaunlich, daß in Abb. 43 der stärkste Abfall infolge ungünstigem Untergrund feststellbar ist. Bei der sehr guten druckverteilenden Wirkung der Platte (hoher Elastizitätsmodul) ist die spezifische Belastung an der Plattenunterseite und des Untergrunds sehr gering [5]. Eine Erklärung für den verhältnismäßig steilen Verlauf der Geraden kann daher nur darin gefunden werden, daß die Platten empfindlich gegen Setzungen oder Hebungen infolge Frost sind und bei dem nicht frostsicheren Ausbau der Wege besonders gefährdet sein können.

Der Trendverlauf in Abb. 41 (Zustand—Verkehrsart—Alter) läßt den kritischen Zustand von 2,5 bei Wegen mit allgemeinem Verkehr nach etwa 20 Jahren und bei Wegen ohne allgemeinem Verkehr nach etwa 30 Jahren erwarten. Wesentlich schwächer ist dagegen der Trendabfall in Abhängigkeit zu den Lastwechseln (Abb. 42), wo nahezu unabhängig von der Verkehrsart der kritische Zustand nach etwa 1 Million Lastwechsel erreicht wird. Diese beiden Darstellungen stehen nicht im Widerspruch zueinander, sie zeigen dagegen auf, daß gerade bei Betonwegen die Einflüsse des Alters gravierender sind, als die Verkehrsmenge.

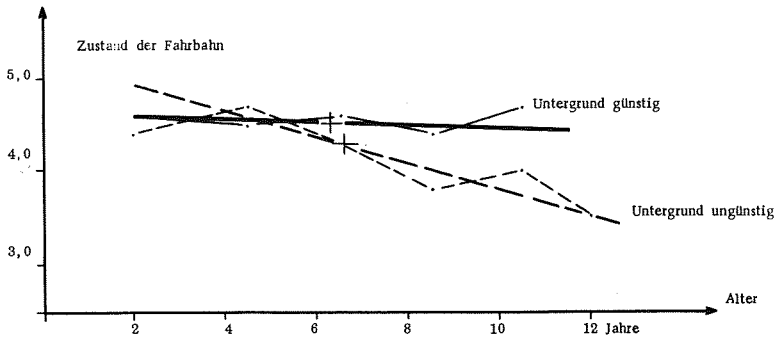


Abb. 43 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Untergrund und Alter

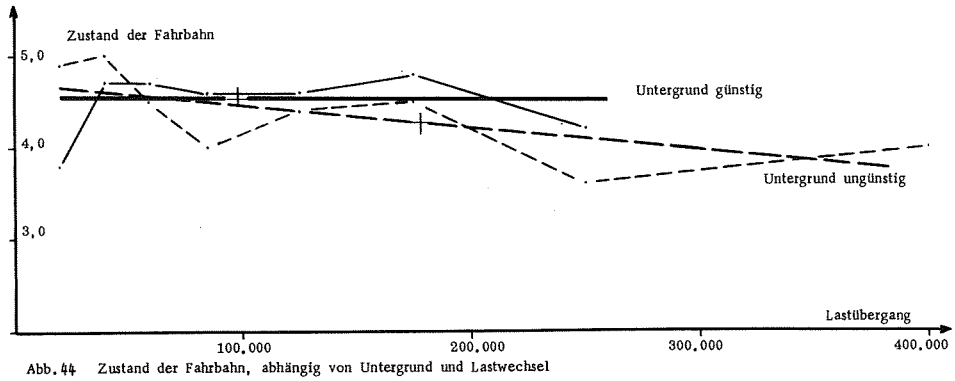


Abb. 44 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Lastwechsel

Der fast parallel zur Abszisse verlaufende Zustand bei günstigem Untergrund in Abb. 43 ist nur insoweit zu deuten, daß bei guten Untergrundverhältnissen sich der Zustand der Wege mit fortschreitendem Alter kaum noch verändert. Der kritische Zustand bei ungünstigem Untergrund wird nach 20 Jahren erreicht. Ähnlich, jedoch mit geringeren Trendwerten, gestaltet sich nach Abb. 44 der Verlauf in bezug auf die Lastwechsel.

Die Abb. 45 und 46 zeigen bei gleichem Trendabfall die Beziehungen zu den verschiedenen Geländearten, die jedoch wie bei den bituminösen Wegen keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Bemerkenswert erscheint, daß die verschiedenen Geländearten praktisch ohne Einfluß auf den Zustand der Wege sind.

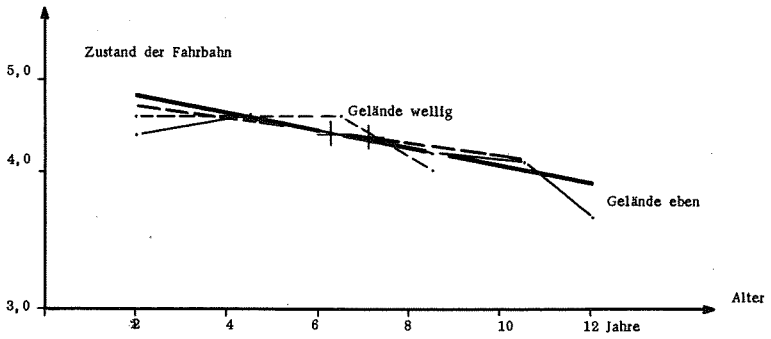


Abb. 45 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Gelände und Alter

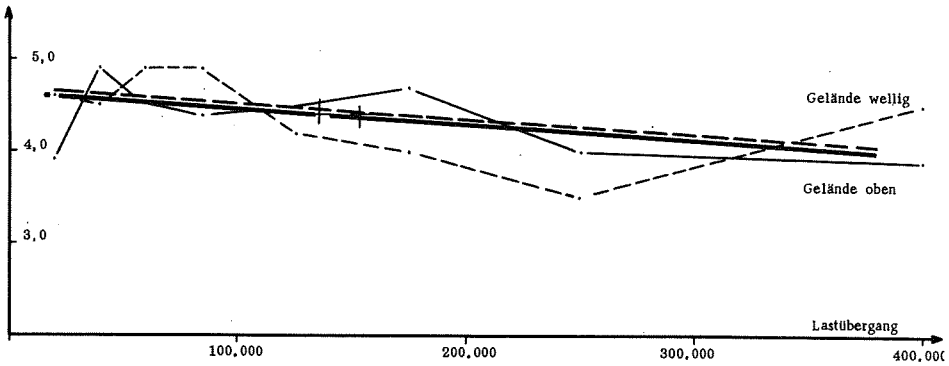


Abb. 46 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Gelände und Lastwechsel

4.4 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen

Tabelle 13 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung

Alter	Zustand			
	Seitenstreifen		Entwässerung	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr
< 4 Jahre	3,6	3,0		4,0
4 - 5 Jahre	3,3	3,1	3,6	3,6
6 - 7 Jahre	3,0	2,9	3,3	3,3
8 - 9 Jahre	3,1	3,7	3,1	4,1
10-11 Jahre	2,2	2,7	3,1	3,0
> 11 Jahre	2,8		3,4	
< 30.000	3,4	2,6	3,0	4,2
30.000 - 50.000	2,5	3,2		3,5
50.000 - 70.000	3,2	2,8	3,4	3,7
70.000 -100.000	3,3	3,4	4,0	3,6
100.000-150.000	3,2	3,3	3,4	3,9
150.000-200.000	3,0	3,0	3,3	4,0
200.000-300.000	3,3		3,1	
>300.000	2,2	2,7	3,2	3,0

Ein Vergleich mit der entsprechenden Tab. 7 zeigt keine besonderen Unterschiede zwischen den Seitenstreifen und Entwässerungen an bituminösen und Betonwegen.

4.4.1 Zustand der Seitenstreifen in Abhängigkeit von Alter und Verkehrsart

Der Verlauf der Regressionsgeraden bei allgemeinem Verkehr ist mit der in Abb. 28 nahezu identisch. Insoweit ist zwischen den Seitenstreifen an bituminösen Wegen und Betonwegen kein Unterschied feststellbar. Die mittlere Gerade bei den Wegen ohne allgemeinen Verkehr verhält sich jedoch wider Erwarten anders; d. h. der Zustand steigt mit dem Alter. Die Erklärung hierfür liegt auf der Hand: An diesen Wegen wurden anscheinend Unterhaltungsmaßnahmen durchgeführt, die einen gleichmäßigen Zustand der Seitenstreifen gewährleisten (siehe auch Vorbemerkung zu Ziff. 3.4). Dieser Verlauf ist somit als nicht repräsentativ zu betrachten. Das starke Abfallen des Zustandes der Seitenstreifen, der im Alter von 12 Jahren kritisch wird, zeigt einerseits, daß ähnlich wie die Decken, die Seitenstreifen nicht oder nur sehr mangelhaft unterhalten werden und zwingt andererseits zu neuen Lösungen.

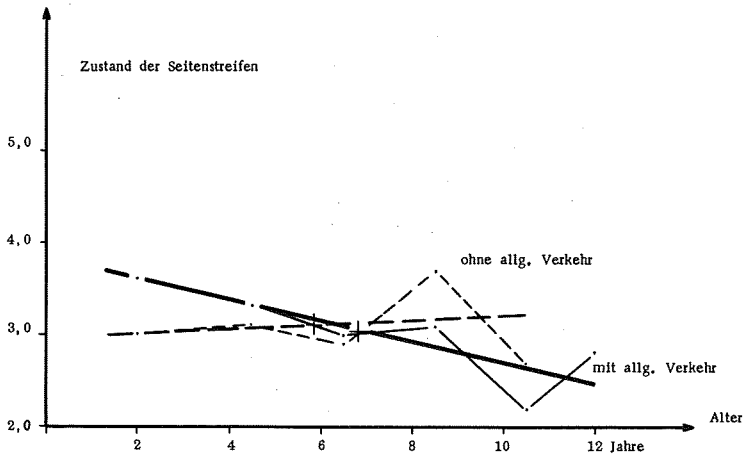


Abb. 47 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter

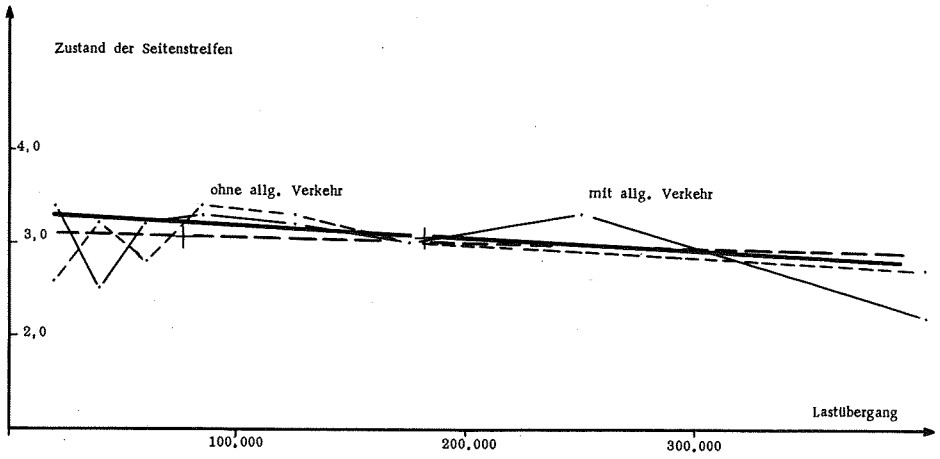


Abb. 48 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Der Verlauf der Einzelwerte in Abhängigkeit von den Lastübergängen zeigt anfänglich stärkere Streuungen — jeweils durch Unterhaltungsmaßnahmen verursacht — und in der weiteren Folge mit „erlahmendem Eifer" eine Näherung dem Zustand 2,5 mit geringer Streuung.

4.4.2 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter und Verkehrsart

In Beziehung zum Alter gebracht, zeigt der Verlauf der Geraden einen Trendabfall, wie bei den bituminösen Wegen (Abb. 30). Auch hier sind die Entwässerungseinrichtungen an Wegen mit rein landwirtschaftlichem Verkehr etwas besser (+ 0,2 Stufen), als an Wegen mit allgemeinem Verkehr. Insgesamt zeigt der Verlauf jedoch, daß in 15—20 Jahren der kritische Zustand 2,5 erreicht wird; dann sind unbedingt Unterhaltungsmaßnahmen notwendig.

In Beziehung zu den Lastwechseln gebracht, scheinen sich die Entwässerungseinrichtungen bei hohen Übergängen günstiger zu verhalten als bei hohem Alter. Die Regressionen pendeln etwa beim Zustand 3,0 ein. Abb. 50 entspricht in den Endwerten Abb. 31 (Zustand der Entwässerung bei bit. Befestigungen).

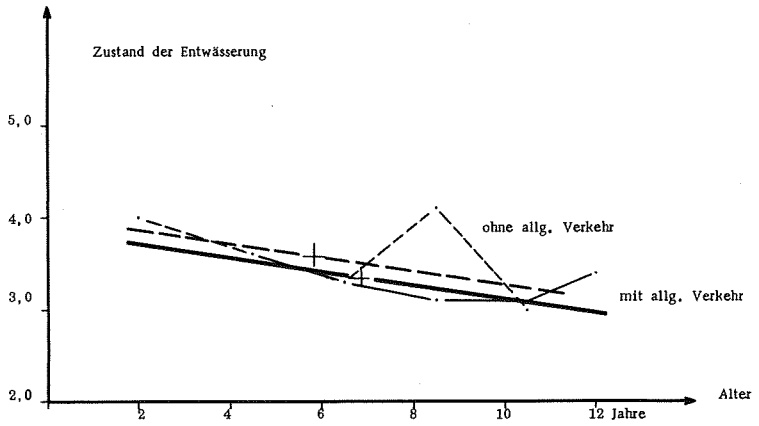


Abb. 49 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Alter

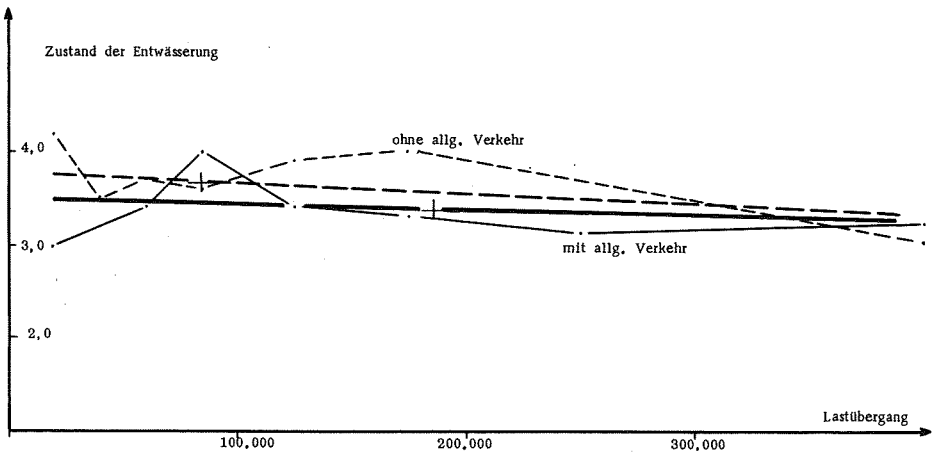


Abb. 50 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

5. Pflasterdecken

5.1 Allgemeines

Von den Pflasterwegen wurden 9 984 Einzelabschnitte von je 10 m Länge mit einer Fahrbahnfläche von 309 493 m² untersucht. Somit handelt es sich fast ausschließlich um einspurige, 3 m breite Wege, die erfaßt worden sind. Als Standardbauweisen wurden Pflasterwege mit durchschnittlichen Dicken von 8—10 cm Verbundsteinpflaster oder quaderförmigen, allerdings dann am Fahrbahnrand eingespannten Betonpflastersteinen zugelassen. Der überwiegende Teil der Pflasterdecken wurde im norddeutschen Raum untersucht. Der Hauptteil der Strecken erfaßt die Altersklassen von 4—9 Jahren, darüber hinaus waren keine älteren repräsentativen Decken mehr aufzufinden.

Tabelle 14 Schadensarten an Pflasterdecken

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen					
			Risse m²	Schlaglöcher m²	Kantenabbrüche Flickstellen m²	Verformungen m²	Verkantete Platten Steine m²	Beschäd. Fahrbahnränder m
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	1.944	5.908				3,6		0,1
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	15.368	47.065		0,1	0,1	2,8	0,1	
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	9.227	30.180	1,3				0,3	
10 - 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	2.479	7.825			0,1		0,2	
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	10.901	33.322				2,7	0,1	0,1
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	13.441	41.093			1,5	3,2	0,1	
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.999	15.332				5,3	0,2	
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	2.519	6.813				1,5		
10 - 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	2.866	8.600	0,3			0,2	0,8	0,1

Tabelle 14 Schadensarten an Pflasterdecken

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen					
			Risse m²	Schlaglöcher m²	Kantenabbrüche Flickstellen m²	Verformungen m²	Verkantete Platten Steine m²	Beschäd. Fahrbahnränder m
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	4.428	13.638					0,1	
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	4.034	12.105		0,1		0,2	0,6	
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	2.602	10.220				0,1	0,2	
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	9.892	29.768				2,6	0,4	
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.802	14.404				0,6	0,1	
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.345	14.145				0,1	1,1	0,6
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	5.988	19.075				0,4	0,3	0,2
Insgesamt	99.835	309.493	0,1	-	0,2	1,8	0,3	0,1

Insgesamt sind an Schäden angefallen:

Verformungen	1,8 % der Fahrbahnfläche
verkantete Platten bzw. Steine	0,3 %
Kantenabbrüche, gelegentl. Flickstellen	0,2 %
Risse, soweit überhaupt feststellbar	0,1 % der Fahrbahnfläche
beschädigte Fahrbahnränder	0,1 %

Vorweg ist feststellbar, daß die Verformungen mit einer Größenordnung von 1,8 % an der gesamten Fahrbahnfläche zwar anteilig an erster Stelle, insgesamt jedoch sehr gering sind. Dahinter folgen verkantete Platten und andere Schäden in einem nahezu verschwindenden Ausmaß. Daher war es notwendig, die Schäden wenigstens soweit zusammenzufassen, damit repräsentative Werte erhalten werden konnten; d. h. Risse, Schlaglöcher, Kantenabbrüche und Flickstellen wurden aufsummiert, sowie verkantete Platten und Steine. Da die Qualität der Platten bzw. Steine der Betongüte B 600 entsprach, konnten im allgemeinen keine Abriebschäden durch den Verkehr festgestellt werden.

Tabelle 15 Schadensarten nach Verkehrsart und Alter

Alter Verkehr	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in Fläche bzw. Länge in %			
			Risse +Schlaglöcher +Kantenabbrüche +Flickstellen m²	Verformungen m²	Verkantete Platten Steine m²	Beschäd. Fahrbahnränder m
< 4 Jahre	12.845	39.230	6	1.113	40	18
mit allg. Verkehr			-	2,8	0,1	0,1
4 - 5 Jahre	13.441	41.093	630	1.305	43	
mit allg. Verkehr			1,5	3,2	0,1	
6 - 7 Jahre	20.367	62.397	71	2.146	101	11
mit allg. Verkehr			0,1	3,4	0,2	-
8 - 9 Jahre	11.746	36.993	381	105	87	
mit allg. Verkehr			1,0	0,3	0,2	
10 - 11 Jahre	5.345	16.425	32	20	87	7
mit allg. Verkehr			0,2	0,1	0,5	0,1
< 4 Jahre	14.320	43.406	8	778	130	5
ohne allg. Verkehr			-	1,8	0,3	-
4 - 5 Jahre	8.836	26.509	11	100	85	3
ohne allg. Verkehr			-	0,4	0,3	-
6 - 7 Jahre	4.345	14.145		15	157	54
ohne allg. Verkehr				0,1	1,1	0,6
8 - 9 Jahre	8.590	29.295	3	84	73	21
ohne allg. Verkehr			-	0,3	0,2	0,1
Insgesamt	99.835	309.493	1.142	5.666	803	119

Tabelle 16 Schadensarten nach Verkehrsart und Lastwechsel

Lastübergang Verkehr	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in Fläche bzw. Länge in %			
			Risse +Schlaglöcher +Kantenabbrüche +Flickstellen m²	Verformungen m²	Verkantete Platten Steine m²	Beschäd. Fahrbahnränder m
< 30.000	3.274	9.820	6	73	13	1
mit allg. Verkehr			0,1	0,7	0,1	-
30.000 - 50.000	6.681	20.740		480	27	2
mit allg. Verkehr				2,3	0,1	-
50.000 - 80.000	7.858	23.565	630	230	56	
mit allg. Verkehr			2,7	1,0	0,2	
80.000 -100.000	21.290	65.594	49	1.892	74	19
mit allg. Verkehr			0,1	2,9	0,1	-
100.000-140.000	6.497	19.491	20	689		7
mit allg. Verkehr			0,1	3,5		0,1
140.000-200.000	12.190	37.376	408	1.248	126	7
mit allg. Verkehr			1,1	3,3	0,3	-
> 200.000	5.954	19.552	7	77	62	
mit allg. Verkehr			-	0,4	0,3	
< 30.000	9.110	27.583	6	308	138	
ohne allg. Verkehr			-	1,1	0,5	
30.000 - 50.000	8.681	26.050	13	490	62	8
ohne allg. Verkehr			-	1,9	0,2	-
50.000 - 80.000	6.864	21.352		80	29	
ohne allg. Verkehr				0,4	0,1	
80.000 -100.000						
ohne allg. Verkehr						
100.000-140.000	9.708	32.895		79	187	75
ohne allg. Verkehr				0,2	0,6	0,4
140.000-200.000	1.728	5.475	3	20	29	
ohne allg. Verkehr			0,1	0,4	0,5	
Insgesamt	99.835	309.493	1.142	5.666	803	119

5.2 Schäden

5.2.1 Risse, Schlaglöcher, Kantenabbrüche und Flickstellen in Abhängigkeit vom Alter

Der große Vorteil der Pflasterdecken liegt im allgemeinen darin, daß schadhaft gewordene Decken umgepflastert werden können, weil in den meisten Fällen eine eigentliche Beschädigung der Pflastersteine nicht erfolgt. Daher verwundert es nicht, daß die Zahl der Risse, Schlaglöcher, Kantenabbrüche mit zunehmendem Alter ganz allgemein absinkt, weil wahrscheinlich Schäden, die innerhalb bestimmter Zeiten aufgetreten sind, durch derartige Reparaturen bzw. durch Umpflastern und gelegentlichen Ersatz neuer Steine, wieder beseitigt werden konnten. Die starke Streuung der in der graphischen Darstellung angegebenen Werte zeigt, daß man bei einer Frequenz von etwa 4 Jahren diese Schäden, die sich allgemein in einem geringen Ausmaß einfinden, wohl beseitigt hat, so daß der allgemeine Trendverlauf beim Alter von 12 Jahren gegen 0 geht.

Ähnlich ist der Verlauf der Darstellung in Abhängigkeit von der Anzahl der Lastübergänge; auch hier ist eine absinkende Tendenz bemerkbar, die bei etwa 400 000 Lastwechseln die Abszisse berührt.

