

# FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

herausgegeben von Oberforstmeister Müller-Thomas, Mainz

im Auftrage der

TECHNISCHEN ZENTRALSTELLE DER DEUTSCHEN FORSTWIRTSCHAFT E. V.

unter Mitwirkung des

INSTITUTS FÜR WALDARBEIT UND FORSTMASCHINENKUNDE DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Postverlagsort Mainz

---

Verlag Forsttechnische Informationen, Mainz, Ritterstraße 14

---

Oktober 1961

Nr. 10

## Extensivierung im Waldwegebau?

Von Prof. Dr. E. Volkert, Hann.-Münden,

Mitglied des Arbeitsringes „Waldwegebau“ der TZF

Zweiter Teil \*)

### III. Grenzen der Anforderungen an den Wegezustand

Wenn sowohl die Gesamttransportkosten als auch die optimale Wegedichte derart von der Höhe der Wegeaufwendungen je Streckeneinheit abhängen, dann erhebt sich die zwingende Frage, ob und gegebenenfalls wie die Wegekosten gesenkt werden können. Hier dürften sich zwei Möglichkeiten abzeichnen. Einmal hätte man die **Grenzen für die Anforderungen** an den Wegezustand abzustecken, um übertriebene Ansprüche zu drosseln. Zum andern wäre zu untersuchen, wo **kostensenkende Rationalisierungsmaßnahmen** ansetzen könnten.

Was die Grenzziehung für die Ansprüche anbetrifft, so zeichnen sich Verkehrs- und Betriebssicherheit, Höchst- und Mindestgeschwindigkeit, Fahrbahnbreite, Fahrbahnbefestigung und Instandhaltung als Gesichtspunkte ab.

#### 1. Unbedingte Wahrung der Verkehrs- und Betriebssicherheit

Wenn ein Waldweg zur Benutzung als Fahrweg zugelassen ist, was sich u. a. darin dokumentieren kann, daß Holz an seinen Rand gerückt ist, dann muß wohl auch seine Verkehrssicherheit gewährleistet werden. Das bedeutet, daß er sich in einer Verfassung befinden muß, die den gefahrlosen Verkehr mit Straßenfahrzeugen mit ihren zulässigen Abmessungen und ihrem zulässigen Achsdruck gestatten muß. Dieser Forderung für alle Fahrwege, d. h. Hauptwege Ia und b sowie Zu-

bringer IIa und b (siehe Seite 62 in Nr. 8) kann man schwerlich ausweichen. Auch Zubringer dürfen also normalerweise hinsichtlich ihrer Belastung durch das Einzelfahrzeug nicht beschränkt sein. Andernfalls erfüllen sie ihre Aufgabe als Zubringer im bringungstechnischen Sinne nur unvollkommen und können nicht auf die Wegedichte angerechnet werden.

Es dürfte eigentlich keine Zwischenstufe zwischen einem Rückweg und einem Fahrweg geben. Entweder ist der betreffende Weg für seine Zweckbestimmung als Rückweg zu komfortabel, d. h. zu aufwendig gebaut, oder aber er belastet den Fahrtransport dadurch, daß er zum Einsatz unrentabler, weil zu kleiner oder nicht voll ausgelasteter Fahrzeuge zwingt.

Aus der Forderung nach Verkehrs- und Betriebssicherheit leiten sich zwangsläufig Mindestansprüche an die Linienführung (Fahrbahngeometrie) und den Fahrbahnzustand her, die nicht unterschritten werden dürfen, aber auch nicht überschritten zu werden brauchen.

#### a) Anforderungen an die Linienführung und ihre drei Komponenten

1. Die **Linienführung im Aufriß** darf Maximalwerte der Längsneigung nicht überschreiten. Mir ist beispielsweise ein Zubringer bekannt, der erst vor einigen Jahren gebaut wurde und in seiner Einmündungskurve auf den Hauptweg 17 Prozent Längsneigung besitzt. Meines Erachtens grenzt eine solche Linienführung an grobe Fahrlässigkeit. Im übrigen wird die zulässige Höhe der Längsneigung fast mehr

\*) Der erste Teil sowie die Gesamtaufgliederung des Artikels sind in Nr. 8 vom Juli dieses Jahres veröffentlicht worden.

noch von den Unterhaltungskosten, die mit einer Längsneigung oberhalb (6 bis) 8 Prozent rapide ansteigen, als von Verkehrssicherheitsforderungen begrenzt. Zehn Prozent Längsneigung auf Hauptwegen und zwölf Prozent auf Zubringern sollte man aber auch aus Gründen der Verkehrssicherheit möglichst nicht überschreiten. Auf lange Sicht rächt sich jede im Augenblick bequeme Lösung.

2. Die **Linienführung im Grundriß** muß ein Befahren auch mit den längsten vorkommenden oder in Zukunft — beispielsweise infolge Umwandlung von Laub- zu Nadelholz — zu erwartenden Fahrzeuglängen je nach Wegetyp vom Schrittempo bis zu einer für erforderlich gehaltenen Ausbaugeswindigkeit gestatten. Die Sichtverhältnisse müssen im Hinblick auf den Bremsweg ausreichen.
3. Die **Querschnittsgestaltung** muß nach Fahrbahnbreite, Randstreifenbreite und -form und Querneigungsmaßen verkehrssicher sein.

b) Anforderungen an den Fahrbahnzustand

1. Die **Tragfähigkeit** muß — mehr noch fast im Interesse der Verhütung unwirtschaftlicher Abnutzungsschäden am Weg als im Interesse der Wegebenutzer — eine volle Belastung aushalten.
2. Die **Fahrbahnoberfläche** muß zwar ebenflächig, aber dennoch und zumal auf Gefällstrecken und in engen Krümmungen rau und griffig genug sein.
3. Ihr **Erhaltungszustand** darf nicht durch tiefe Gleise,

Schlaglöcher oder Rollschotter bis zum Zustand geminderter Verkehrssicherheit verschlechtert sein.

