

Ländliche Entwicklung in Bayern



**Langzeitverhalten und
Einsatzkriterien von
ungebundenen Standard-
bauweisen in der
Ländlichen Entwicklung**

Materialien Heft 35/1996



Bayerisches
Staatsministerium
für Ernährung,
Landwirtschaft
und Forsten



Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten © 1996
ISSN 0943-7630

Autor: em. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmuck

Gestaltung, Satz und Druck: Bereich Zentrale Aufgaben der Bayerischen Verwaltung für Ländliche Entwicklung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	7
2 Merkmale ländlicher Wege mit ungebundener Befestigung	9
3 Erkenntnisse aus dem Langzeitverhalten von ungebundenen Befestigungen	15
3.1 Nutzergruppenspezifischer Gebrauchszustand	15
3.2 Gebrauchszustand in Abhängigkeit von Bestands- und Erhaltungsmerkmalen	15
3.2.1 Einfluß von Alter der Befestigung und Längsneigung	15
3.2.2 Einfluß von Erhaltungsmaßnahmen	18
3.2.3 Einfluß der Lage des Weges im Gelände	19
3.2.4 Einfluß von Entwässerungseinrichtungen	20
3.2.5 Einfluß der Frostempfindlichkeit des Untergrundes	23
3.2.6 Einfluß der Klimaverhältnisse	23
3.2.7 Einfluß des Befestigungstyps	23
3.3 Mängelarten und Mängelursachen	25
3.3.1 Zusammenhänge zwischen Gebrauchswert und Zustandswerten bei den vier Nutzergruppen	25
3.3.2 Mängel in Abhängigkeit vom Alter und von der Längsneigung	26
3.3.3 Mängel in Abhängigkeit von Verkehrsbeanspruchung und Klima sowie von Bearbeitung und Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen	28
3.4 Maßnahmen zur Minderung von Mängeln und Schäden	30
3.4.1 Entwässerung von Oberfläche und Oberbau	30
3.4.2 Erhaltung der ungebundenen Befestigungen	32
3.5 Nutzungsdauern (Erhaltungs-Folgezeiträume)	33
4 Einsatzkriterien für ungebundene Befestigungen	34
4.1 Einsatzkriterien aus technischer Sicht	34
4.2 Einsatzkriterien aus wirtschaftlicher Sicht	34
4.2.1 Einsatzkriterien bei »betriebswirtschaftlich orientierter« Betrachtungsweise	35
4.2.2 Einsatzkriterien bei »gesamtwirtschaftlich orientierter« Betrachtungsweise	36
5 Abschließende Bemerkungen	38
Anlage 1	39
Anlage 2	39

Vorwort

Ländliche Wege sind nicht nur ein wesentlicher Bestandteil der Kulturlandschaft. Sie sind darüber hinaus unverzichtbare Voraussetzung für die Kulturlandschaft als Ganzes, denn die Nutzung und Pflege der Landschaft – und damit die Erhaltung der Kulturlandschaft – setzen eine Erschließung der Landschaft durch Wege voraus.

Jede Erschließungsaufgabe ist für sich gesehen »einmalig« und verlangt daher eine individuelle Lösung. Diese Lösung hat sich an den Interessen der Nutzer, aber auch an denen der Natur zu orientieren, sie hat kostengünstig, bedarfsgerecht und landschaftsverträglich zu sein.

Ungebunden befestigte Feld- und Waldwege spielen dabei nach wie vor eine wichtige Rolle, sind sie doch gebundenen Wegen in ökologischer und landschaftsästhetischer Hinsicht oftmals überlegen. Ob diese Überlegenheit mit ökonomischen Nachteilen »erkauft« werden muß, ist jedoch nach wie vor umstritten.

Die Bayerische Verwaltung für Ländliche Entwicklung – als Fachbehörde und Ansprechpartner der Gemeinden und Bürger für alle Fragen im Zusammenhang mit Planung, Bau und Unterhalt von ländlichen Wegen – hat daher die Untersuchung »Langzeitverhalten von ungebundenen Standardbauweisen der Ländlichen Entwicklung in Bayern« in Auftrag gegeben.

Der dabei von den Auftragnehmern gewählte Untersuchungsansatz kann zurecht als ganzheitlich bezeichnet werden, fließen doch neben den Anforderungen der Nutzergruppe »landwirtschaftliche Fahrzeuge« auch die Interessen der Nutzergruppen »Fußgänger«, »Fahrradfahrer« und »Straßenfahrzeuge« gleichberechtigt in die Untersuchung mit ein.

Die mit diesem Heft vorgelegte Kurzfassung der Untersuchungsergebnisse stellt die Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen von ungebundenen Wegen einer breiten Öffentlichkeit vor. Das von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Schmuck erstellte Heft soll dazu dienen, die Diskussion über die Art der Befestigung zu versachlichen sowie ökonomische Bedenken gegenüber dem Einsatz von Kies- und Schotterwegen zu entkräften.

München, im November 1996



Prof. Dr.-Ing. Holger Magel
Leiter der Bayerischen Verwaltung
für Ländliche Entwicklung

1 Einleitung

Ländliche Wege dienen vorrangig der Erschließung von Äckern, Wiesen und Wäldern sowie von Einzelgehöften und Weilern. Daneben ist das ländliche Wegenetz in Teilen aber auch für Freizeit und Erholung und für den Fahrrad- und Fußgängerverkehr von Bedeutung. Der Gebrauchszustand ländlicher Wege muß deshalb primär den Anforderungen des Verkehrs mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen entsprechen, unter bestimmten Nutzungsansprüchen jedoch auch die Anforderungen des allgemeinen Kraftfahrzeug-, Rad- und Fußgängerverkehrs erfüllen.

Wegen ihrer engen Beziehung zur umgebenden Landschaft sind beim Bau und bei der Erhaltung ländlicher Wege, neben funktionalen Aspekten, ökologische und landschaftsästhetische Belange besonders zu berücksichtigen. Das gelingt am besten durch eine bescheiden dimensionierte, den Landschaftsformen angepaßte Wegegestaltung und durch die Verwendung naturnaher Baustoffe. Wegebefestigungen ohne Bindemittel («ungebundene Bauweisen») mit Kies- und Schottertrag- und -deckschichten aus sortiertem oder unsortiertem Gestein fügen sich harmonisch in die umgebende Landschaft



*Abb. 1:
Landschaftsgebundener
ländlicher Weg mit
ungebundener Befesti-
gung und begrüntem
Mittelstreifen*



*Abb. 2:
Älterer ländlicher Weg
mit Betondecke*

ein. Sie entsprechen am besten ökologischen und landschaftsästhetischen Bedingungen und lassen die Übergänge zur angrenzenden Landschaft weicher erscheinen als versiegelte Wege mit Befestigungen aus Asphalt, Beton oder Pflaster.

Unter Verkehrs- und Witterungsbeanspruchungen ist ein hinreichender Gebrauchszustand der ungebundenen Befestigungen auf Dauer allerdings nur mit konsequent und fortlaufend durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen sicherzustellen. In welcher Weise sich der Gebrauchszustand entwickelt, d. h. mit der Zeit verschlechtert, hängt von zahlreichen Einflußfaktoren ab. Neben der Art und Intensität der verkehrlichen Beanspruchungen zählen dazu vor allem

- die Bauart und die Bemessung des Oberbaues,
- die Eigenschaften von Unterbau und Untergrund,
- die Lage des Weges im Gelände und die Neigungsverhältnisse,
- die Art und Qualität von Oberflächen- und Tiefenentwässerung und schließlich auch
- die Qualität der Ursprungs-Bauausführung sowie
- die Qualität der zwischenzeitlich durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen.

Der Aufwand für die Erhaltung ungebundener Bauweisen kann bei bestimmten Gegebenheiten, beispielsweise bei höheren Verkehrsaufkommen mit

schnellem Verkehr, bei größeren Längsneigungen oder bei einer ungünstigen Lage des Weges im Gelände, unter Umständen hoch und unwirtschaftlich werden. So stellt sich vielfach die Frage nach den technisch und wirtschaftlich vertretbaren Anwendungsbereichen.

Wie das Langzeitverhalten ungebundener Bauweisen einzuschätzen ist und wo die Einsatzgrenzen im Hinblick auf die erwähnten Einflußfaktoren liegen, wurde im Rahmen eines Forschungsauftrages des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in den Jahren 1992 und 1993 untersucht. Forschungsbeauftragter war die PM-Consult, Beratungsgesellschaft für Straßenbetrieb und Straßenerhaltung, München-Aachen-Berlin, in Arbeitsgemeinschaft mit dem Verfasser dieses Beitrages. In die groß angelegte empirische Untersuchung zum Langzeitverhalten und zur Wirtschaftlichkeit ungebundener Bauweisen wurden 2100 Wegeabschnitte mit mehr als 660 km Länge und mit einer Gesamtfläche von ca. 2 Mill. m² in den verschiedensten Naturräumen Bayerns mit unterschiedlichen klimatischen, geologischen und topographischen Verhältnissen einbezogen.

Im folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse aus dieser Untersuchung auszugsweise wiedergegeben. Dabei wird auf die Beschreibung von methodischen und auswertungstechnischen Einzelheiten weitgehend verzichtet.*)

*) Verwiesen wird auf die Veröffentlichung des vollständigen Schlußberichtes zum Forschungsauftrag:
A. Schmuck, G. Krause: Langzeitverhalten von ungebundenen Standardbauweisen der ländlichen Neuordnung in Bayern. Informationen – Verkehrsplanung und Straßenwesen, Heft 39, 1994; Hrsg.: A. Schmuck, Universität der Bundeswehr München, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung.

2 Merkmale ländlicher Wege mit ungebundener Befestigung

Für die Beschreibung und Bewertung des Zustandes und für das Langzeitverhalten ländlicher Wege mit ungebundenen Bauweisen sind zum Teil andere bzw. zusätzliche Merkmale relevant als bei gebundenen Bauweisen. So spielen beispielsweise die Längsneigung, die Lage des Weges im Gelände und die Art und die Wirksamkeit der Entwässerungseinrichtungen für das Langzeitverhalten ungebundener Befestigungen eine ungleich größere Rolle. Eine Übersicht zur Systematik der Merkmale zeigt Abbildung 3.

Mit Angaben über die **Grundmerkmale** (Grunddaten) wird die örtliche Lage des Weges im Wegenetz definiert («Ortsangaben»), ferner werden die für das Langzeitverhalten maßgebenden allgemeinen Bedingungen global charakterisiert («Altersklasse», «Nutzungsart», «Klimagebiet», «Allgemeine Topographie»).

Bei den **Bestandsmerkmalen** (mit den Bestandsdaten) ist nach »geometrischen Merkmalen« und nach »Merkmale des Befestigungsaufbaues« (Bauart und Bemessung) zu unterscheiden.

Der **Zustand der Befestigung** wird durch Zustandsdaten charakterisiert. In Anlehnung an die im Management der Straßenerhaltung übliche Bewertungsmethodik sollte der »Gebrauchswert« getrennt vom »Substanzwert« ermittelt werden.

Mit dem **Gebrauchswert** wird die von den Merkmalen der Befestigungsoberfläche ausgehende

Brauchbarkeit für die verschiedenen Nutzergruppen gekennzeichnet. Die Bewertung erfolgt durch die Vergabe von **Zustandsnoten** mit den Brauchbarkeitsstufen:

- 1 = sehr gut befahrbar bzw. begehbar,
- 2 = gut befahrbar bzw. begehbar,
- 3 = noch hinreichend befahrbar bzw. begehbar,
- 4 = nur noch bedingt befahrbar bzw. begehbar,
- 5 = unbrauchbar.

Die für die vier Nutzergruppen

- Landwirtschaftliche Fahrzeuge,
- Straßenfahrzeuge,
- Radfahrer und
- Fußgänger

maßgebenden Gebrauchszustandsnoten für die Zustandsmerkmale

- Ebenheit längs,
- Ebenheit quer (Spurrinnen),
- Bankett- und Mittelstreifenlage,
- Oberflächenstruktur und
- Verschmutzung (durch z. B. Mutterboden, bindige Erdstoffe u. ä.)

sind in der Tabelle 1 dargestellt.