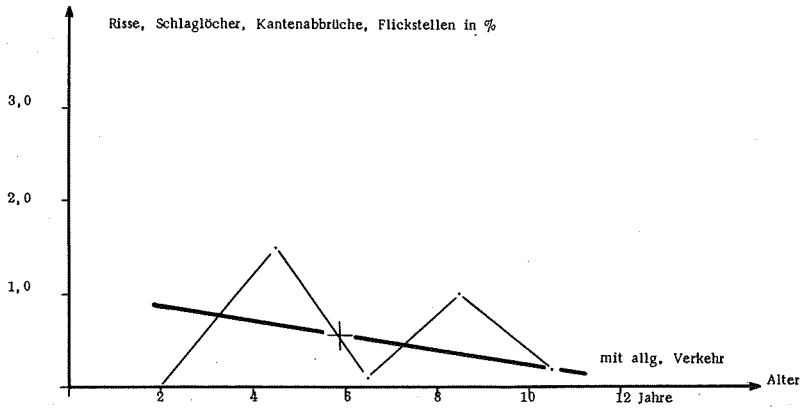


Abb. 51 Risse, Schlaglöcher, Kantenabbrüche und Flickstellen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

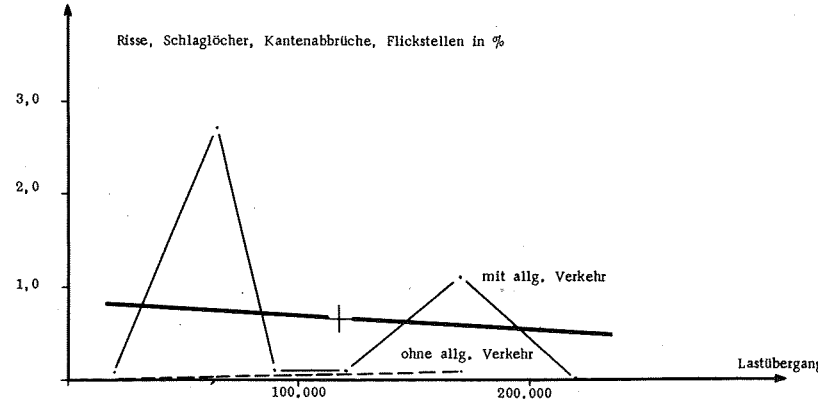


Abb. 52. Risse, Schlaglöcher usw. in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Mit zunehmendem Alter bzw. Lastwechseln werden die einzelnen auftretenden Schadensquoten immer geringer; dies deutet auch auf eine allmähliche Stabilisierung des Wegekörpers hin, die dann später keine derartigen Schäden mehr aufkommen läßt.

5.2.2 Abhängigkeit der Verformungen von Verkehrsart und Alter

An Hand der graphischen Darstellung Abb. 53 ist bei beiden Verkehrsarten ein steiler Abfall zu bemerken, der erstaunlicherweise zu dem Ergebnis führen würde, daß nach etwa 10 Jahren die Pflasterwege wieder ihre ursprüngliche Form, d. h. eine ziemlich ebene, ausgeglichene Fahrbahnoberfläche erhalten haben. Dieser Umstand ist nur dadurch erklärbar, daß mit der Häufigkeit des Verkehrs, und zwar zuerst bei den Wegen ohne allgemeinen Verkehr, das Absinken auf einen Nullwert erfolgt. Die zur Verfügung stehenden Werte weisen Streuungen auf. Im Gegensatz zu den Rissen und Schlaglöchern wird man annehmen können, daß die Verformungen nicht durch Umpflastern behoben wurden, sondern sie haben sich durch die Verkehrszunahme von

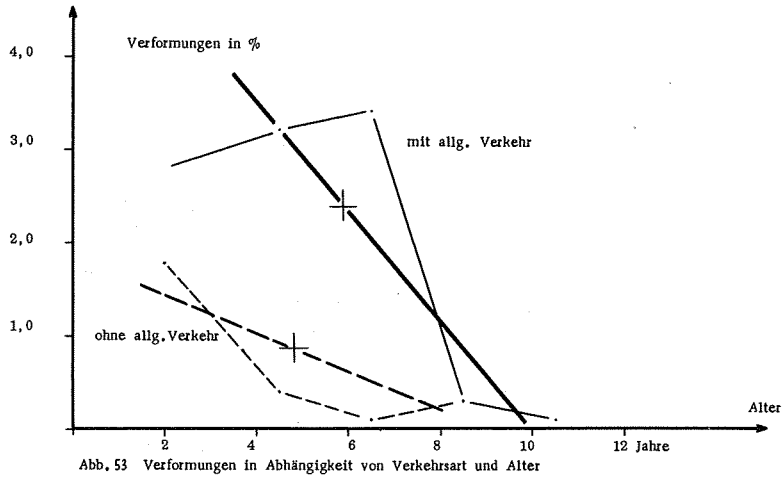


Abb. 53 Verformungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

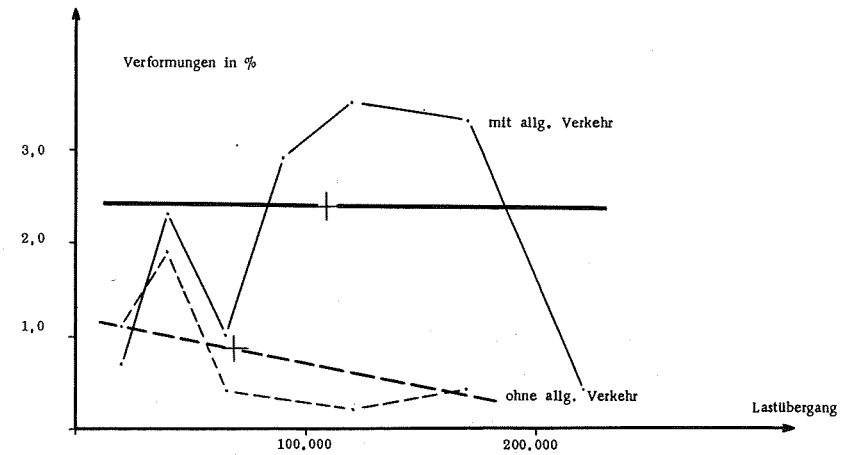


Abb. 54 Verformungen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

selbst behoben. Bei den Wegen mit allg. Verkehr ist der Abfall noch stärker, weil sich die Wege anfangs wohl auch in noch größerem Umfange verformen. In diesem Zusammenhang muß auf die „Halbraumtheorie" hingewiesen werden [1], wo die maximalen Schubspannungen etwa 10—15 cm unter der Deckenoberfläche auftreten. Bei den Pflasterdecken fallen diese Spannungen in den Bereich des Pflasterbettes, das nicht in der Lage ist, die Belastungen schadlos aufzufangen und sich dann zusammen mit der Decke verformt.

Der Verformungsabfall hängt auch mit der zunehmenden „Beruhigung" des Wegekörpers zusammen. Die Werte in Abb. 54 weisen anfangs starke Streuungen auf und gehen bei den rein landwirtschaftlichen Wegen bei über 200 000 Lastwechseln gegen Null. Anders verhält sich die Regression bei den Wegen mit allg. Verkehr, wo nur ein geringer Abfall bemerkbar ist und der letzte Einzelwert jedoch den Verlauf besser charakterisieren dürfte.

5.2.3 Verkantete Platten und Steine in Abhängigkeit zu Verkehrsart und Alter bzw. Lastwechsel

Die Größenordnungen, die durch derartige Schäden erreicht werden, sind so gering, daß sie sich im weiteren Trendverlauf erst nach etwa 20 Jahren innerhalb der 1 % Größenordnung bewegen würden. Es ist festzustellen, daß sowohl im

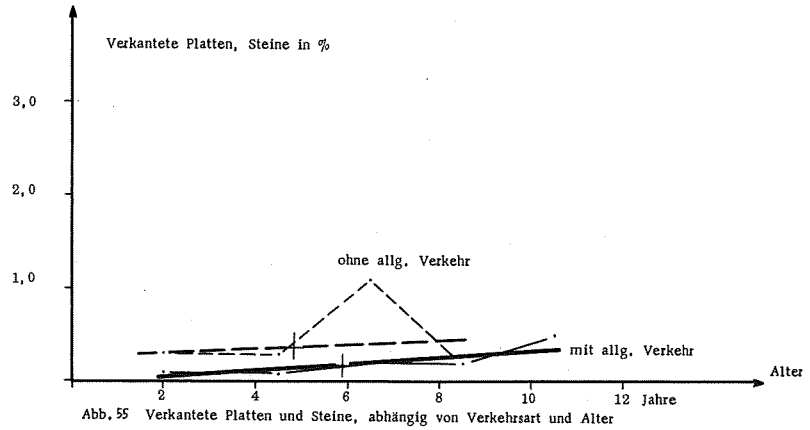


Abb. 55 Verkantete Platten und Steine, abhängig von Verkehrsart und Alter

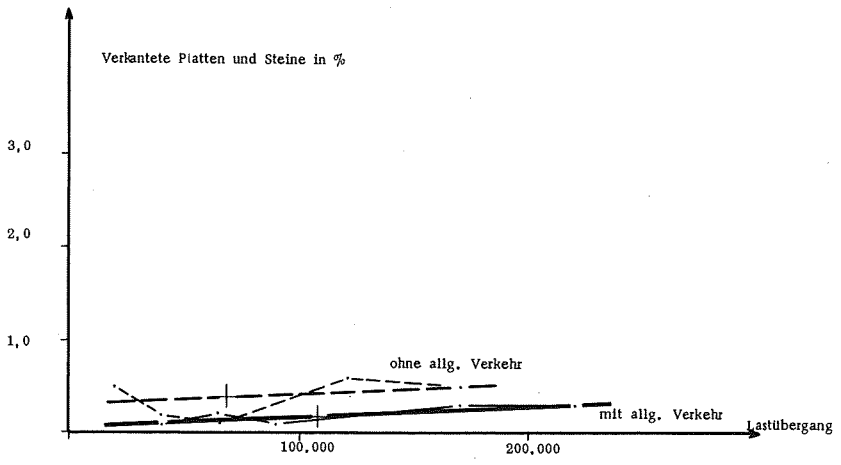


Abb. 56 Verkantete Platten und Steine, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Hinblick auf das Alter als auch im Hinblick auf die Anzahl der Lastübergänge, die Schäden durch verkantete Platten und Steine nur sehr schwach zunehmen, wobei erstaunlicherweise die Wege ohne allg. Verkehr etwas größere Schadensquoten aufweisen als diejenigen Wege mit allg. Verkehr. Dies dürfte jedoch darauf zurückzuführen sein, daß das Verkanten durch häufigeres Befahren ggf. mit höheren Geschwindigkeiten wohl beseitigt wird. Die aufgeführten Trends dürften repräsentativ sein, da die Einzelwerte im allgemeinen geringe Streuungen aufweisen.

5.2.4 Verformungen in Abhängigkeit von Untergrund und Alter bzw. Lastwechsel

Tabelle 17 Schäden nach Alter bzw. Lastwechsel gegliedert

Alter Untergrund	Fahrbahnfläche (m^2)	Schäden in (m^2) - in % Verformungen
< 4 Jahre Untergrund günstig	19.546	210 1,1
4 - 5 Jahre Untergrund günstig	12.105	20 0,2
6 - 7 Jahre Untergrund günstig	47.065	1.333 2,8
8 - 9 Jahre Untergrund günstig	40.400	17 -
10 - 11 Jahre Untergrund günstig	7.825	
< 4 Jahre Untergrund ungünstig	63.090	1.681 2,7
4 - 5 Jahre Untergrund ungünstig	55.497	1.385 2,5
6 - 7 Jahre Untergrund ungünstig	29.477	828 2,8
8 - 9 Jahre Untergrund ungünstig	25.888	172 0,7
10 - 11 Jahre Untergrund ungünstig	8.600	20 0,2
Insgesamt (Kontrolle)	309.493	5.666 1,8

Lastübergang Untergrund	Fahrbahnfläche (m^2)	Schäden in (m^2) - in % Verformungen
< 30.000 Untergrund günstig	13.295	20 0,2
30.000 - 50.000 Untergrund günstig	10.168	210 2,1
50.000 - 80.000 Untergrund günstig	16.698	52 0,3
80.000 -100.000 Untergrund günstig	40.540	742 1,8
100.000-140.000 Untergrund günstig	22.265	551 2,5
140.000-200.000 Untergrund günstig	7.060	
> 200.000 Untergrund günstig	16.915	5 -
< 30.000 Untergrund ungünstig	24.108	361 1,5
30.000 - 50.000 Untergrund ungünstig	36.622	760 2,1
50.000 - 80.000 Untergrund ungünstig	28.219	258 0,9
80.000 -100.000 Untergrund ungünstig	25.054	1.150 4,6
100.000-140.000 Untergrund ungünstig	30.121	217 0,7
140.000-200.000 Untergrund ungünstig	35.791	1.268 3,5
> 200.000 Untergrund ungünstig	2.637	72 2,7
Insgesamt (Kontrolle)	309.493	5.666 1,8

Da die übrigen Schäden sehr gering sind, erscheint es sinnvoll, nur noch die Verformungen im Hinblick auf die Untergrundverhältnisse zu untersuchen. Hierbei ergeben sich aus Abb. 57 in Abhängigkeit vom Alter widersprüchliche Aussagen. Betrachtet man den ausgeglichenen Verlauf bei ungünstigem Untergrund, so kommt man zu dem Ergebnis, daß nach einem Alter von über 10 Jahren die Schäden gegen Null gehen. Dieser steile Abfall des Trends, im übrigen repräsentativ genug dargestellt durch fünf Werte nicht allzugroßer Streuung, kann lediglich dahingehend erklärt werden, daß bei wenig befahrenen Wegen, die nur dem landwirtschaftlichen Verkehr geöffnet sind, sich die Verformungen auch bei zunehmender Beruhigung des Untergrunds durch das ständige Befahren — wie auch in Abb. 53 erkennbar — beheben können. Dagegen zeigt der Verlauf bei günstigem Untergrund, daß die Verformung mit zunehmendem Alter auch zunimmt. Wegen der großen Streuung der Einzelwerte dürfte dieser Trend aber nicht repräsentativ genug sein.

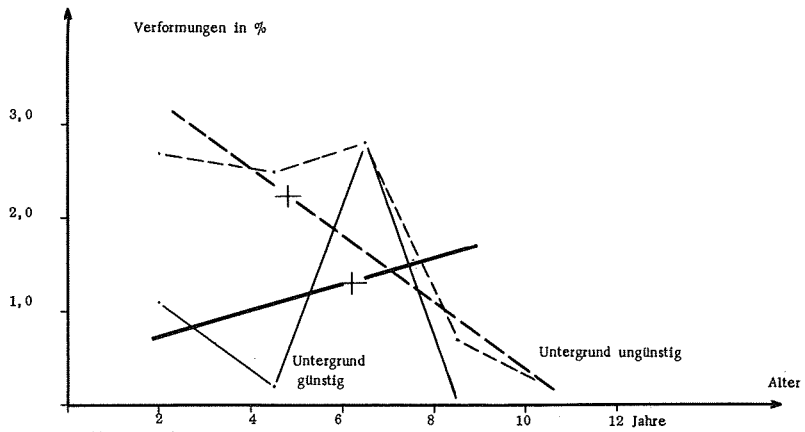


Abb. 57 Verformungen in Abhängigkeit von Untergrund und Alter

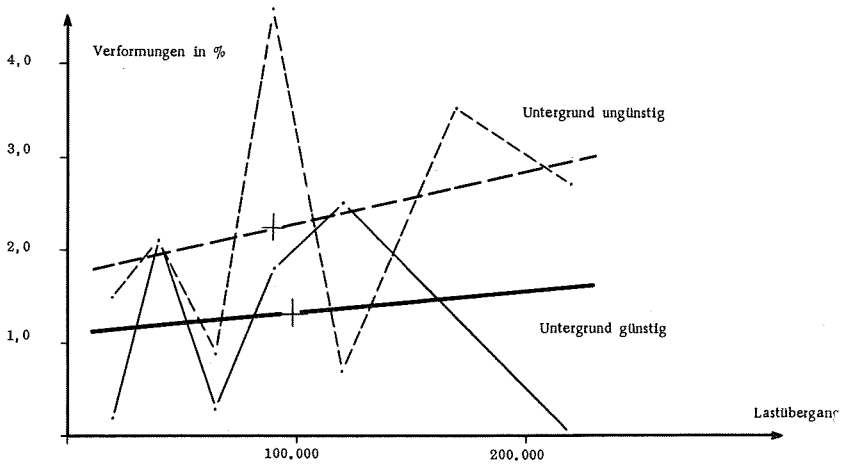


Abb. 58 Verformungen in Abhängigkeit von Untergrund und Lastwechsel

In Abb. 58 ist feststellbar, daß den Erwartungen entsprechend, sich der günstige Untergrund in günstigerem Schadensverhältnis bewegt, als der ungünstige Untergrund. Die Differenz bei unterschiedlichem Untergrund beträgt im Mittel etwa 1 %. Auch hier sind so starke Streuungen vorhanden, daß es fraglich ist, ob der Trendverlauf beider Geraden allgemeine Gültigkeit hat. Im Gegensatz zu den Abbildungen 53, 54 und 57 nehmen die Verformungen schwach zu, erreichen aber erst nach 500 000 Lastwechseln Größenordnungen von 5 % bzw. 2,5 %.

5.2.5 Besonderheiten im norddeutschen Raum

Von den insgesamt 9 984 Einzelabschnitten wurden allein 9 270 Abschnitte im norddeutschen Raum untersucht. Der überwiegende Teil der Schäden fällt auf die Verformungen, die bei 7 % aller Abschnitte auftreten. Die Verformungen sind bei Wegen mit allg. Verkehr dreimal häufiger als auf rein landwirtschaftlichen Wegen. Weiterhin waren bei den Wegen ohne Tiefbordsteine abgesackte Steinzeilen — durch Wühltiere verursacht — in einem Ausmaß von 3 % bei allen Abschnitten feststellbar. Diese Absackungen treten vorwiegend bei rein landwirtschaftlichen Wegen auf (etwa doppelt so häufig). Die übrigen Schäden, wie z. B. abgesackte Fahrbahnränder, zerbrochene Steine, Schlaglöcher usw., sind nur in verschwindend kleinem Ausmaß vorhanden.

Etwa die Hälfte der vorstehend genannten Strecken bestand aus Rechtecksteinen mit Tiefbord. Bei mit Tiefbord eingefaßten Decken war die Schadensanfälligkeit 2 bis 4mal geringer als bei Verbundsteindecken.

5.3 Über das Verhalten der Pflasterdecken

5.3.1 Allgemeines

Entsprechend den angegebenen Schadensquoten, bei denen die Verformungen mit einem Gesamtwert von unter 2 % an erster Stelle stehen, war auch zu erwarten, daß sich der Zustand der Fahrbahn in entsprechend hohen Wertstufen bewegt.

5.3.2 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Alter

Tabelle 18 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart Untergrund und Alter

Alter	Zustand der Fahrbahn			
	Verkehr		Untergrund	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig
< 4 Jahre	4,0	4,3	4,2	4,1
4 - 5 Jahre	3,9	4,3	4,1	4,1
6 - 7 Jahre	4,4	4,0	4,5	3,9
8 - 9 Jahre	4,5	4,3	4,6	4,2
10-11 Jahre	4,0			4,0

Beide Darstellungen zeigen, daß sowohl in Abhängigkeit vom Verkehr als auch vom Untergrund die Zustandsstufen schlechter 4,0 nicht erreicht werden. Dies spricht dafür, daß auch ältere Wege sich in sehr gutem Zustand präsentieren. Im Hinblick auf den allgemeinen Verkehr müßten allerdings noch

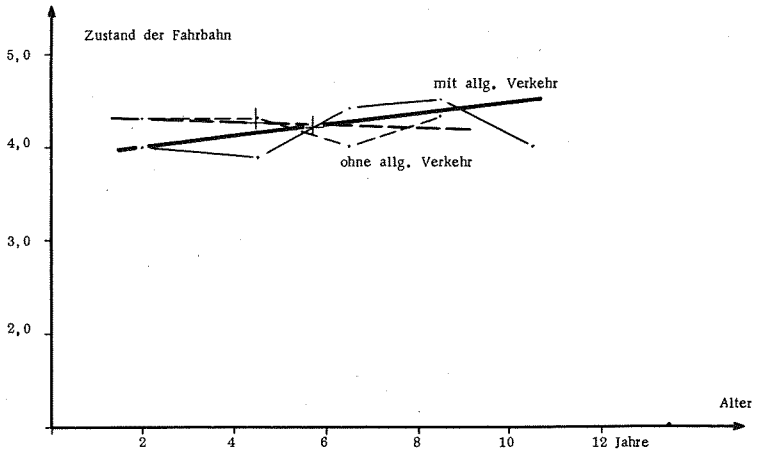


Abb. 59 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Alter

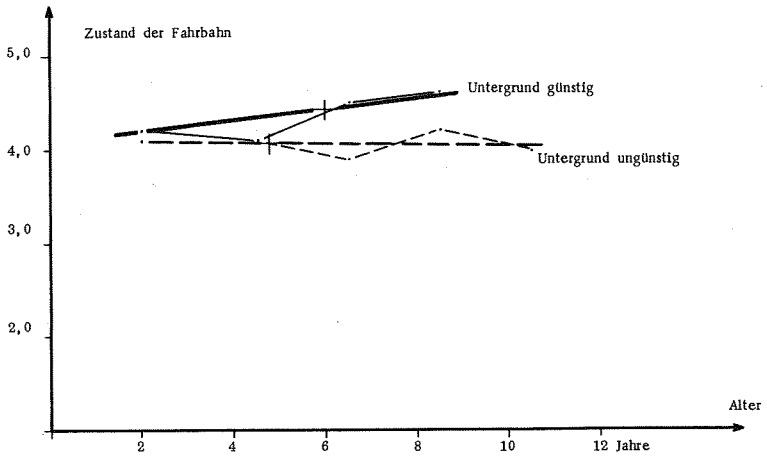


Abb. 60 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Alter

Untersuchungen angestellt werden, um herausfinden zu können, warum mit zunehmendem Alter sich der Zustand der Wege sogar verbessert. Dies mag wohl in einer Konsolidierung des Unterbaues liegen (s. 5.2.2), wie sie schon teilweise bei den bituminösen Wegebefestigungen feststellbar war.

Im Hinblick auf den Untergrund verhalten sich die Fahrbahnen erwartungsgemäß d. h., daß bei ungünstigem Boden der Zustand etwas besser ist als bei ungünstigem Boden. Auch hier ist erstaunlich, daß bei günstigem Untergrund mit zunehmendem Alter der Zustand der Fahrbahn nicht absinkt, sondern im Gegenteil wächst. Die Beruhigung des Wegekörpers dürfte auch hier mit eine der Ursachen sein für diese Erscheinung. Bei ungünstigem Untergrund ist dagegen festzustellen, daß sich die Wege nahezu über die gesamte Untersuchungsdauer fast gleichmäßig verhalten und kaum abfallen. Die Streuung der Einzelwerte ist in beiden Abbildungen gering, so daß die angegebenen Trends größere Wahrscheinlichkeit besitzen.