Soweit diese Gesichtspunkte zu a) und b) die Verkehrssicherheit primär berühren, können Abstriche im Sinne einer Extensivierung wohl kaum geduldet werden. Etwas eingehender sollten jedoch die Ansprüche an Fahrgeschwindigkeit, Wegebreite, Fahrbahnbefestigungsintensität und Erhaltungszustand der Fahrbahnoberfläche im Hinblick auf eine etwa mögliche Reduzierung überhöhter Aufwendigkeit überprüft werden, um von allen nur denkbaren Richtungen her das Minimum der Wegeaufwendungen anzustreben.

## 2. Abstriche bei der Ausbaugeswindigkeit

Hier dürften wohl in allererster Linie Abstriche möglich sein. Unnötig hohe Ausbaugeschwindigkeiten bedeuten eine Verschwendung in doppeltem Sinne. Sie verleiten zu übermäßig schnellem Fahren und dadurch bedingte Abnutzungsschäden. Sie belasten aber auch die Neu- oder Ausbaukosten, weil die entsprechend gestrecktere Linienführung, Kurvenüberhöhung usw. zu höheren Aufwendungen führen. Statt dessen ist es sinnvoller, die Bereitstellungstechnik des Holzes entlang den Fahrwegen zu pflegen, um die Beladezeiten herabzudrücken. In Tab. 5 sind die Zeitaufwendungen für den Fahrtransport mit Unterstellung verschiedener Ausbaugeschwindigkeiten für Zubringer — Hauptwege — Landstraßen abzulesen und einige konkrete Beispiele gebildet, um überschlägliche Vorstellungen zu gewinnen.

Tab. 5 Zeitaufwand für die Hin- und Rückfahrt eines Langholzfahrzeugs zwischen Ladestelle im Walde und Verbrauchsort bei verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten und Ladezeiten

	Ausbaugeschwindigkeiten km/h	Fahrzeiten für Leer- und Lastfahrten in Minuten		Zeitaufwand in Minuten bei Streckenlängen von km							
				1,5/4/25		1,5/4/25		3/10/25		1,5/4/25	
				1,5/4/25		1,5/4/25		3/10/25		1,5/4/25	
				Ausbaugeschwindigkeiten							
				optimal	minimal	mäßig reduziert	minimal	optimal			
Ladezeiten für 15 fm				105	105	105	105	135	165		
Streckenlänge <b>Zubringer</b>		1,5 km	3,0 km								
	40	4,5	9	4,5				4,5	4,5		
	30	6	12								
	20	9	18			9					
	10	18	36		18		36				
Streckenlänge <b>Hauptwege</b>		4,0 km	10,0 km								
	50	9,6	24	9,6				9,6	9,6		
	40	12	30								
	30	16	40			16					
	20	24	60		24		60				
Streckenlänge <b>Landstraßen</b>		25,0 km									
	60	50		50	50	50	50	50	50		
	50	60									
	40	75									
Summe Minuten				169,1	197,0	180,0	251,0	199,1	229,1		
				100 %	117 %	106 %	148 %	118 %	135 %		

Im Lehrforstamt Kattenbühl beträgt die durchschnittliche Länge der Zubringer 1,3 km, der Hauptwege 3,7 km. Die Transportanalyse des Jahres 1953 (19) ergab eine gewogene durchschnittliche Fahrtransportentfernung von 30,6 km.

Unterstellt man 1,5 km Zubringer-, 4,0 km Hauptweg- und 25,0 km Landstraßenentfernung = 30,5 km Gesamtentfernung, dann ergibt sich bei sehr hohen (optimalen) Ausbaugeschwindigkeiten des Zubringers von 40 km/h und des Hauptweges von 50 km/h und bei einer mittleren Ausbaugeschwindigkeit der Landstraße (einschl. Ortsdurchfahrten, Gegenverkehr usw.) von 60 km/h sowie bei einem Zeitaufwand für das Auf- und Abladen von 105 Minuten für 15 fm Wagenlast (22) ein Gesamtzeitaufwand von 169,1 Minuten für Leer- und Lastfahrt.

Setzt man nun extrem geringe Ausbaugeschwindigkeiten von nur 10 km/h für den Zubringer und nur 20 km/h für den Hauptweg an bei bleibend hoher Ausbaugeschwindigkeit der Landstraße, dann ergeben sich 197 Minuten Gesamtzeitaufwand oder ein Mehr von nur 17 Prozent.

Setzt man 20 km/h für den Zubringer und 30 km/h für den Hauptweg an, dann reduziert sich der Mehraufwand gegenüber dem Optimum auf nur 6 Prozent.

Eine nachlässige Bereitstellungstechnik (135 Minuten Ladezeit) dagegen läßt den Gesamtzeitaufwand bei optimalen Geschwindigkeiten auf 118 Prozent, d. h. den gleichen Zeitbedarf wie bei extrem reduzierter Ausbaugeschwindigkeit anwachsen. Wenn das Lademanöver noch durch ungünstige Witterung erschwert wird (165 Minuten Ladezeit), beträgt der ladebedingt erhöhte Gesamtzeitaufwand sogar 135 Prozent des Optimums.