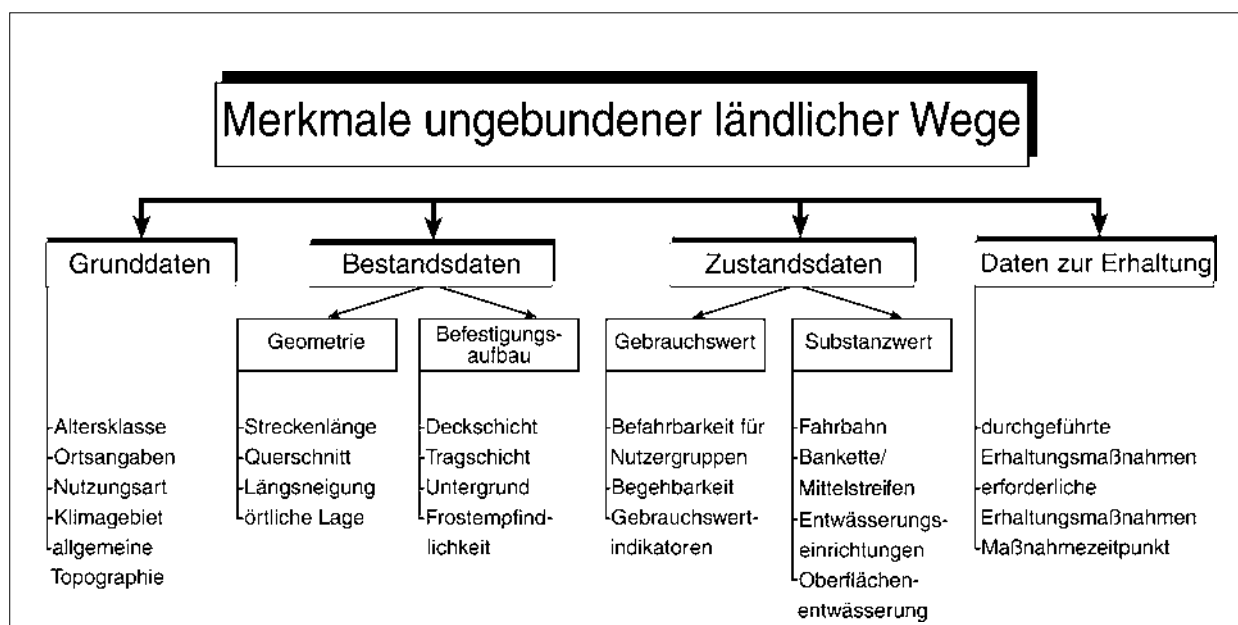


Abb. 3: Systematik der Merkmale ungebundener ländlicher Wege

Zustands- note	Zustandsmerkmale				
	Ebenheit - längs	Ebenheit - quer	Bankettlage, Mittelstreifenlage	Oberflächenstruktur	Verschmutzung
Definition der Gebrauchszustandsnoten für landwirtschaftliche Fahrzeuge					
1	sehr gut bis gut, geringe Unebenheit	Spurrinnen bis 5 cm Tiefe	wird durch Spalte 2 abgedeckt	nicht relevant	unbedeutende Verunreinigungen
2	deutliche Unebenheiten	Spurrinnen 5 bis 10 cm Tiefe			deutliche Verunreinigungen
3	häufige und deutliche Unebenheiten	Spurrinnen 10 bis 15 cm Tiefe			starke Verunreinigungen
4	ausgeprägte Unebenheiten	Spurrinnen 15 bis 20 cm Tiefe			sehr starke Verunreinigungen
5	ausgeprägte Unebenheiten auf gesamter Strecke	Spurrinnen größer 20 cm Tiefe			sehr stark, Schmierschichtbildung
Definition der Gebrauchszustandsnoten für Straßenfahrzeuge					
1	sehr gut, eben	Spurrinnenbildung nicht erkennbar	eben, beginnendes Hochwachsen	abgestuft, einzelne lose Bestandteile	keine Verunreinigungen
2	gut, vereinzelte Unebenheiten	unbedeutende Spurrinnen	bis 5 cm hochgewachsen	schlecht abgestuft, häufig lose Oberfläche	unbedeutende Verunreinigungen
3	deutliche Unebenheiten	Spurrinnen bis 5 cm Tiefe	5 bis 10 cm hochgewachsen	loses Fein- oder Grobkorn < 3 cm tief	deutliche Verunreinigungen
4	häufige und deutliche Unebenheiten	Spurrinnen 5 bis 10 cm Tiefe	10 bis 15 cm hochgewachsen	loses Fein- oder Grobkorn 3 bis 5 cm tief	starke Verunreinigungen
5	häufige und ausgeprägte Unebenheiten	Spurrinnen größer 10 cm Tiefe	mehr als 15 cm hochgewachsen	loses Fein- oder Grobkorn > 5 cm tief	sehr starke Verunreinigungen
Definition der Gebrauchszustandsnoten für Radfahrer					
1	sehr gut, eben	Spurrinnenbildung nicht erkennbar	eben zur Fahrbahn	abgestuft und fest	keine Verunreinigungen
2	gut, vereinzelte Unebenheiten	unbedeutende Spurrinnen	beginnendes Hochwachsen	abgestuft, einzelne lose Bestandteile	unbedeutende Verunreinigungen
3	deutliche Unebenheiten	Spurrinnen bis 5 cm Tiefe	bis 5 cm hochgewachsen	schlecht abgestuft, häufig lose Oberfläche	deutliche Verunreinigungen
4	häufige und deutliche Unebenheiten	Spurrinnen 5 bis 10 cm Tiefe	5 bis 10 cm hochgewachsen	loses Fein- und Grobkorn < 3 cm tief	starke Verunreinigungen
5	häufige und ausgeprägte Unebenheiten	Spurrinnen größer 10 cm Tiefe	mehr als 10 cm hochgewachsen	loses Fein- oder Grobkorn > 3 cm tief	sehr starke Verunreinigungen
Definition der Gebrauchszustandsnoten für Fußgänger					
1	sehr gut bis gut, geringe Unebenheit	Spurrinnen bis 5 cm Tiefe	eben und sehr gut begehbar	abgestuft und fest	keine Verunreinigungen
2	deutliche Unebenheiten	Spurrinnen 5 bis 10 cm Tiefe	gut begehbar	abgestuft, einzelne lose Bestandteile	unbedeutende Verunreinigungen
3	häufige und deutliche Unebenheiten	Spurrinnen 10 bis 15 cm Tiefe	beschädigt, begehbar	schlecht abgestuft, häufig lose Oberfläche	deutliche Verunreinigungen
4	ausgeprägte Unebenheiten	Spurrinnen 15 bis 20 cm Tiefe	schadhaft, noch begehbar	loses Fein- oder Grobkorn < 3 cm tief	starke Verunreinigungen
5	ausgeprägte Unebenheiten auf gesamter Strecke	Spurrinnen größer 20 cm Tiefe	nur bedingt begehbar	loses Fein- oder Grobkorn > 3 cm tief	sehr starke Verunreinigungen

Tab. 1: Gebrauchszustandsnoten für die Nutzergruppen »Landwirtschaftliche Fahrzeuge«, »Straßenfahrzeuge«, »Radfahrer« und »Fußgänger«

Mit dem **Substanzwert** wird die strukturelle Beschaffenheit der Wegebefestigung und Nebenanlagen (z. B. der Entwässerungseinrichtungen) beschrieben. Die Bewertung kennzeichnet, inwieweit die Anlagenteile ihren ursprünglichen Material-

und Konstruktionseigenschaften noch entsprechen. Die für die Substanzbewertung von Wegebefestigung, Entwässerungseinrichtungen und Banketten bzw. Mittelstreifen maßgebenden Substanzzustandskriterien und -noten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Zustandsnote	Zustandsmerkmale		
	Tragfähigkeit / Verformungsfestigkeit der Fahrbahn	Entwässerungseinrichtungen	Bankette / (Mittelstreifen)
1	vollständig vorhanden (keine Substanzverbesserung erforderlich)	funktionstüchtig, sehr guter Zustand	gleichmäßige Geometrie keine Schäden
2	geringfügige Mängel (keine Substanzverbesserung erforderlich)	guter Zustand, geringfügige Mängel	ungleichmäßige Geometrie, geringfügige Schäden
3	noch hinreichend (Substanzverbesserung in einigen Jahren notwendig)	Entwässerung noch hinreichend	ungleichmäßig, beschädigt, angepflügt o.ä. bis 30 % der Fläche
4	sehr begrenzt (Einsenkung der Räder groß, noch kein Grundbruch)	Entwässerung nur bedingt möglich	ungleichmäßig, stark beschädigt, angepflügt o.ä. bis 60 % der Fläche
5	nicht vorhanden (Einsenkung der Räder sehr groß, Grundbruch unter Belastung, neue Substanz erforderlich)	Entwässerung nicht möglich, funktionslos, zerstört	zerstört, Schäden betreffen mehr als 60 % der Anlagenteile

Tab. 2:
Zustandsnoten
für die Substanz-
bewertung

Charakteristika und Erfassungsmöglichkeiten der maßgebenden Schadensmerkmale gehen aus Tabelle 3 hervor. Die Abbildungen 4 bis 11 zeigen Beispiele für Merkmalsausprägungen des Gebrauchs- und des Substanzwertes.

Die in Abbildung 3 aufgeführte Gruppe der **Daten zur Erhaltung** dienen sowohl der Berücksichtigung von in der Vergangenheit durchgeführten Erhaltungsmaßnahmen bei der Interpretation des Langzeitverhaltens wie auch als Anhaltspunkt für die Planung künftiger Maßnahmen.

Schadensart	Charakteristik	Erfassung
Spurrinnen	Rinnenförmige Verformungen des Befestigungsaufbaus entlang der Radspuren, oft von leichten Erhebungen (Wülsten) flankiert	Messung mit einer 2-Meter-Latte und einem Maßstab in den Radspuren
Allgemeine Unebenheiten	Abweichung der Form der Ist-Oberfläche von der Form der Soll-Oberfläche infolge von Erhöhungen (Buckel) und/oder Vertiefungen (Mulden, Einsenkungen, Löcher)	Visuell durch Beobachtung und nach physischem Empfinden bei der Befahrung mit angepaßter Geschwindigkeit bzw. während der Begehung
Oberflächenstruktur	Kornzusammensetzung und Bindung der Körner der Deckschicht	Visuell durch Beobachtung bei der Befahrung mit angepaßter Geschwindigkeit bzw. während der Begehung
Lage der Bankette und Mittelstreifen	Abweichungen in der Geometrie und/oder der Höhenlage der Bankette und Mittelstreifen gegenüber der Oberfläche der Fahrbahn	Visuell durch Beobachtung bei der Befahrung mit angepaßter Geschwindigkeit oder während der Begehung bzw. durch Messung mit einer 2-Meter-Latte
Verschmutzung	Verunreinigungen der Fahrbahnoberfläche durch bindige Erdstoffe, Mutterboden, organische Düngemittel, Feldfruchtreste u. ä.	Visuell durch Beobachtung bei der Befahrung mit angepaßter Geschwindigkeit bzw. während der Begehung und Einschätzung des betroffenen Flächenanteils
Substanzwert der Fahrbahn	Abweichungen von den ursprünglichen Material- und Konstruktionseigenschaften, strukturelle Beschaffenheit der Fahrbahnbefestigung	Visuell durch Beobachtung und Einschätzung sekundärer Merkmale an der Oberfläche (Verformungen: Mulden, Verdrückungen, Spurrinnen; Kornzusammensetzung)
Substanzwert der Bankette	Abweichungen von den ursprünglichen Konstruktionseigenschaften (insbesondere durch Belahren und Anpflügen), strukturelle Beschaffenheit der Bankette	Visuell durch Beobachtung und Einschätzung von Schweregrad sowie Flächenanteil der Schäden
Erosionsschäden	Schäden durch Wasserabfluß in Fahrtrichtungsrichtung in Form von Feinkornauschwemmungen und Materialabtragungen	Visuell durch Beobachtung (wird i.d.R. durch die Erfassung der anderen Zustandsmerkmale abgedeckt)

Tab. 3: Schadensarten (»Schadenskatalog«)



Abb. 4:
Ungebundene Befesti-
gung mit Spurrinnen von
10 bis 15 cm Tiefe



Abb. 5:
Ungebundene Befesti-
gung mit muldenförmigen
Unebenheiten und
Wasserrückhalt in den
Mulden



Abb 6:
Ungebundene Befesti-
gung mit loser Ober-
flächenstruktur, fehlen-
dem Feinkorn und zu
grober Körnung

*Abb. 7:
Ländlicher Weg mit
stark hochgewachsenen
Banketten und Mittel-
streifen (gegenüber den
Fahrstreifen um mehr
als 15 cm überhöht)*



*Abb. 8:
Ländlicher Weg mit
starker Verschmutzung
der gesamten Oberfläche
durch bindiges Material
und Schmierschicht-
bildung bei Nässe*



*Abb. 9:
Ländlicher Weg mit
zerstörter Substanz bei
ausgeprägten Spur-
rinnen, Mulden und
Verdrückungen*





*Abb. 10:
Ländlicher Weg mit
ausgeprägten Bankett-
schäden durch Anpflügen
der Bankett- und Befesti-
gungssubstanz*



*Abb. 11:
Ungebundene Befesti-
gung mit erodierter Ober-
fläche und freiliegendem
Tragschichtmaterial*

3 Erkenntnisse aus dem Langzeitverhalten von ungebundenen Befestigungen

Aus der Vielzahl an Untersuchungsergebnissen können im folgenden nur die wichtigsten Einzelbeispiele vorgestellt werden. Sie zeigen, daß aus den Untersuchungen wertvolle Folgerungen für die Anwendung ungebundener Befestigungen zu ziehen sind. Die vollständigen Ergebnisse enthält der Schlußbericht zum Forschungsauftrag – vgl. Fußnote im Abschnitt 1.

3.1 Nutzergruppenspezifischer Gebrauchszustand

Ländliche Wege werden vorzugsweise für eine Nutzung durch landwirtschaftliche Fahrzeuge konzipiert. Sie müssen aber auch für eine Nutzung durch Straßenfahrzeuge (z. B. für die Anrainer) geeignet sein. Daneben werden die ländlichen Wege auch von Radfahrern und Fußgängern im Erholungs- und Freizeitverkehr genutzt.

Zwangsläufig sind ungebundene Befestigungen für den Verkehr mit Straßenfahrzeugen sowie für Radfahrer weniger geeignet als für den Verkehr mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Fußgängern. Das läßt sich aus Tabelle 4 gut ablesen. Hier sind diejenigen mittleren Gebrauchswerte für die Nutzergruppen »Straßenfahrzeuge (Pkw)«, »Radfahrer« und »Fußgänger« angegeben, die sich ergeben, wenn der Gebrauchswert für die Nutzergruppe »Landwirt-

schaftliche Fahrzeuge« bei dem in Spalte 1 angegebenen Wert liegt. Aus dem Vergleich der Indexwerte läßt sich erkennen, daß der Gebrauchswert ungebundener Befestigungen für Fußgänger um im Mittel 15 %, der für Straßenfahrzeuge um i. M. 30 % und der für Radfahrer um i. M. 45 % schlechter ausfällt als für landwirtschaftliche Fahrzeuge.

3.2 Gebrauchszustand in Abhängigkeit von Bestands- und Erhaltungsmerkmalen

3.2.1 Einfluß von Alter der Befestigung und Längsneigung

Alter der Befestigung und Längsneigung des Weges sind neben der verkehrlichen Beanspruchung die wichtigsten Einflußgrößen für das Langzeitverhalten ungebundener Befestigungen. Eine Prognose des Gebrauchszustandes und die damit verbundene Einschätzung der Nutzungsdauer ist nur unter Berücksichtigung dieser Einflußgrößen möglich.

Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der gewichteten Mittelwerte der Befahrbarkeit bzw. der Begehrbarkeit (= Gebrauchswert) für die vier Nutzergruppen bei unterschiedlichen »Längsneigungsklassen (LN)« *) in verschiedenen »Altersklassen (AKL)« **) für Strecken ohne Erhaltungsmaßnahmen.

Tab. 4:
Vergleich der Gebrauchswerte der vier Nutzergruppen

Gebrauchswert landwirtsch. Fahrzeuge	Gebrauchswert		
	Fußgänger	Straßenfahrzeuge	Radfahrer
1,0	1,2	1,3	1,5
2,0	2,3	2,6	3,0
2,5	2,9	3,3	3,8
3,0	3,5	3,9	4,5
3,5	4,0	4,6	5,0
4,0	4,6	5,0	5,0
4,5	5,0	5,0	5,0

*) Längsneigungsklassen:

LN 1	Längsneigung	0 % bis unter 0,5 %
LN 2	"	0,5 % bis unter 2,0 %
LN 3	"	2,0 % bis unter 5,0 %
LN 4	"	5,0 % bis unter 8,0 %
LN 5	"	8,0 % und mehr

**) Altersklassen:

AKL 1	Alter der Befestigung	unter 5 Jahre
AKL 2	"	5 bis unter 10 Jahre
AKL 3	"	10 bis unter 15 Jahre
AKL 4	"	15 bis unter 20 Jahre
AKL 5	"	20 und mehr Jahre