5.3.3 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Lastwechsel

Tabelle 19 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund und Lastwechsel

Lastübergang	Zustand der Fahrbahn			
	Verkehr		Untergrund	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig
< 30.000	4,1	4,3	4,2	4,3
30.000 - 50.000	4,1	4,2	4,0	4,2
50.000 - 80.000	4,1	4,4	4,3	4,2
80.000 -100.000	4,3		4,6	4,0
100.000-140.000	4,5	4,1	4,8	4,1
140.000-200.000	4,0	3,9	4,3	3,9
> 200.000	4,4		4,6	3,8

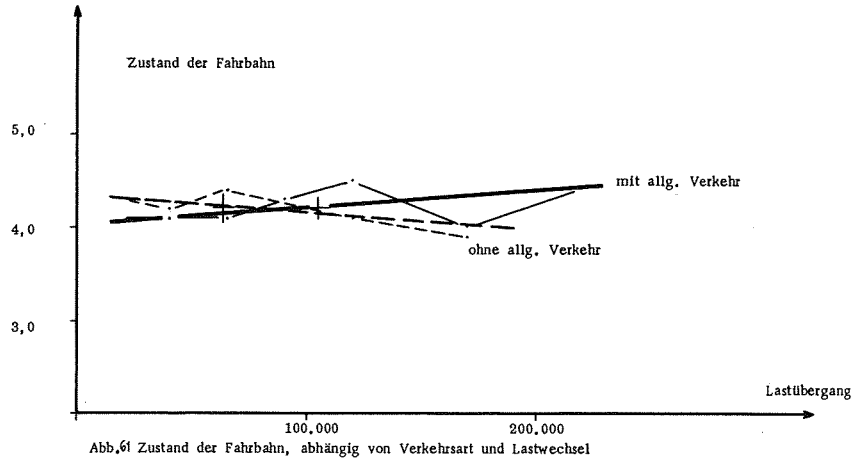


Abb.61 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

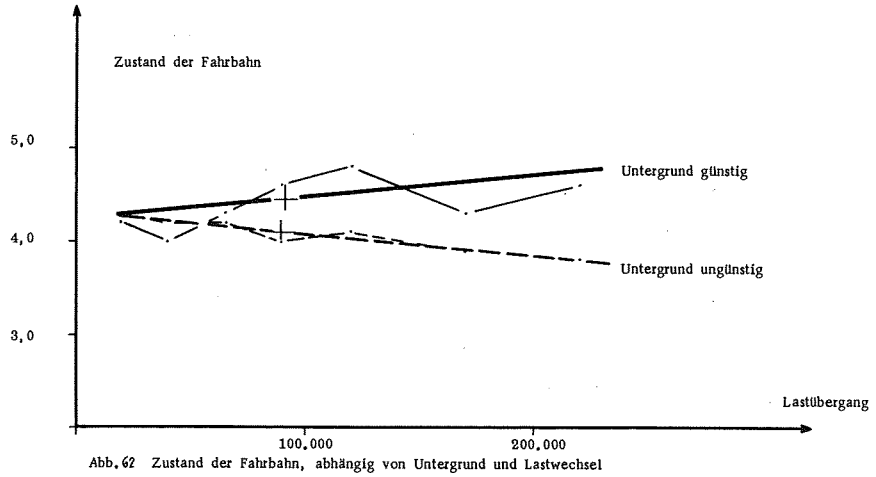


Abb.62 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Lastwechsel

Zur Bestätigung der vorherigen Angaben wurden auch die Beziehungen zum Lastübergang hergestellt, wobei sich im wesentlichen kaum Unterschiede ergaben, denn die Trends entsprechender Abbildungen sind einander sehr ähnlich. Auch hier bewegt sich der Zustand innerhalb der Stufen 4,0 bis 5,0. Ähnlich wie bei den Beziehungen des Fahrbahnzustandes zum Alter ist auch beim allgemeinen Verkehr in der Relation zum Lastübergang ein leichtes Ansteigen des Zustandes zu bemerken.

Unter Berücksichtigung der Verformung und des Zustandes der Fahrbahn kann den Pflasterdecken eine sehr große Haltbarkeit nachgesagt werden. Es lassen sich keine Anzeichen erkennen, daß diese Decken durch zunehmendes Alter oder durch zunehmende Lastübergänge merkbare Schäden erleiden.

5.4 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen

Tabelle 20 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung

Alter / Lastübergang	Zustand			
	Seitenstreifen		Entwässerung	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr
< 4 Jahre	3,4	2,8	3,8	3,3
4 - 5 Jahre	3,1	3,3	3,8	3,9
6 - 7 Jahre	2,8	2,9	3,3	3,4
8 - 9 Jahre	2,7	2,9	3,6	3,6
10-11 Jahre	2,7		3,4	
< 30.000	3,4	3,1	4,5	3,3
30.000 - 50.000	3,4	2,8	3,4	3,6
50.000 - 80.000	2,9	3,3	3,7	3,6
80.000 -100.000	2,9		3,6	
100.000-140.000	2,9	2,9	3,5	3,6
140.000-200.000	2,9	3,0	3,4	3,7
> 200.000	2,8		3,4	

5.4.1 Zustand der Seitenstreifen in Abhängigkeit von Alter und Verkehrsart bzw. Lastwechsel

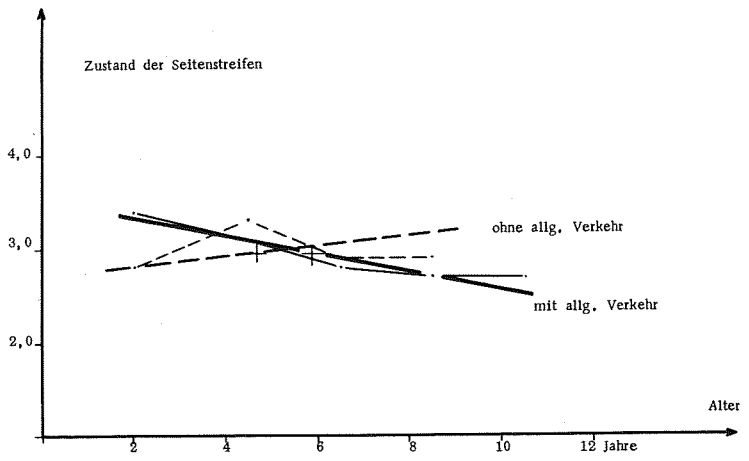


Abb. 63 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter

Auch hier gelten ganz allgemein die Erkenntnisse, die auch bei den anderen mit Bindemittel befestigten Wegen gemacht wurden:

1. Der Zustand der Seitenstreifen ist graduell wesentlich schlechter als der Zustand der Fahrbahn.
2. Die Seitenstreifen nähern sich verhältnismäßig rasch dem Zustand, den man als „gerade noch brauchbar" bezeichnet.

Der Zustandsunterschied zwischen Fahrbahn und Seitenstreifen liegt ungefähr in der Größenordnung von 1,0. Auch hier ist zu bemerken, daß anfänglich eine stärkere Streuung vorhanden ist, was auf gelegentliche Unterhaltungsmaßnahmen an den Seitenstreifen schließen läßt. Ab einem Alter von etwa 6 Jahren bzw. 100 000 Lastwechseln, zeigt der allgemeine Trend ein leichtes Abfallen in der Qualität an, mit Ausnahme der Situation „ohne allgemeinen Verkehr" im Zusammenhang mit dem Alter, wo wahrscheinlich durch Unterhaltungsmaßnahmen der Trend einen ansteigenden Verlauf darstellt. Bei allgemeinem Verkehr fällt die Zustandsstufe ab.

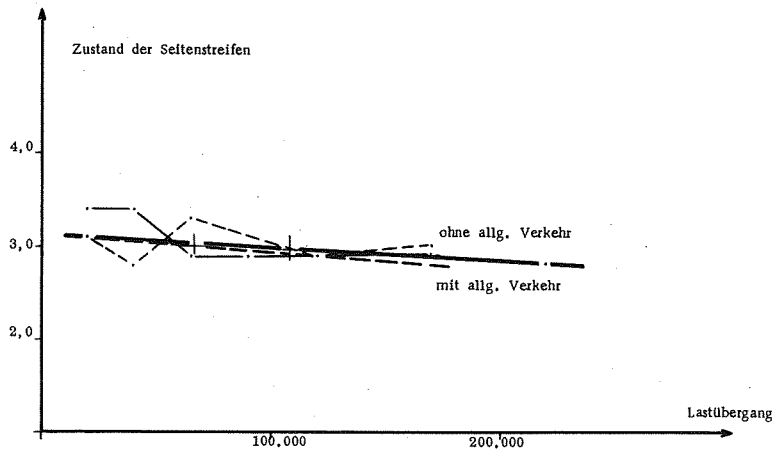


Abb. 64 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Im Zusammenhang mit der Anzahl der Lastwechsel kann man im wesentlichen nicht zwischen Wegen mit allgemeinen und ohne allgemeinen Verkehr unterscheiden. Die Trends verlaufen hier schwächer als bei den Beziehungen zum Alter.

5.4.2 Zustand der Entwässerung von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart

Wie bei den Betonwegen und bituminösen Wegen ebenfalls schon feststellbar, ist der allgemeine Zustand der Entwässerung der Wege um etwa 0,5 bis 1,0 besser als der Zustand der Seitenstreifen. Wenn man den Trend der graphischen Darstellungen verfolgt, so wird auch in Zukunft der kritische Zustand von 2,5 noch lange nicht erreicht sein, und zwar bei den Wegen mit allg. Verkehr erst nach etwa 30 Jahren bzw. 600 000 Lastwechseln. Bei den rein landwirtschaftlichen Wegen steigt der Trendverlauf durch die Unterhaltungsmaßnahmen sogar schwach an.

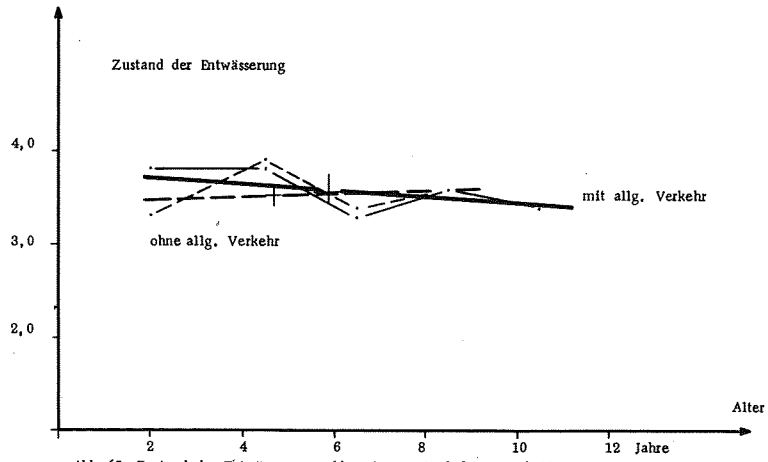


Abb. 65 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Alter

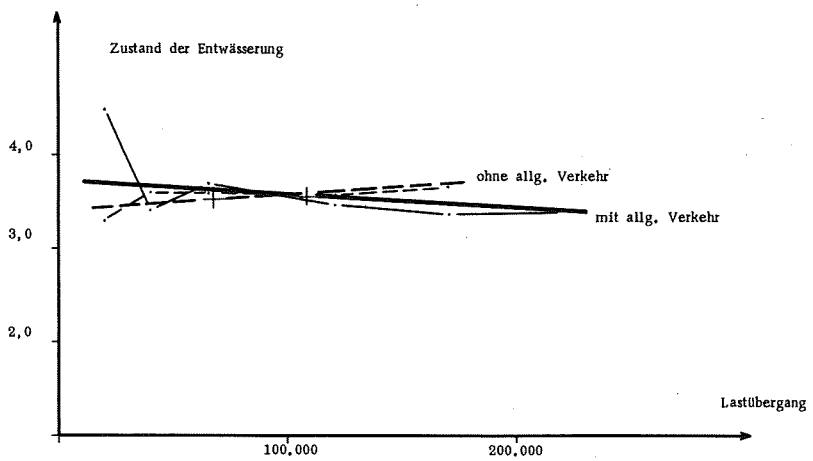


Abb. 66 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

6. Befestigungen ohne Bindemittel

Im Gegensatz zu den Befestigungen mit hydraulischen oder bituminösen Bindemitteln hat sich herausgestellt, daß es sehr schwierig ist, die Schäden an den Wegebefestigungen ohne Bindemittel aufzustellen und zu klassifizieren. Die Ursache hierfür liegt darin, daß Befestigungen ohne Bindemittel in gewissen Zeitabständen wieder repariert werden und die entstandenen Schäden dadurch nicht mehr feststellbar sind. Auch hängt diese Frage wohl mit der Größenordnung der zur Verfügung stehenden und untersuchten Strecken zusammen. Das Schwergewicht der Betrachtungen muß sich daher auf die Veränderungen im Allgemeinzustand der Decken ohne Bindemittel erstrecken. Hier ist zu erwarten, daß von der Zustandsstufe „sehr gut" bis zu einer gerade noch brauchbaren Zustandsstufe ein verhältnismäßig geringer Zeitraum bzw. eine geringe Anzahl der Lastwechsel verstreicht. Dadurch ergibt sich eine zickzackartige Linie, wenn jeweils durch eine Erneuerung ein hoher Zustand hergestellt wird. Von Bedeutung dürfte hierbei sein: einerseits die Frequenz, d. h. der Zeitpunkt oder die Größenordnung des Zeitraumes bzw. die Anzahl der Lastwechsel, die im allgemeinen erforderlich ist, um jeweils eine Erneuerung der nichtgebundenen Schichten vorzunehmen und andererseits die Größenordnung des Absinkens bzw. die Differenz der Zustandsstufen selbst.

6.1 Schotterwege

6.1.1 Allgemeines

Von den Schotterwegen standen 3 280 Einzelabschnitte zu je 10 m Länge zur Verfügung, mit einer Fahrbahnfläche von 99 818 m². Bis auf ganz geringe Ausnahmen waren die untersuchten Wegestrecken einspurig.

Als Standardbauweisen wurden Wege mit 20—30 cm dicken Schotterdecken der Körnungen 25/35 mm, 35/55 mm bzw. 40/60 mm mit eingeschlämmter Splitt-Sandschicht zugelassen. Aus der nachfolgenden Zusammenstellung ergibt sich vorweg, daß die Schäden, die sich auf Abrieb, Verformungen, Wundstellen, beschädigte Fahrbahnränder und Durchwachsungen erstrecken, nicht repräsentativ sind, weil die Schäden nur bei zwei Wegegruppen erfaßt werden konnten. Aus diesem Grunde mußte auf eine graphische Darstellung verzichtet werden. Soweit man überhaupt von einer Häufigkeit sprechen kann, ist lt. Tab. 21 festzustellen, daß sich Abrieb in erhöhtem Maße und dann Durchwachsungen der Fahrbahnränder einstellen, sowie die übrigen Schäden wie Verformungen, „Wundstellen", beschädigte Fahrbahnränder in verschwindend kleinem Umfang auftreten. Um überhaupt Aussagen über die Entstehung der Schäden an nichtgebundenen Fahrbahndecken machen zu können, dürfte es wohl notwendig sein, ausgesuchte Strecken unter spezieller Verkehrslast ständig zu beobachten und die entstandenen Schäden laufend fortzuschreiben. Würden diese Beobachtungen über einen mehrjährigen Zeitraum verfolgt, so dürfte es dann unter Berücksichtigung der spezifischen Belastung durch den Verkehr an Hand der Halbraumtheorie [1] möglich sein, den Schadensverlauf und die Häufigkeit im Zusammenhang mit dem allgemeinen Verhalten der nichtgebundenen Fahrbahndecken zu verfolgen.

Tabelle 21 Schadensarten an Schotterdecken

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen				
			Abrieb m²	Verformungen m²	Wundstellen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	400	1.200					
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	1.050	3.150					
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	90	450					
> 11 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	600	1.800					
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	3.966	11.898					
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	11.201	33.084					
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	9.866	29.098	2,2				
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	1.823	6.352	9,4	2,4	1,7	2,7	11,2
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	2.200	7.293					
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	1.600	5.493					
Insgesamt	32.796	99.818	1,3	0,2	0,1	0,1	0,6

6.1.2 Verhalten der Schotterdecken, Seitenstreifen und Entwässerung

An Hand der (S. 38—39) beschriebenen Zustandsstufen wurde versucht, trotz des wenig repräsentativen Umfanges, Aussagen über die Zusammenhänge von Alter, Lastübergänge, Verkehr, Untergrund und Gelände zu machen.

Tabelle 22 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit vom Alter

Alter	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
4 - 5 Jahre	2,6	2,5	2,5	2,7	2,6	2,5
6 - 7 Jahre		2,6	2,6			2,6
8 - 9 Jahre	2,0	2,9	2,9	2,0		2,8
> 11 Jahre	3,0	2,2	2,3	2,3	2,3	

Tabelle 23 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von den Lastübergängen

Lastübergang	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
< 20.000		2,8	2,8		2,3	2,9
20.000 - 30.000		2,6	2,6		2,7	2,5
30.000 - 50.000	2,7	2,7	2,7	3,0	2,8	2,7
50.000 - 70.000		2,4	2,5	2,1	2,1	2,7
70.000 -100.000	2,6			2,6		2,6
100.000-120.000		2,5	2,5			2,5

6.1.3 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart

Die Darstellung des Zustandes in Abhängigkeit vom Alter der Befestigung zeigt sowohl beim allgemeinen Verkehr, als bei landwirtschaftlichen Wegen einen zickzackförmigen Verlauf mit kräftigen Ausschlägen nach oben oder unten. Diese

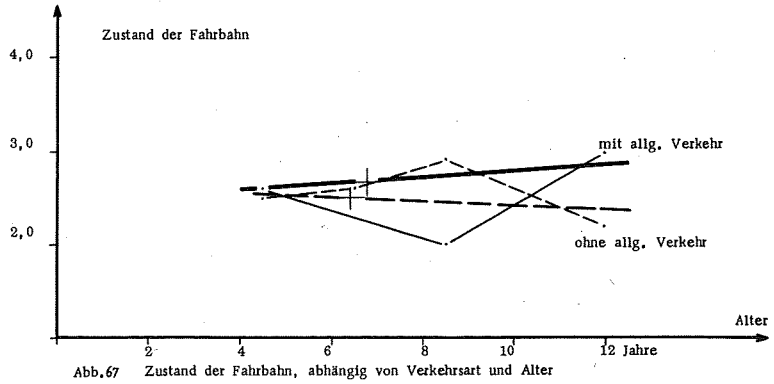


Abb. 67 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Alter

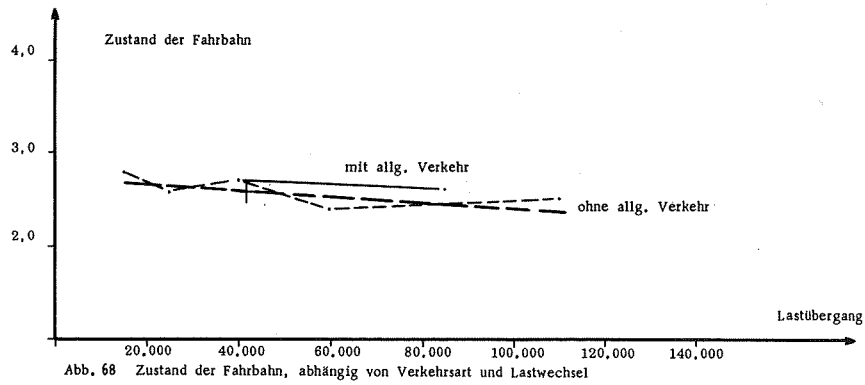


Abb. 68 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

starke „Streuung" zeigt vor allem, daß zu bestimmten Zeitpunkten Unterhaltungsmaßnahmen an den untersuchten Wegestrecken in der Zwischenzeit vorgenommen worden sind. Dem allgemeinen Verlauf der in dieser Darstellung angegebenen Regressionsgeraden dürfte wohl keine besondere Bedeutung zukommen, sie zeigt das ausgeglichene Mittel und weist lediglich daraufhin, daß beim Alter Null Jahre der allgemeine Zustand der Fahrbahn nicht wie erwartet bei der Zustandsstufe 5 beginnen würde, sondern wesentlich niedriger. Dies bestätigt wiederum, daß wie bei den bituminösen oder bei den anderen mit Bindemitteln befestigten Wegen innerhalb sehr kurzer Zeit nach der Bauabnahme eine rasche Zustandsverschlechterung der Fahrbahndecke eintritt und der Zustand dann unter Berücksichtigung von Unterhaltungsmaßnahmen nur noch langsam absinkt. Im Gegensatz zu den mit Bindemitteln befestigten Fahrbahnen ist aber zu ersehen, daß allgemein der Zustand der nichtgebundenen Deck- und Tragschichten um mindestens 1,0 Stufen schlechter ist, als der gebundener Befestigungen. Den Wegen ohne allgemeinen Verkehr ist weniger Aufmerksamkeit gewidmet worden; schon nach 6 Jahren bzw. nach 60 000 Lastübergängen haben sie den kritischen Zustand erreicht, der sie als gerade noch brauchbar qualifiziert. Nur wenig besser sehen dagegen die Wege mit allgemeinem Verkehr aus, bei denen anscheinend von den Verkehrsteilnehmern mehr Augenmerk auf eine Unterhaltung gelegt worden ist.

6.1.4 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit zum Untergrund

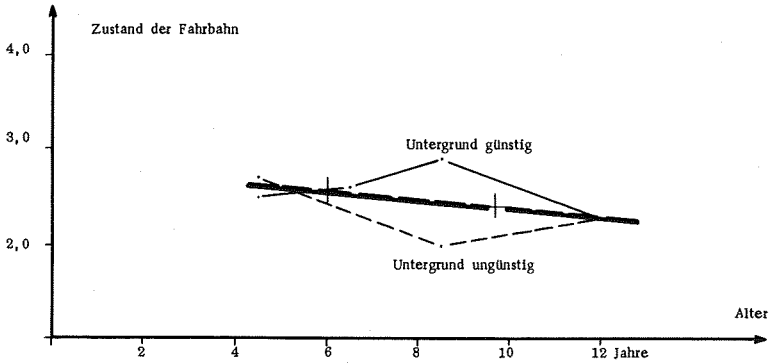


Abb. 69 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Alter

Ein ähnliches Bild wie beim Verlauf mit allgemeinem bzw. ohne allgemeinen Verkehr ergibt sich aus der Betrachtung des Fahrbahnzustandes in Abhängigkeit vom Untergrund. Es scheint auch hier, daß die Unterhaltung den Zustand stark beeinflußt, wobei es nach einem gewissen Zeitraum überhaupt keine Rolle mehr spielt, ob die Schotterdecke auf einem günstigen oder ungünstigen Untergrund liegt. Auch die Darstellung im Zusammenhang mit dem Lastübergang zeigt hier keine wesentliche bzw. repräsentative Annahme, obwohl hier naturgemäß der Verlauf des ungünstigen Untergrundes, der schneller schlechtere Zustandsstufen erreicht, wohl erklärbar ist. Allgemein kann jedoch lediglich festgestellt werden, daß der Trendverlauf sich ähnlich gestaltet wie in Abhängigkeit vom Verkehr: im allgemeinen schwach absinkend.

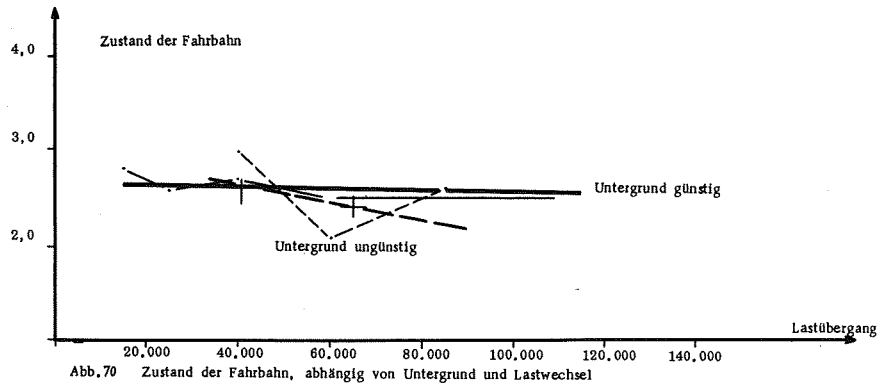


Abb. 70 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Lastwechsel

6.1.5 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit zum Gelände

Die wenigen Werte, die für den Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Alter und Gelände zur Verfügung standen, lassen eine repräsentative Aussage nicht zu. Es ist lediglich hierbei zu beobachten, daß ein allgemeines Absinken bei ebenem Gelände die Folge ist. Die Beziehungen zu welligem Gelände und Alter sind nur durch Maßnahmen der Unterhaltung erklärbar, weil der Verlauf der drei Werte ein Ansteigen des Zustandes signalisiert. Allgemein ist jedoch auch hier festzustellen, daß der Zustand bzw. die Zustandsstufe sich in nur sehr mäßigen Grenzen von 2,5 bis 2,8 bewegt; daher dürften über die künftige Haltbarkeit der Wege außerhalb der angegebenen Zeiträume doch erhebliche Zweifel bestehen.