Erst eine Zubringerlänge von 3 km und eine Hauptweglänge von 10 km (Tab. 5) ließe es angeraten erscheinen, sich an Stelle von extrem niedrigen wenigstens für mittlere Ausbaugeschwindigkeiten zu entscheiden.

Wenn man also bedenkt, daß der Streckenanteil von Zubringern und auch Hauptwegen normalerweise nur einen Bruchteil der Gesamtentfernung beträgt, wird klar, daß auch recht mäßige Ausbaugeschwindigkeiten doch nur eine geringfügige Transportkostenerhöhung bewirken. Zumal bei den meist recht kurzen, lokal abschließenden Zubringern sollte man daher die Ansprüche an die Fahrgeschwindigkeit bewußt herabschrauben. Krümmungshalbmesser im Sinne des Minimalhalbmessers genügen vollauf. Die Linienführung des Zubringers darf sich daher auch im Zeitalter des Motorverkehrs sehr weitgehend dem Gelände anschmiegen, d. h. mit der Nulllinie zusammenfallen, um unnötige Erdbewegungen zu vermeiden.

Je untergeordneter der Wegetyp und je kürzer seine Streckenlänge sind, um so geringer braucht die Ausbaugeschwindigkeit zu sein.

### 3. Anpassung der Fahrbahnbreite

Auch an der Fahrbahnbreite könnte mitunter gespart werden, ohne daß die Verkehrssicherheit zu leiden braucht. Schon eine jährliche Belastung mit 3000 fm — entsprechend etwa 200 Fahrzeugen zu je 15 fm — ist auf Waldwegen recht selten. Selbst bei konzentrierter Abfuhr findet erfahrungsgemäß (15) kein nennenswerter Gegenverkehr statt. Einspurige Fahrwege mit Ausweichstellen in Sichtentfernung für entgegenkommende Leerfahrzeuge oder Pkw's genügen daher in der ganz überwiegenden Mehrzahl vollauf. Wozu dann aber Fahrbahnbreiten von 4 Meter?

In sehr seltenen Ausnahmefällen, für Hauptwege Ia, kann die zweispurige Fahrbahn von 5,0 (5,50) m Breite in Frage kommen. Sonst reicht für den einspurigen Hauptweg Ib in der Ebene eine Breite von 3,0 m, die man im hügeligen Gelände und im Mittelgebirge, sofern die Wege an steileren Hängen entlangführen, auf 3,20 und 3,50 m vergrößern möge. Im letzteren Falle ist es aber oft vorteilhafter, statt eines offenen Seitengrabens einen befahrbaren (befestigten) Spitzgraben von etwa 0,50 m Breite zu bauen. Das Fahrzeug kann dann scharf an der bergseitigen Böschung entlang und auf einer insgesamt praktisch 3,50 m breiten Fahrbahn fahren.

Mischbreiten von 4,0 oder gar 4,5 m sind jedenfalls im allgemeinen überflüssig (14). Allerdings sollte man auch bei Zubringern nicht unter 3,0 m Breite gehen, da auf ihnen ja Fahrzeuge von der gleichen maximalen Standbreite von 2,30 m (von Radaußenkante bis Radaußenkante) bzw. 2,50 m Maximalbreite der Aufbauten verkehren müssen. Allerdings setzen geringere Fahrbahnbreiten eine saubere Linienführung im Grundriß voraus mit Form und Aufeinanderfolge der Krümmungen, die einer von Fahrzeugen mit großem Achsabstand tatsächlich — und auf Hauptwegen zügig — befahrbaren Linie entsprechen. Demgemäß wird mit abnehmender Fahrbahnbreite bzw. in schwierigerem Gelände auch eine Innenverbreiterung der Fahrbahn in Krümmungen immer unerläßlicher. Sie sollte auf Hauptwegen bei Krümmungshalbmessern unter 150 m einsetzen und über 50 cm Verbreiterung bei 100 m, 100 cm bei 50 m, 150 cm bei 30 m, bis zu 200 cm bei 25 m Halbmesser führen.

### 4. Anpassung der Befestigungsintensität

#### a) Grundsätzliches

Es ist inzwischen wohl zur Selbstverständlichkeit geworden, den gesamten Grund- oder Erdbau maschinell auszuführen. Planierraupen, Schaufellader, Schwenklader und Grader sind die Geräte, die, abgesehen von einer möglichen Kostensenkung auf  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{8}$  und weniger der Handarbeit, eine Bauausführung bei der heutigen Knappheit an Arbeitskräften überhaupt noch gestatten. Diese Geräte haben außerdem einen derart hohen Stand technischer Reife erreicht, daß ihr Einsatz

keine übermäßigen Probleme mehr aufwirft. Die beträchtlichen Kostensenkungen kommen dem Waldwegebau daher heute durchweg voll zustatten (4).

Nicht ganz so einfach liegen die Dinge bei der Fahrbahnbefestigung. Zwar sind auch hier bereits große Fortschritte im Sinne einer Ablösung der Hand- durch Maschinenarbeit und dementsprechende Kostensenkungen zu verzeichnen. Jedoch bedingt der Einsatz von Maschinen meist ein Abgehen von altbewährten oder zumindest alteingebürgerten Verfahren der Fahrbahnbefestigung. Außerdem ist die Zahl auch im Waldwegebau möglicher und sinnvoller Methoden der Fahrbahnbefestigung so groß, daß es entsprechend schwerfällt, die Wahl der am gegebenen Ort richtigen, d. h. technisch gerade eben ausreichenden und somit in Bau plus Instandhaltung kostengünstigsten, Handarbeit möglichst weitgehend einsparenden Bauweise zu treffen. Eine Anzahl von Bauverfahren befindet sich auch noch ziemlich im Fluß zu absoluter technischer Reife, zumindest soweit es ihre Übertragbarkeit auf die besonderen Bedingungen des Waldwegebauwerks betrifft.