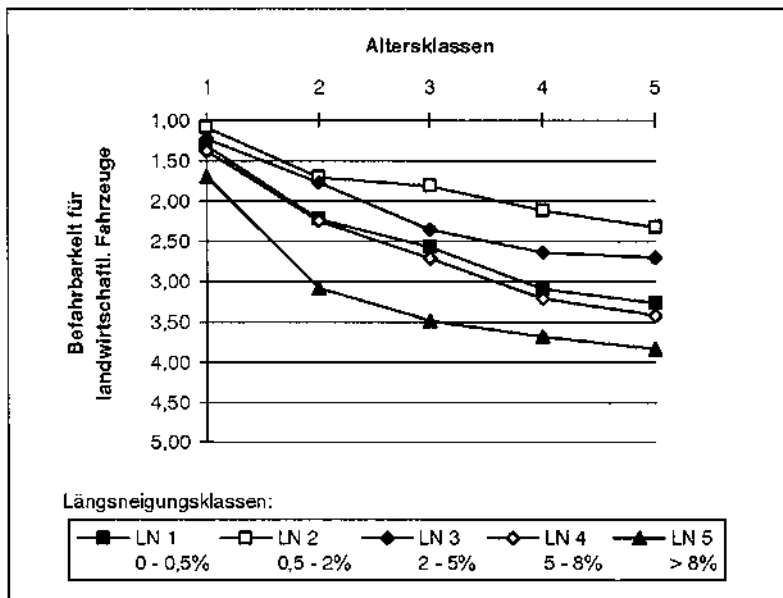
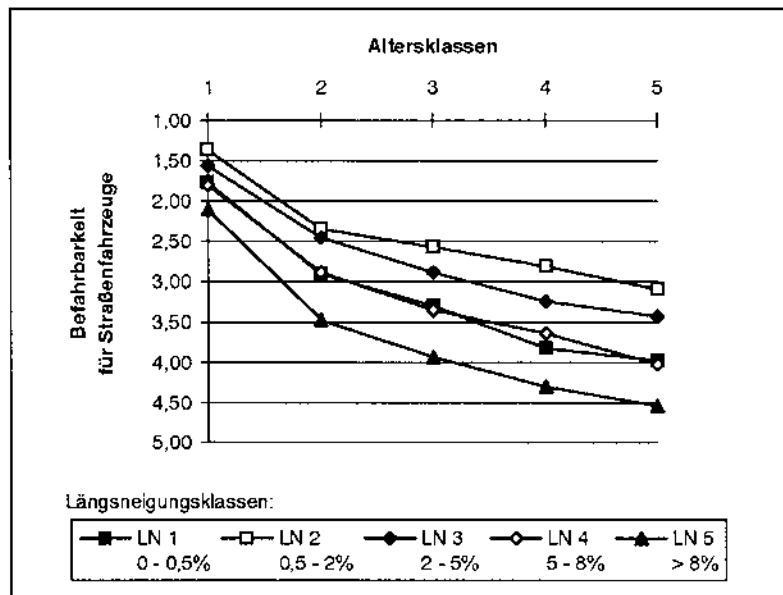
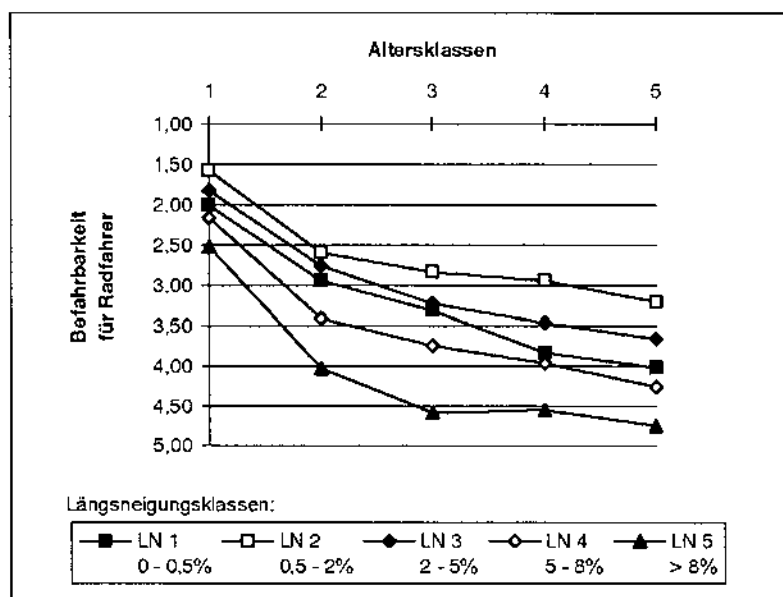


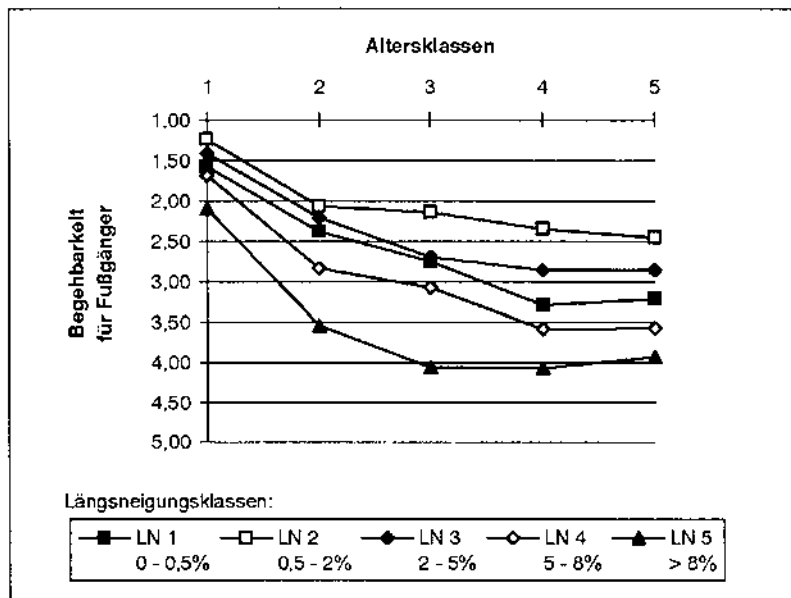
Abb. 12:
Gewichtete Mittelwerte der Gebrauchswerte für landwirtschaftliche Fahrzeuge auf Strecken ohne Erhaltungsmaßnahmen in Abhängigkeit von Längsneigungs- und Altersklasse



... für Straßenfahrzeuge ...



... für Radfahrer ...



... für Fußgänger ...

Abbildung 12 läßt erkennen, daß der Gebrauchswert der ungebundenen Befestigungen während der ersten 10 Nutzungsjahre stärker abfällt und mit zunehmendem Alter in einen leicht geneigten, näherungsweise linearen Verlauf übergeht. Darüber hinaus ist die in Abschnitt 3.1 erwähnte Tendenz erkennbar, wonach die Gebrauchswertentwicklung ungebundener Befestigungen für Fußgänger, Straßenfahrzeuge und vor allem für Radfahrer schlechter ausfällt als für landwirtschaftliche Fahrzeuge.

In Abbildung 13 sind die gewichteten Mittelwerte der Befahrbarkeit beispielhaft für die Nutzergruppe »Landwirtschaftliche Fahrzeuge« in Abhängigkeit von der »Längsneigungsklasse« und der »Altersklasse«

aufgetragen. Der Gebrauchszustand weist für die Längsneigungsklasse 2 (0,5 bis unter 2 %) den besten Wert auf, während sich bei niedrigeren und insbesondere bei höheren Längsneigungen schlechtere Werte einstellen.

Das heißt:

Ungebundene Befestigungen eignen sich am besten für Strecken mit Längsneigungen zwischen 0,5 % und 2 %; Längsneigungen bis zu 5 % ermöglichen noch eine relativ gute und dauerhafte Nutzung. Dagegen sind ungebundene Befestigungen für Strecken mit Längsneigungen über 5 % nur bedingt geeignet und bei Längsneigungen über 8 % als ungeeignet einzustufen.

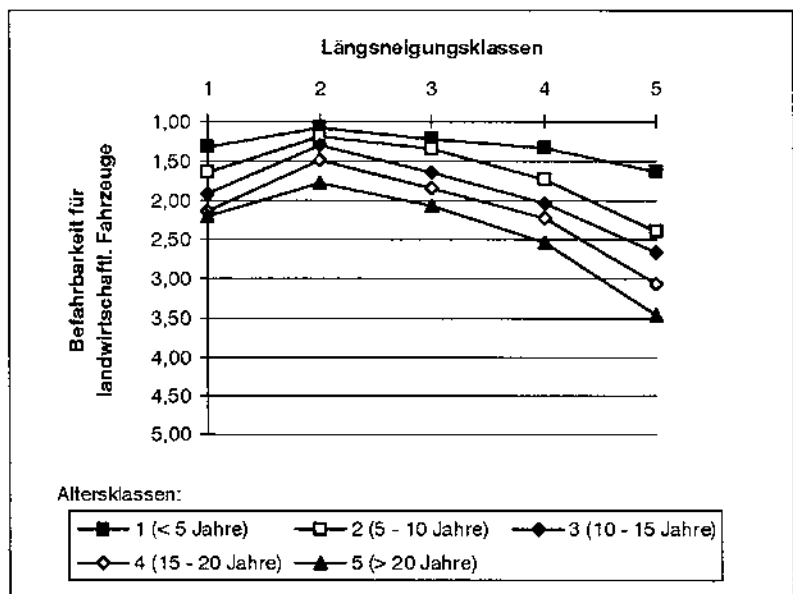


Abb.13:
Gewichtete Mittelwerte der »Befahrbarkeit für Landwirtschaftliche Fahrzeuge« in Abhängigkeit von Längsneigungs- und Altersklasse

3.2.2 Einfluß von Erhaltungsmaßnahmen

Abbildung 14 zeigt den Einfluß von Erhaltungsmaßnahmen auf die Befahrbarkeit (= Gebrauchswert) beispielhaft für die Nutzergruppe »Landwirtschaftliche Fahrzeuge« auf Strecken der Längsneigungsklassen 1 bis 5. Für die Nutzergruppen »Straßenfahrzeuge«, »Radfahrer« und »Fußgänger« sind die Einflußrelationen tendenziell ähnlich. Eingetragen sind die Mittelwerte der Befahrbarkeit für unterschiedliche Erhaltungsgegebenheiten. Dabei steht die Kennzeichnung

- »E« für in der Vergangenheit durchgeführte Erneuerungs- oder Instandsetzungsmaßnahmen *) mit Bezeichnung des zurückliegenden Zeitraumes,
- »U« für in den vergangenen 3 bis 4 Jahren durchgeführte Unterhaltungsmaßnahmen **),
- »O« für Strecken ohne jegliche Erhaltungsmaßnahmen mit Bezeichnung der Altersklasse (AKL) der Befestigung.

Im einzelnen bedeutet:

- E1 Erhaltung vor 1 bis 2 Jahren,
- E3 Erhaltung vor 3 bis 4 Jahren,

- E5 Erhaltung vor 5 bis 7 Jahren,
- E8 Erhaltung vor 8 und mehr Jahren,
- O1 ohne Erhaltung während der letzten 5 Jahre,
- O2 ohne Erhaltung seit 5 bis 10 Jahren (AKL 2),
- O3 ohne Erhaltung seit 10 bis 15 Jahren (AKL 3),
- O4 ohne Erhaltung seit 15 bis 20 Jahren (AKL 4),
- O5 ohne Erhaltung seit über 20 Jahren (AKL 5).

Aus Abbildung 14 läßt sich folgendes ableiten:

Erhaltungsmaßnahmen (»E«) ermöglichen für Längsneigungen bis zu 5 % (LN 1, 2 und 3) eine Wiederherstellung der Befahrbarkeit während der ersten 2 Jahre nach Durchführung der Erhaltungsmaßnahme auf einem ähnlich hohen Niveau wie beim Neubau.

Nach Erhaltungsmaßnahmen verschlechtert sich die Befahrbarkeit rascher als nach dem Neubau, d. h. der Substanzwert wird durch eine Erhaltungsmaßnahme im allgemeinen nicht in gleicher Weise wiederhergestellt wie durch einen Neubau.

Unterhaltungsmaßnahmen (»U«) bewirken nur teilweise und zeitlich begrenzt eine Verbesserung der Befahrbarkeit.

Die Befahrbarkeit von Strecken der Längsneigungsklasse 2 (0,5 bis 2 %) verschlechtert sich in

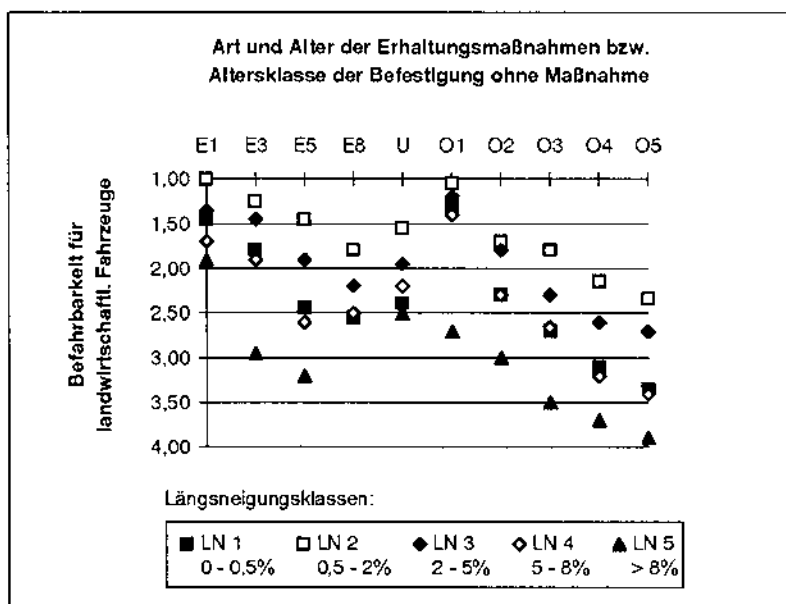


Abb.14:
Einfluß von Erhaltungsmaßnahmen auf die Befahrbarkeit für die Nutzergruppe »Landwirtschaftliche Fahrzeuge« bei den Längsneigungsklassen 1 bis 5

*) Erhaltungsmaßnahmen:

Erneuerung = Vollständige Wiederherstellung einer Wegebefestigung oder von Teilen davon, sofern mehr als die Deckschicht betroffen ist, durch Verstärkung oder nach Beseitigung entsprechender Teile (z. B. Ausbau des vorhandenen Oberbaues).
Instandsetzung = Maßnahmen zur Wiederherstellung der Oberflächeneigenschaften, die deutlich über das Ausmaß von Unterhaltungsmaßnahmen hinausgehen (z.B. Hocheinbau von Mineralstoffen oder Aufreißen, Planieren und Verdichten mit oder ohne Materialzugabe).

***) Unterhaltungsmaßnahmen:

Maßnahmen kleineren Umfanges und bauliche Sofortmaßnahmen in kleineren Flächen (z. B. Auffüllen von einzelnen Löchern und Mulden, Spurrinnenauffüllungen in Teilabschnitten, Abtragen von hochgewachsenen Banketten und Mittelstreifen).

den ersten 5 Jahren nach einer Erhaltungsmaßnahme nur wenig.

Die Befahrbarkeit von Strecken der Längsneigungsklassen 4 und 5 verschlechtert sich bereits 5 bzw. 3 Jahre nach einer Erhaltungsmaßnahme auf Grenzniveauhöhe (= »Schwellenwert« – siehe Abschnitt 3.5).

3.2.3 Einfluß der Lage des Weges im Gelände

Der Gebrauchswert ungebundener Befestigungen wird in besonderer Weise von der Lage des Weges im Gelände beeinflusst. In Abbildung 15 sind die »Indexwerte« der Gebrauchswerte für unterschiedliche Arten der örtlichen Wegelage aufgetragen.

Die in der Abbildung verwendeten Abkürzungen haben folgende Bedeutung:

	gelände-ebene Lage	Lage im Auftrag (Damm)
Senke	GS	AS
quer zum Hang	GQ	AQ
ebenes Gelände	GE	AE
längs zum Hang	GL	AL
Kuppe	GK	AK

Als »Bezugswert« mit dem Index 1,0 dient die Wegelage »im Auftrag (Damm) und quer zum Hang (AQ)«.

(Für Wegelagen im Einschnitt konnten »Indexwerte« wegen einer zu geringen Anzahl von untersuchten Abschnitten nicht repräsentativ ermittelt werden.)