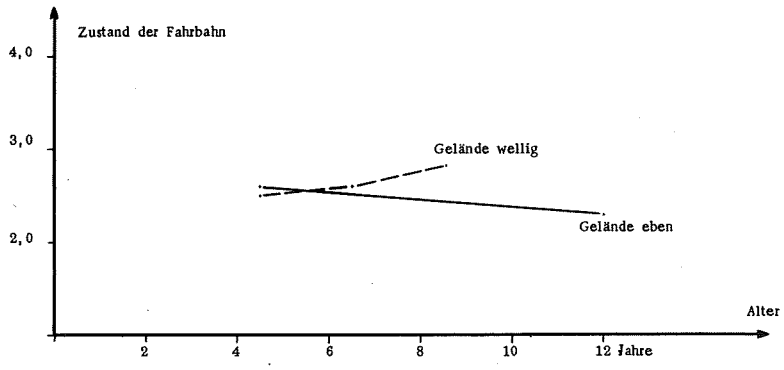


Abb. 71 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Gelände und Alter

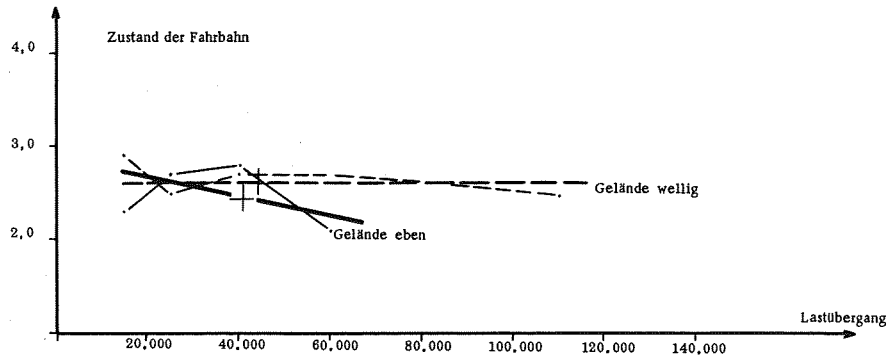


Abb. 72 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Gelände und Lastwechsel

Die graphische Darstellung in Abhängigkeit vom Lastübergang zeigt nach starken Streuungen zu Beginn, daß sich sonderbarerweise in welligem Gelände die Wege nicht übermäßig ändern. Bei ebenem Gelände sieht man wieder ein verhältnismäßig rasches Absinken des Zustandes. Auch hier wiederum ist der Zustand mangelhaft wie bei allen anderen graphischen Darstellungen. Obwohl nun die zur Verfügung stehenden Werte nicht ausreichend waren, lassen sich folgende grundsätzliche Erkenntnisse aus den Darstellungen ableiten:

Der Zustand der Schotterdecke ändert sich nach der Bauabnahme, also nach der Verkehrsübergabe verhältnismäßig rasch und sinkt hier auf ein gerade noch brauchbares Maß ab. Das Absinken dürfte in einen Zeitraum von jeweils 2—4 Jahren bzw. bei Lastübergängen in der Größenordnung von 20 000—40 000 Lastwechseln eintreten. Der weitere Verlauf des Zustandes dieser Fahrbahndecken ist dann ausschließlich abhängig von den Unterhaltungsmaßnahmen, die auf diesen Wegen geschehen. Diese Maßnahmen an den Wegen dürften allgemein gesehen nicht ausreichend sein, da sich eine wesentliche Zustandsverbesserung nicht einstellt, sondern wie es der allgemeine Trendverlauf zeigt, sich der Zustand der Schotterwege nach 2 oder 4 Jahren, bzw. nach der entsprechenden Anzahl von Lastwechseln eben gerade noch in den tragbaren Grenzen der Brauchbarkeit verhält.

Von besonderem Interesse dürfte jedoch eine Untersuchung sein, die sich mit dem Zusammenhang von Gefälle und dem Zustand der Wege befaßt. Die nachfolgende Graphik erfaßt 5 bis 6 Jahre alte Wegestrecken derselben Bauart von rund 8 km Länge in einem Flurbereinigungsverfahren. Hier wurden die verschiedenen Ge-

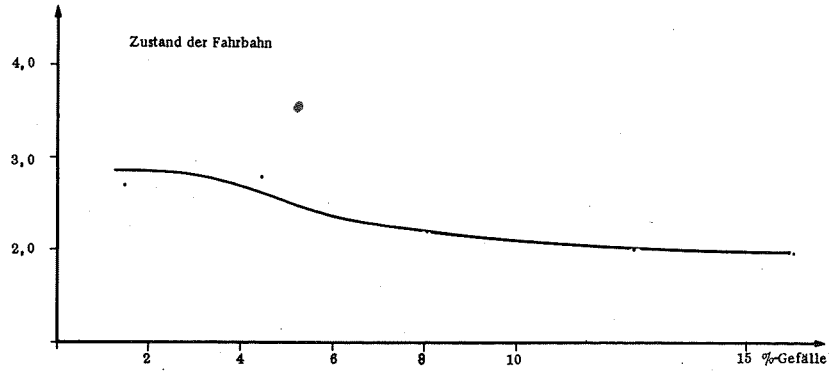


Abb. 73 Abhängigkeit des Zustands vom Längsgefälle

fällsarten zusammengestellt und als Durchschnittswerte — und nicht als allgemeines Mittel — dargestellt. Der Verlauf der Einzelwerte in Abb. 73 zeigt, daß bei 0—5 % Gefälle das Verhalten der Wege noch einigermaßen linear ist, dann rascher im Bereich von 5—10 % im Zustand abfällt und sich dabei schnell einer schlechten Zustandsstufe 2,0 und wahrscheinlich darunter nähert. Der kritische Bereich liegt im Gefälle von 5—10 %, zumindest > 5 %.

6.1.6 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerungsanlagen in Abhängigkeit vom Alter bzw. Lastübergang und Verkehrsart

Tabelle 24 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung

Alter	Zustand			
	Seitenstreifen		Entwässerung	
Lastübergang	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr
4 - 5 Jahre	2,7	2,3		3,0
6 - 7 Jahre		2,4		3,3
8 - 9 Jahre		3,0	4,5	3,6
> 11 Jahre		2,3		4,0
< 20.000		3,0		4,0
20.000 - 30.000		2,4		3,0
30.000 - 50.000	2,0	2,2		3,0
50.000 - 70.000		2,4		3,8
70.000 -100.000	3,0		4,5	
100.000-120.000		2,1		2,5

Die Daten in Tab. 24 über den Zustand der Seitenstreifen und der Entwässerungseinrichtungen an nichtgebundenen Fahrbahnen lassen erkennen, daß nur für die Wege ohne allgemeinen Verkehr genügend Werte vorhanden sind, die eine einigermaßen repräsentative Aussage gestatten. Der Zustand der Seitenstreifen, und zwar sowohl im Zusammenhang mit dem Alter, als auch mit den Lastübergängen, zeigt das ernüchternde Bild einer gerade noch brauchbaren Einrichtung.
Der allgemeine Zustand der Seitenstreifen bei landwirtschaftlichen Wegen erstreckt sich entsprechend Abb. 74 innerhalb der Grenzen 2,3 bis 2,5 und verläuft fast parallel zur Abszisse. Die zur Verfügung stehenden Werte weisen nur bei einem Wert stärkere Abweichung von der Geraden auf.

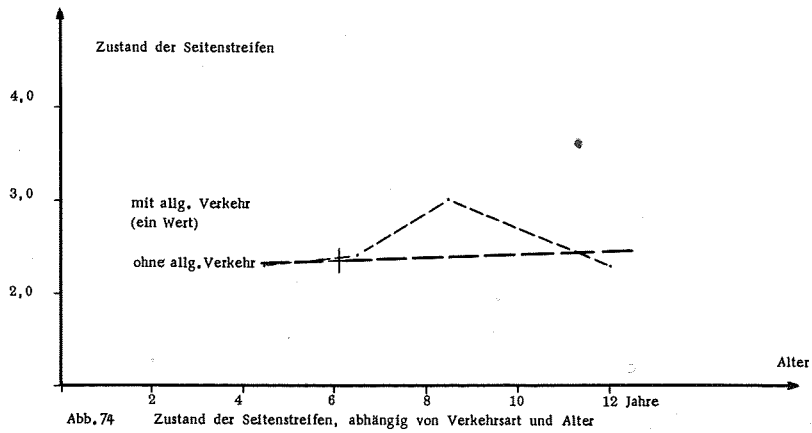


Abb. 74 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter

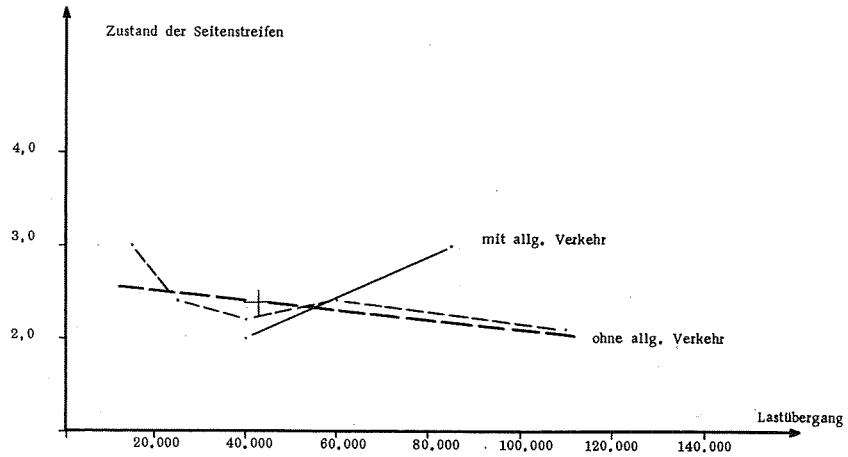


Abb. 75 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Der Zustandsverlauf wird im Zusammenhang mit der Anzahl der Lastwechsel in Abb. 75 wesentlich eindeutiger charakterisiert, als bei der Abhängigkeit vom Alter. Hier zeigt sich im Gegensatz zu den vorhergehenden Abbildungen, daß der Zustand der Seitenstreifen stärker von dem Lastwechsel als vom Alter beeinflußt wird. Der Zustand fällt von 2,5 auf 2,0 ab. Der Verlauf bei allgemeinem Verkehr ist nicht repräsentativ, da er nur aus 2 Werten besteht.

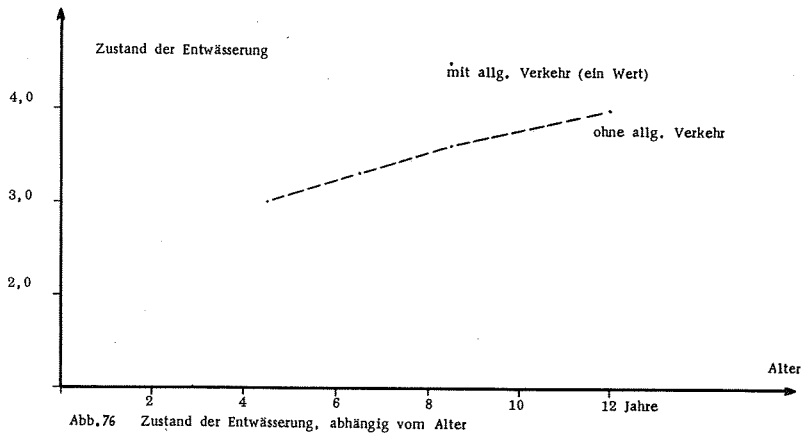


Abb. 76 Zustand der Entwässerung, abhängig vom Alter

Der Zustand der Entwässerung ist gegenüber dem der Seitenstreifen graduell um eine Stufe besser. Das Verhalten der Entwässerung dürfte am besten durch Abb. 77 gekennzeichnet sein, wo die Regression eine leicht fallende Tendenz im Zusammenhang mit der Anzahl der Lastwechsel anzeigt. Dagegen zeigt der Zustandsverlauf in Abb. 76 mit zunehmendem Alter sogar eine ansteigende Tendenz.

Die Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen verhalten sich somit im wesentlichen nicht anders als die Fahrbahn selbst. Eher ist unter gewissen Um-

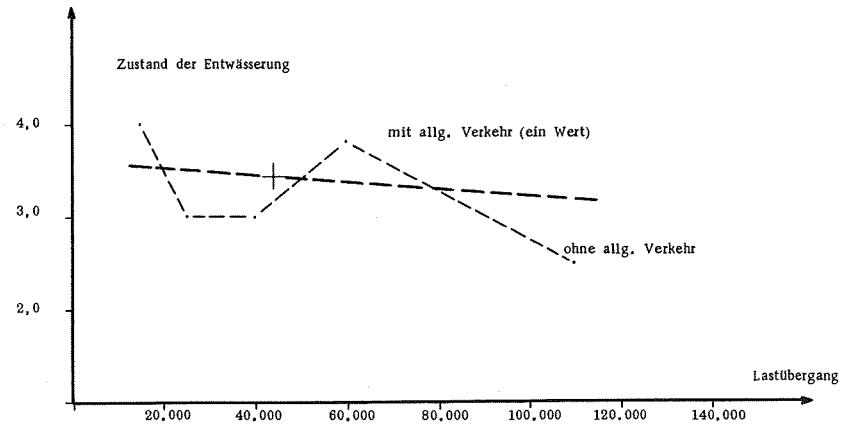


Abb.77 Zustand der Entwässerung, abhängig von den Lastwechseln

ständen noch der gute Zustand der Entwässerung, soweit sie überhaupt bei den Schotterbefestigungen angewandt worden ist, zu würdigen, da sich die Zustandsstufen doch noch innerhalb der Grenzen von 2,5—4,0 bewegten.

6.2 Einfachbefestigungen

6.2.1 Allgemeines

Von den Einfachbefestigungen wurden insgesamt 7 414 Einzelabschnitte zu je 10 m Länge mit einer Fahrbahnlänge von insgesamt 223 477 m² untersucht. Es handelt sich hierbei durchwegs um einspurige Wege. Die Befestigung dieser Bauweise bestand aus unsortiertem Gestein unterschiedlicher Dicke (10—20 cm), und damit entsprach die Bauweise den Vorstellungen der standardisierten Befestigung [3]. Obgleich bei den Einfachbefestigungen mehr als doppelt so viele Abschnitte wie bei den Schotterdecken untersucht worden sind, erhebt sich im wesentlichen die Frage, ob die ermittelten Ergebnisse repräsentativ genug sind. Dabei wäre besonders zu berücksichtigen, daß es sich bei den Einfachbefestigungen im Gegensatz zu allen anderen Bauweisen um sehr verschiedenartige Baustoffe handelt, die von Natur aus sehr unterschiedlich sein können und entsprechend unterschiedlich reagieren. Somit dürfte es die wesentliche Aufgabe dieser Untersuchung sein, auch hier sich um den allgemeinen Trend des Verhaltens dieser Decken in der verallgemeinerten Form zu kümmern und lediglich die Dinge festzustellen, die sich hier hinsichtlich der Schäden aus der statistischen Zusammenstellung mit gewissen Vorbehalten ergeben. Vom Alter her gesehen erstreckt sich die Untersuchung bis zu einem Lebensalter von über 11 Jahren. Hinsichtlich der Anzahl der Schäden und des Verhaltens dieser Einfachbefestigungen dürfte in noch stärkerem Maße das gelten, was bei den Schotterdecken aufgeführt worden ist: Die Abhängigkeit von der Unterhaltung, die es nicht zuläßt, daß man die Schäden sozusagen nach der Häufigkeit aufführt.

Insgesamt sind an Schäden angefallen:

Schlaglöcher	0,2 %	der Fahrbahnfläche
Verformungen und Abrieb	9,7 %	der Fahrbahnfläche und
Durchwachsungen in der Größenordnung von	1,7 %	der Fahrbahnränder.

Wie sich auch nachfolgend zeigt, sind diese Werte keineswegs repräsentativ und somit nicht geeignet, verallgemeinert zu werden.

Tabelle 25 Schadensarten an Einfachbefestigungen

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen				
			Schlaglöcher m²	Abrieb m²	Verformungen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	3.808	11.490		3,1	25,0		12,4
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	1.143	3.429					
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	6.041	16.932					
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	9.737	28.511					
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	12.917	39.521		7,5			6,3
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	5.290	17.900		12,4	0,3		
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.686	13.950	0,1		21,8		
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	7.227	21.081	0,2		15,4		

Tabelle 25 Schadensarten an Einfachbefestigungen

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in % der Fläche bzw. Längen				
			Schlaglöcher m²	Abrieb m²	Verformungen m²	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	950	2.850		16,5			
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände eben	787	2.361	2,1		20,1		
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	1.234	3.702			19,6		
< 4 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	989	2.967	0,2		10,1		
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	1.495	4.485	2,3		2,9		
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	1.250	3.750					
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	180	540					
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund günstig Gelände wellig	425	1.275		31,4			

Tabelle 25 Schadensarten an Einfachbefestigungen

Art	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m^2	Schäden in % der Fläche bzw. Längen				
			Schlaglöcher m^2	Abrieb m^2	Verformungen m^2	Beschäd. Fahrbahnränder m	Durchwachsungen m
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	1.166	3.598			26,8		
6 - 7 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	8.779	26.842					
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände wellig	1.495	4.485			15,2		
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr Untergrund ungünstig Gelände eben	4.537	13.808	1,5		11,4		
Insgesamt	74.136	223.477	0,2	–	9,7	–	1,7

Tabelle 26 Schäden in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter

Alter	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m^2	Schäden in Fläche (m^2) bzw. Länge (m) in %		
			Schlaglöcher m^2	Verformungen Abrieb m^2	Durchwachsungen m
< 4 Jahre mit allg. Verkehr	989	2.967	6 0,2	300 10,1	
4 - 5 Jahre mit allg. Verkehr	2.445	7.335	102 1,4	600 8,2	
6 - 7 Jahre mit allg. Verkehr	2.037	6.111	49 0,8	475 7,8	
8 - 9 Jahre mit allg. Verkehr	1.414	4.242		724 17,1	
< 4 Jahre ohne allg. Verkehr	5.111	15.225	16 0,1	3.437 22,6	
4 - 5 Jahre ohne allg. Verkehr	13.344	39.598	32 0,1	7.446 18,8	945 3,5
6 -7 Jahre ohne allg. Verkehr	24.557	72.285			
8 - 9 Jahre ohne allg. Verkehr	14.412	44.006		3.630 8,2	1.620 5,6
> 11 Jahre ohne allg. Verkehr	9.827	31.708	209 0,7	4.959 15,6	
Insgesamt	74.136	223.477	414	21.571	2.565

Tabelle 27 Schäden in Abhängigkeit von Verkehrsart und Lastwechsel

Lastübergang	Fahrbahnlänge m	Fahrbahnfläche m²	Schäden in Fläche bzw. Länge in %		
			Schlaglöcher m²	Verformungen Abrieb m²	Durchwachsungen m
< 30.000 mit allg. Verkehr	2.449	7.347	6 0,1	770 10,5	
30.000 - 50.000 mit allg. Verkehr	787	2.361	49 2,1	475 20,1	
50.000 - 70.000 mit allg. Verkehr	1.430	4.290			
70.000 - 80.000 mit allg. Verkehr	2.219	6.657	102 1,5	854 12,8	
< 20.000 ohne allg. Verkehr	9.247	27.733	16 0,1	4.237 15,3	
20.000 - 30.000 ohne allg. Verkehr	20.011	60.238		2.203 3,7	
30.000 - 50.000 ohne allg. Verkehr	13.110	38.730	32 0,1	6.563 17,0	2.565
50.000 - 80.000 ohne allg. Verkehr	6.458	19.911	26 0,1	2.230 11,2	
80.000 -100.000 ohne allg. Verkehr	8.635	26.335	183 0,7	1.424 5,4	
100.000-200.000 ohne allg. Verkehr	7.570	23.215		595 2,6	
270.000 ohne allg. Verkehr	2.220	6.660		2.220 33,3	
Insgesamt (Kontrolle)	74.136	223.477	414 0,2	21.571 9,7	2.565 1,7

6.2.2 Abhängigkeit der Schlaglöcher von Verkehrsart, Alter bzw. Lastwechsel

Die wenigen hier zur Verfügung stehenden Werte reichen nicht aus, um einen verbindlichen Querschnitt darzustellen. Aus diesem Grunde ist es unterblieben, den Trendverlauf der Schlaglöcher in der graphischen Darstellung auszuweisen. Die Abbildung weist lediglich auf folgende Tatsachen hin, daß bei allgemeinem Verkehr die Anzahl der Schlaglöcher rasch wachsen kann, wogegen sich der landwirtschaftliche Verkehr einem etwas sanfteren Trend anpaßt und Schlaglöcher erst durch längeres Befahren, unter ganz bestimmten Umständen (Halbraumtheorie), entstehen läßt. Der scharfe Abfall der Schäden bei allg. Verkehr läßt Unterhaltungsmaßnahmen vermuten.

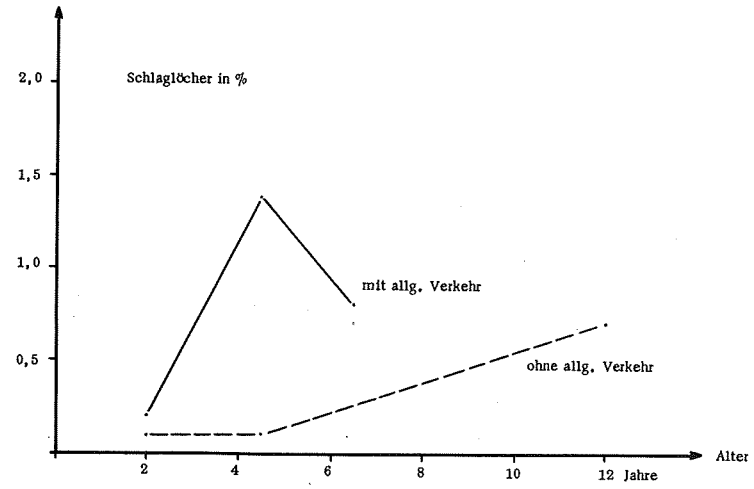


Abb. 78 Schlaglöcher, abhängig von Verkehrsart und Alter

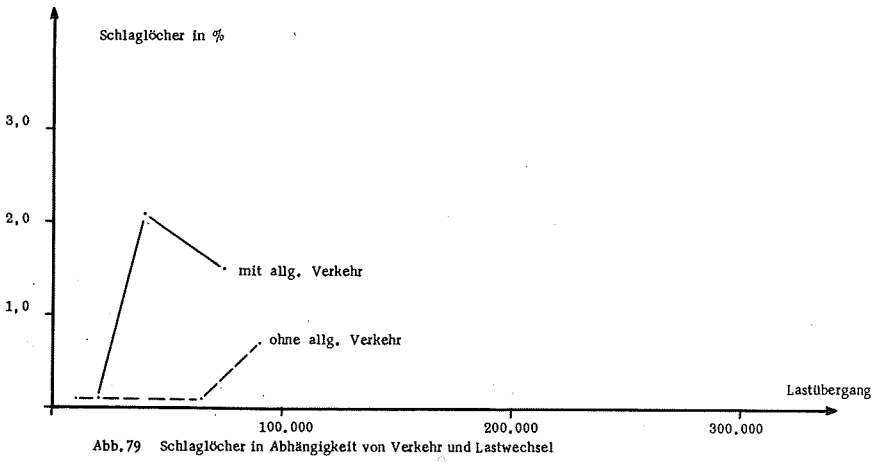


Abb. 79 Schlaglöcher in Abhängigkeit von Verkehr und Lastwechsel

Auch die Darstellung der Anzahl der Schlaglöcher im Zusammenhang mit dem Lastwechsel zeigt kein besonders eindrucksvolles Bild. Im allgemeinen läßt sich hieraus vielleicht nur folgern, daß mit zunehmendem Lastwechsel die Anzahl der Schlaglöcher naturgemäß wächst; die Schadensgröße ist aber allem Anschein nach sehr unterschiedlich, denn es ist aus der Darstellung lediglich eines erkennbar, daß es die Art der Fahrzeuge ist, die die größere Anzahl von Schlaglöchern verursacht; nur so ist erklärbar, wann beispielsweise nach etwa 30 000 oder 40 000 Lastübergängen, bzw. nach etwa 4 Jahren eine größere Anzahl von Schlaglöchern bei allgemeinem Verkehr auftritt.