Die Ausführung der Fahrbahnbefestigung pendelt daher nicht selten noch zwischen den Extremen übermäßiger Aufwendigkeit einer Methode an sich oder wenigstens ihres zu hohen Anteils an Handarbeit und allgemeiner technischer Unzulänglichkeit. Übertriebene Intensität oder Extensität führen dann aber letztlich zum gleichen Effekt der Unwirtschaftlichkeit.

Vorweg sei die Auffassung abgelehnt, daß man technisch „primitiver“ bauen solle, weil „primitiver“ billiger sei. Die neuen Verfahren der Bodenstabilisierung oder Schüttlagenausführung oder Rüttelschotterbauweise usw. sind aber gegenüber den älteren Verfahren der Makadambauweise oder Setzpacklage oder des Pflasters usw. keinesfalls im Prinzip als „primitiv“ anzusehen. Im Gegenteil, sie sind prinzipiell technisch sogar vollkommener, auch wenn sie sich billigerer Baustoffe und technisch scheinbar unkomplizierter Arbeitsabläufe bedienen. Da sie sich das Prinzip der Kornabstufung zunutze machen, das ja letztlich auch den Kernpunkt der Zementbetonbauweise darstellt, führen sie zu prinzipiell hohlraumärmeren Befestigungsschichten. Diese bewirken wegen ihrer stetigen Kornabstufung eine günstigere Lastübertragung auf den Untergrund, sind wegen ihres geringeren Hohlraumvolumens wasserunempfindlicher und unterliegen einer nachträglichen Verdichtung und damit Verformung durch den Verkehr in geringerem Maße.

Vielleicht kann man den Überlegungen, die darauf gerichtet sind, an Ausgaben für die Fahrbahnbefestigung zu sparen, einen Grundgedanken als **Leitmotiv** voranstellen:

Man sollte bei der Wahl der Bauweise und ihrer Ausführung weniger konventionell und starr vorgehen und den Bau noch stärker, als bislang allgemein geübt,

auf die örtlichen Gegebenheiten  
nach Bauzweck,  
anstehendem Boden (Baugrund)  
und ortsnahen Baustoffen

ausrichten. Das erfordert natürlich eine sehr viel weitergehende theoretische und praktische Beherrschung der gesamten Bautechnik als die Ausführung eines althergebrachten Rezeptes mit einem Stamm eingewöhnter Waldarbeiter oder gar als ultima ratio die Übergabe der Ausführung an eine Straßenbaufirma. Darüber möge man sich klar sein, mit dem Ersetzen alter Rezepte durch neue ist es nicht getan; dazu ist die Materie zu kompliziert und sind zu viel wechselnde Faktoren im Spiel. Allgemein und grundsätzlich darf man vielleicht fordern: Anpassung an den Wegetyp, Anpassung durch Wahl der Bauweise, Anpassung an die Tragfähigkeit des Untergrundes, Anpassung auch an die Wegelängsneigung.

#### b) Differenzierung der Befestigung nach dem Wegetyp

Auch wenn das Wasser der dominierende oder zumindest primär wirksame Faktor für die Lebensdauer und den Abnutzungsgang von Waldwegen ist, muß doch, und zwar je höher die Verkehrsbelastung, um so mehr auch auf die vom Verkehr ausgehende Abnutzungswirkung Bedacht genommen werden. Dies bedeutet, daß der Hauptweg ebenso regelmäßig einer Trag- und Deckschicht bedarf, wie eine regelrechte Deckschicht auf Zubringern um so eher fehlen darf oder gar aus Kostengründen muß, je kürzer, untergeordneter und geringer belastet sie sind.

Die Fahrbahnbefestigung hat sich also in hohem Maße der funktionellen Bedeutung des Weges, dem Wegetyp, anzupassen.

#### c) Differenzierung der Befestigung nach der Bauweise

Prinzipiell muß die Tragfähigkeit natürlich auf die Dauer gewährleistet sein, jedoch mit Einschränkungen nach Bauweise und Wegetyp. Technische Nachlässigkeit bei der Bemessung der Tragschichtdicke rächt sich stets dann, wenn über der Tragschicht noch eine irgendwie aufwendige Deck- und/oder Verschleißschicht folgt. Schon im Falle des Aufbaues einer Gesamtbefestigung aus Setzpacklage oder auch Schüttlage als Tragschicht und abschließender sandgeschlämmter Schotterdecke, erst recht bei einer bituminösen Decke wirkt sich eine zu geringe Bemessung der Tragschicht oder eine unterlassene Untergrundverbesserung bzw. Entwässerungsmaßnahme verhängnisvoll aus. Denn **jegliche Decken-instandsetzungen sind ungleich kostspieliger als die vermeintlichen Einsparungen an der Tragschicht**. Außerdem würde es in diesem Falle mit einer Deckeninstandsetzung allein ja nicht getan sein. Eine Verstärkung der Tragschicht müßte vorausgehen und anschließend eine völlig neue Deckschicht aufgebracht werden. Intensive Deckschichten sind also teils schon direkt, teils aber auch indirekt deshalb kostspielig, weil bei ihnen jegliches

**Risiko** hinsichtlich der Tragfähigkeit von Untergrund und Unterbau **ausgeschlossen** werden muß.

Je weniger wertvoll und starr jedoch eine Decke ist, beispielsweise eine mechanisch stabilisierte Verschleißschicht über einer ebensolchen Tragschicht, oder erst recht, wenn auf eine Deckschicht ganz verzichtet werden kann (Zubringer), je weniger kompliziert vor allem auch die Tragschicht aufgebaut ist (Schüttlage statt Setzpacklage, oder erst recht mechanisch stabilisierte Nur-Tragschicht), um so eher darf, ja **muß** man im Sinne fühlbarer Kosteneinsparungen hart an die untere Grenze der voraussichtlichen Tragfähigkeit der Befestigungsschicht herangehen und das **Risiko in Kauf nehmen**.