Aus Abbildung 15 läßt sich folgendes ableiten:

Streckenabschnitte auf Kuppen (GK und AK) weisen innerhalb der Gruppen »geländeebene Lage« und »Lage im Auftrag (Damm)« jeweils die besten Befahrbarkeiten auf.

Gegenüber dem Bezugswert AQ weisen Streckenabschnitte in »geländeebener Lage in Senken (GS)« um 40 bis 50 % schlechtere Befahrbarkeiten auf; in Senken sollten daher ungebundene Befestigungen nicht oder nur in Verbindung mit einer »Lage im Auftrag (AS)« angewendet werden.

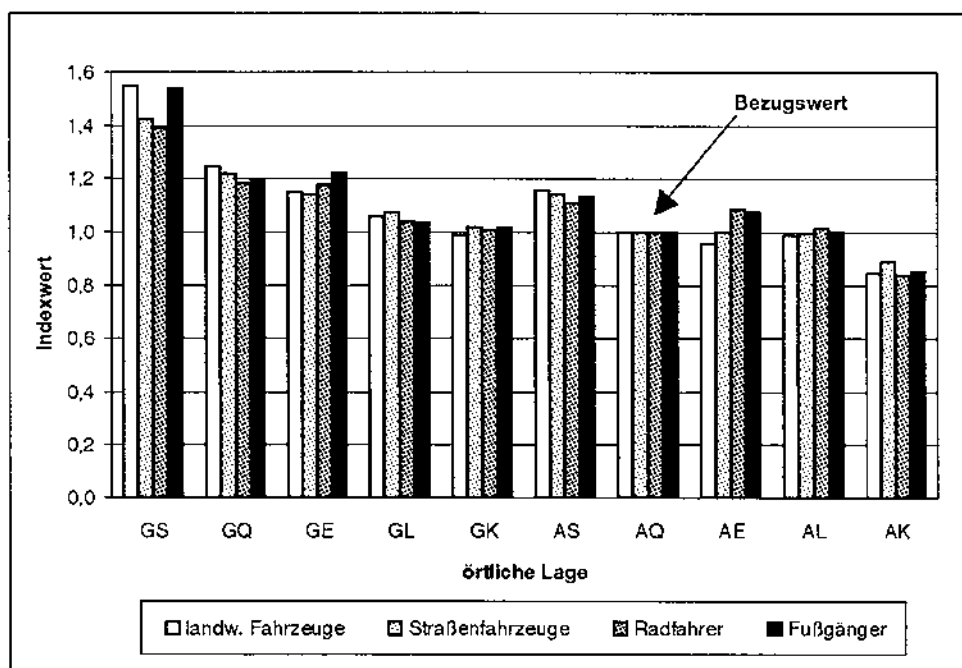
Gegenüber dem Bezugswert AQ weisen Streckenabschnitte »in geländeebener Lage quer zum Hang (GQ)« und »in ebenem Gelände (GE)« um 15 bis 25 % schlechtere Befahrbarkeiten auf; bei Wegeführungen »quer zum Hang« ist daher eine Lage »im Auftrag (AQ)« vorzuziehen.

»Geländeebene Streckenabschnitte« mit ungebundenen Befestigungen weisen

- bei Lage in einer Senke um bis zu 30 %,
- bei Lage quer zum Hang um bis zu 22 %,
- bei Lage in ebenem Gelände um bis zu 14 %,
- bei Lage längs zum Hang um bis zu 5 %,
- bei Lage auf einer Kuppe um bis zu 17 %

schlechtere Befahrbarkeiten auf als vergleichbare Strecken »im Auftrag (Damm)«.

Abb. 15: Einfluß der Lage des Weges im Gelände auf die Befahrbarkeit (Indexwerte der Befahrbarkeit = Gebrauchswert mit Bezugsindex 1,0 für eine Wegelage »im Auftrag und quer zum Hang (AQ)«)



3.2.4 Einfluß von Entwässerungseinrichtungen

Zwischen dem »Substanzwert der Entwässerungseinrichtungen« (hier: Einrichtungen der Oberflächenlängsentwässerung = Gräben und Mulden) und dem »Substanzwert der Fahrbahn« mit ungebundener Befestigung wie auch zwischen dem »Substanzwert der Entwässerungseinrichtungen« und der »Befahrbarkeit« konnte ein statistisch gesicherter Zusammenhang nachgewiesen werden. Sowohl der Substanzwert der Fahrbahn wie auch

die Nutzbarkeit der Wege verringert sich mit abnehmendem Substanzwert der Entwässerungseinrichtungen.

Für den Vergleich von Strecken »mit« und »ohne« Entwässerungseinrichtungen (Gräben und Mulden) sind die Indexwerte des Gebrauchswertes für die vier Nutzergruppen in Abbildung 16 unabhängig von der örtlichen Lage des Weges und in Abbildung 17 für eine Lage des Weges »quer zum Hang« (mit seitlich zutretendem Hangwasser) dargestellt.

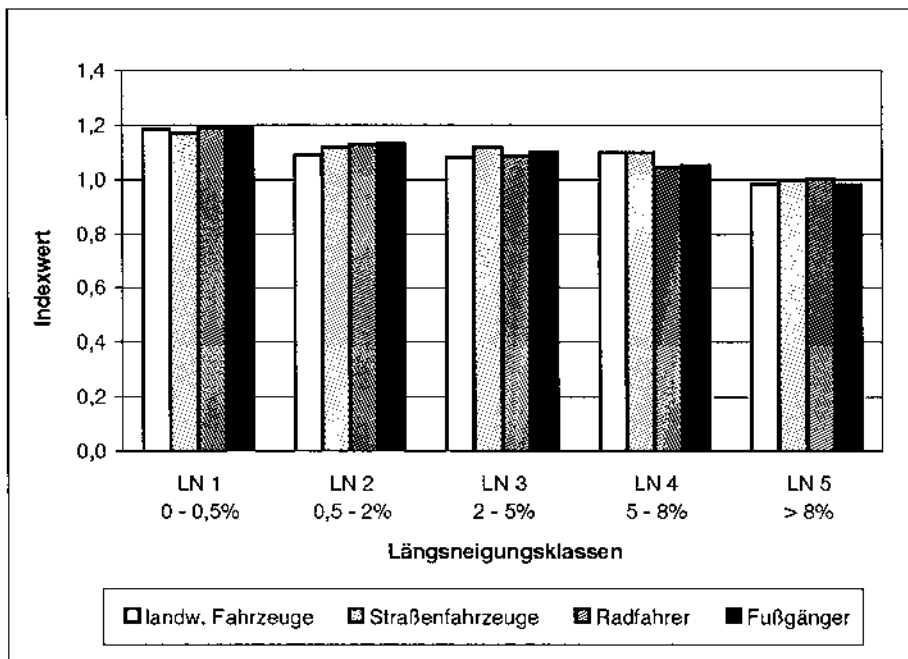


Abb. 16: Indexwerte der Gebrauchswerte für Strecken »ohne Entwässerungseinrichtungen« gegenüber Strecken »mit Entwässerungseinrichtungen (Index 1,0)«, unabhängig von der Lage des Weges im Gelände

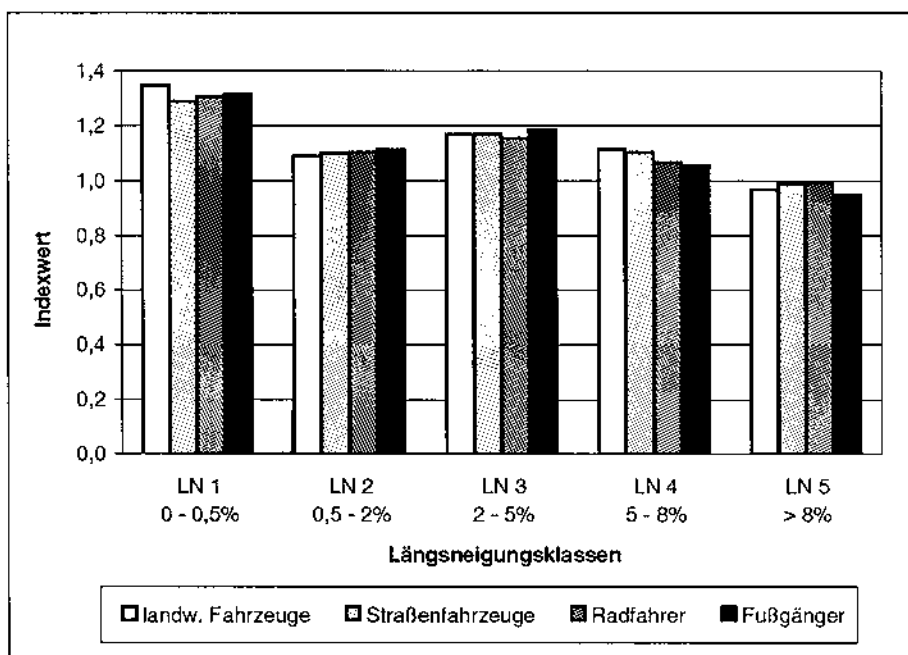


Abb. 17: Indexwerte der Gebrauchswerte für Strecken »ohne Entwässerungseinrichtungen« gegenüber Strecken »mit Entwässerungseinrichtungen (Index 1,0)« für eine Lage des Weges »quer zum Hang«

Entwässerungseinrichtungen mit einem Substanzwert von 3,5 und schlechter (z. B. mit weitgehend zugewachsenen Gräben, hochgewachsenen Banketten, verstopften Durchlässen u. ä.) ergeben für die ungebundenen Befestigungen die gleichen Gebrauchswerte, die auch Strecken »ohne Entwässerungseinrichtungen« aufweisen. Das heißt: Entwässerungseinrichtungen mit einem Substanzwert unter 3,5 haben ihre Funktionsfähigkeit verloren.

Aus den Untersuchungen über den Einfluß der Entwässerungseinrichtungen können die nachstehenden Folgerungen gezogen werden:

Funktionsfähige Entwässerungseinrichtungen verlangsamen die Gebrauchswertabnahme der ungebundenen Befestigungen bzw. erhöhen deren Nutzungsdauer.

Qualitätsverluste der Entwässerungseinrichtungen mit Substanzwerten unter 3,5 müssen durch eine regelmäßige Unterhaltung verhindert werden.

Strecken »ohne Entwässerungseinrichtungen« weisen insbesondere bei geringen Längsneigungen deutlich schlechtere Gebrauchswerte auf als Strecken »mit (funktionsfähigen) Entwässerungseinrichtungen«.

Strecken in Lagen »quer zum Hang« sollten, abgesehen von den für ungebundene Befestigungen ohnehin wenig geeigneten Strecken mit Längsneigungen von 8 % und mehr, grundsätzlich mit Längsentwässerungseinrichtungen ausgestattet werden.

Mit zunehmender Längsneigung fließt das Oberflächenwasser vermehrt entlang der Längsachse des Weges ab. Gebrauchswertminderungen treten hier unabhängig vom Vorhandensein von Entwässerungseinrichtungen durch Oberflächenerosion auf; die Gebrauchswerte »ohne« und »mit« Entwässerungseinrichtungen gleichen sich mit zunehmenden Längsneigungen einander an.

Abb. 18:
Fast vollständig zugewachsener Entwässerungsgraben mit einem Substanzwert von $\approx 3,5$





Abb. 19:
Versandeter Durchlaß



Abb. 20:
*Ländlicher Weg ohne
Entwässerungseinrich-
tungen in schlechtem
Gebrauchszustand*



Abb. 21:
*Oberflächenerosion auf
einem ländlichen Weg
mit mehr als 8 % Längs-
neigung*

3.2.5 Einfluß der Frostepfindlichkeit des Untergrundes

Zusammenhänge zwischen der Befahrbarkeit ungebundener Befestigungen und der Frostepfindlichkeit des anstehenden Untergrundes sind für die verschiedenen Längsneigungsklassen in Abbildung 22 als Beispiel für die Nutzergruppe »Landwirtschaftliche Fahrzeuge« dargestellt. Der Untergrund wurde nach Frostepfindlichkeitsklassen charakterisiert:

- FE 1 nicht frostepfindlich (z. B. Sande, Kiese, Sand-Kiesgemische),
- FE 2 gering bis mittel frostepfindlich (z. B. ausgeprägt bis mittelplastische Tone, Tone mit organischen Beimengungen, Böden mit humosen und kalkigen Beimengungen, bindige Kies-Sand-Gemische mit weniger als 15 Gewichtsprozent Ton- oder Schluffanteil),
- FE 3 sehr frostepfindlich (z. B. leicht plastische Tone, wie Geschiebemergel, Bänderton; ferner Schluffe, wie Löß, Lehm, vulkanische Böden, und Schluffe mit organischen Beimengungen).

Aus Abbildung 22 läßt sich folgendes erkennen:

Mit steigender Frostepfindlichkeit des Untergrundes ist eine deutlich raschere Abnahme des Gebrauchswertes der ungebundenen Befestigung zu verzeichnen.

Durch frostepfindlichen Untergrund besonders gefährdet sind – neben Strecken der Längsneigungsklasse 4 – vor allem Strecken mit sehr geringen Längsneigungen (Längsneigungsklasse 1). Auf sehr frostepfindlichem Untergrund sollten deshalb stets Längsneigungen von mehr als 0,5 % (Längsneigungsklasse 2) gewählt werden.

3.2.6 Einfluß der Klimaverhältnisse

Zwischen der Befahrbarkeit ungebundener Befestigungen und den Klimaverhältnissen (Niederschlagshöhen, Schneefallhäufigkeiten, Anzahl an Frost- und Eistagen) konnten für die Verhältnisse in Bayern keine signifikanten Zusammenhänge ermittelt werden.

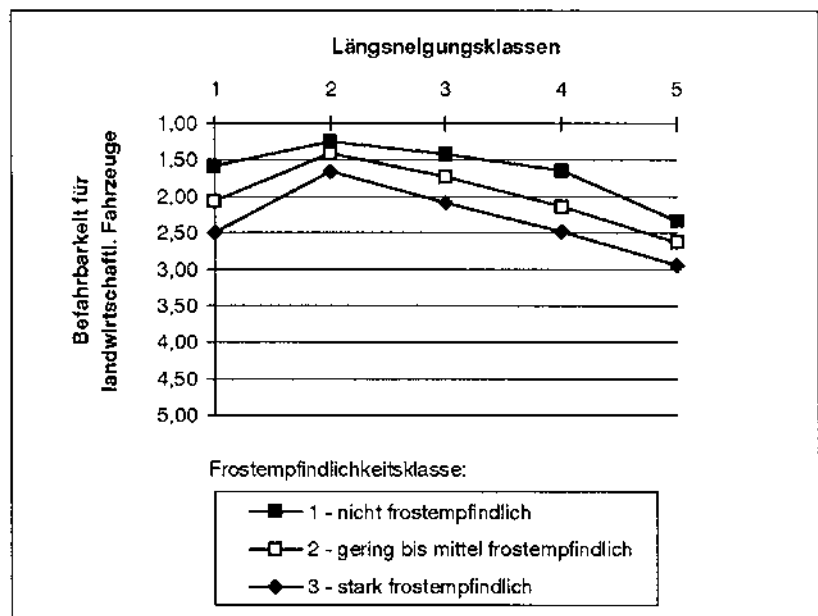


Abb. 22:
Einfluß der Frostepfindlichkeit des Untergrundes auf die Befahrbarkeit für die Nutzergruppe »Landwirtschaftliche Fahrzeuge« in Abhängigkeit von der Längsneigungsklasse

3.2.7 Einfluß des Befestigungstyps

Wie sich der Befestigungstyp*) auf die Befahrbarkeit auswirkt, zeigt (nach Eliminierung der unterschiedlichen Altersklassen) Abbildung 23:

Der Befestigungstyp S7 mit einer Tragschicht aus Schotter oder Kies und mit einer Deckschicht aus Splitt/Sand eignet sich am besten als ungebundene Befestigung.