6.2.3 Abhängigkeit der Verformungen und des Abriebes von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart

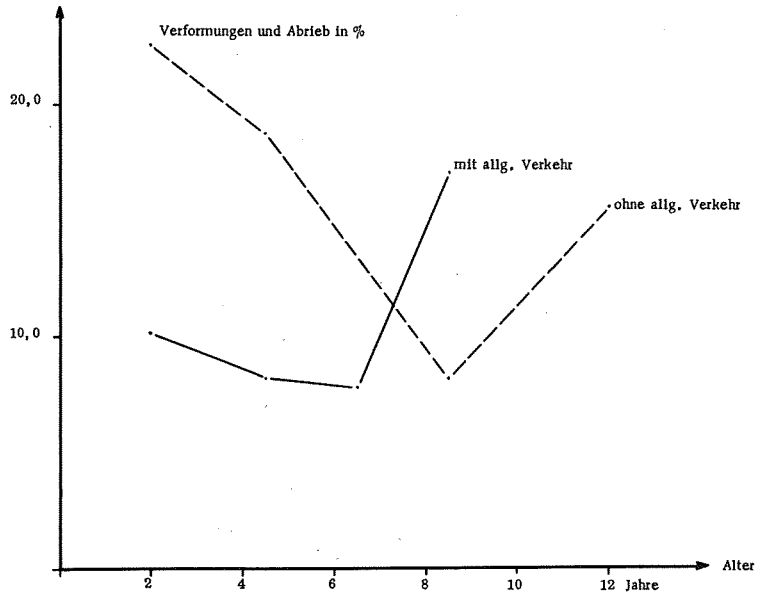


Abb. 80 Verformungen und Abrieb, abhängig von Verkehrsart und Alter

Der Anteil der Verformungen und des Abriebes wurde bewußt vom Anteil der Schlaglöcher getrennt, um feststellen zu können, wie sich bindiges Material verhält. Bekanntlich können bei Überbelastung von nichtgebundenen Tragschichten zwei verschiedene Arten der Zerstörung eintreten: Bei bindigem Material die Verformung (Wellenbildung) und bei rolligem Material Schlaglöcher.

Aus der graphischen Darstellung Abb. 80 ist ersichtlich, daß die Verkehrsarten unterschiedlich mit einer Phasenverschiebung von 2 Jahren reagieren. Der allgemeine Verkehr bewegt sich hier in den ersten 6 Jahren in einer Größenordnung von etwa 10 % und steigt dann steil an, während die Wege ohne allgemeinem Verkehrsanteil schon zu Beginn eine außerordentlich hohe Quote an Verformungen und Abriebserscheinungen durch den Verkehr zeigen und dann im Laufe der Jahre abfallen. Erst nach 8 Jahren steigt dann der Anteil der Schäden wieder

relativ stark an. Eine unmittelbare Erklärung über den Verlauf dieser beiden Kurven ist nur dann möglich, wenn man sich vorstellt, daß bei einer bestimmten Schadensgröße die Wege repariert worden sind. Sie sind wahrscheinlich mit einem Straßenhobel wieder eingeebnet und dann verdichtet worden. Nur so ist erklärbar, daß diese unterschiedlichen Werte, aus denen sich keine Linearität und auch kein Trend ableiten läßt, zustande gekommen sind.

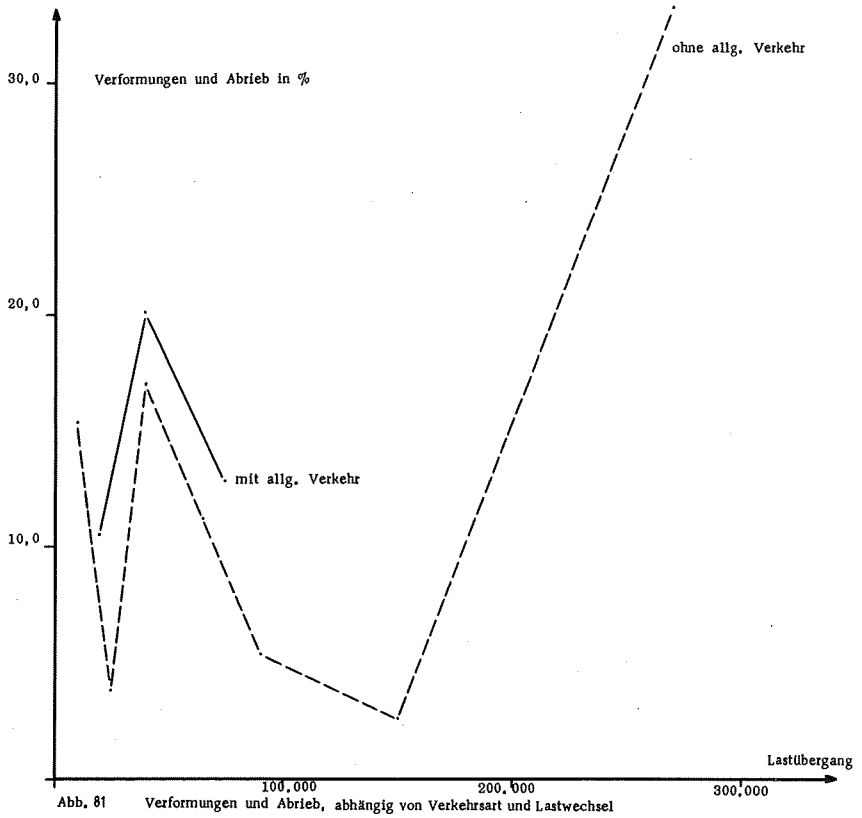


Abb. 81 Verformungen und Abrieb, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

Die graphische Darstellung der Anzahl der Verformungen und des Abriebs im Verhältnis zu den Lastübergängen, läßt dagegen eher gewisse Rückschlüsse zu. So ist vorweg daraus festzustellen, daß sich allgemeiner Verkehr, selbst wenn er sich nur auf drei Einzelwerte beschränkt und die Wege ohne allgemeinen Verkehr in etwa ähnlich verhalten. Aus der Anzahl der Unterhaltungsleistungen erkennbar, verläuft die Linie erwartungsgemäß in starken Zacken. Obwohl hier nicht ohne weiteres eine sichere Frequenz abzuleiten ist, könnte man pauschal ungefähr festlegen, daß erstmals nach rund 20 000 Lastübergängen bzw. dann weiteren 20 000 oder 30 000 Lastübergängen jeweils eine Unterhaltung dieser Wegestrecken erforderlich sein dürfte. Geschieht dies nicht, so stellt sich der weitere Verlauf in einem sehr steilen Ansteigen dar, wie es der letzte Wert in Abb. 81 wiedergibt.

6.2.4 Abhängigkeit der Schäden vom Alter bzw. Lastübergängen und Untergrund

Tabelle 28 Schäden in Abhängigkeit von Untergrund und Alter bzw. Lastwechsel

Alter	Fahrbahnfläche m²	Schäden in (m²) - in % Schlaglöcher Verformungen Abrieb
< 4 Jahre Untergrund günstig	1.275	400 31,4
4 - 5 Jahre Untergrund günstig	17.769	3.698 20,8
6 - 7 Jahre Untergrund günstig	47.804	524 1,1
8 - 9 Jahre Untergrund günstig	43.223	3.674 8,5
> 11 Jahre Untergrund günstig	17.900	2.280 12,7
< 4 Jahre Untergrund ungünstig	16.917	3.359 19,8
4 - 5 Jahre Untergrund ungünstig	29.164	4.482 15,4
6 - 7 Jahre Untergrund ungünstig	30.592	
8 - 9 Jahre Untergrund ungünstig	5.025	680 13,5
> 11 Jahre Untergrund ungünstig	13.808	2.888 20,9
Insgesamt	223.477	21.985

Lastübergang Untergrund	Fahrbahnfläche m²	Schäden in (m²) - in % Schlaglöcher Verformungen Abrieb
< 20.000 Untergrund günstig	16.470	1.200 7,3
20.000 - 30.000 Untergrund günstig	47.911	1.993 4,2
30.000 - 50.000 Untergrund günstig	17.337	2.869 16,5
50.000 - 80.000 Untergrund günstig	19.057	2.294 12,0
80.000 -100.000 Untergrund günstig	20.536	
100.000-200.000 Untergrund günstig		
270.000 Untergrund günstig	6.660	2.220 33,3
< 20.000 Untergrund ungünstig	14.230	3.359 23,6
20.000 - 30.000 Untergrund ungünstig	16.707	680 4,1
30.000 - 50.000 Untergrund ungünstig	23.754	4.250 17,9
50.000 - 80.000 Untergrund ungünstig	11.801	918 7,8
80.000 -100.000 Untergrund ungünstig	5.799	1.607 27,7
100.000-200.000 Untergrund ungünstig	23.215	595 2,6
Insgesamt	223.477	21.985

Faßt man alle Schäden zusammen, so ergeben sich die in den Abb. 82 und 83 dargestellten Abläufe in Abhängigkeit vom Untergrund. Naturgemäß weist der ungünstige Untergrund in Abb 82 im Zusammenhang mit dem Alter auch einen ungünstigeren Verlauf der Schäden auf. Aber auch hier ist das jeweilige rasche Absinken, insbesondere bei günstigem Untergrund,

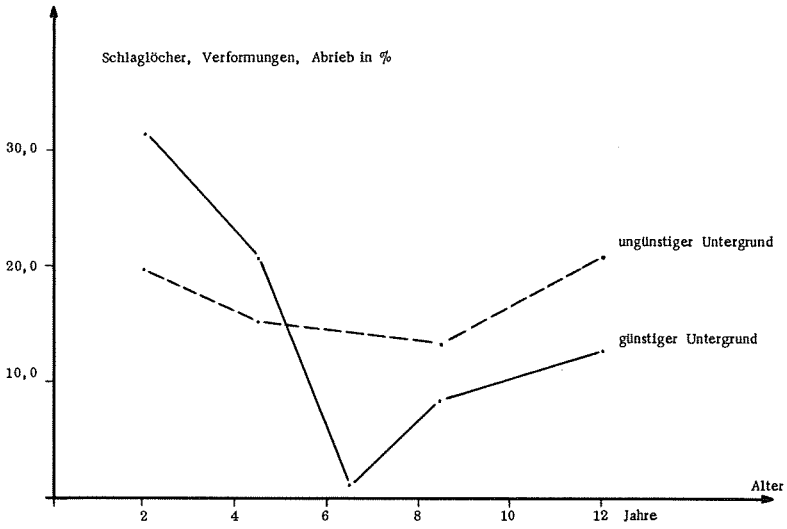


Abb. 82 Schlaglöcher, Verformungen, Abrieb, abhängig von Untergrund und Alter

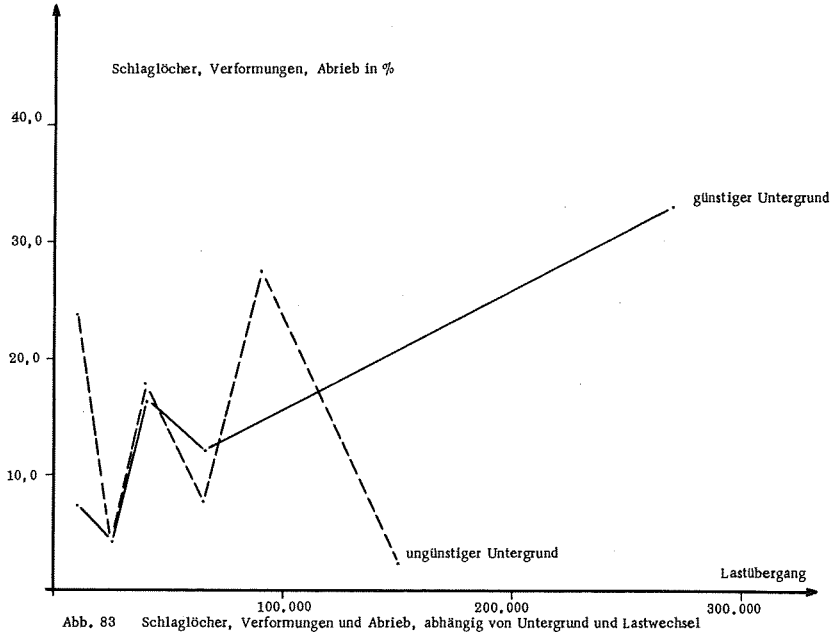


Abb. 83 Schlaglöcher, Verformungen und Abrieb, abhängig von Untergrund und Lastwechsel

nur darin zu suchen, daß die Wege in der Zwischenzeit eine Instandsetzung bzw. eine Unterhaltung erfahren haben. Wesentlich interessanter dagegen dürfte die Darstellung im Zusammenhang mit den Lastwechseln Abb. 83 sein, und zwar der Verlauf der Schäden bei ungünstigem Untergrund. Hier zeigt sich wiederum eine typische zackenartige Form, die beweist, daß nach bestimmten Lastwechselzahlen eine Instandsetzung der Fahrbahnoberfläche notwendig geworden ist. Im wesentlichen dürfte dies bei 10 000 bis 20 000 bzw. 40 000 und 90 000 Lastwechseln der Fall gewesen sein. Bei günstigen Untergrundverhältnissen war man allem Anschein nach nicht so auf Unterhaltungsmaßnahmen eingestellt, und wie es die Kurve zeigt, verläuft die Schadensquote bei hohen Lastübergangszahlen mit relativ steilem Anstieg.

6.2.5 Verhalten der Einfachbefestigungen, der Seitenstreifen und der Entwässerung

Im Gegensatz zu den Befestigungen mit Bindemitteln dürfte hier ein anderer Verlauf der Zustandsstufen zu erwarten sein. Da es sich um nichtgebundene Oberflächen handelt, wird naturgemäß eine kürzere Haltbarkeit erwartet, als bei Befestigungen mit Bindemitteln. Es darf weiterhin davon ausgegangen werden, daß der Weg repariert wird bzw. notdürftig in einem fahrbaren Zustand gehalten wird, wenn sich die Befahrbarkeit des einfach befestigten Weges verschlechtert hat.

Tabelle 29 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund, Gelände und Alter

Alter	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
< 4 Jahre	3,6	3,9	3,0	3,9	3,9	3,0
4 - 5 Jahre	3,7	3,3	3,3	3,3	3,7	3,0
6 - 7 Jahre	2,7	2,6	2,4	2,8	2,6	2,6
8 - 9 Jahre	2,7	2,8	2,7	3,1		2,7
> 11 Jahre		2,9	2,6	3,3	2,9	

6.2.6 Zustand der Wege in Abhängigkeit vom Alter, gegliedert nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände

Alle drei Darstellungen zeigen vorweg, daß der ideale Zustand von 5,0 überhaupt nicht erreicht wird, da der allgemeine Trendverlauf in günstigen Fällen bei einem Zustand von 4,0, in den übrigen Fällen bei 3,5 bzw. 3,0 beginnt. Bedauerlicherweise stellt sich aber heraus, daß allgemein bereits schon nach einem Ablauf von 10 Jahren der kritische Zustand der Wege erreicht wird, wo sie einer generellen Instandsetzung bedürfen. Aus den

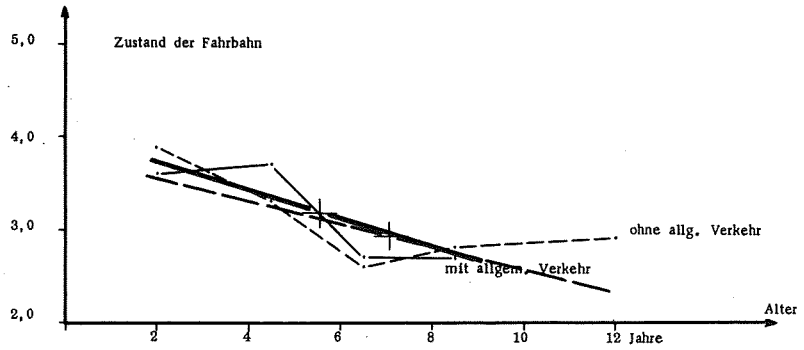


Abb. 84 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Alter

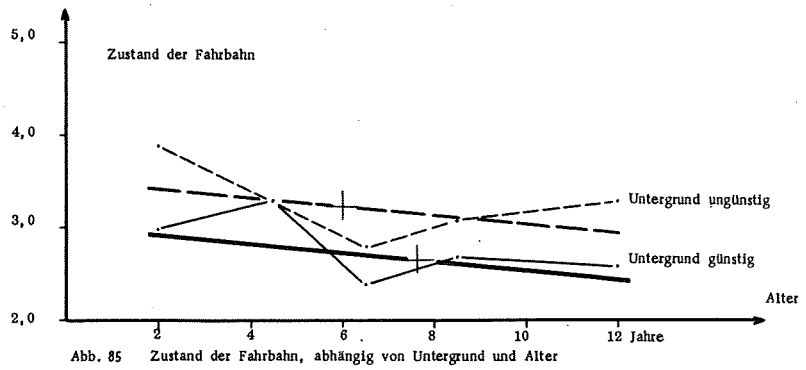


Abb. 85 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Alter

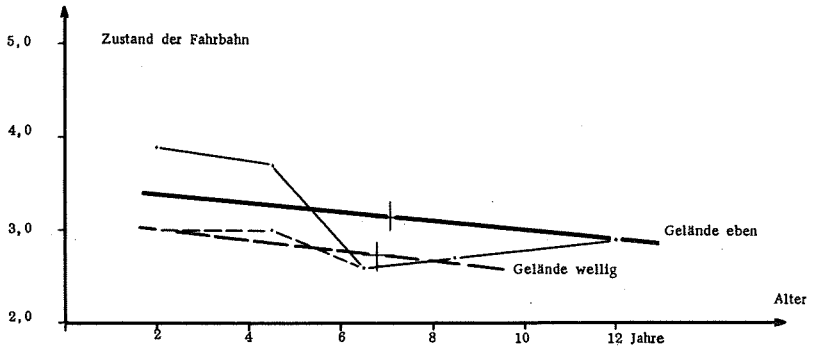


Abb. 86 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Gelände und Alter

verschiedenartigen Verläufen, die mehr oder weniger starke Streuungen aufweisen, kann nicht ohne weiteres eine Frequenz der Unterhaltung gefolgert werden. Interessant dürfte lediglich sein, daß bei allen drei Darstellungen nach einem Alter von etwa 6 Jahren ein Tiefpunkt erreicht wurde, bei dem anscheinend Maßnahmen der Erneuerung unabwendbar waren. Man kann hieraus folgern, daß die nach einem Zeitraum von etwa 6 Jahren durchgeführten Instandsetzungsmaßnahmen nicht den vollen Wert bzw. den vollen Zustand der Fahrbahn bewirkten, sondern daß man lediglich darauf sah, diese nichtgebundenen Oberflächen nur einigermaßen wieder befahrbar zu halten. Damit verschlechtert sich im weiteren Verlauf der allgemeine Zustand der Decken weiter, so daß der kritische Zustand von 2,5 schon nach 10 Jahren eintritt. Auf den ersten Blick ist nicht erklärbar, warum sich bei ungünstigem Untergrund der Zustand der Wege besser darstellt, als bei günstigem Untergrund. Dies mag lediglich zu der Erkenntnis führen, daß man es gerade bei günstigem Untergrund nicht für notwendig gehalten hat, frühzeitig mit Unterhaltungsmaßnahmen zu beginnen, sondern daß die Wege unter Außerachtlassung jeder Pflegearbeiten sich verschlechterten. Anders verhält es sich bei der Gegenüberstellung zwischen ebenem und welligem Gelände; hier ist die Fahrbahn naturgemäß in der Größenordnung von etwa 0,5 Stufen schlechter. Wenn aber, wie man aus den drei Graphiken ersehen kann und wie sich nachfolgend aus der Abhängigkeit von den Lastwechseln ebenso ergibt, der Zustand der Fahrbahn nach einem Alter von nur 2 Jahren auf eine Größenordnung von 3,5 bis 3,0 abgesunken ist, so dürfte dies zu ernsthaften Überlegungen veranlassen, ob es sinnvoll ist, Einfachbefestigungen anfänglich in hochwertigem Zustand herzustellen, wobei dieser doch nur kurze Zeit vorhält.