Statt eine auf absolute Tragfähigkeit abgestellte Schüttlagetragschicht, deren Herstellungskosten zu rd. 80 Prozent auf Materialgewinnung, Anfuhr und Einbringen beruhen, in einer Dicke von 40 cm (in verdichtetem Zustand) zu bauen, kommt man u. U. mit nur 20 cm Dicke aus und spart somit 40 Prozent der Baukosten. Sollten sich wirklich unter der geringen Verkehrsbelastung des Zubringers Verdrückungserscheinungen zeigen, nun, dann kann man ohne bereits angelegtes Geld vertan zu haben und ohne wesentliche Verteuerung das Fehlende an Schichtdicke nachgeben, wofür nunmehr ein leichtes Abwalzen ausreicht.

Dagegen kann grundsätzlich nicht empfohlen werden, auf ein maschinelles Verdichten der Tragschicht (und erst recht der Deckschicht) zu verzichten. Einmal kostet die Walzenstunde ungleich weniger als alle übrigen Maschinenstunden (Lkw mit Anhänger 12,50 Planierdrape und Lademaschinen 30,—, Grader 60,— DM), zum ändern würde der schwere einspurige Verkehr sofort tiefe Gleise eindrücken, die eine höchst unerwünschte Ansatzstelle für schädliche Wasserwirkungen böten. Im Gegenteil, man soll das **Walzen so gründlich und sorgsam wie möglich** bis zum größtmöglichen Verdichtungseffekt betreiben, auch danach streben, den richtigen Walzentyp zu bekommen, und dies gerade auch auf untergeordneten Wegen mit Schüttlage- oder Rüttelschotter- oder Stabilisierungsbauweisen. Zum Wesen aller dieser Bauweisen mit idealer oder angenäherter Kornabstufung gehört unabdingbar die größtmögliche Verdichtung, die man aus Gründen frühzeitiger Ausschaltung schädlicher Wasserwirkungen keinesfalls dem Verkehr überlassen darf.

Auch ein Verdichten vorweg des Untergrundes kann sehr lohnend sein. **Walzen spart Tragschichtdicke und Unterhaltungskosten**.

d) Differenzierung der Befestigung nach der Tragfähigkeit des Baugrundes

Eine unzulässige, weil übertriebene Intensität bedeutet es auch, wenn zu sehr nach Plan und Schema gebaut wird. THIELMANN (18) führt dafür in seinem lesens-

werten Aufsatz ein schönes Beispiel an. Der Wegebauplan sieht den Neubau eines Zubringers längs eines Hanges vor. Die Befestigung soll durch Aufbringen einer Tragschicht von z. B. 25 cm Dicke erfolgen, womit man schon an die untere Grenze des Zulässigen herangegangen zu sein glaubt.

In Wirklichkeit bedarf es u. U. an zahlreichen Stellen, wo die Planierdrape Nasen und Querrippen angeschnitten hat, gar keiner weiteren künstlichen Befestigung, sondern allenfalls einer Feinplanie mit abschließendem Aufbringen einer ganz dünnen Schicht von etwa Splittkorngröße. Unter günstigen Bedingungen, nämlich Materialeignung der angeschnittenen Rippen vorausgesetzt (Kiesel- und Grauwackeschiefer, bröckeliger Buntsandstein oder Muschelkalk, Zersatzzonen von Gneis, Grauwacke usw.) braucht das anfallende oder zusätzlich abzutragende Material von der Querrippe aus nur bis in die nachfolgende muldige Partie, die vorweg bereits roh planiert ist, längs gefördert und profilgerecht ausgebreitet zu werden, um eine durchgehende Fahrbahnbefestigung zu erzielen, die zwar nicht planmäßig ausgeführt ist, aber bei ungleich geringerem Kostenaufwand völlig ihren Zweck erfüllt.

Hier sei übrigens ein bislang kaum erwähnter Nebeneffekt angeführt, den eine Standortkartierung, die ja ursprünglich rein waldbaulichen Zielen zu dienen hat, bewirken kann. Wenn, wie beispielsweise in Nordrhein-Westfalen zuvor Bodenartenkarten 1:5000 oder in Rheinland-Pfalz Standortgrundkarten gleichen großen Maßstabes gefertigt werden, dann geben derartige Kartenunterlagen äußerst wertvolle Aufschlüsse über die Beschaffenheit des Grundgesteins, der Verwitterungsschichten und des anstehenden Bodens nach der Korngrößenzusammensetzung. Schon der Verlauf der Wegelinien läßt sich dann oft so planen, daß ein Zuführen von Befestigungsmaterial entweder ganz unterbleiben kann oder daß zumindest ortsnahe Vorkommen von Schüttlagematerial erkannt und nutzbar gemacht werden können.

e) Differenzierung der Befestigung nach der Wegelängsneigung

Schließlich gibt es noch einen weiteren Gesichtspunkt, dessen Beachtung sehr wesentliche Einsparungen an der Tragschichtdimensionierung und der Intensität der Deckenbauweise zuläßt. Alle Faktoren, die den Wasserhaushalt des Wegekörpers in bautechnisch günstigem Sinne beeinflussen, erhöhen einerseits die Tragfähigkeit des Untergrundes und der Tragschicht, andererseits den Zusammenhalt der Deckschicht.