Befestigungen der Altbauweise G1 weisen wegen der etwas geringeren Dicke im Schichtaufbau

geringfügig schlechtere Gebrauchswerte (Befahrbarkeitswerte) auf als der Befestigungstyp S7. Zwischen den Gebrauchswerten für die beiden Einfachbauweisen S8 und G2 mit einer Tragschicht aus unsortiertem Gestein ist kein signifikanter Unterschied erkennbar.

Der Gebrauchswert von Strecken mit den Einfachbauweisen S8 und G2 ist trotz der in der Regel geringeren Verkehrsbeanspruchungen um etwa 20 % schlechter als bei Strecken mit Befestigungen des Bautyps S7. Das Langzeitverhalten der Einfachbauweisen ist entsprechend kritisch zu bewerten.

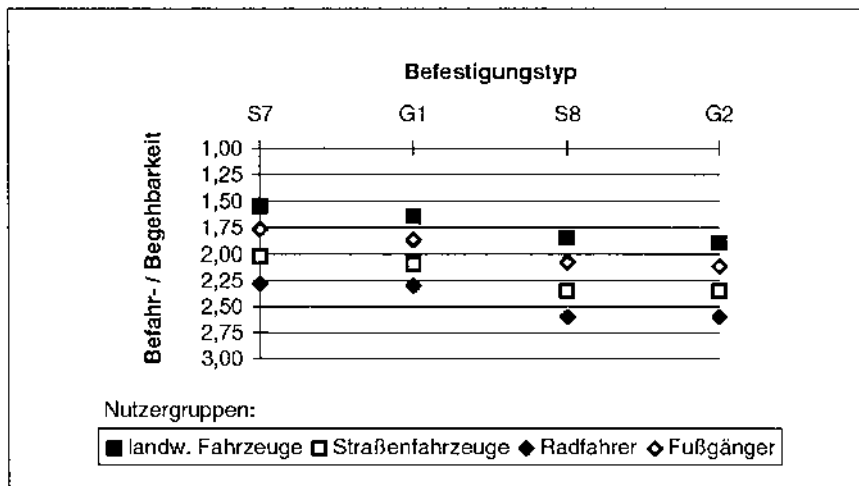


Abb. 23: Einfluß des Befestigungstyps auf den Gebrauchswert, unabhängig vom Alter der Befestigung

Variante	Schichtbeschreibung	Dicke		
		bei einer Untergrundtragfähigkeit von 30 N/mm ²	45 N/mm ²	80 N/mm ²
[cm]				
Bautyp S7a (für Achslasten bis 10 t)				
alle	Deckschicht aus Kiessand/Splitt-Sand	3	3	3
1	Tragschicht aus Schotter/Mineralbeton	30	25	20
2	Tragschicht aus Kies	35	30	25
3	Tragschicht aus unsortiertem Gestein	40	35	30
Bautyp S7b (für Achslasten bis 5 t)				
alle	Deckschicht aus Kiessand/Splitt-Sand	3	3	3
1	Tragschicht aus Schotter/Mineralbeton	20	15	15
2	Tragschicht aus Kies	25	20	15
3	Tragschicht aus unsortiertem Gestein	30	25	20
Bautyp S8 (Einfachbefestigung)				
alle	Tragschicht aus unsortiertem Gestein	mindestens 15		

Tab. 5: Befestigungstypen für landwirtschaftliche Wege nach AVLE VI

*) Befestigungstypen nach den »Arbeitshilfen und Vorschriften für die Ländliche Entwicklung in Bayern (AVLE)«, Heft VI »Gemeinschaftliche und öffentliche Anlagen«:

Bautyp S7: mit Deck- und Tragschicht (Tabelle 5)

Bautyp G1 (Altbauweise): mit Deck- und Tragschicht

Bautyp S8: mit Tragschicht (unsortiertes Gestein) (Tabelle 5)

Bautyp G2 (Altbauweise): mit Tragschicht (unsortiertes Gestein)

3.3 Mängelarten und Mängelursachen

3.3.1 Zusammenhänge zwischen Gebrauchswert und Zustandswerten bei den vier Nutzergruppen

Der Gebrauchswert (Befahrbarkeit, Begehbarkeit) ungebundener Befestigungen wird für die einzelnen Nutzergruppen durch Merkmale des Befestigungszustandes, im Einzelfall durch die

- Ebenheit in Längsrichtung (Längsunebenheiten, Schlaglöcher, Wellen, Mulden u. ä.),
- Ebenheit in Querrichtung (Spurrinnen u. ä.),
- Oberflächenstruktur (lose Oberflächenbestandteile, herausgelöstes bzw. fehlendes Feinkorn u. ä.),
- Lage der Bankette und Mittelstreifen (z. B. hochgewachsen) und durch
- Verunreinigungen (z. B. durch Mutterboden, bindige Stoffe u. ä.)

in unterschiedlicher Weise beeinflusst.

Abbildung 24 zeigt die ermittelten Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Gebrauchswert ungebundener Befestigungen und den Zustandswerten von Merkmalen der Befestigungsoberfläche für die vier Nutzergruppen »Landwirtschaftliche Fahrzeuge«, »Straßenfahrzeuge«, »Radfahrer« und »Fußgänger«. Die Korrelationskoeffi-

zienten geben Auskunft über die Stärke des Zusammenhanges zwischen dem Gebrauchswert (Befahrbarkeit, Begehbarkeit) und den Zustandswerten der verschiedenen Zustandsmerkmale. Merkmale mit einem auf 1,0 tendierenden Korrelationskoeffizienten üben einen größeren Einfluß auf den Gebrauchswert aus als Merkmale mit einem kleineren Korrelationskoeffizienten.

Der Vergleich der Korrelationskoeffizienten läßt folgende Aussagen zu:

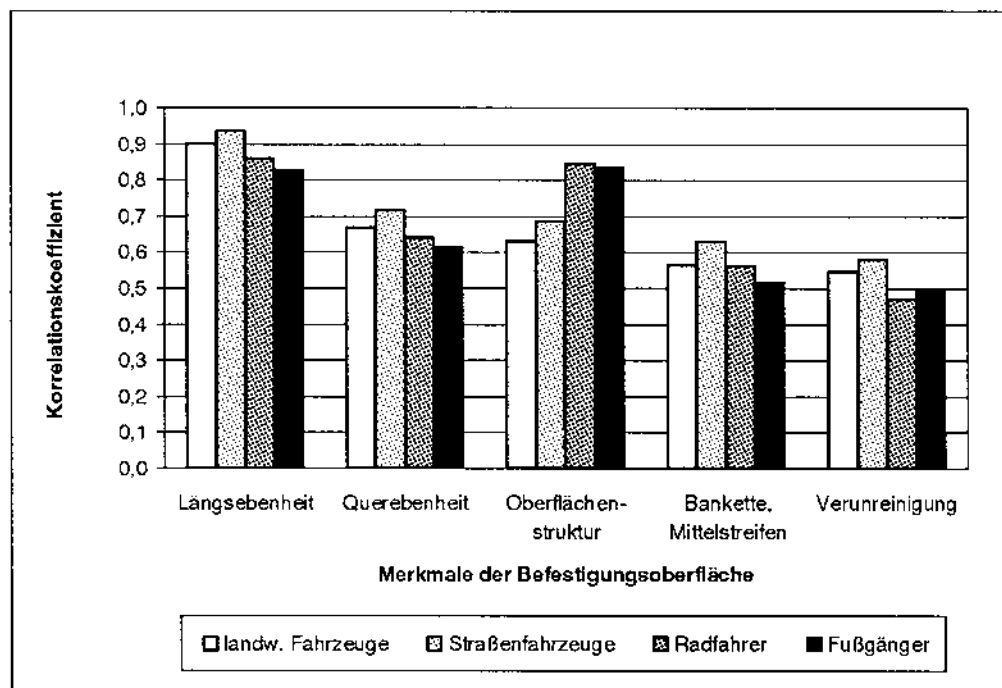
Mängel bei der Ebenheit in Längsrichtung bewirken für alle Nutzergruppen eine Minderung des Gebrauchswertes; in besonderer Weise gilt dies für die Nutzergruppen »Straßenfahrzeuge« und »Landwirtschaftliche Fahrzeuge«.

Der Gebrauchswert für die Nutzergruppe »Landwirtschaftliche Fahrzeuge« wird primär von der Längsebenheit, in geringerer Weise aber auch durch die Querebenheit und die Oberflächenstruktur beeinflusst.

Der Gebrauchswert für »Straßenfahrzeuge« wird ebenfalls primär von der Längsebenheit, in geringerer Weise aber auch von der Querebenheit, der Oberflächenstruktur und der Lage der Bankette und Mittelstreifen beeinflusst.

Bei den Gebrauchswerten für »Radfahrer« und »Fußgänger« spielt neben der Längsebenheit vor allem die Oberflächenstruktur eine wesentliche Rolle.

Abb. 24:
Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen dem Gebrauchswert ungebundener Befestigungen und den Zustandswerten von Merkmalen der Befestigungsoberfläche



3.3.2 Mängel in Abhängigkeit vom Alter und von der Längsneigung

Aus den Häufigkeitsverteilungen der Zustandswerte für die einzelnen Zustandsmerkmale können verschiedene Schlußfolgerungen in Bezug auf Art, Häufigkeit und Intensität auftretender Mängel gezogen werden (Beispiele für Strecken der Längsneigungsklasse 3 und Altersklassen 1, 3 und 5 finden sich in Abbildung 25):

Häufigkeit und Intensität von Mängeln (d. s. Minderungen des Zustandswertes) steigen bei allen Zustandsmerkmalen mit zunehmendem Alter der Befestigung an. Besonders ausgeprägt ist diese Tendenz bei der Ebenheit in Längs- und Querrichtung und beim Substanzwert der Befestigung.

Das Hochwachsen der Bankette und Mittelstreifen hängt fast ausschließlich vom Alter der Anlage ab.

Auf Strecken mit Längsneigungen zwischen 0 und 0,5 % (LN 1) ist die Oberflächenentwässerung nur selten ausreichend gewährleistet. Davon wird insbesondere die Ebenheit und der Substanzwert der Befestigung beeinflusst; bereits nach einer Nutzungszeit von 10 Jahren ergibt sich eine breite »Fächerung« der Zustandswerte mit einem erheblichen Anteil an unzureichenden Zustandswerten. Auf Strecken mit Längsneigungen von 2 % und mehr ergeben sich mit zunehmender Längsneigung vermehrt Ebenheits- und Substanzmängel. Besonders ausgeprägt ist die Verschlechterung der Oberflächenstruktur mit zunehmender Längsneigung; für die Längsneigungsklassen LN 4 und 5 mit Längsneigungen über 5 % wird die Oberflächenstruktur zum dominierenden Mangel.

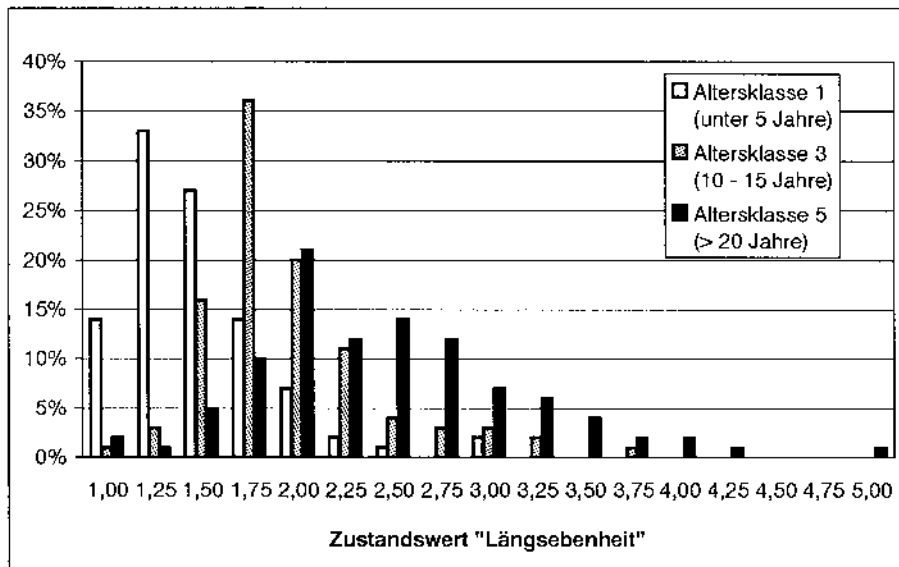
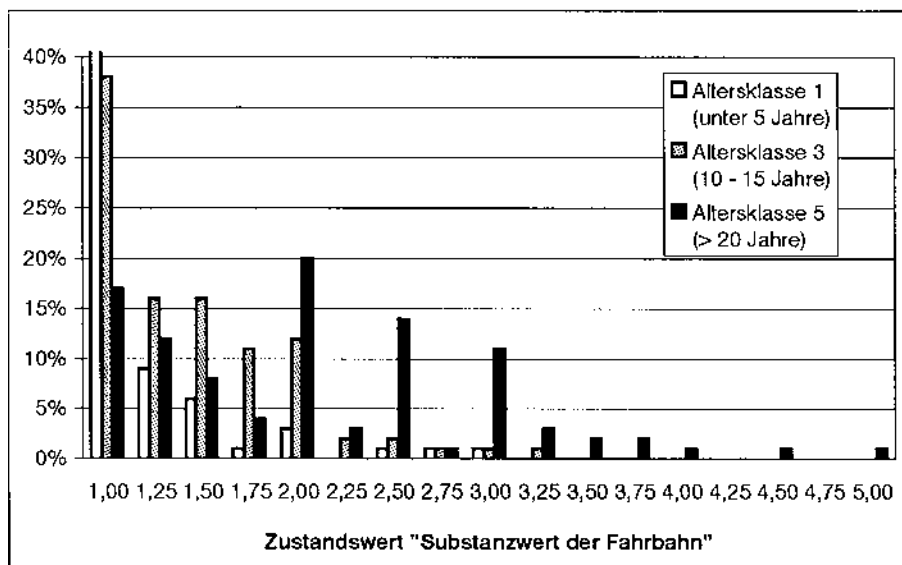
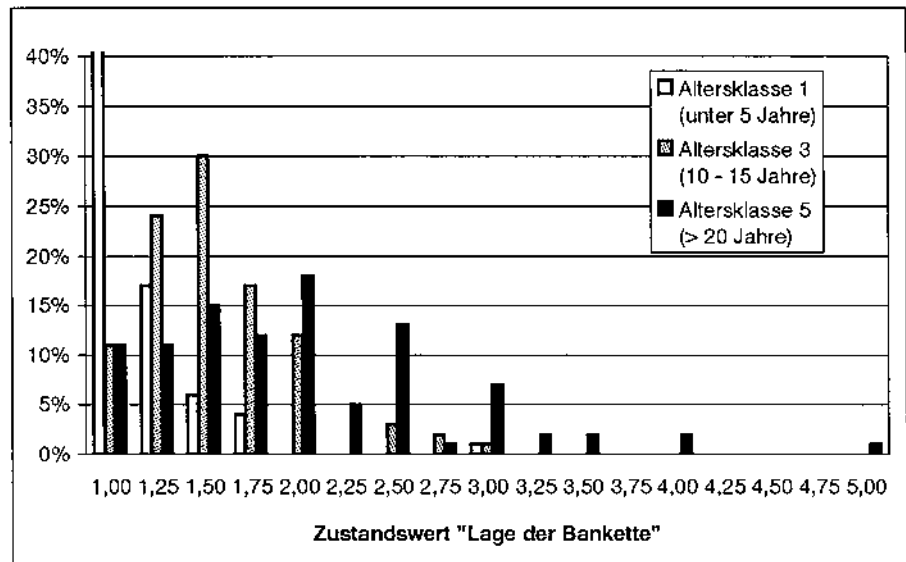