6.2.7 Zustand der Fahrbahn in Abhängigkeit von Lastwechsel, gegliedert nach Verkehrsart, Untergrund und Gelände

Der Verlauf der Zustandskurven in Abhängigkeit vom Lastübergang zeigt die Streuung durch Unterhaltungsmaßnahmen wesentlich deutlicher. Der allgemeine

Tabelle 30 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart, Untergrund, Gelände und Lastwechsel

Lastübergang	Zustand der Fahrbahn					
	Verkehr		Untergrund		Gelände	
	mit allg.Verkehr	ohne allg. Verkehr	günstig	ungünstig	eben	wellig
< 20.000	3,6	3,3	2,9	3,9	3,4	3,0
20.000 - 30.000	3,0	2,6	2,5	3,0	2,9	2,5
30.000 - 50.000	2,2	3,1	2,8	3,3	3,0	3,1
50.000 - 80.000	3,3	3,0	2,9	3,4	3,8	2,8
80.000 -100.000		2,7	2,7	2,9	2,9	2,7
100.000-200.000		3,0		3,0	3,7	2,8
270.000		2,9	2,9		2,9	

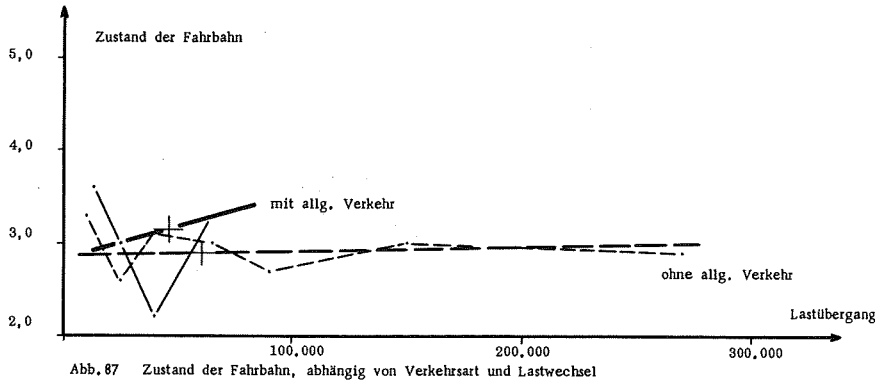


Abb. 87 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

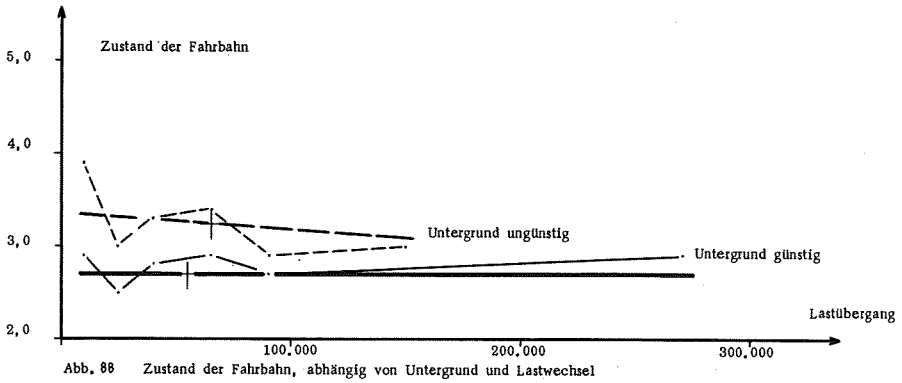


Abb. 88 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Untergrund und Lastwechsel

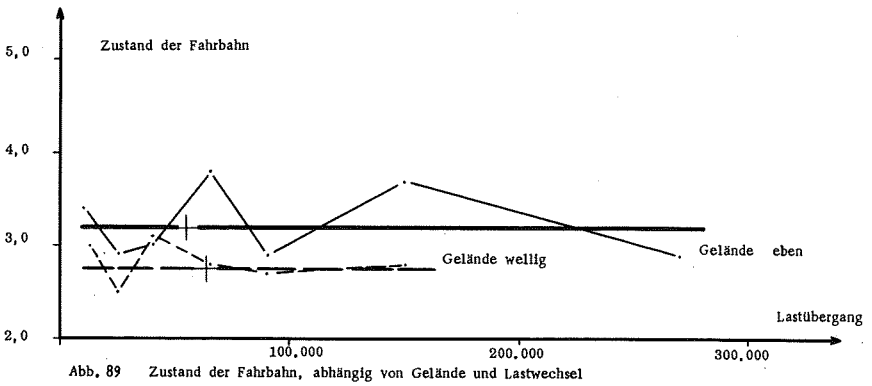


Abb. 89 Zustand der Fahrbahn, abhängig von Gelände und Lastwechsel

Trendverlauf ergibt weiterhin, daß sich der Zustand der Wege bei größerer Anzahl von Lastübergängen, unabhängig von Untergrund und Gelände, in der Größenordnung bei etwa 3,0 weiter bewegt. Es ist hier also nicht zu erkennen, im Gegensatz zu dem was im Zusammenhang mit dem Alter gefolgert werden kann, daß der Zustand der Einfachbefestigungen im Alter von über 10 Jahren unter den Wert von 2,5 fallen wird. Dies dürften aber die Unterhaltungsmaßnahmen bedingen, die allem Anschein nach alle 20 000 bis 40 000 Lastwechsel stattgefunden haben. Insoweit sollte man daher die Ansicht etwas revidieren, daß die Einfachbefestigungen nur von begrenztem Wert sind; denn es zeigt sich hier ganz deutlich, daß der am Verkehr Beteiligte, und das ist durch die Zahl der Lastübergänge ausgedrückt, auch an der Instandsetzung des Weges interessiert ist. Besonders deutlich dürfte dies in der ersten Darstellung, Abb. 87, beim allgemeinen Verkehr in den Vordergrund treten, weil dort im Gegensatz zu den Erwartungen der Trendverlauf sogar auf einen besseren Zustand der Decke hindeutet. Das Interesse an einer Instandsetzung ist aber allem Anschein nach nur dann vorhanden, wenn man auf den Wegen nicht mehr „gut fahren" kann. Einfachbefestigungen werden somit mehr schlecht als recht unterhalten und wohl in den wenigsten Fällen durchgehend instandgesetzt. Sie präsentieren sich schon wenige Jahre nach dem Bau in einem „gerade noch befahrbaren" Zustand.
Aus dem Verhalten dieser Befestigungen sollte man daher die Folgerungen ziehen, die Einfachwege nur mit möglichst geringen Kosten auszubauen sowie mit der Dimensionierung und dem Erdbau an die unterste, gerade noch tragbare Grenze zu gehen; lediglich die Entwässerungseinrichtungen sollten in normalem Umfang erstellt werden, damit die Wege wenigstens etwas länger als bisher beständig bleiben.

6.2.8 Zustand der Seitenstreifen in Abhängigkeit von Verkehrsart und Alter bzw. Lastübergängen

Tabelle 31 Zustand der Seitenstreifen und Entwässerung

Alter	Zustand			
	Seitenstreifen		Entwässerung	
Lastübergang	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr	mit allg. Verkehr	ohne allg. Verkehr
< 4 Jahre	3,0	3,6	3,0	4,2
4 - 5 Jahre	3,4	3,1	4,0	3,9
6 - 7 Jahre	2,7	2,8	3,7	3,7
8 - 9 Jahre	2,9	2,9		3,7
> 11 Jahre		2,7		3,2
< 20.000	3,0	3,4	3,0	4,4
20.000 - 30.000	3,0	2,8	4,0	3,4
30.000 - 50.000	2,2	3,0	3,0	4,4
50.000 - 80.000	3,2	3,0	4,0	3,9
80.000 -100.000		2,7		3,0
100.000-200.000		3,2		3,6
270.000		2,0		3,0

Der allgemeine Verlauf des Zustandes der Seitenstreifen (Abb. 90 und 91) zeigt bei den Wegen ohne allgemeinen Verkehr eine leicht abfallende Tendenz. Auch hier ist, wie bei den Schotterwegen, eine gewisse Streuung festzustellen. Man hat den Eindruck, daß die Seitenstreifen, die ohnehin bei den Einfachbefestigungen nicht in besonderer Form ausgebildet sind, gelegentlich zusammen mit der Fahrbahn hergerichtet werden. Dies erweist sich insbesondere dort, wo bei allgemeinen Verkehr nahezu kein abfallender Trend vorhanden ist, was bedeutet, daß zusammen mit der Fahrbahn die Seitenstreifen in einem gerade noch brauchbaren Zustand gehalten werden. Zwischen dem Trendverhalten der Seitenstreifen unter Alter und Lastwechsel ist kein wesentlicher Unterschied feststellbar.

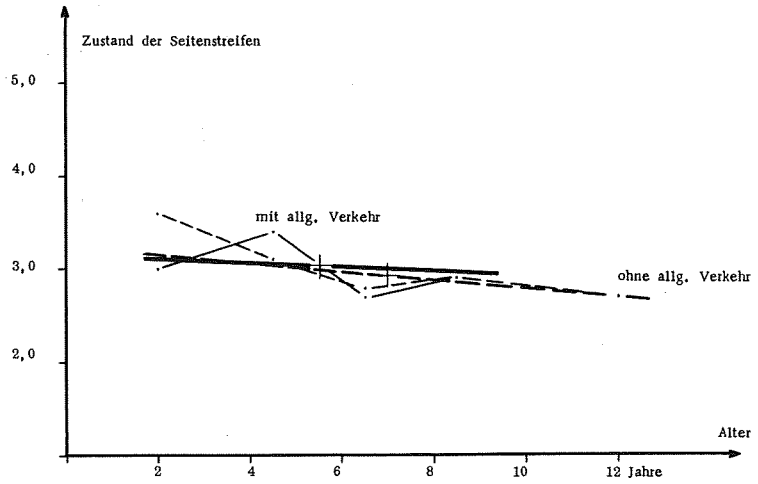


Abb. 90 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Alter

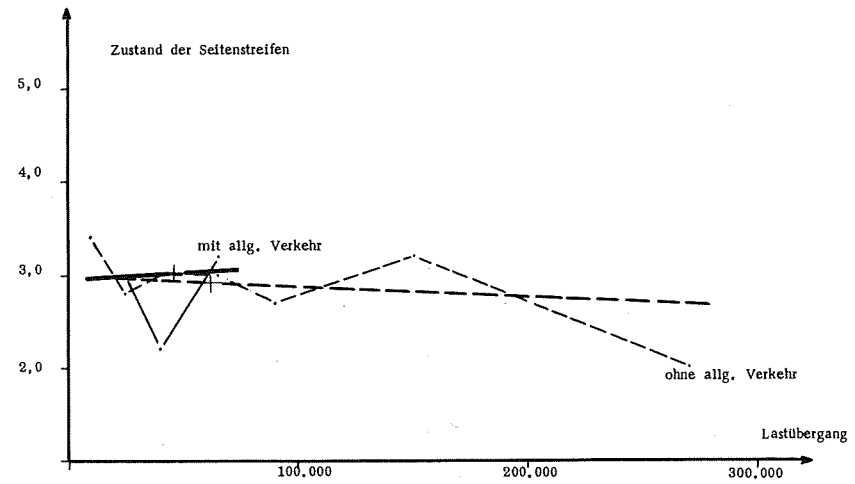


Abb. 91 Zustand der Seitenstreifen, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

6.2.9 Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit von Alter bzw. Lastwechsel und Verkehrsart

Der Zustand der Entwässerung in Abhängigkeit vom Alter zeigt bei den rein landwirtschaftlichen Wegen einen verstärkten Abfall. Es hat den Anschein, daß

nicht viele Unterhaltungsmaßnahmen an den Entwässerungseinrichtungen geschehen sind, wobei die abfallende Tendenz sich hier auf einen größeren Zeitraum, bis zu etwa 20 Jahren, fortsetzen dürfte und erst dann ein offensichtlicher Schaden durch mangelhafte Entwässerung zutage treten dürfte. Die wenigen Werte für Wege mit allgemeinem Verkehr gestatten keine repräsentative Annahme. Obgleich auch dieser Verlauf in der graphischen Darstellung angegeben ist, dürfte zu erwarten sein, daß sich die Wege mit allgemeinem Verkehr ähnlich verhalten, wie diejenigen ohne allgemeinen Verkehr. Dies trifft aber nur bei Abb. 93 zu. Im Hinblick auf die Beziehungen zu den Lastübergängen, treten keine wesentlichen Unterschiede auf; lediglich in den Anfangsphasen bis etwa 150 000 Lastwechsel sind noch erhebliche Streuungen vorhanden. Der allgemeine Abfall vom Zustand 4,0 auf 3,0 bzw. 3,5 darf im Hinblick auf die Erfahrungen, die mit anderen Wegen gemacht worden sind, als nunmehr „normal" bezeichnet werden.

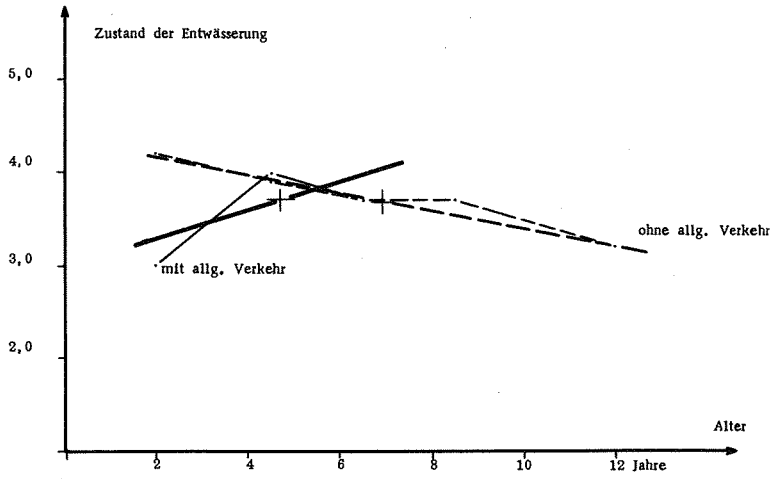


Abb. 92 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Alter

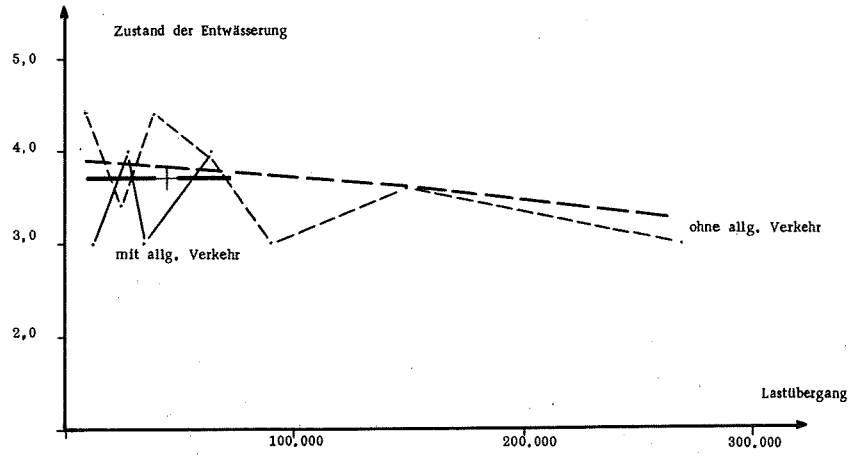


Abb. 93 Zustand der Entwässerung, abhängig von Verkehrsart und Lastwechsel

7. Zur Frage der Haltbarkeit und Unterhaltung

7.1 Allgemeines

Ein wesentlicher Bestandteil des Forschungsauftrages ist die Frage nach der Haltbarkeit und Unterhaltung der Befestigungen sowie deren Nebenanlagen. Hinsichtlich der Beantwortung dieser Fragen stehen nunmehr folgende Methoden der Ermittlung zur Verfügung:

1. Die den Bestand der Decken bzw. Seitenstreifen und Entwässerung gefährdenden Schäden werden auf Grund der vorhandenen Werte bis zu dem Zeitpunkt extrapoliert, bei dem das Schadensausmaß so groß geworden ist, daß eine durchgreifende Erneuerung der Bauteile notwendig erscheint. Diese Maßnahme wird bei etwa 15 bis 20 % beschädigter Fahrbahnflächen erforderlich sein. Randschäden, Absackungen, Verformungen, Abrieb usw. dürften allerdings bei diesen Schäden weniger ins Gewicht fallen, soweit sie nicht Vorstufe zu ernsteren Schäden, wie z. B. Risse, sein können. Die Flickstellen dagegen waren der Anlaß, ernstere Schäden zu beheben; sie müssen zu den Rissen gezählt werden.
2. Über die ermittelten Zustandsstufen ist entsprechend den Darstellungen ebenfalls eine Extrapolation möglich bis zum sog. kritischen Zustand von 2,5, der nach den Erläuterungen S. 31 zwischen der Stufe 2 = kaum brauchbar (es müssen hier 10 bis 30 % der Fahrbahn beschädigt sein, und die Schäden müssen sofort beseitigt werden) und Stufe 3 (bis 10 % der Fahrbahn bzw. deren Teile sind schadhaft, und die Instandsetzung sollte in spätestens 2 bis 3 Jahren erfolgen) liegt.
3. Beide Verfahren werden gemittelt. Damit erhält man ein Maß, das sich einerseits aus der Objektivität gemessener Schäden und andererseits aus dem quantifizierten Zustand eines Baukörpers zusammensetzt, wobei die sog. Zustandsziffer über die Größenordnung einer Primitivklassifikation (gut : schlecht) hinausgeht.

Die lineare Regression kann algebraisch durch die Gleichung der Geraden $y = ax + b$ ausgedrückt werden, wobei a der Trendkoeffizient ist; damit kann jeder gewünschte Wert ermittelt werden.

Soweit möglich, wurde neben den gemittelten Werten der entsprechende „mittlere Fehler des Mittels" errechnet, um die Streuung des „wahrscheinlichsten Wertes" abschätzen zu können.

7.2 Haltbarkeit der einzelnen Befestigungen, Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen

7.2.1 Haltbarkeit der bituminösen Befestigungen

Gravierend sind hier folgende Schäden:

Risse, Flickstellen und Schlaglöcher, die zusammen ein Ausmaß von 5 % der insgesamt untersuchten Fahrbahnflächen erreichten. Dem Abrieb und den Verformungen wurde weniger Einfluß auf die Lebensdauer zugemessen, ebenso den Durchwachsungen, die am Fahrbahnrand in den meisten Fällen lediglich 20 bis 30 cm der Ränder beeinflußten.

Tabelle 32 Extrapolation der Schäden nach Abb. 8 (Schadensausmaß/Alter)

Gleichungen der Trendgeraden	Zeitpunkt (Jahre) für den Eintritt eines Schadens von			
	10 %	15 %	20 %	25 %
$Y_1 = 0,50\ x+1,0$	18	28	38	48
$Y_2 = 0,30\ x+3,0$	23	40	57	74

Y_1 = Alter der Wege mit allgemeinem Verkehr
Y_2 = Alter bzw. Zustand der Wege ohne allg. Verkehr

Tabelle 33 Extrapolation der Schäden nach Abb. 9 (Schadensausmaß/Lastübergänge)

Gleichungen der Trendgeraden	Anzahl der 10^4 Lastübergänge (LÜ) für den Eintritt des Schadens von			
	10 %	15 %	20 %	25 %
$Y_1 = 0,30\ x + 0,9$	30	47	64	81
$Y_2 = 0,35\ x + 0,7$	27	41	55	69
Diese Lastübergänge würden, bei einem Einzugsgebiet von 100 ha Größe (hier lohnt sich die Anlage eines mit Bindemitteln befestigten Weges), das mit 2/3 Getreide und 1/3 Hackfrucht bestanden ist und somit rd. 20 000 LÜ/Jahr aufweist, folgenden Jahreswerten entsprechen:				
Y_1	15	24	32	41
Y_2	14	21	28	35

Tabelle 34 Extrapolation des Fahrbahnzustandes nach Abb. 22 und Abb. 23 (Zustand/Alter bzw. Lastwechsel)

Gleichungen der Trendgeraden	Eintritt des Zustandes 2,5 = gerade noch brauchbar
$Y_{1,2} = -0,1\ x + 4,75$	22,5 Jahre
$Y_{1,2} = -0,2\ x + 4,30$	900 000 LÜ (entspricht 45 Jahren, bei 100 ha Einzugsgebiet)

* nicht in die Mittelbildung einbezogen

Die gefolgerten Endwerte streuen stark. Hierbei dürfte von grundsätzlicher Bedeutung sein, ob der Veränderung durch das Alter oder durch die Anzahl der Lastübergänge mehr Gewicht beigemessen wird. Bekanntlich ist der Verkehr auf ländlichen Wegen, im Vergleich zum Straßenverkehr, sehr gering und erreicht maximal etwa 10 % der Verkehrsmenge schwach befahrener Landstraßen [4].

Wie aus der Tabelle 34 zu ersehen ist, würde der Zustand 2,5 erst nach 900 000 Lastwechseln eintreten. Dies würde bei einem Einzugsgebiet von 100 ha Größe einer Lebensdauer von 45 Jahren entsprechen, bei einem Einzugsgebiet von nur 50 ha Größe einem Alter von sogar 90 Jahren. Da nach Abb. 22 der kritische

Zustand in Abhängigkeit zum Alter bei einer Lebensdauer von 22,5 Jahren eintritt, erscheinen die Folgerungen im Zusammenhang mit den Lastwechseln unrealistisch. Ohne Zweifel dürfte von wesentlicher Bedeutung für die Haltbarkeit einer Wegebefestigung der Einfluß des Alters sein und nicht die Menge des Verkehrs. Es ist daher zweckmäßig, einen Maximalwert, der im Zusammenhang mit den Lastwechseln steht, nicht in die nachfolgende Mittelbildung miteinzubeziehen.

Somit erhält man aus den Extrapolationen folgende Mittelwerte:

Wege mit allg. Verkehr (15 % Schäden):
$y_{1\,(15)}$ = 25,0 Jahre ± 1,6 Jahre

Wege mit allg. Verkehr (20 % Schäden):
$y_{1\,(20)}$ = 31,0 Jahre ± 4,5 Jahre

Wege ohne allg. Verkehr (15 % Schäden):
$y_{2\,(15)}$ = 28,0 Jahre ± 6,1 Jahre

Wege ohne allg. Verkehr (20 % Schäden):
$y_{2\,(20)}$ = 36,0 Jahre ± 10,5 Jahre

Unter den genannten Voraussetzungen beträgt daher die Lebensdauer der bituminösen Befestigungen:

Wege mit allgemeinem Verkehr	25—30 Jahre
Wege ohne allgemeinen Verkehr	30—35 Jahre

7.2.2 Haltbarkeit der Betonwege

Auf die Haltbarkeit der Betonwege haben folgende Schäden Einfluß: Risse, Schlaglöcher und Flickstellen. Darüber hinaus dürften weitere Bedeutung die ausbrechenden Fugen bekommen, welche die Wirkung von Querrissen haben. Die übrigen Schäden, wie z. B. an den Fahrbahnrändern, haben für die Haltbarkeit kein wesentliches Gewicht.

Die Trendgleichungen der Risse, Schlaglöcher und Flickstellen gem. Abb. 32 betragen für

Wege mit allgemeinem Verkehr $y_1 = 0{,}36\,x + 1{,}1$ und für
Wege ohne allgemeinen Verkehr $y_2 = 0{,}23\,x - 0{,}2$

Hinzu kommen noch die in Abb. 39 angegebenen Fugenschäden, die umgerechnet auf die Fahrbahnfläche (1 m ausgebrochene Fuge = 1 m² Schaden) folgende Ergänzungsgleichungen ergeben:

$y_1' = 0{,}48\,x - 2{,}1$ und
$y_2' = 0{,}16\,x - 0{,}4$

Somit erhält man aus den Extrapolationen folgende Mittelwerte:

Wege mit allg. Verkehr (15 % Schäden):
$y_{1\,(15)}$ = 23,0 Jahre ± 2,8 Jahre

Tabelle 35 Extrapolation der Schäden nach Abb. 32 und Abb. 39 (Schäden/Alter)

Gleichungen der Trendgeraden	Zeitpunkt (Jahre) für den Eintritt eines Schadens von			
	10 %	15 %	20 %	25 %
$Y_1 + Y_1' = 0{,}84\,x - 1{,}0$	13	19	25	31
$Y_2 + Y_2' = 0{,}39\,x - 0{,}6$	27	40	53	66

Tabelle 36 Extrapolation der Schäden nach Abb. 33 und Abb. 40 (Schäden/Lastwechsel)

Gleichungen der Trendgeraden	Anzahl der 10^4 Lastwechsel für den Eintritt eines Schadens von			
	10 %	15 %	20 %	25 %
$Y_1 + Y_1' = 0,27 x - 0,5$	39	57	75	94
$Y_2 + Y_2' = 0,12 x + 0,2$	81	122	165	205
diese Lastwechsel entsprechen bei 20 000 LÜ/Jahr = 100 ha Einzugsgebiet folgenden Jahreswerten:				
$Y_1 + Y_1'$	18	28	38	48
$Y_2 + Y_2'$	52	61	81	100

Tabelle 37 Extrapolation des Fahrbahnzustandes nach Abb. 41 und 42 (Zustand/Alter bzw. Lastwechsel)

Gleichungen der Trendgeraden	Eintritt des Zustandes 2,5 (gerade noch brauchbar)
$Y_1 = -0,12x + 5,1$	21,6 Jahre
$Y_2 = -0,10x + 5,1$	26 Jahre
$Y_1 = -0,17x + 4,6$	1 240 000 LÜ = 62 Jahre (bei 100 ha)
$Y_2 = -0,17x - 4,7$	1 300 000 LÜ = 65 Jahre

* nicht in die Mittelbildung einbezogen

Wege mit allg. Verkehr (20 % Schäden):
$y_{1\,(20)} = 28,0$ Jahre $\pm$ 4,9 Jahre

Wege ohne allg. Verkehr (15 % Schäden):
$y_{2\,(15)} = 42,5$ Jahre $\pm$ 10,2 Jahre

Wege ohne allg. Verkehr (20 % Schäden):
$y_{2\,(20)} = 53,0$ Jahre $\pm$ 16 Jahre

Die gemittelten Werte weisen mit höherem Alter teilweise erhebliche mittlere Fehler auf. Wie schon bei den bituminösen Befestigungen festgestellt werden konnte, sind die Ursachen für die Abweichungen bei den Berechnungen des Lebensalters in Abhängigkeit zu den Lastwechseln zu suchen. Diese Werte sind um etwa 100 % höher als die, durch die in Abhängigkeit vom Alter ermittelten Zahlen. Auch bei den Betonwegen, wie auf allen ländlichen Wegen, ist die entsprechende Anzahl von Lastwechseln meist nur nach wesentlich mehr Jahren erfüllt (s. Umrechnung über 20 000 Lastwechsel/Jahr) als der Zustand dem Alter entsprechen würde. In besonderem Maße trifft dies jedoch für die Betonwege zu, was die Feststellung unterstreicht, daß nicht die Verkehrsmenge, sondern die durch den Alterungsprozeß bewirkten Einflüsse des Klimas, der Witterung, der Temperatur, Frost, Nässe und die Verkehrsart usw. auf die Haltbarkeit der Wege einen wesentlichen Einfluß haben.