Bekanntlich gibt es ein Optimum der Fahrbahnlängsneigung, das zwischen 2 und 4 (6) Prozent liegt. Auf Wegen mit geringerer als optimaler Längsneigung weicht das zu langsam abfließende Wasser alle Elemente des Wegekörpers auf und setzt Tragfähigkeit und Kohäsion herab. Auf Wegen mit zu großer Längsneigung

spült das auf der Fahrbahnoberfläche abfließende Wasser die Feinbestandteile aus. Übrigens scheint es auch eine obere Gefällsgrenze für die Anwendbarkeit der billigeren Schüttlage gegenüber der teureren Setzpacklage zu geben, die anscheinend bei etwa 10 Prozent Längsneigung liegt. (Nach mündlicher Mitteilung von Landforstmeister Dr. SCHWEIGLER.) Eine Planung, die sich dieser Zusammenhänge bewußt ist, kann viel häufiger, als man meint, zur Linienführung bautechnisch optimaler Längsneigung gelangen. Sie vermag Linienführungen wenigstens angenähert optimaler Längsneigung zu erkunden, die einerseits geringere Tragschichten erfordern und zum andern unnötig intensive Deckenbauweisen vermeiden lassen. Beides kann zu ganz erheblichen Einsparungen nicht nur beim Neubau, sondern vor allem bei der laufenden Unterhaltung führen.

Eines steht ganz sicher fest: **Es ist abwegig, so extensiv zu bauen und zu unterhalten, daß der Schadenskomplex Wasser/Verkehr wirksam werden kann.**

f) Grenzfall „Schönwetterwege“,  
Zubringer II b

Mit diesem Begriff wird ein Wegetyp untergeordneter Funktion (Zubringer II b) und geringer bis fehlender Befestigung umrissen, der nicht ganzjährig, sondern nur unter bestimmten Witterungsvoraussetzungen befahrbar ist. Schönes Wetter in diesem Sinne kann Frost bedeuten. Dann wird jeder beliebige Erdweg befahrbar. Allerdings ist Frost meist mit einer mehr oder minder hohen Schneedecke verbunden, die das Befahren derartiger Wege von ohnehin meist nicht übermäßig sorgsamer Linienführung zumindest stark erschwert, wenn nicht ausschließt. „Schönes Wetter“ bedeutet daher in erster Linie eine stärkere Trockenheit, welche die Kohäsion und damit die Tragfähigkeit vor allem bindiger Böden bedeutend erhöht.

Derartige Schönwetterwege stellen im allgemeinen nur einen Notbehelf dar, weil auf schönes Wetter bekanntlich wenig Verlaß ist. Voraussetzung ist außerdem, daß die Holzsorten, die auf ihnen zur Abfuhr gelangen sollen, einigermaßen unempfindlich gegen längere Lagerung bis in die wärmere Jahreszeit hinein sind (in erster Linie Fichte) oder daß ihnen ein längeres Ablagern im Walde sogar förderlich ist (Buchenfaserholz, Verkohlungsholz). Leider pflegt sich die Holzabfuhr eines Großteils des Sortenanfalls (Buche, Kiefer, Edellaubhölzer, Eichenwertholz) auf die Zeit während und nach der winterlichen Einschlagperiode zu konzentrieren, also auf eine Zeit ungünstigster Bedingungen für die Tragfähigkeit von Untergrund und Tragschicht und den Zusammenhalt der Deckschicht.

Eine Sperrung von Forstwegen für die Holzabfuhr, selbst wenn sie nur von mäßiger Dauer wäre, aber in die Hauptabfuhrzeit fiel, dürfte sich bei der heutigen Marktlage gerade auch des Laubholzes wenig günstig auswirken.

g) Folgerungen für die Fahrbahn-  
befestigung

So gibt es durchaus eine Vielzahl von Ansatzpunkten teils für eine Extensivierung schlechthin, teils aber und mehr noch für ein feinfühliges und wendigeres Anpassen der Intensität der Fahrbahnbefestigung an die Baubedingungen und den Bauzweck. Niemals aber darf die Extensivierung soweit gehen, daß der Zweck einer Wegebaumaßnahme nicht voll erreicht wird. Übermäßige Extensivierung, Sparsamkeit in Unkenntnis der bautechnischen Zusammenhänge oder gar leichtfertige Verkennung standörtlicher oder transporttechnischer Gegebenheiten kann unter Umständen noch mehr Schaden anrichten als eine gar zu solide auf ewige Haltbarkeit bedachte Bauausführung.

Immerhin sollte gerade bei der Fahrbahnbefestigung der Hebel für Kostensenkungen kräftig angesetzt werden, denn nach den beträchtlichen Kostensenkungen durch Maschineneinsatz im Grundbau sind es nunmehr die Kosten der Fahrbahnbefestigung, welche den Löwenanteil der Bauaufwendungen für die Fahrwege darstellen. Ohne eine Kostensenkung beim Wegebau gelangen wir aber unmöglich zu einer Verdichtung des Wegenetzes und einer Senkung der Gesamttransportaufwendungen.

Die Verdichtung des Wegenetzes muß vor allem von einer Verlängerung und Verdichtung der Zubringeradern zum Hiebsort getragen werden. Die Zubringer dürften in einem optimal erschlossenen Waldgebiet an Streckenlänge gegenüber den Hauptwegen etwa das Zwei- bis Dreifache oder noch mehr umfassen. Die Hauptwege sind wohl überwiegend bereits gebaut und seit Kriegsende in einen Zustand kostengünstiger Unterhaltung überführt. Überwiegend dürfte auch der Hauptteil ihrer Baukosten (Grundbau, Tragschicht, Entwässerungsanlagen, Objekte usw.) bereits abgeschrieben sein, so daß nur noch die periodische Instandsetzung kostenmäßig zu Buche schlägt.