Abb. 25: Häufigkeitsverteilungen des Zustandswertes »Längsebenheit« (Beispiel für Längsneigungsklasse 3 und Altersklassen 1, 3 und 5)

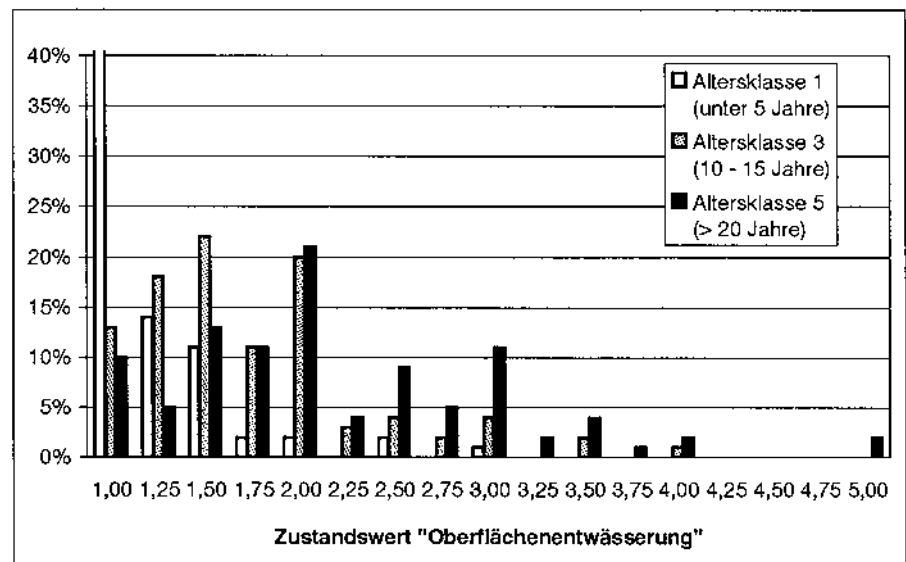


... des Zustandswertes »Substanzwert der Fahrbahn« ...

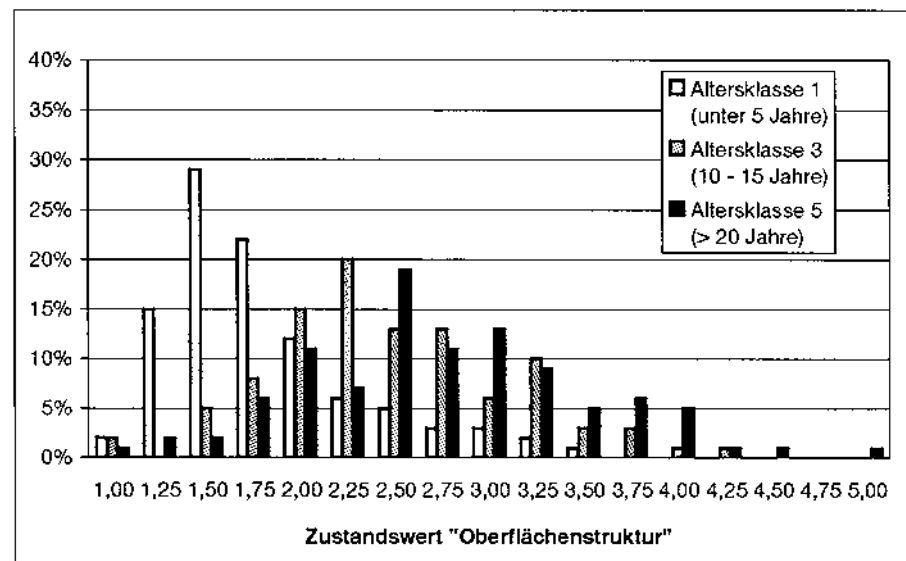
... des Zustandswertes
»Lage der Bankette« ...



... des Zustandswertes
»Oberflächenentwässerung« ...



... des Zustandswertes
»Oberflächenstruktur« ...



3.3.3 Mängel in Abhängigkeit von Verkehrsbeanspruchung und Klima sowie von Bearbeitung und Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen

Weitere Mängel ergeben sich als Folge von Verkehrsbeanspruchungen, aus Klimaeinflüssen, aus der Art der Bearbeitung und Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen, aus Fehlern bei Planung, Bau und Erhaltung der ländlichen Wege und anderen Einflüssen.

Neben den bereits genannten Erkenntnissen und Folgerungen aus den statistischen Auswertungen lassen sich aus den die Untersuchungen begleitenden Beobachtungen weitere Feststellungen treffen:

Auf Wegen mit stärkerem und vor allem schnellem Straßenfahrzeugverkehr entwickeln sich vielfach Schlaglöcher, weil durch die Sogkräfte der Reifen Feinteile aus der ungebundenen Oberfläche gelöst werden können (vgl. Abbildung 6); Wege mit schwerem landwirtschaftlichem Verkehr neigen dagegen eher zur Spurrinnenbildung (Abbildung 26).

In schattigen Bereichen und in Waldlagen trocknet die Oberfläche der ungebundenen Befestigungen nur selten vollständig aus, die Feinteile bleiben gebunden und die Oberflächenstruktur und -ebenheit verbleibt länger in einem guten bis brauchbaren Zustand.

Abhängig von Nutzungsart und -häufigkeit können sich im Laufe der Zeit Spurwege (Abbildung 26) oder Schotter- bzw. Kiessand-Rasenwege (Abbildung 27) entwickeln. Sie sind im allgemeinen auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen noch gut befahrbar und begehbar; sie fügen sich

zudem durch ihr naturnahes Erscheinungsbild harmonisch in die Landschaft ein. Die Rasennarbe verhindert die Erosion, bei geringen Verkehrsbelastungen durch landwirtschaftlichen Verkehr können solche Wege relativ lange genutzt werden. Im fortgeschrittenen Alter, bei hochwachsenden Banketten und Mittelstreifen, sind solche Wege für Radfahrer und Fußgänger allerdings nur noch bedingt brauchbar.

Fahrspurmulden treten häufig in Senken, bei ungenügenden Längsneigungen oder ungünstigen Untergrundverhältnissen und auf Strecken ohne oder mit ungenügenden Entwässerungseinrichtungen auf (Abbildung 28).

In Gebieten mit schweren bindigen Böden sind ungebundene Befestigungen gelegentlich schon nach wenigen Jahren erhaltungsbedürftig. Dies resultiert nicht immer nur aus der Frostempfindlichkeit dieser Böden (vgl. Abschnitt 3.2.5), sondern auch aus der dort häufiger anzutreffenden intensiven ackerbaulichen Nutzung (z. B. Zuckerrüben-Anbaugebiete).

Schäden an den Banketten werden vielfach durch das Anpflügen und durch Wendemanöver während der Feldbearbeitung verursacht.



Abb. 26:
Spurrinnenbildung auf einem ländlichen Weg der Altersklasse 5 mit überwiegend landwirtschaftlichem Verkehr

*Abb. 27:
Wenig befahrener ländlicher Weg der Alters-
klasse 4 mit vollständigem
Rasenbewuchs*



*Abb. 28:
Geländeebener Weg mit
geringer Längsneigung
und ohne Entwässerungs-
einrichtungen*



3.4 Maßnahmen zur Minderung von Mängeln und Schäden

Durch geeignete planerische, bauliche und erhaltungstechnische Maßnahmen lassen sich Mängel an ungebundenen Befestigungen mindern und die Nutzungsdauern vergrößern. Hinweise für solche Maßnahmen enthält das »Merkblatt für die Erhaltung ländlicher Wege« (Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln). In Ergänzung und zur Betonung der dort gegebenen Empfehlungen werden im folgenden noch einige der bei den Langzeituntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zusammenfassend dargestellt.

3.4.1 Entwässerung von Oberfläche und Oberbau

Ein Großteil vorzeitig auftretender Mängel ist auf eine ungenügende Entwässerung der Oberfläche und des Oberbaues zurückzuführen. Dem kann durch bauliche und erhaltungstechnische Maßnahmen begegnet werden.

(1) Bauliche Maßnahmen

Wo möglich, sollten Wege mit ungebundenen Befestigungen im Auftrag (Dammlage) ausgebildet werden und Wegseitengräben erhalten (siehe Abschnitt 3.2.4).

Wege der Längsneigungsklasse 1 (0 bis 0,5 %) sollten vermieden werden oder, wo dies nicht vermeidbar ist, sollte anstelle einer Einseitneigung im Querschnitt ein Dachprofil ausgebildet werden (mit einer Abrundung im Grat durch eine kubische Parabel).

Bei größeren Längsneigungen sind Querentwässerungsrinnen (aus Stahl, Beton oder Holz) vorzusehen. Außerdem ist hier besonders auf eine möglichst erosionssichere Zusammensetzung der Mineralstoffe zu achten. Dazu bedarf es einer guten Kornabstufung; das Mineralgemisch sollte einen geringen Anteil an bindigem Material aufweisen.

In Übergangsbereichen zwischen gebundenen und ungebundenen Befestigungen kommt es gelegentlich zu Ausspülungen und zur Schlaglochbildung (Abbildung 29). Zur Ableitung des anströmenden Wassers sollte hier stets eine Querentwässerung vorgesehen werden.

(2) Erhaltungstechnische Maßnahmen

Zur Sicherung der Oberflächenentwässerung muß das Aufwachsen der Bankette schon im Anfangsstadium verhindert werden. Bankettfräsen erlauben eine relativ präzise Wahl von Frästiefe und Neigung; dabei bleiben die tieferliegenden Wurzeln des Grases erhalten, so daß die Wiederbegrünung nach kurzer Zeit wieder einsetzt. Bei der Bankettbearbeitung mit Grader ist eine exakte Einstellung auf die Bankettgeometrie nicht in gleichem Maße möglich; die Bankettsubstanz wird während der Bearbeitung eher angegriffen und Steine und Wurzeln können herausgerissen werden.

Entwässerungsgräben und -mulden müssen vor dem Zuwachsen bewahrt werden (Abbildung 30). Dazu muß der Bewuchs regelmäßig gemäht und das Mähgut entfernt werden. Insbesondere Gehölzbewuchs sollte bereits im Frühstadium beseitigt werden, da eine spätere Rodung größerer Pflanzen arbeitsintensiv ist und die Geometrie der Entwässerungseinrichtung beeinträchtigt.

Rohrdurchlässe sind durch Reinigung funktionsfähig zu halten, Verstopfungen sind unbedingt zu vermeiden (siehe Abbildung 19). Vorbeugend kann der Einbau eines Schotterbettes am Einlauf, hangseitig als Sandfang wirkend, oder eine Sohlbefestigung des Grabens zweckmäßig sein.

Querentwässerungsrinnen müssen zur Erhaltung ihrer Funktionsfähigkeit regelmäßig gereinigt werden (Abbildung 31). Zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit von Entwässerungseinrichtungen ist u. a. auch darauf zu achten,

- *daß diese nicht nachträglich verfüllt werden,*
- *daß keine zusätzlichen Feldeinfahrten ohne Durchlaß (Verrohrung) angelegt werden,*
- *daß sie bei der Feldbearbeitung nicht zugeackert werden,*
- *daß sie bei Weidebetrieb nicht innerhalb des Weidezaunes zu liegen kommen,*
- *daß sie nicht zur Materialablagerung mißbraucht werden (Abbildung 32).*

Abb. 29:
Ausspülungen und
Schlaglochbildung im
Übergangsbereich von
gebundener und unge-
bundener Befestigung



Abb. 30:
Zugewachsener
Entwässerungsgraben



Abb. 31:
Versandete und
funktionsunfähige Quer-
entwässerungsrinne





Abb. 32:
Holzlagerung in einem
Entwässerungsgraben

3.4.2 Erhaltung der ungebundenen Befestigungen

Fehlende oder mangelhafte Erhaltung der ungebundenen Befestigungen ist häufig Ursache für einen vorzeitigen Gebrauchswertverlust (s. Abschnitt 3.2.2). Neben der regelmäßigen und fristgerechten Unterhaltung, bevor der Zustands-»Schwellenwert« (s. Abschnitt 3.5) erreicht wird, ist besonders auf folgendes zu achten:

Für Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen (Auffüllen von Schlaglöchern und Spurrinnen, Hocheinbau von Mineralstoffen usw.) darf nur geeignetes Material verwendet werden. Am besten eignet sich ein gut korngestuftes und leicht bindiges Korngemisch, das ausreichend verdichtet werden muß.

Einkornmaterialien ohne Feinanteile (z. B. gewaschener Kies) sind wenig geeignet, wenn keine Abdeckung mit feinkörnigem Material vorgesehen wird. Landwirtschaftliche Fahrzeuge können solche Wege zwar noch befahren, für Straßenfahrzeuge und Fußgänger ergeben sich bei der Nutzung aber Probleme und für Radfahrer sind sie völlig ungeeignet. Bei einkörnigem und/oder unzureichend verdichtetem Material treten bereits nach wenigen Befahrungen Spurrinnen auf.

Bauschutt und sonstige Abfallstoffe sind im nichtaufbereiteten Zustand als Auffüllmaterial ungeeignet (Abbildung 33).



Abb. 33:
Wegauffüllung
mit Bauschutt

3.5 Nutzungsdauern (Erhaltungs-Folgezeiträume)

Ländliche Wege mit ungebundenen Befestigungen können, ebenso wie Verkehrsstraßen, nur bis zu bestimmten »Grenzgebrauchswerten« sicher, funktionskonform und wirtschaftlich genutzt werden. Auf der Grundlage der Definitionen für die Gebrauchszustandsnoten der Zustandsmerkmale (siehe Abschnitt 2, Tab.1 und Tab.2) ergibt sich als

»Schwellenwert«, d. i. der Grenzwert, bei dem Erhaltungsmaßnahmen spätestens vorgesehen werden sollten um einem weiteren Absinken des Gebrauchswertes und einem Verfall des Substanzwertes vorzubeugen, die **Zustandsnote = 3,5** und als

»Warnwert«, d. i. der im Hinblick auf eine gute Nutzbarkeit und Substanzerhaltung anzustrebende Eingreifzeitpunkt für Erhaltungsmaßnahmen, die **Zustandsnote = 2,5**.