Bei einem angenommenen Schadensausmaß von 15 bis 20 % einschließlich der umgerechneten Fugenschäden sowie bei einem Zustand von 2,5, kann man auf Grund der vorstehenden Darstellungen für die Standardbetonwege eine durchschnittliche Lebensdauer von

25—30 Jahren bei Wegen mit allgemeinem Verkehr und
40—50 Jahren bei Wegen ohne allgemeinen Verkehr
annehmen.

Diese Werte gelten für Wege mit Raumfugenabstand 5 m. Bei Wegen neuerer Bauart mit Raumfugenabstand über 50 m erhöht sich die Lebenserwartung, da die Fugen nur in wenigen Fällen ausbrechen können (s. auch S. 75). Die Lebensdauer beträgt dann

30—40 Jahre bei Wegen mit allgemeinem Verkehr und
über 50 Jahre bei Wegen ohne allgemeinen Verkehr.

7.2.3 Haltbarkeit von Pflasterwegen

Aus den entsprechenden Darstellungen über die Schadenszunahmen und Zustandsminderungen der Pflasterdecken im Zusammenhang mit Alter bzw. Lastwechsel, läßt sich an Hand der einzelnen Verläufe noch keine Verminderung der Haltbarkeit feststellen. Die Anzahl der Risse, Schlaglöcher usw. gehen eher mit zunehmendem Alter gegen Null. Auch bei den Verformungen ist teilweise die Zunahme so schwach, daß eine Folgerung über die mutmaßliche Lebensdauer in den Bereich der Spekulation gerät. Der Zustand der Fahrbahnen ergibt ebenfalls keine Abnahme, die auf eine extrapolierbare Verringerung der Haltbarkeit schließen läßt; dies gilt zumindest nicht für den Untersuchungszeitraum, der bis zu 10 Jahre alte Pflasterdecken erfaßt hat.

Es ist jedoch auch möglich, daß der Umfang und das Alter der zur Verfügung stehenden Pflasterdecken nicht repräsentativ genug war. Dann müßten allerdings die vorhandenen Werte größere Streuungen aufweisen.

Mit diesen Feststellungen kann man hinsichtlich der Lebensdauer somit maximale Daten ansetzen, die in der Größenordnung von über 50 Jahren liegen dürften.

7.2.4 Haltbarkeit von Schotterwegen

Die nichtgebundenen Wege bieten gegenüber den Befestigungen mit Bindemitteln eine ganz andere Situation. Hier ist es erforderlich, in kurzen Zeitabständen die Wegeoberfläche zu unterhalten, auszuflicken und neu zu verdichten. Aus diesem Grunde sind in den Darstellungen immer wieder größere Zustandsänderungen oder Änderungen des Schadensausmaßes zu finden (zackenartiger Verlauf der Linien).

Der Zustand 2,5 bei den Schotterdecken ist nach jeweils etwa 4—5 Jahren bzw. 40 000 bis 100 000 Lastwechseln erreicht (gilt für beide Verkehrsarten).

Die Umrechnung der Lastwechsel in Jahreswerte unter der Annahme eines Einzugsgebietes von 50 ha — bei den mit Bindemitteln befestigten Wegen wurde 100 ha Fläche zugrunde gelegt — ergibt somit bei 10 000 Lastübergängen ein Lebensalter von 6—10 Jahren. Daher kann man im Durchschnitt ein Alter von 5 bis 8 Jahren für die Schotterwege festlegen, nach dessen Ablauf unbedingt Unterhaltungsmaßnahmen erforderlich sind, um den Bestand dieser Befestigungen nicht vollends zu gefährden. Obwohl diese Zahlen einigermaßen repräsentativ sein dürften, sind sie nicht geeignet, Einzelfälle zu präjudizieren, weil diese Befestigungen gegen eine Reihe von äußeren Einflüssen sehr empfindlich reagieren, die in diesen Werten nicht enthalten sein können. Als Beispiele können Verschmutzung, Feuchtigkeitsgehalt und Gefälle genannt werden. In einer besonderen Untersuchung müßten diese einzelnen Faktoren ermittelt werden, die jedoch den Rahmen dieses Forschungsauftrages sprengen würden (s. auch Ziff. 6.1.5).

7.2.5 Haltbarkeit von Einfachbefestigungen

Bei den Einfachbefestigungen waren ähnliche Verhältnisse wie bei den Schotterdecken zu erwarten. Die entsprechenden Abhängigkeiten weisen auch ähnliche Zustände und Zahlen auf. Dabei muß weniger von den Trendgeraden als von den ersten Werten, die den Zustand 2,5 erreichen, ausgegangen werden. Dieses Absinken tritt schon nach etwa 6 Jahren auf, bei beiden Verkehrsarten im allgemeinen Fall nach 10 Jahren.

In Abhängigkeit zu den Lastwechseln treten die ersten Unterhaltungsmaßnahmen infolge des abgesunkenen Zustandes nach etwa 20 000 bis 40 000 Lastwechseln auf, was unter den gleichen Annahmen wie bei den Schotterdecken ein Durchschnittsalter von 5 bis 8 Jahren ergibt. Da die Einfachbefestigungen meist noch kleinere Gebiete als Schotterwege erschließen, ist die Haltbarkeit beider Befestigungen gleich. Diese Zahlen stellen einen Repräsentativquerschnitt dar, der jedoch in noch stärkerem Maße als bei den Schotterdecken nicht geeignet ist, den Einzelfall zu präjudizieren, weil gerade die Vielfalt der verwendeten und verwendbaren Baustoffe ein unterschiedliches Verhalten bedingen.

7.2.6 Haltbarkeit der Seitenstreifen

Entsprechend den Befestigungsarten ist der Zustand 2,5 der Seitenstreifen erreicht bei:

Tabelle 38 Alter der Seitenstreifen

Bauweise	Alter/Zustand (Jahre)	LÜ/Zustand	umgerechnete Jahreswerte
bituminöse Befestigungen	12 - 14 ?	40.000 - 60.000	2 - 3
Betondecken	10 - 12 ?	20.000 - 40.000	1 - 2
Pflasterdecken	20 ?	40.000 - 60.000	2 - 3
Schotterdecken	ab 4	30.000 - 40.000	3 - 4
Einfachbefestigungen	ab 6	ab 40.000	ab 4

Durch die Unterhaltungsmaßnahmen an den Seitenstreifen ist es nicht möglich festzustellen, wann der kritische Zustand von 2,5 eintritt. Somit sind den aus den Lastübergängen gefolgerten Jahreswerten mehr Bedeutung beizumessen weil sie eher den Zustand charakterisieren, den die Seitenstreifen erreichen, wenn sie nicht unterhalten werden:

Bei mit Bindemitteln befestigten Wegen müssen die Seitenstreifen im Durchschnitt nach 2—3 Jahren unterhalten werden. Seitenstreifen an nichtgebundenen Wegen haben eine etwas längere Lebensdauer, im Durchschnitt etwa 4 Jahre, was auf den geringeren Verkehr, insbesondere auf die geringere Anzahl der Begegnungen und Überholungen zurückzuführen ist.

7.2.7 Haltbarkeit der Entwässerungseinrichtungen

Naturgemäß weisen die Entwässerungseinrichtungen größere Haltbarkeiten auf als die Seitenstreifen, weil sie meistens keinem so großen Verschleiß ausgesetzt sind.

Der Zustand 2,5 der Entwässerungseinrichtungen ist entsprechend den Einzeluntersuchungen erreicht bei:

Tabelle 39 Alter der Entwässerungseinrichtungen

Bauweise	Alter (Jahre) Zustand	LÜ/Zustand	umgerechnete Jahreswerte
bituminösen Befestigungen	13 - 18	ab 200.000	10
Betondecken	16 - 18	unbestimmt	unbestimmt
Pflasterdecken	30 ?	unbestimmt	unbestimmt
Schotterdecken	2 - 4	300.000	30 ?
Einfachbefestigungen	20 ?	10.000 - 40.000	1 - 4

Die Ergebnisse sind unsicher. Es läßt sich hieraus lediglich folgern, daß bei den mit Bindemitteln hergestellten Wegen nach 15 — 20 Jahren die Entwässerungseinrichtungen einer gründlichen Überholung bedürfen. Bei den ohne Bindemitteln befestigten Wegen, die ohnehin meist über keine besonders sorgfältig hergestellten Entwässerungseinrichtungen verfügen, weisen die Angaben Jahresspannen von 2 — 4 Jahren auf, nach denen die ersten Unterhaltungsmaßnahmen erforderlich sein dürften.

7.3 Unterhaltungsmaßnahmen

Die Wegeunterhaltung richtet sich zwangsläufig nach deren Bauweise. Bei den mit Bindemitteln befestigten Wegen nehmen die Flickstellen nur ein geringes Ausmaß ein und erreichen maximal 1,4 % der Gesamtfläche. Die ohne Bindemittel befestigten Wege werden nach den ausgewerteten Daten erst dann unterhalten, wenn die Befahrbarkeit in Frage gestellt ist, bzw. wenn sie nicht mehr befahren werden können und dann notdürftig repariert werden müssen. Unter diesen Gesichtspunkten ergeben sich folgende Feststellungen:

1. Die Unterhaltungsleistungen der Beteiligten sind im allgemeinen gering und unzureichend.
2. Flickarbeiten werden nur dann vorgenommen, wenn Reparaturen nicht mehr zu umgehen sind.
3. Die Flickarbeiten werden nur im notwendigsten Umfang vorgenommen.
4. Die Qualität der Flickarbeiten läßt oft zu wünschen übrig; insbesondere dürfte dies für die nichtgebundenen Befestigungen gelten.

Zwangsläufig hängt die Haltbarkeit der Befestigung von den Unterhaltungen ab. Gute und sachgemäße Reparaturen können einer Befestigung eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer geben. Dies gilt in besonderem Maße für nichtgebundene Decken.

Mit Ausnahme der Wege, die durch die leider nur wenigen Unterhaltungs- und Zweckverbände unterhalten und instandgesetzt werden, kann man allgemein feststellen, daß die Wirtschaftswege anscheinend niemand gehören und sich daher auch niemand verpflichtet fühlt, für deren Bestand Sorge zu tragen.

Aus diesen Gründen dürfte es in Zukunft nur zwei Alternativen für die Erhaltung unserer befestigten Wegenetze geben:

Die Einrichtung von Unterhaltungsverbänden mit staatlicher Unterstützung und Aufsicht oder die Übernahme bzw. Bezuschussung der erforderlichen Instandsetzungs- und Erneuerungsarbeiten durch die öffentliche Hand.

Da bei den mit Bindemitteln befestigten Wegen gewisse Kenntnisse bzw. auch besondere Baustoffe und Maschinen für die Unterhaltungsarbeiten notwendig sind und im allgemeinen die Gemeinden nicht das Interesse dafür zeigen, ist zu erwarten, daß zu den in Ziff. 7.1 und 7.2 beschriebenen Zeitpunkten an den Bund bzw. Staat die Forderung nach Zuschüssen zu Erneuerungsarbeiten am befestigten Wegenetz herangetragen werden wird. Vorwiegend dürfte es sich hierbei nur um die mit Bindemitteln befestigten Wege handeln, denn wie sich aus den Zustandsabläufen der nichtgebundenen Befestigungen zeigt, werden die Schotter- und Einfachwege ohne wesentliche Beteiligung der öffentlichen Hand in einem gerade noch brauchbaren Zustand gehalten. Eine Verbesserung der Unterhaltung dieser Wege erscheint wegen der ständig angespannten finanziellen Lage der Länder und des Bundes nicht sinnvoll. Schon aus diesem Grunde sollte man die Einfachbefestigungen nicht mit hohen Aufwendungen im Erdbau oder mit hochwertigen Baustoffen herstellen. Angesichts der geringen Haltbarkeit und der dann doch kurzfristig notwendigen Unterhaltungsarbeiten zur Wiederherstellung der Befahrbarkeit bleibt nur diese Möglichkeit offen. Ebenso unwirtschaftlich dürfte es sein, nichtgebundene Befestigungen durch hochwertige Baustoffe, wie z. B. abgestuftes Material, in ihrer Haltbarkeit zu verbessern. Diese Verbesserung hält eine Periode vor und müßte dann wieder mit den gleichen Baustoffen vorgenommen werden, um effektiv die Lebensdauer zu erhöhen; aber ohne fachkundige Kontrolle und Anleitung ist dies nicht möglich.

Bei den mit Bindemitteln befestigten Wegen dürften in Zukunft nach Absinken auf den gerade noch brauchbaren Zustand, durchgreifende Erneuerungsarbeiten bzw. Instandsetzungen erforderlich sein. Handelt es sich um Verformungen, Wundstellen und Risse, die noch miteinander verzahnt sind, so kann eine Asphaltbetonschicht von 60—90 kg/m² genügen; bei stärker zerstörten Schichten ist auch eine Erneuerung der bit. Tragschicht notwendig.

Die Instandsetzungsarbeiten an Betondecken sind schwieriger und es erhebt sich hierbei die grundsätzliche Frage, ob der Betonweg bei starker Zerstörung in derselben Bauweise wieder hergestellt werden sollte, oder ob auch eine entsprechend dicke Asphaltdeckschicht ausreicht. Die Entfernung einer zerstörten Betondecke ist verhältnismäßig teuer und umständlich, so daß in den meisten Fällen das Vorflicken der besonders stark zerstörten Stellen mit bit. Mischgut erforderlich ist und anschließend eine etwa 10—12 cm dicke Tragdeckschicht aufgebracht werden muß. Diese Dicke ist erforderlich, damit die Fugen nicht durchschlagen und keine Reflexionsrisse entstehen. Die Kosten für diese Arbeiten sind, grob veranschlagt, etwa doppelt so hoch wie die Erneuerung bituminöser Befestigungen.

Bei den Pflasterdecken sind die Ergebnisse über die Haltbarkeit so gut ausgefallen, daß auch über die Unterhaltungsmaßnahmen dieser Decken keine Angaben gemacht werden können. Gelegentlich dürften Umpflasterungen vorgenommen werden, wenn Verformungen, entgegen den bisherigen Feststellungen, nicht mehr zurückgehen (dieser Fall ist bei Spurfahren denkbar oder bei sehr ungünstiger Witterung im Zusammenhang mit Schwerstverkehr). Da sich diese Arbeiten auf besondere Fälle mit geringen Ausmaßen beschränken, dürften im allgemeinen jedoch noch keine Unterhaltungsmaßnahmen in absehbarer Zeit notwendig sein.

Die Unterhaltung der nichtgebundenen Befestigungen geschieht in der Wiederherstellung der Wegeoberfläche unter gelegentlicher Beigabe von Baustoffen, soweit diese erodiert oder durch andere Vorgänge nicht mehr vorhanden ist. Diese Maßnahmen der Erneuerung sind nicht besonders kostspielig, sofern nicht neue mineralische Deckschichten aufgebracht werden, was wegen der geringen Haltbarkeit grundsätzlich abzulehnen wäre.

Die Kosten der Unterhaltung bzw. Instandhaltung der Wegebefestigungen können somit unter Berücksichtigung aller dieser Umstände wie folgt angesetzt werden:

Tabelle 40 Kostenindices und Instandsetzungszeiträume

Bauweise	Kostenindices	Instandsetzung nach .... Jahren	
		ohne allg. Verkehr	mit allg. Verkehr
bituminöse Befestigungen	100	30 - 35	25 - 30
Betonwege	200	40 - 55	25 - 30
Pflasterdecken	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Schotterdecken	5 - 10	8	5
Einfachbefestigungen	2 - 5	8	5

Hieraus ergibt sich die jährliche Rückstellung für eine Erneuerung zum Kostenindex 100:

Tabelle 41 Rückstellungen / Jahr in % des Kostenindexes 100

Bauweise	Wege ohne allg. Verkehr	Wege mit allg. Verkehr
Bit. Befestigungen	2,9 - 3,3	3,3 - 4,0
Betonwege	3,6 - 5,0	6,7 - 8,0
Pflasterwege	unbestimmt, wahrscheinlich sehr gering	
Einfachbefestigungen	0,3 - 0,6	0,4 - 1,0
Schotterwege	0,6 - 1,3	1,0 - 2,0

Bei einer Annahme von 8,— DM/m² für den Kostenindex 100 sind folgende Rückstellungsbeträge für einspurige Wege anzusetzen:

Tabelle 42 Rückstellungen / Jahr bei einspurigen Wegen

Bauweise	Wege ohne allg. Verkehr	Wege mit allg. Verkehr
Bit. Befestigungen	700 - 790 DM/km	790 - 960 DM/km
Betonwege	860 - 960 DM/km	1.600 - 1.920 DM/km
Pflasterwege	unbestimmt, wahrscheinlich sehr gering	
Einfachbefestigungen	70 - 150 DM/km	100 - 240 DM/km
Schotterwege	150 - 320 DM/km	240 - 480 DM/km

* Bei den Betonwegen neuerer Bauart (ohne Raumfugen) betragen die jährlichen Rückstellungen etwa
3 % = 650 DM für Wege ohne allgemeinen Verkehr und
6 % = 1300 DM für Wege mit allgemeinem Verkehr.

In den Jahren 1956 bis einschließlich 1970 wurden in der Flurbereinigung rd. 100 000 km Wege erstellt, mit einer jährlichen Zuwachsrate von nunmehr etwa 7 000 km. Ungefähr die Hälfte der befestigten Wege wurden hierbei mit Bindemittel hergestellt. Nimmt man nun an, daß die nichtgebundenen Befestigungen wie auch bisher, ohne Kostenbeteiligung Dritter unterhalten bzw. instandgesetzt werden, so kann man unter Annahme der vorstehenden Preise für alle in der Flurbereinigung mit Bindemittel befestigten Wege folgende jährliche Instandsetzungskosten ansetzen:

40 bis 45 Mio. DM (bei 800 bis 900 DM/km/Jahr für 50 000 km)

In diesen Größenordnungen bewegen sich nach derzeitigen Preisen die jährlichen Rückstellungskosten, die für die Erneuerung gut befestigter Wege bereitgestellt werden müßten. Der Zeitpunkt zu dem erstmalig und dann jedes darauffolgende Jahr die Mittel für die Erneuerung zur Verfügung gestellt werden müssen, beginnt voraussichtlich in den Jahren 1980 — 1985. In den veranschlagten Beträgen sind die laufenden Unterhaltungsaufwendungen nicht enthalten. Wie bisher zu ersehen war, werden die Decken fast nicht und die Seitenstreifen bzw. Entwässerungseinrichtungen nur mangelhaft unterhalten, weil sie ohnehin schon nach kurzer Zeit wieder schadhaft werden.

8. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

8.1 Allgemeines

Der Grundsatz der Anwendung des absolut zweckmäßigsten Wirtschaftens, das ökonomische Prinzip, läßt sich auf zwei verschiedene Arten interpretieren:

a) man kann mit einem Minimum an Aufwand einen bestimmten, vorgegebenen Erfolg erzielen,

b) man kann mit vorgegebenen Mitteln einen möglichst großen Erfolg erreichen.

Diese Minimierung = geringster Aufwand, oder Maximierung = größter Erfolg, läßt sich somit beim Wegebau nur dann präzisieren, wenn entweder die Länge und Art der zu befestigenden Wege oder die zur Verfügung stehenden Mittel bekannt sind. Daher kann man jeden Versuch, die einzelnen Bauweisen gegeneinander auszuspielen oder indem man beide Formen des ökonomischen Prinzips miteinander vermischt, „mit möglichst wenig Kapital möglichst viele und gute Wege zu bauen", als unsinnig abtun.

In den folgenden Ausführungen sollen daher lediglich die Lebensdauer und der Erneuerungszeitraum der einzelnen Bauweisen einander gegenübergestellt werden, um damit in dieser verallgemeinerten Form eine Entscheidungshilfe für Einzelfälle zu geben.

Wenn unter der Forderung nach Wirtschaftlichkeit der Zusammenhang zwischen Lebensdauer und erforderlichen Rückstellungen für eine Erneuerung verstanden wird, so wäre zweifellos die Einfachbefestigung als wirtschaftlichste Bauweise von allen Befestigungen anzusehen. Sie hat jedoch so viele gravierende Mängel, daß sie z. B. nur dort angewandt werden sollte, wo nur sehr wenig Fahrverkehr stattfindet.

Als weiteren Gesichtspunkt der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wären die Herstellungskosten der Decken in Betracht zu ziehen; diese Kosten sind aber vorwiegend von der Transportentfernung der mineralischen Baustoffe abhängig und daher für den Einzelfall recht unterschiedlich zu beurteilen.

Tabelle 43 Lebensdauer und Rückstellungen für Erneuerung

Bauweise	Lebensdauer	erforderliche Rückstellungen in DM/Jahr/km für die Erneuerung der Decken
Bit. Befestigungen		
Wege mit allg. Verkehr	25 - 30	960 - 790
Wege ohne allg. Verkehr	30 - 35	790 - 700
Betondecken		
Wege mit allg. Verkehr	25 - 30	1.920 - 1.600
Wege ohne allg. Verkehr	40 - 55	960 - 860
Pflasterdecken		
Wege mit u. ohne allg. Verkehr	unbekannt, wahrscheinl. über 50	unbekannt, wahrscheinl. sehr gering
Schotterdecken		
Wege mit allg. Verkehr	5	240 - 480
Wege ohne allg. Verkehr	8	150 - 320
Einfachbefestigungen		
Wege ohne allg. Verkehr	8	70 - 150

* Bei Betondecken neuerer Bauart (ohne Raumfugen)

8.2 Befestigungen mit Bindemitteln

Bei den Wegen, die nur für den landwirtschaftlichen Verkehr vorgesehen sind, zeigt sich, daß die bituminösen Bauweisen und die Betondecken im Gegensatz zu früheren Annahmen — einander äquivalent sind: je größer die Haltbarkeit der Decke, desto höher die Kosten bei einer späteren Erneuerung.

Bei den Wegen mit allgemeinem Verkehr ist es vorteilhaft, diese Fahrbahnen bituminös zu befestigen. Wie sich aus dem Verhalten unter Verkehr zeigt, erleiden die bituminösen Befestigungen unter dem Einfluß des allgemeinen Verkehrs nicht mehr Beschädigungen wie die Betondecken. Die Frage der Wirtschaftlichkeit entscheiden in diesem Fall dann die Herstellungskosten. Gegenüber den anderen mit Bindemitteln befestigten Wegen müssen besonders die Pflasterdecken hervorgehoben werden, die wegen ihres günstigen Verhaltens sowohl bei Alterung als auch unter Verkehr eine sehr hohe Lebenserwartung mit geringen Rückstellungskosten vermuten lassen. Somit ist diese Bauweise unter den vorstehenden Aspekten besonders wirtschaftlich. Zur weiteren Beurteilung der Verbundsteindecken muß darüber hinaus die Transportentfernung, Verlegeleistung, Einzelkosten und manches mehr herangezogen werden.

8.3 Befestigungen ohne Bindemittel

Weniger günstig schneiden die Schotterdecken ab, die sich als Befestigung für Wege mit allgemeinem Verkehr nicht bewähren. Die Lebensdauer erscheint zu gering, die dann erforderlichen Reparaturen zu teuer und die verwendeten Baustoffe zu aufwendig. Bei den rein landwirtschaftlichen Wegen mögen im Hinblick auf eine etwas längere Lebensdauer die Schotterdecken noch tragbar sein.

Wirtschaftlich günstigere Resultate weisen dagegen die Einfachbefestigungen auf.