Um so wichtiger ist es, bei der Befestigung der Zubringer Bauweisen anzuwenden, die nicht nur den Maschineneinsatz zum Zwecke der Kostensenkung voll zur Geltung bringen, sondern auch gestatten, bei der Bemessung der Befestigung bewußt ein begrenztes Risiko einzugehen.

Im übrigen ist eine starke Differenzierung der Fahrbahnbefestigung nach Hauptweg und Zubringer auch schon deshalb anzuraten, weil der Hauptweg ständig, der Zubringer dagegen mehr oder minder periodisch benutzt wird.

5. Intensivierung der Instandhaltung  
(= Instandsetzung und Unterhaltung)

Sollten wir nicht ruhig **Schlaglöcher und Gleise** auf der Fahrbahn entstehen lassen, statt laufend zu unter-

halten, und lieber die Fahrbahn erst wieder instand setzen, wenn der Fahrzeugverkehr ernstlich behindert, d. h. die Verkehrssicherheit gefährdet wird? So wird es doch vielfach auch gehandhabt! Viele kleine, verzettelte Flickarbeiten müssen doch teurer sein als konzentrierte Maßnahmen in größeren Zeitabständen.

Zu dieser Frage ist von zwei Richtungen her Stellung zu nehmen, vom Standpunkt des **Wegebenutzers** und im Hinblick auf den Verlauf des **Abnutzungsganges**.

a) **Wegebenutzung und Fahrbahnzustand**

Vom Standpunkt des Wegebenutzers interessieren vielleicht zuerst die Beziehungen zwischen

**Fahrbahnzustand und Zugkraftaufwand.**

Geht man von dem einfachsten Falle aus, daß die Fahrbahn horizontal verläuft, dann muß zum Fortbewegen eines Fahrzeuges mindestens soviel Zugkraft (Z) aufgewandt werden, daß der Bewegungswiderstand (W) des Fahrzeuges überwunden wird:

$$Z \geq W \quad (1)$$

Die Größe des Bewegungswiderstandes (W) hängt teils vom Gewicht des Fahrzeuges einschließlich seiner Last (L) ab, teils vom Zustand der Fahrbahn, der rollenden Reibung oder dem Reibungskoeffizienten ( $\rho$ ):

$$W = \rho \cdot L \quad (2)$$

Die Größe des Reibungskoeffizienten in Abhängigkeit von der Fahrbahnbeschaffenheit ist schon seit langem aus Untersuchungen bekannt und für einige Beispiele in Tab. 6 wiedergegeben.

**Tab. 6 Fahrbahnzustand und Reibungskoeffizient**

Fahrbahnzustand	Reibungskoeffizient
Gute Schwarzdecke	0,010
Gute sandgeschlämmte Schotterdecke	0,016
Sandgeschl. Schotterdecke mit Schlammabildung	0,035
Stark ausgefahrene Schotterdecke mit zahlreichen Schlaglöchern und losen Steinen	0,050
Erdweg in gutem Zustand	0,045
Erdweg in sehr schlechtem Zustand	0,160
Lockerer Sand	0,150 - 0,300

Man sieht, wie enorm der Zugkraftbedarf mit abnehmender Fahrbahngüte ansteigt, auf das Sechzehnfache von einer guten Schwarzdecke bis zu einem schlechten Erdweg. Um diesen Zahlen ihren theoretischen Charakter zu nehmen, sei ein Beispiel gebildet. Ein mittelschweres Pferd besitzt etwa 75 kg Zugkraft (Z) als Dauerleistung und vermag somit einen Bewegungswiderstand von höchstens 75 kg dauernd zu überwinden (gemäß Gleichung 1). Diesen 75 kg Bewegungswiderstand entspricht als Last

auf einer guten Schwarzdecke mit  $\rho = 0,01$  nach dem Ansatz  $L = 75 : 0,01$  das Gesamtgewicht eines gerade noch fortzubewegenden Fahrzeuges von 7500 kg = 7,5 t. Das wäre etwa ein Wagen von 0,5 t Leergewicht, beladen mit 7 fm Holz.

Auf einem ziemlich schlechten Erdweg mit  $\rho = 0,12$  lautete der Ansatz  $L = 75 : 0,12 = 625$  kg = 0,65 t, was etwa einem Leerwagen gleichkäme!

Auf Kraftfahrzeuge übertragen bedeutet dies, daß eine abnehmende Fahrbahngüte den Kraftstoffverbrauch entsprechend steigen läßt oder auch u. U. sogar mit verminderter Nutzlast gefahren werden muß.

**Fahrbahnzustand u. Fahrzeugverschleiß**

Mit dem Zwang, in kleineren Gängen fahren zu müssen, steigt die Abnutzung des Motors. Ebenso wächst die Abnutzung aller übrigen Fahrzeugteile infolge Erschütterungen und Verwindungsbeanspruchung (Achs- und Federbrüche, Reifenabnutzung). Für die leichter gebauten Personenwagen und Krafträder dürften auch gerade diese Kostenerhöhungen recht spürbar sein.