Der Zeitraum zwischen der Erstherstellung bzw. der letztmaligen Erneuerung der Befestigung und dem »Eingreifzeitpunkt« (je nach gewähltem Eingreifkriterium der Zeitpunkt zu dem der »Warn-« oder der »Schwellenwert« erreicht wird) wird als »**Nutzungsdauer der Befestigung**« bezeichnet.

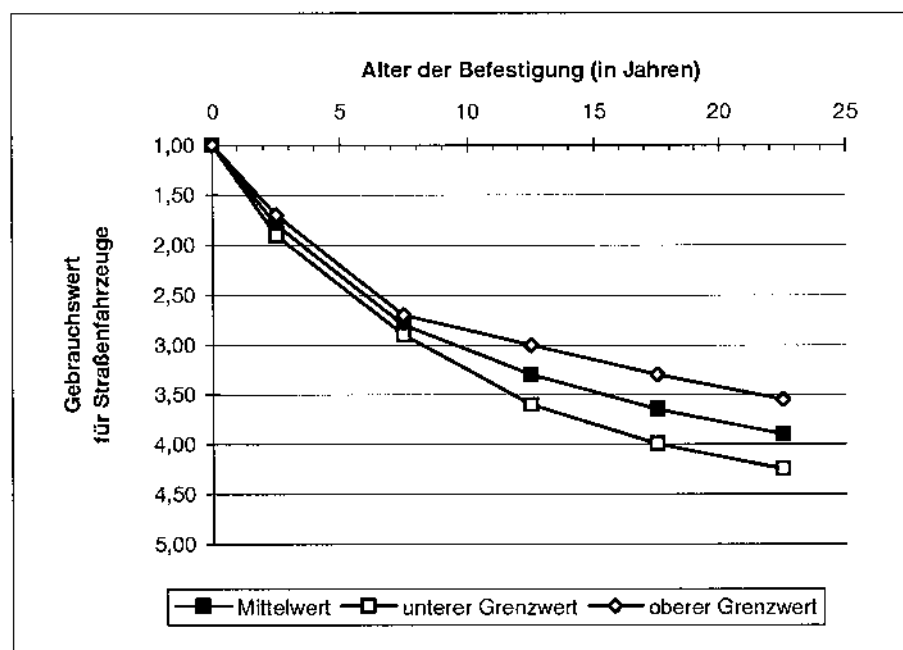
Die Nutzungsdauern der ungebundenen Befestigungen ergeben sich aus den Mittelwerten des Gebrauchswertverlaufes. Als Beispiel zeigt Abbil-

dung 34 die Gebrauchswertentwicklung (und die 95 % Konfidenzintervalle) für die Nutzergruppe »Straßenfahrzeuge« bei Strecken der Längsneigungs-klasse 4 (5 bis 8 %), abhängig vom Alter der Befestigung.

Aus dem Verlauf der Gebrauchswerte für die vier Nutzergruppen ergeben sich – unter Voraussetzung rechtzeitig durchgeführter Unterhaltungsmaßnahmen und in Abhängigkeit von der Längsneigungs-klasse – folgende

- Nutzungsdauern bis zum Erreichen des »Schwellenwertes«:
 - für LN 1 (0 – 0,5 %) zwischen 12 und 17 Jahren,
 - für LN 2 (0,5 – 2 %) von mehr als 25 Jahren,
 - für LN 3 (2 – 5 %) von mehr als 22 Jahren,
 - für LN 4 (5 – 8 %) zwischen 12 und 21 Jahren,
 - für LN 5 (> 8 %) zwischen 7 und 11 Jahren;
- Nutzungsdauern bis zum Erreichen des »Warnwertes«:
 - für LN 1 (0 – 0,5 %) von etwa 5 Jahren,
 - für LN 2 (0,5 – 2 %) zwischen 9 und 14 Jahren,
 - für LN 3 (2 – 5 %) zwischen 7 und 10 Jahren,
 - für LN 4 (5 – 8 %) zwischen 5 und 7 Jahren,
 - für LN 5 (> 8 %) zwischen 3 und 5 Jahren.

Abb. 34:
Gebrauchswertentwicklung
für Strecken der
Längsneigungs-klasse 4 in
Abhängigkeit vom Alter
der Befestigung (Mittel-
werte und 95 % –
Konfidenzintervalle)



4 Einsatzkriterien für ungebundene Befestigungen

4.1 Einsatzkriterien aus technischer Sicht

Nach den durchgeführten Untersuchungen lassen sich die Einsatzkriterien für ungebundene Befestigungen aus technischer Sicht wie folgt definieren:

Ungebundene Befestigungen sind sehr gut geeignet für

- wenig befahrene Wegstrecken mit Längsneigungen zwischen 0,5 und etwa 5 %,
- Strecken auf frostsicherem oder gering frostempfindlichem Untergrund, sofern sie nicht in Senken liegen,
- Strecken »längs zum Hang« oder »quer zum Hang« mit Längsentwässerungseinrichtungen bei Längsneigungen zwischen etwa 0,5 und 2 %.

Ungebundene Befestigungen sind bedingt geeignet für

- Strecken mit Längsneigungen zwischen 5 und 8 %,
- Strecken mit Längsneigungen zwischen 0,5 und 5 %, die quer zum Hang liegen und keine Längsentwässerungseinrichtungen auf der Hangseite besitzen,
- Strecken in Senken mit Längsneigungen von mehr als 0,5 % ohne »Lage im Auftrag (Damm)«, jedoch mit Längsentwässerungseinrichtungen.

Ungebundene Befestigungen sind weniger geeignet für

- Strecken, die durch stärkeren und schnellen Pkw-Verkehr und/oder durch schweren landwirtschaftlichen Verkehr beansprucht werden (Ortsverbindungswege),
- Strecken mit mehr als 8 % Längsneigung,
- Strecken mit Längsneigungen zwischen 5 und 8 %, die häufiger befahren werden,
- Strecken in Senken wenn keine ausreichende Oberflächen- und Tiefenentwässerung gewährleistet ist,
- Strecken mit Längsneigungen von weniger als 0,5 %
 - bei sehr frostempfindlichem Untergrund,
 - mit einer Lage »quer zum Hang« ohne Längsentwässerungseinrichtungen,
 - in »ebenem Gelände« ohne Längsentwässerungseinrichtungen und ohne Lage »im Auftrag (Damm)«.

Werden trotz der genannten Ausschlussbedingungen ungebundene Befestigungen gewählt, dann ist nach relativ kurzen Zeitspannen mit einer Minderung des Gebrauchswertes und mit höheren Erhaltungsaufwendungen zu rechnen.

4.2 Einsatzkriterien aus wirtschaftlicher Sicht

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen erlauben eine vergleichende Wertung von Entscheidungs- und Handlungsalternativen. Dabei sind zwei Untersuchungsansätze möglich:

- Bei »betriebswirtschaftlich orientierten« Untersuchungen werden nur die dem Baulastträger entstehenden Kosten für Bau und Erhaltung berücksichtigt.
- Bei »gesamtwirtschaftlich orientierten« Untersuchungen werden zusätzlich zu den Baulastträgerkosten auch die bei den Nutzern auftretenden Wirkungen berücksichtigt.

»Betriebswirtschaftlich orientierte« Untersuchungen werden anhand von Kostenanalysen unter Verwendung monetärer Kenngrößen durchgeführt. Eingangsgrößen für die Berechnung sind die Art und die Zeitpunkte der durchzuführenden Erhaltungsmaßnahmen sowie die Bau- und Erhaltungskosten und der am Ende des Untersuchungszeitraumes zu erwartende Wertverlust der Anlage. Um die unterschiedlichen Zeitpunkte des Entstehens der Kosten zu berücksichtigen, müssen die Kosten »aktualisiert«, d. h. auf einen »Bezugszeitpunkt« (i. d. R. der Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage) ab- oder aufgezinnt werden. Je niedriger die »aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten« (Summe der aktualisierten Bau-, Erhaltungs- und Wertverlustkosten) ausfallen, um so vorteilhafter im betriebswirtschaftlichen Sinne ist die untersuchte Alternative.

Bei »gesamtwirtschaftlich orientierten« Untersuchungen können die vom Wegezustand (Gebrauchswert) ausgehenden Wirkungen auf der Seite der Nutzer nicht monetär bewertet werden. Daher werden diese Untersuchungen mit Hilfe von »Kosten-Wirksamkeitsanalysen« durchgeführt.

Dabei werden die aktualisierten Straßenbaulast-trägerkosten S_i in Relation zum erreichten »Ziel-erreichungsgrad ZEG_{ges} « gesetzt; der Verhältniswert $KW_i = S_i / ZEG_{ges}$ wird als Kostenwirksamkeit bezeichnet. Je geringer der Kostenquotient KW_i für eine Alternative i ist, um so größer ist der unter Annahme der berechneten Kosten erzielbare Nutzen.

Die Berechnungsansätze finden sich

- in Anlage 1 für die betriebswirtschaftliche Kostenanalyse,
- in Anlage 2 für die Kosten-Wirksamkeitsanalyse.

4.2.1 Einsatzkriterien bei »betriebswirtschaftlich orientierter« Betrachtungsweise

Tabelle 6 enthält die für vier »Handlungsalternativen« (HA 1 bis 4 *) und für zwei Kostenvarianten**) mit mittleren Kostenansätzen des Jahres 1992 ermittelten

- aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten für ungebundene Befestigungen des Bautyps 7a (gem. AVLE VI) mit 25 cm Schottertragschicht 0/45 und 3 cm Deckschicht aus Kiessand 0/16 bzw. Splitt-Sand 0/11 auf Strecken der Längsneigungsklassen LN 1 bis 5 sowie zum Vergleich die

Handlungs- alternativen	aktualisierte Straßenbaulastträgerkosten (Mittelwerte)					zum Vergleich: bituminöse Befestigung
	ungebundene Befestigung					
	LN 1 0 - 0,5 %	LN 2 0,5 - 2,0 %	LN 3 2,0 - 5,0 %	LN 4 5,0 - 8,0 %	LN 5 > 8,0 %	
	[DM/m ²]					[DM/m ²]
aktualisierte Straßenbaulastträgerkosten der Kostenvariante "V" (Untersuchungszeitraum: 40 Jahre)						
HA 1 - Instandsetzung bei Warnwert	64,44	48,85	53,98	68,35	94,08	59,25
HA 2 - Erneuerung bei Schwellenwert	55,48	41,74	43,77	53,49	72,67	60,05
HA 3 - Erneuerung unterhalb Schwellenwert	51,01	43,94	46,98	50,10	63,77	-
HA 4 - praxisbezogener Instandhaltungszyklus	47,31	39,16	41,94	45,82	65,28	-
aktualisierte Straßenbaulastträgerkosten der Kostenvariante "E" (Untersuchungszeitraum: 40 Jahre)						
HA 1 - Instandsetzung bei Warnwert	56,41	40,76	46,68	60,13	82,14	-
HA 2 - Erneuerung bei Schwellenwert	45,09	33,75	35,37	43,50	59,33	-
HA 3 - Erneuerung unterhalb Schwellenwert	39,07	33,07	35,66	38,30	50,54	-
HA 4 - praxisbezogener Instandhaltungszyklus	39,81	32,26	34,53	38,06	55,18	-

Anmerkung:

Die gerasterten Tabellenbereiche kennzeichnen die Kombinationen aus Handlungsalternative und Neigungsbereich, bei denen die ungebundene Befestigung kostengünstiger ist als eine bituminöse Befestigung.

Tab. 6: Aktualisierte Straßenbaulastträgerkosten (in DM/m²) für bituminös gebundene Befestigungen und ungebundene Befestigungen bei unterschiedlichen Handlungsalternativen (für die Wegeerhaltung) und für zwei Kostenvarianten

*) Handlungsalternativen:

- HA 1: Instandsetzung bei Warnwert (2,5);
nach drei Instandsetzungen folgt eine Erneuerung
- HA 2: keine Instandsetzung;
Erneuerung bei Schwellenwert (3,5)
- HA 3: keine Instandsetzung;
Erneuerung erst unterhalb Schwellenwert (3,5)
- HA 4: praxisbezogener Zyklus mit Instandsetzung unterhalb
Schwellenwert (3,5) und mit weiteren Instandsetzungen
in kürzerer Folge (rasche Zustandsverschlechterung)

**) Kostenvarianten:

- Variante »V«: Unterhaltungsarbeiten werden an Unternehmer
vergeben
- Variante »E«: Unterhaltungsarbeiten werden im Eigenbetrieb
durchgeführt; Kosten werden für Unterhaltungsar-
beiten nicht angesetzt

- aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten für eine bituminös gebundene Befestigung des Bautyps 2a mit 20 cm Schottertragschicht und 8 cm Asphalt-Tragdeckschicht,

jeweils unter Voraussetzung einer Untergrundtragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ N/mm}^2$. Als Erhaltungsintervalle wurden für die ungebundenen Befestigungen die in Abschnitt 3.5 genannten mittleren Nutzungsdauern (Zeitraum bis zum Erreichen des Schwellen- bzw. Warnwertes) zugrunde gelegt. Für die bituminös gebundene Bauweise wurden Zeiträume bis zum Erreichen des Schwellenwertes von 35 Jahren bzw. bis zum Erreichen des Warnwertes von 15 Jahren angesetzt. Tabelle 6 zeigt, daß die aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten (in DM/m²) in hohem Maße von der jeweils zugrunde gelegten Handlungsalternative abhängen.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse für verschiedene Handlungsalternativen wie auch der Ergebnisse für ungebundene und bituminös gebundene Befestigungen (Tab. 6) läßt sich folgendes erkennen:

*Die Mittelwerte der aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten liegen bei Strecken der **Längsneigungsklassen 2 und 3** für ungebundene Befestigungen selbst bei der aufwendigsten Handlungsalternative noch unter denen der bituminösen Befestigung. Die Werte für Strecken der **Längsneigungsklasse 1** liegen etwas höher, jedoch noch in einer der bituminösen Befestigung vergleichbaren Größenordnung.*

*Wird für die ungebundenen Befestigungen eine Handlungsalternative mit »Erneuerung bei Eintreten des Schwellenwertes« (**HA 2**) gewählt, dann ergeben sich auch für Strecken der Längsneigungsklassen 1 und 4 bei den ungebundenen Befestigungen etwas niedrigere aktualisierte Straßenbaulastträgerkosten als bei den bituminös gebundenen Befestigungen. Für die Längsneigungsklassen 2 und 3 liegen die Werte der ungebundenen Befestigungen dann etwa bei 65 bis 75 % der Werte von bituminös gebundenen Befestigungen.*

*Die aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten der ungebundenen Befestigungen verringern sich weiter, wenn die Erneuerung erst »unterhalb des Schwellenwertes« (**HA 3**) durchgeführt wird oder wenn bei Erreichen des Schwellenwertes nur eine Instandsetzung vorgesehen wird (**HA 4**). Gleiches gilt, wenn die Kosten für Unterhaltungsmaßnahmen vernachlässigt werden.*

*Die Mittelwerte der aktualisierten Straßenbaulastträgerkosten liegen bei Strecken der **Längsneigungsklasse 5** für ungebundene Befestigungen*

stets über den Werten für bituminös gebundene Befestigungen.