Wenn diese Befestigungsart dort angewandt wird, wo nur kleine Flächen zu erschließen sind und wo möglichst wenig Fahrverkehr stattfindet, ist sie ohne Zweifel wirtschaftlich. Die aus den Einzeluntersuchungen gefolgerte Haltbarkeit von durchschnittlich 8 Jahren resultiert aus der geringen Verkehrsbenutzung; die Rückstellungen, umgerechnet auf diesen Zeitraum, betragen dann 600 bis 1 200 DM/km, wenn sie mit einfachsten Mitteln durchgeführt werden.

Wenn jedoch diese Bauweise in ungünstigen Gebieten, z. B. mit hohen Niederschlägen oder in steilen Lagen, angewandt wird, so ist sie entgegen anderen Auffassungen unwirtschaftlich, wenn die Haltbarkeit darunter erheblich beeinträchtigt wird.

9. Zusammenfassung

Der Forschungsauftrag hat in seiner Durchführung gezeigt, daß zur Beantwortung der Frage der Haltbarkeit von Befestigungen aufwendige und eingehende Untersuchungen über das Verhalten der Wege unter Alter und Verkehr notwendig sind.

Manche hieraus gewonnenen Erkenntnisse waren schon aus früheren Beobachtungen bekannt, manche jedoch sind neu und überraschend. Allen Feststellungen ist aber zu eigen, daß nunmehr erstmalig Beweise und Folgerungen anhand statistischer Analysen vorliegen. Nachfolgend sind die Erkenntnisse grundsätzlicher Bedeutung zusammengefaßt aufgeführt:

1. Die Lebensdauer der Wirtschaftswege wird vorwiegend von Alterungsprozessen beeinflußt; soweit es sich um rein landwirtschaftlichen Verkehr handelt, spielt die Verkehrsmenge eine geringe Rolle. Erst bei Auftreten außerlandwirtschaftlicher Fahrzeuge vergrößert sich in den meisten Fällen das Schadensausmaß. Insgesamt gesehen ist die Haltbarkeit der mit Bindemitteln befestigten Wege wesentlich größer als man bisher angenommen hatte.

   Die Haltbarkeit der Wirtschaftswege wird entscheidend durch folgende Faktoren beeinfluß bzw. gemindert:

bei Bit. Befestigungen	— Alter
Betondecken	— Alter u. überörtlicher Verkehr
Pflasterdecken	— keine besonderen Einflüsse; wahrscheinlich nur Schwerverkehr
Schotterdecken und Einfachbefestigungen	— Alter und Verkehr
Seitenstreifen	— Art der Fahrbahn (mit oder ohne Bindemittel befestigt), Verkehrsart (Begegnungen, Überholungen)
Entwässerung	— Alter

Für Kalkulationen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen kann man folgende Lebensdauer annehmen:

Bit. Befestigungen		
Wege mit allg. Verkehr	25—30 Jahre	
Wege ohne allg. Verkehr	30—35 Jahre	
Betondecken älterer Bauart		Betondecken neuerer Bauart
Wege mit allg. Verkehr	25—30 Jahre	30—40 Jahre
Wege ohne allg. Verkehr	40—50 Jahre	über 50 Jahre
Pflasterdecken	über 50 Jahre (geschätzter Wert!)	
Schotterdecken		
Wege mit allg. Verkehr	5 Jahre	
Wege ohne allg. Verkehr	8 Jahre	
Einfachbefestigungen	8 Jahre	

Die Lebenserwartungen sind durch Trendextrapolationen gewonnen worden. Bei den Wegen mit ausschließlich landwirtschaftlichem Verkehr und hoher Lebenserwartung können die Werte bis zu 25 % schwanken. Es ist weiterhin anzunehmen, daß die Verbesserungen in der technischen Ausführung, die Reglementierung der Bauweisen und die genauere Überwachung der letzten Jahre sich günstig auf die Haltbarkeit der Bauweisen auswirken wird. Insbesondere trifft dies für die bit. Befestigungen [6] und für die Betondecken zu.

2. Der Zustand der Wege verschlechtert sich anfangs nach der Bauvollendung meist stärker als in den darauffolgenden Jahren. Bei den mit Bindemitteln befestigten Wegen ist der weitere Verhaltensverlauf dadurch gekennzeichnet, daß der Zustand nach einiger Zeit nur noch schwach und gleichmäßig abfällt. Hieraus ergibt sich, daß künftig die Gewährleistungsfristen keinen längeren Zeitraum als höchstens 2 bis 3 Jahre erfassen sollten. Auch die Abfolge der kritischen Schäden in Abhängigkeit vom Alter zeigt, daß für alle mit Bindemitteln befestigten Wege eine Gewährleistungsfrist von 2 Jahren ausreichen dürfte.

3. Die nicht gebundenen Befestigungen sinken in ihrer Brauchbarkeit schon nach wenigen Jahren rasch auf einen gerade noch ausreichenden Zustand ab. Dieser Zustand verbessert sich nach Reparaturen nur geringfügig. Da es sich wohl auch in Zukunft nicht vermeiden läßt, kleinere Flurlagen mit Wegen ohne Bindemittel zu erschließen, sollte man
   a) diese Bauweisen keinesfalls mit besonders aufbereiteten Baustoffen herstellen,
   b) keine speziellen Ansprüche an die Trassierung stellen, insbesondere keine Kuppen und Wannen ausgleichen,
   c) den Umfang dieser Wege auf ein Minimum beschränken.

   In keinem Falle erscheint es künftig angebracht, nichtgebundene Wege bei allgemeinem Verkehr anzuwenden.

4. Die Unterhaltung der Fahrbahnen und Seitenstreifen wird entgegen manch anderer Vorstellungen in der Regel nur dann vorgenommen, wenn die

Befahrbarkeit bzw. die Benutzung unmittelbar in Frage gestellt ist. Ein offensichtlicher Schaden ist bisher noch längst nicht der Anlaß gewesen, ihn zu reparieren. So wurden beispielsweise bei den bituminösen Befestigungen nur 1,4 % Flickstellen ermittelt, obwohl das Mehrfache hiervon notwendig gewesen wäre und bei den Betonwegen betrugen die Flickstellen nur 0,03 % der Fahrbahnfläche, trotz unmittelbar notwendiger Flickarbeiten in der Größenordnung von etwa 3—4 %!

Die Unterhaltungspflichtigen sind somit im allgemeinen ihren Verpflichtungen nicht nachgekommen. So eröffnen sich für eine künftige Lösung der Wegeunterhaltung bzw. Instandsetzung folgende Alternativen:

a) die Unterhaltspflichtigen (meist sind es die Gemeinden) werden zur Erfüllung ihrer Wegebaulast gezwungen, indem man die Rückzahlung der Zuschüsse oder Darlehen androht,

b) es werden durch Zuschüsse oder zinsverbilligte Darlehen Anreize zur Unterhaltung gegeben und die Gründung von Zweckverbänden gefördert,

c) man läßt die Wege ohne nennenswerte Reparaturen „verkommen" und setzt sie erst dann wieder mit oder ohne Hilfe des Staates instand, wenn sie nicht mehr nutzbar sind.

Von der Technik her gesehen, ist ohne Zweifel die schon seit vielen Jahren angestrebte „laufende Unterhaltung" der Wege sehr wirtschaftlich, weil dadurch die Lebensdauer erhöht wird und sich Schäden nicht rasch ausbreiten können. Auf diese Weise erhalten die Staatsforstverwaltungen ihre nichtgebundenen Wege schon seit vielen Jahren mit erstaunlich geringen Sachaufwendungen. Eine ständige Unterhaltung setzt jedoch auch einen gut eingespielten Apparat voraus, der Wegeschauen durchführt, Beiträge einhebt, Flickarbeiten anordnet und die Abrechnung sowie die gesamten Verwaltungsarbeiten vornimmt. Dies dürfte wohl der Grund sein, warum die bisher in manchen Ländern bestehenden Unterhaltungsverbände, trotz recht erfolgreicher Arbeiten, sich nicht in der gesamten Bundesrepublik durchgesetzt haben. Auch der rasche Strukturwandel im ländlichen Raum kann mitunter die Ursache sein, den Charakter der Unterhaltspflicht zu ändern: Wenn sich ein landwirtschaftlich genutztes Gebiet in eine Erholungs- und Freizeitlandschaft wandelt, so ändert sich nicht nur der Benutzerkreis, sondern auch zwangsläufig die Pflicht der Wegebaulast. So ist die bisher praktizierte Unterhaltung das „laissez faire".

Die Kosten für eine Erneuerung der gut befestigten Wege müssen auf mindestens 40 Millionen DM/Jahr veranschlagt werden, die spätestens erstmalig ab 1985 erforderlich sein werden. Voraussichtlich würden sich dagegen die Erneuerungskosten vermindern, wenn durch ständige Unterhaltung der gut befestigten Wege die Haltbarkeit verlängert werden könnte. Hierüber wären aber noch eingehende Untersuchungen notwendig, die Vergleiche zu dem keineswegs abwegigen Fall c) anstellen, da im Gegensatz zu den nichtgebundenen Befestigungen, die mit Bindemitteln hergestellten Wege trotz laufender Unterhaltung nicht ewig halten und weil auch die Verwaltungskosten einschließlich vorzeitiger Kapitalbereitstellungen mitveranschlagt werden müssen. Vom Leitgedanken des „gehen lassen" sind auch die nichtgebundenen Befestigungen sowie die Seitenstreifen und Entwässerungseinrichtungen betroffen. Diese Bauteile sinken, im Gegensatz zu den mit Bindemitteln befestigten Fahrbahndecken, schon nach kurzer Zeit auf einen gerade noch ausreichenden Benut-

Tabelle 44 Zusammenstellung der Wegebefestigungen und deren Schäden

Art	Fahrbahnlänge	Fahrbahnfläche	aufgetretene Schäden in % der Fahrbahnfläche bzw. -länge													
			Risse	Schlaglöcher	Ausmagerungen	Wundstellen	Flickstellen	Abrieb	Verformungen	Vertiefungen	Abblättern der oberen Schichten	Kantenabbrüche Flickstellen	Verkantete Platten Steine	Beschädigte Fahrbahnränder	Durchwachsungen	Ausgebrochene Fugen
	m	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m^2	m	m	m
bituminöse Befest.																
mit allg. Verkehr	177 083	601 807	2,4	0,3	0,3	0,3	1,5	9,9	0,3	-				1,1	4,6	
ohne allg. Verkehr	97 584	302 513	2,2	0,1	3,1	0,1	1,2	5,4	1,2	-				0,3	3,9	
Betondecken																
mit allg. Verkehr	71 683	228 160	3,6	-		0,2	-	3,0			0,2			0,3		5,0
ohne allg. Verkehr	46 077	133 667	1,1	-		0,1	-	1,4			1,9			0,1		2,6
Pflasterdecken																
mit allg. Verkehr	63 744	196 138	0,2	-					2,4			0,3	0,2	-		
ohne allg. Verkehr	36 091	113 355	-	-					0,9			-	0,4	0,1		

zungszustand ab und werden nur durch gelegentliche Ausbesserungen notdürftig erhalten. Die bisherige Erfahrung zeigt, daß es sehr schwer ist, ohne Unterhaltungsverbände an dieser mangelhaften Form der Unterhaltung etwas zu verbessern.

Bei den nichtgebundenen Fahrbahnen rechtfertigt die relativ kurze Haltbarkeit wohl keinen besonderen Einsatz und bei den Seitenstreifen und ggf. den Entwässerungseinrichtungen ist es wohl sinnvoller, durch eine neue technische Konzeption das Aufwachsen der Randstreifen oder Erodieren durch Wasser zu verhindern.

5. Die durch die Untersuchung ermittelten Schäden und deren Häufigkeiten haben signifikante Schwächen der Befestigungen aufgezeigt, welche durch entsprechende Vorbeugungsmaßnahmen verhindert bzw. beseitigt werden können. Hierzu wären noch folgende gezielte Untersuchungen notwendig:
   a) Vorbeugende Maßnahmen zur Verhinderung des Durchwachsens bituminöser Fahrbahnränder, Beseitigung von Durchwachsungen und Reparatur der Ränder,
   b) Untersuchungen über das Ausbrechen von Fugen an Betonwegen; Flickmaßnahmen, vorbeugende Ausgestaltung der Fugen,
   c) Versuche über Zusammensetzung und Ausgestaltung des Pflasterbettes zur Vermeidung von Verformungen in Pflasterwegen,
   d) Ermittlungen über die Abhängigkeiten zwischen Wassererosion und Gefälle an nichtgebundenen Wegeoberflächen; Versuche der Bindung dieser Oberflächen,
   e) Befestigung von Seitenstreifen, Verhinderung oder Verringerung des Aufwuchses und von Wassererosionen.
6. Die bisher angewandten Standardbefestigungen mit Bindemitteln haben sich anhand der Untersuchungen über die Haltbarkeit als durchaus richtig dimensioniert und wirtschaftlich erwiesen. Besonders lange Haltbarkeiten lassen die Pflasterdecken sowie die Betondecken, soweit diese nur für landwirtschaftlichen Verkehr vorgesehen sind, erwarten. Nicht zu empfehlen sind die Befestigungen ohne Bindemittel für Wege mit allgemeinem Verkehr.
7. Bis zum Jahre 1985 wird voraussichtlich ein Großteil der Wege bei der Neuordnung der ländlichen Räume in der Bundesrepublik erstellt sein. Erfreulicherweise setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, daß ein vorausschauend geplantes und gut ausgebautes Wegenetz den Strukturwandel fördert und vorbereitet. Überall ist zuerst eine Erschließung notwendig, gleichgültig ob es sich um landwirtschaftliche Produktionsräume, um Erholungsgebiete oder zu schützende Landschaften handelt. Mit den hohen Investitionen erwächst aber zugleich auch die Verpflichtung, das Geschaffene zu bewahren und zu erhalten.

Schrifttumsangaben

[1] Möser, H.: Formänderungen an Wirtschaftswegen durch Verkehrsbeanspruchung und klimatische Einflüsse; Wasser und Boden, Heft 3/1970

[2] Ott, R.: Der landwirtschaftliche Wegebau in der Bundesrepublik Deutschland; Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 7, 6

[3] —: Richtlinien für den landwirtschaftlichen Wegebau RLW 1965; herausgegeben vom Kuratorium für Kulturbauwesen; Wasser und Boden, Hamburg 1965

[4] Möser, H.: Beiträge über Befestigung und Wirtschaftlichkeit von Flurbereinigungswesen; Bayer. Landw. Jahrbuch 1/1969

[5] Eisenmann, J.: Messungen an Versuchsstrecken und neue Entwicklungstendenzen bei Betonstraßen; Straße und Autobahn 18/1967

[6] —: Merkblatt für die Befestigung land- und forstwirtschaftlicher Wege; Wegebefestigungen mit bituminösen Bindemitteln im Heißeinbau; Ausgabe 1969; herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V.

Verzeichnis der bisher erschienenen Hefte

Heft 1: RÖHM/WINTERWERBER: Die Vorplanung der Flurbereinigung und Aussiedlung in der Gemarkung Hechingen. Verlag Eugen Ulmer, Ludwigsburg. Z. Z. vergriffen.

Heft 2: POHL/LIEBER: Die landschaftliche Gestaltung in der Flurbereinigung (Der Landschaftspflegeplan für den Dümmer). Landbuch-Verlag GmbH, Hannover. Z. Z. vergriffen.

Heft 3: STEINDL: Die Flurbereinigung und ihr Verhältnis zur Kulturlandschaft in Mittelfranken. Verlag Erich Schmidt, Berlin/Bielefeld. Z. Z. vergriffen.

Heft 4: HEINRICHS: Die Vorplanung für die Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Ludwigsburg. DM 7,—.

Heft 5: PANTHER/STEUER/HAHN/ROTHKEGEL: Vorträge über Flurbereinigung, gehalten auf dem 38. Deutschen Geodätentag in Karlsruhe. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Heft 6: WELLING: Flursplitterung und Flurbereinigung im nördlichen und westlichen Europa. Verlag Eugen Ulmer, Ludwigsburg. DM 4,—.

Heft 7: SCHIRMER/BRUCKLACHER: Luftphotogrammetrische Vermessung der Flurbereinigung Bergen. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 6,—.

Heft 8: EIS: Probleme und Auswirkung der Flurbereinigung im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau reblausverseuchter Weinberggemarkungen, untersucht an einer vor 15 Jahren bereinigten Gemeinde an der Nahe. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 8,—.

Heft 9: JUNG: Untersuchungen über den Einfluß der Bodenerosion auf die Erträge in hängigem Gelände. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 3,—.

Heft 10: KLEMPERT: Befestigte landwirtschaftliche Wege in der Flurbereinigung als Mittel zur Rationalisierung der Landwirtschaft. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 7,50.

Heft 11: OSTHOFF: Die älteren Flurbereinigungen im Rheinland und die Notwendigkeit von Zweitbereinigungen. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 8,50.

Heft 12: STEGMANN: Die Verwendung des Lochkartenverfahrens bei der Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,—.

Heft 13: HETZEL: Die Flurbereinigung in Italien. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,—.

Heft 14: LÜTTMER: Bodenschutz in der Flurbereinigung. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 10,—.

Heft 15: PRIEBE: Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 7,—.

Heft 16: STEUER/BOHTE: Gutachten zu einer Neuordnung des ländlichen Raums durch Flurbereinigung. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 6,—.

Heft 17: SCHULER: Untersuchungen über verbundene Flurbereinigungs- und Aussiedlungsverfahren in Baden-Württemberg (Betriebswirtschaftliche Aukwirkungen). Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 6,—.

Heft 18: NECKERMANN/BERGMANN: Die Wiederaufsplitterung nach der Flurbereinigung in Unterfranken. Verlag Erich Schmidt, Berlin/Bielefeld. Z. Z. vergriffen.

Heft 19: NAURATH: Die Aussiedlung im Flurbereinigungsverfahren. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Heft 20: SEUSTER: Die Beanspruchung landwirtschaftlicher Wirtschaftswege im Hinblick auf eine steigende Mechanisierung der Landwirtschaft. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.

Heft 21: BRAACH: Landwirtschaft und Bevölkerung des Siegerlandes unter den Einflüssen industrieller und landeskultureller Wirkkräfte. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 9,—.

Heft 22: OLSCHOWY: Landschaftspflege und Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 5,—.

Heft 23: REISEN: Auswirkungen der Flurbereinigung und Aussiedlung auf die Frauenarbeit im bäuerlichen Familienbetrieb. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,—.

Heft 24: REISSIG: Integralmelioration von Geestrandmooren, dargestellt am Beispiel der Flurbereinigung Harkebrügge, Krs. Cloppenburg. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Heft 25: HAHN: Bewertungsgrundsätze und Schätzungsmethoden in der Flurbereinigung und deren Folgemaßnahmen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Heft 26: KERSTING: Die Anwendung der Luftbildmessung in der Flurbereinigung. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.

Heft 27: JANETZKWSKI: Auswirkungen der Flurbereinigung und Wirtschaftsberatung in der Gemeinde Schafheim. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Heft 28: RÖHM: Agrarplanung als Grundlage der Flurbereinigung und anderer landwirtschaftlicher Strukturverbesserungen in städtisch-industriellen Ballungsräumen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 14,—.

Heft 29: OPPERMANN: Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung nach Untersuchungen in acht Dörfern (Weiterführung des Heftes 15). Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,—.

Heft 30: HAHN: Die Flurbereinigung von Waldflächen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,—.

Heft 31: ROHMER/STEINMETZ: Bodenerhaltung in der Flurbereinigung. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 5,—.

Heft 32: SEUSTER: Anforderungen des landwirtschaftlichen Betriebes an die Anlage und den Ausbau des Wirtschaftswegenetzes. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 6,—.

Heft 33: MEIMBERG/RING/SCHÜNKE/RÜHMANN/WAMSER: Die wirtschaftlichen Grenzen der mechanisierten Bodennutzung am Hang und ihre Bedeutung für eine Bewertung hängiger Grundstücke in der Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 5,—.

Heft 34: HAHN: Die Schätzungsmethoden der Flurbereinigung in den deutschen Ländern und im benachbarten Ausland. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 3,50.

Heft 35: DENKS u. a.: Die Entwicklung der Vorplanung in der Praxis der Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,50.

Heft 36: FEUERSTEIN: Untersuchungen über Gemeinschaftsobstanlagen in Baden-Württemberg. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 9,—.

Heft 37: KLEMPERT: Die Wirtschaftswege. Beiträge über ihre Anlage und Befestigung. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 10,—

Heft 38: VIESER: Aufgaben der Flurbereinigung bei der Neuordnung des ländlichen Raumes. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 3,—.

Heft 39: GUMMERT/WERSCHNITZKY: Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 10,—.

Heft 40: NIESMANN: Untersuchungen über Bodenerosion und Bodenerhaltung in Verbindung mit Flurbereinigung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 8,—.

Heft 41: DRECHSEL: Die Flurbereinigung im Raum Nürnberg-Fürth. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 5,—.

Heft 42: OSTHOFF: Flurbereinigung und Dorferneuerung. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 6,—.

Heft 43: SCHICKE/BATZ: Koordinierung der Flurbereinigung mit anderen Planungen zur Neuordnung des ländlichen Raumes. Landschriften Verlag, Berlin-Bonn. DM 5,—.

Heft 44: STEUER u. a.: Die Mitwirkung nichtbehördlicher Stellen bei Flurbereinigung und beschleunigter Zusammenlegung. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 6,—.

Heft 45: QUADFLIEG: Die Teilnehmergemeinschaft nach dem Flurbereinigungsverfahren. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DM 4,50.

Heft 46: TÖRÖK: Die Linearplanung in der Vorplanung der Flurbereinigung. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 11,—.

Heft 47: MIKUS: Die Auswirkungen der Agrarplanung nach 1945 auf die Agrar- und Siedlungsstruktur des Raumes Westfalen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart-O, Gerokstraße 19. DM 8,50.

Heft 48: SCHNEIDER u. a.: Die Entwicklung des ländlichen Raumes als Aufgabe der Raumordnungs- und regionalen Strukturpolitik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart-O, Gerokstraße 19. DM 3,50.

Heft 49: HAGE u. a.: Beispiele der Zusammenarbeit landwirtschaftlicher Betriebe in der Veredelungsproduktion, ihre rechtlichen und steuerlichen Probleme. Kleins Druck- und Verlagsanstalt GmbH, Lengerich (Westf.). DM 8,50.

Heft 50: MEIMBERG: Die Bewertung hängiger Grundstücke bei der Flurbereinigung Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 6,80.

Heft 51: FEITER: Die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Flurbereinigung auf die Landwirtschaft der Gemeinde Mutscheid und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten von Voll- und Nebenerwerbsbetrieben. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 13,50.

Heft 52: FISCHER: Die ländliche Nahbereichsplanung. Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup (Westf.). DM 17,50.

Heft 53: KLEMPERT: Standard-Wegebefestigungen in Marsch, Moor und Geest. Landschriften-Verlag GmbH., Berlin-Bonn. DM 5,—.

Heft 54: HIDDEMANN: Die Planfeststellung im Flurbereinigungsgesetz. Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup (Westf.). DM 7,50.

Heft 55: KROÉS: Der Beitrag der Flurbereinigung zur regionalen Entwicklung: Sozialökonomische Auswirkungen, Kosten, Konsequenzen. Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup (Westf.). DM 14,50.

Heft 56: HOTTES/NIGGEMANN: Flurbereinigung als Ordnungsaufgabe. Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup (Westf.). DM 12,—.

Heft 57: Entwicklungsziele der in der Bundesrepublik Deutschland mit der Verbesserung der Agrarstruktur befaßten Behörden und Institutionen im Vergleich mit der Organisation im benachbarten Ausland unter besonderer Berücksichtigung der Flurbereinigung. Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup (Westf.). DM 18,—.

Heft 58: MÖSER: Haltbarkeit, Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit von Wegebefestigungen — Untersuchungen an Wegebefestigungen in Flurbereinigungsverfahren. Landwirtschaftsverlag GmbH., Hiltrup (Westf.). DM 14,—.