Die Kostenvariante »E« erbringt grundsätzlich eine Verschiebung der Werte zugunsten der ungebundenen Befestigungen.

Bei der »betriebswirtschaftlich orientierten« Betrachtungsweise finden die bei unterschiedlichen Handlungsalternativen unterschiedlichen Gebrauchszustände der Befestigungen keine Berücksichtigung. In welcher Weise sich beispielsweise Handlungsalternativen mit geringen Straßenbaulastträgerkosten (z. B. HA 3 und 4) negativ auf die Eignung des Weges für die einzelnen Nutzergruppen auswirken, kann nur anhand von Kosten-Wirksamkeitsanalysen geprüft werden (siehe 4.2.2).

4.2.2 Einsatzkriterien bei »gesamtwirtschaftlich orientierter« Betrachtungsweise

Tabelle 7 enthält die für die vier Handlungsalternativen (HA 1 bis 4) und für vier Funktionskategorien (gem. Tabelle 8) ermittelten

- Kostenwirksamkeiten (in der Dimension »DM/m² * %ZEG«) für ungebundene Befestigungen des Bautyps 7a (gem. AVLE VI) mit 25 cm Schottertragschicht 0/45 und 3 cm Deckschicht aus Kies-sand 0/16 bzw. Splitt-Sand 0/11 auf Strecken der Längsneigungsklassen 1 bis 5

sowie zum Vergleich

- die Kostenwirksamkeiten für bituminös gebundene Befestigungen des Bautyps 2a mit 20 cm Schottertragschicht und 8 cm Asphalt-Tragdeckschicht,

jeweils unter Voraussetzung einer Untergrundtragfähigkeit von $E_{v2} = 45 \text{ N/mm}^2$.

Durch Vergleich der Kostenwirksamkeiten in Tabelle 7 läßt sich folgendes erkennen:

Bituminös gebundene Befestigungen ergeben aufgrund des gegenüber den ungebundenen Befestigungen stets höheren Gebrauchswertes für alle Nutzergruppen eine relativ gute Kostenwirksamkeit. Sie sind ohne Einschränkungen für alle Funktionskategorien ländlicher Wege einsetzbar.

Im Vergleich der Funktionskategorien zeigt sich erwartungsgemäß, daß die ungebundenen Befestigungen für überwiegend landwirtschaftlichen Verkehr relativ gut geeignet sind, daß mit zunehmendem Anteil an nichtlandwirtschaftlichem Verkehr jedoch aufgrund des weniger guten Gebrauchs-

Handlungsalternative sowie Verkehrs- zusammensetzung	Kostenwirksamkeit					zum Vergleich: bituminöse Befestigung
	ungebundene Befestigung					
	LN 1 0 - 0,5 %	LN 2 0,5 - 2,0 %	LN 3 2,0 - 5,0 %	LN 4 5,0 - 8,0 %	LN 5 > 8,0 %	
HA 1 - Instandsetzung bei Warnwert						
LV 1 - ausschließlich landw. Verkehr	0,71	0,54	0,58	0,76	0,99	0,59
LV 2 - vorwiegend landw. Verkehr	0,71	0,55	0,59	0,77	1,00	0,59
L+FV - landw. Verkehr und Freizeitverkehr	0,77	0,60	0,65	0,85	1,06	0,59
L+SV - landw. Verkehr und allg. Straßenverkehr	0,78	0,61	0,67	0,88	1,08	0,59
HA 2 - Erneuerung bei Schwellenwert						
LV 1 - ausschließlich landw. Verkehr	0,92	0,57	0,70	0,90	1,16	0,60
LV 2 - vorwiegend landw. Verkehr	0,93	0,59	0,72	0,92	1,18	0,60
L+FV - landw. Verkehr und Freizeitverkehr	1,05	0,68	0,84	1,07	1,34	0,60
L+SV - landw. Verkehr und allg. Straßenverkehr	1,06	0,70	0,88	1,14	1,40	0,60
HA 3 - Erneuerung unterhalb Schwellenwert						
LV 1 - ausschließlich landw. Verkehr	1,10	0,65	0,76	1,11	1,52	-
LV 2 - vorwiegend landw. Verkehr	1,12	0,67	0,78	1,14	1,57	-
L+FV - landw. Verkehr und Freizeitverkehr	1,27	0,77	0,92	1,33	1,80	-
L+SV - landw. Verkehr und allg. Straßenverkehr	1,29	0,79	0,95	1,41	1,91	-
HA 4 - praxisbezogener Instandhaltungszyklus						
LV 1 - ausschließlich landw. Verkehr	0,83	0,55	0,72	0,96	1,12	-
LV 2 - vorwiegend landw. Verkehr	0,85	0,57	0,74	0,99	1,15	-
L+FV - landw. Verkehr und Freizeitverkehr	0,95	0,66	0,86	1,15	1,35	-
L+SV - landw. Verkehr und allg. Straßenverkehr	0,96	0,68	0,90	1,24	1,40	-

Anmerkung:

Die gerasterten Tabellenbereiche kennzeichnen die Kombinationen aus Handlungsalternative, Verkehrszusammensetzung und Neigungsbereich, bei denen die ungebundene Befestigung günstigere Werte erzielt als eine bituminöse Befestigung.

Tab. 7: Ergebnisse der Kosten-Wirksamkeitsanalyse – Kostenwirksamkeiten (in »DM/m² * %ZEG«) für bituminös gebundene Befestigungen und ungebundene Befestigungen bei unterschiedlichen Handlungsalternativen (für die Wegeerhaltung) für verschiedene (Wege-)Funktionskategorien gem. Tabelle 8

Funktionskategorie	Anteil der Nutzergruppen			
	landwirtschaftl. Fahrzeuge	Straßen- fahrzeuge	Radfahrer	Fußgänger
	[%]			
LV 1 - ausschließlich landw. Verkehr	100	0	0	0
LV 2 - vorwiegend landw. Verkehr	90	5	0	5
L+FV - landw. Verkehr und Freizeitverkehr	40	10	25	25
L+SV - landw. Verkehr und allg. Straßenverkehr	50	25	12,5	12,5

Tab. 8: Funktionskategorien mit unterschiedlichen Anteilen der Nutzergruppen

wertes für diese Nutzergruppen Einschränkungen hingenommen werden müssen. Eine Ausnahme bilden Strecken der Längsneigungsklasse 2 und mit geringen Abstrichen auch der Längsneigungsklasse 3, die auch für den Straßenfahrzeug-, Rad- und Fußgängerverkehr in ungebundener Bauweise noch hinreichende Eigenschaften aufweisen.

Für die ungebundenen Wegebefestigungen bildet die **Handlungsalternative HA 1** »Instandsetzung bei Warnwert« trotz ihrer relativ hohen Erhaltungskosten die gesamtwirtschaftlich beste Alternative, gefolgt vom »praxisbezogenen Instandhaltungszyklus« der HA 4. Die Alternative »Erneuerung beim Schwellenwert« HA 2 weist eine schlechtere und die Alternative »Erneuerung unterhalb Schwellenwert« HA 3 die ungünstigste Kostenwirksamkeit auf. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht wären daher bei ungebundenen Befestigungen Instandsetzungsmaßnahmen bereits beim Erreichen des Warnwertes vorteilhaft.

Beachtenswert ist, daß Wege der **Funktionskategorie LV** mit ungebundenen Befestigungen in den Längsneigungsklassen 2 und 3 und bei einer Erhaltung gemäß Handlungsalternative 1 bessere

Kostenwirksamkeiten aufweisen als bituminös gebundene Befestigungen.

Für Wege der Funktionskategorien **L+FV** und **L+SV** liegt die Kostenwirksamkeit ungebundener Befestigungen bei den Längsneigungsklassen 2 und 3 etwa im Bereich der von bituminös gebundenen Befestigungen, wenn eine Erhaltung gemäß Handlungsalternative 1 vorgesehen wird.

Für Wege der **Längsneigungsklassen 1 und 4** ist abzuwägen, inwieweit unter Berücksichtigung der positiven ökologischen und landschaftsästhetischen Wirkungen ungebundener Befestigungen Einschränkungen in der Nutzungsqualität bzw. höhere Erhaltungskosten in Kauf genommen werden können. Dabei sind Wege der Längsneigungsklasse 1 noch eher für ungebundene Befestigungen geeignet als Wege der Längsneigungsklasse 4.

Art und Umfang der Erhaltungsmaßnahmen haben einen wesentlichen Einfluß auf die Benutzbarkeit ungebundener Befestigungen. Im Vergleich der Kostenwirksamkeit zeigt sich, daß **Handlungsalternativen**, bei denen eine Erhaltung erst beim Erreichen des Schwellenwertes oder später vorgesehen ist (**HA 3 und 4**) zwar kostensparend sind, gesamtwirtschaftlich aber ungünstiger ausfallen.

5 Abschließende Bemerkungen

Mit dem in umfangreichen Vor-Ort-Untersuchungen und durch statistische Auswertungen gewonnenen Datenmaterial konnten wesentliche Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten ungebundener Befestigungen bei ländlichen Wegen gewonnen werden.

Die hier nur stark gekürzt wiedergegebenen methodischen Ansätze und Ergebnisse beruhen auf Untersuchungen im Bereich der sieben bayerischen Direktionen für Ländliche Entwicklung. Die erarbeiteten

methodischen Grundlagen lassen durchaus auch eine Anwendung in anderen Regionen zu, die Ergebnisse der Untersuchungen werden zumindest in wesentlichen Teilen übertragbar sein.

Es bleibt festzustellen, daß die ungebundenen Befestigungen grundsätzlich für den Bau ländlicher Wege geeignet sind. Dabei müssen jedoch die in Abschnitt 4 genannten Einsatzgrenzen und -bedingungen beachtet werden.

Formel für die Barwerte der Straßenbaulastträgerkosten:

$$S = \sum_{t=1}^n (B_t + U_t + I_t + E_t) + W_n$$

mit n = Untersuchungszeitraum in Jahren

B_t = Kosten der Investitionsmaßnahmen (Neubaukosten) im Jahr t

U_t = Unterhaltungskosten im Jahr t

I_t = Instandsetzungskosten im Jahr t

E_t = Erneuerungskosten im Jahr t

W_n = Wertverlust am Ende des Untersuchungszeitraumes

Formel für die aktualisierten Baulastträgerkosten:

$$\bar{S} = \sum_{t=1}^n B_t \cdot q^{-(t-\tau)} + \sum_{t=1}^n U_t \cdot q^{-(t-\tau)} + \sum_{t=1}^n I_t \cdot q^{-(t-\tau)} + \sum_{t=1}^n E_t \cdot q^{-(t-\tau)} + W_n \cdot q^{-(n-\tau)}$$

mit τ = Bezugszeitpunkt

p = Diskontierungsrate (Kalkulationszins) in Dezimalen

$q = 1 + p$

Formel für die erreichte Kostenwirksamkeit:

$$KW_i = \frac{\bar{S}_i}{ZEG_{ges,i}}$$

mit KW_i = Kostenwirksamkeit für die untersuchte Variante i

Formel zur Berechnung des Gesamtzielerreichungsgrades:

$$ZEG_{ges} = \sum_{NG} (ZEG_{NG} \cdot g_{NG})$$

ZEG_{ges} = Gesamtzielerreichungsgrad unter Berücksichtigung der Gewichtung

g_{NG} = Gewichtungsfaktor der jeweiligen Nutzergruppe

Formel zur Berechnung des Zielerreichungsgrades für die Nutzergruppen:

$$ZEG_{NG} = \frac{\sum_{t=1}^n PW_{tNG}}{\sum_n PW_{max}}$$

mit n = Untersuchungszeitraum in Jahren

NG = Nutzergruppe: landwirtschaftliche Fahrzeuge, Straßenfahrzeuge, Radfahrer oder Fußgänger

ZEG = prozentualer Zielerreichungsgrad für die entsprechende Nutzergruppe

PW_{tNG} = Punktwert für die jeweilige Nutzergruppe im Jahr t

PW_{max} = maximal erreichbarer Punktwert bei sehr gutem Gebrauchswert

BISHER ERSCHIENENE MATERIALIEN ZUR LÄNDLICHEN ENTWICKLUNG

- * Heft 1 Flurbereinigung und Landwirtschaft
- * Heft 2 Waldflurbereinigung
- * Heft 3 Landwirtschaft und Naturschutz
- * Heft 4 Flurbereinigung – heute noch aktuell?
- * Heft 5 Dorferneuerung und Flurbereinigung
- Heft 6 Flurbereinigung im Dienste des neuen Verfassungsauftrags
- * Heft 7 Modell »Dorfwerkstatt« Bürgerbeteiligung bei der Dorferneuerung
- * Heft 8 Einfluß der Hangneigung auf den Wert landwirtschaftlicher Grundstücke
- Heft 9 Technischer Verfahrensablauf in der Flurbereinigung
- Heft 10 Die Ausstellung »100 Jahre Flurbereinigung in Bayern 1886 – 1986«
- * Heft 11 Landschaftsästhetik in der Flurbereinigung
- * Heft 12 Erhaltung ländlicher Wege – Modellversuch Herrieden
- Heft 13 Untersuchung über die Informationsbereitstellung in der Flurbereinigung
- * Heft 14 Herstellung und Erhaltung dörflicher Infrastruktur – Straßen, Wege, Gewässer –
- * Heft 15 Meinung der Landbevölkerung über die Flurbereinigung
- Heft 16 Der Einfluß der Flurbereinigung auf die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern
- * Heft 17 Verfahren zur landschaftsästhetischen Vorbilanz
- * Heft 18 Dörfliche Ruderalvegetation – Planungsindikator in der Dorferneuerung; Teil 1
- * Heft 19 Dörfliche Ruderalvegetation – Planungsindikator in der Dorferneuerung; Teil 2
- * Heft 20 Das Luftbild in der Ländlichen Neuordnung
- * Heft 21 Flurbereinigung und extensive Landnutzung
- Heft 22 Verbesserung von Erscheinungsbild und Akzeptanz der Flurbereinigung
- Heft 23 Ökologische Bilanzierung in der Ländlichen Neuordnung
- Heft 24 Beschäftigungseffekte durch Flurbereinigung und Dorferneuerung in Bayern
- Heft 25 Flurplanung Höhenberg – Überlegungen zur Bodenordnung und Nutzungsextensivierung
- * Heft 26 Leitbild Dorf
- Heft 27 Verprobung des Verfahrens zur landschaftsästhetischen Vorbilanz
- Heft 28 Mensch • Dorf • Landschaft; Heimat ein Ort irgendwo?
- * Heft 29 Grundlagen zur Dorfökologie (20,- DM)
- Heft 30 Neuanlage von Trockenlebensräumen
- Heft 31 Planung von lokalen Biotopverbundsystemen, Band 1: Grundlagen und Methoden (20,- DM) ¹⁾
- Heft 32 Planung von lokalen Biotopverbundsystemen, Band 2: Praktische Planungs- und Nutzungsbeispiele
- * Heft 33 Naturnahe Hecken durch Verwendung autochthoner Gehölze
- Heft 34 Lebensraum Streuobstflächen (20,- DM) ¹⁾

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Abteilung E
Ludwigstraße 2, 80539 München, Telefon (0 89) 21 82 440, Telefax (0 89) 21 82 709

¹⁾ Zusendung nach Zuleitung eines Verrechnungsschecks

* vergriffen