**Fahrbahnzustand und Fahrgeschwindigkeit**

Man mag einwenden, daß die Erhöhung der Transportkosten infolge eines mäßig geminderten Fahrbahnzustandes, etwa bei Gleis- und Rollschotterbildung noch nicht so wesentlich ins Gewicht falle, um Instandsetzungsaufwendungen an der Fahrbahn zu rechtfertigen. Aber zu den genannten Kostensteigerungen tritt die Erhöhung des Zeitaufwandes infolge Geschwindigkeitsminderung hinzu. Eine Geschwindigkeitsherabsetzung von 30 km/h auf einem Hauptweg guter Linienführung und ebensolcher Fahrbahnbefestigung auf 5 km/h im Falle eines nur im Schrittempo befahrbaren Schönwetterweges bedeutet infolge des sechsfach erhöhten Zeitaufwandes auch eine Kostenerhöhung ähnlicher Größenordnung. Je länger die Wegestrecke, um so stärker fallen Geschwindigkeitsminderungen ins Gewicht. Auch aus diesem Grunde bedürfen kurze Zubringer ungleich weniger dringlich eines guten Fahrbahnzustandes als lange Hauptwege.

**Fahrbahnlängsneigung und Transportkosten**

Wenngleich nicht im engeren Sinne fahrbahnbedingt, sei in diesem Zusammenhang noch eine weitere Quelle von Kostensteigerungen erwähnt, die ihre Ursache in Steigungs- bzw. Gefällstrecken hat. Auf die etwas umständliche Herleitung der Beziehungen zwischen Längsneigung und Zugkraftaufwand sei hier verzichtet, zumal Angaben im GNT (3) über zulässige Zuschläge bei Steigungen und Gefällstrecken anschauliche Vorstellungen vermitteln. Danach sind die tatsächlichen Fahrkilometer für die Kostenberechnung bei Steigungen und Gefällstrecken von

- 3 bis 7 Prozent zu verdoppeln,
- 7 bis 11 Prozent zu verdreifachen,
- über 11 Prozent zu vervierfachen.

überhaupt keiner Materialzugabe bei der Instandsetzung, die lediglich in einer Profilwiederherstellung durch maschinelles Neuverteilen von noch vorhandener Befestigungssubstanz mittels Grader u. dgl. bestehen kann.

Die Möglichkeit, auf eine laufende Unterhaltung zu verzichten und zu einer mehr periodischen Unterhaltung, allerdings in nur mäßigen Zeitabständen, überzugehen, besteht auch für **Hauptwege** (bzw. Zubringer) mit Trag- und mechanisch stabilisierten, kornabgestuften Deckschichten. Das optimale Querprofil derartiger Decken läßt sich, auch wenn die Abnutzungserscheinungen infolge Wasser- und/oder Verkehrseinwirkung den Optimalzustand bereits merklich unterschreiten, auf eine technisch voll befriedigende und recht kostengünstige Weise, am besten mit dem Grader, wohl nicht ganz so günstig auch mit graderähnlich arbeitenden Schleppern, wieder in eine vollgültige Verfassung bringen.

Allgemein darf der Zeitabstand dann nicht zu groß sein, wenn die Gefahr einer schnellen Vergrößerung kleiner Abnutzungserscheinungen durch Wasserwirkung besteht (Erodieren von Längsgleisen, Aufweichung von Gleisen oder Schlaglöchern aus). Auch sollte mit der Instandhaltung nicht so lange gewartet werden, bis spürbare **Materialverluste** eingetreten sind.

**Sandgeschlämmte Schotterdecken** bedürfen allerdings der von FABER (2), REISSINGER (9) und anderen (20) befürworteten Rieselschicht, die **laufend** in gleichmäßiger Verteilung über die Fahrbahnoberfläche zu erhalten ist. Es stehen heute verschiedene Verfahren einer voll mechanisierten und daher recht kostengünstigen Pflege dieser Rieselschicht zur Verfügung (9, 1, 12).

Überhaupt hat die Rationalisierung der Unterhaltung und Instandsetzung durch Mechanisierung während der letzten Jahre bedeutende Fortschritte gemacht. Sie hat damit teils durch unmittelbare Kosteneinsparung, teils mittelbar über die Verlängerung der Lebensdauer fast aller Fahrbahnbefestigungen sehr wesentlich zu einer

Senkung der laufenden Wegebauaufwendungen beigetragen.

**Zusammenfassend** läßt sich auf die Frage nach den Extensivierungsmöglichkeiten und ihren Grenzen für den Einzelweg feststellen:

**Verkehrs- und Betriebssicherheit** müssen unbedingt gewahrt bleiben und sind laufend sorgsam zu überwachen. Dagegen könnten **Ausbaugeschwindigkeit und Fahrbahnbreite** sicherlich in zahlreichen Fällen auf eine niedrigere Norm herabgesetzt werden (6). Die **Fahrbahnbefestigung** sollte vielleicht noch feinfühligere als bislang auf die Bedingungen des Verkehrs (Wegebelastung, Wegetyp), des Baugrundes (insbesondere Wasserhaushalt) und der Materialverfügbarkeit abgestellt werden. Ähnlich sollte die **Instandsetzung** weitgehend differenziert und die **Unterhaltung**, speziell der weitverbreiteten sandgeschlämmten Schotterdecken, durchweg intensiviert werden.

Der Nachdruck liegt also insgesamt eigentlich weniger auf einer generellen Extensivierung, etwa im Sinne einer Herabsetzung der Ansprüche an den Gebrauchszustand der Fahrbahn. Des öfteren genügen Fahrwege aus älterer und auch neuerer Zeit mangels sorgsamer Linienführung (Längsneigung, Krümmungen) oder auch wegen unzureichender Einschätzung der Baubedingungen (Baugrund, Wasserhaushalt), dagegen erstaunlich selten wegen mangelhafter Ausführung eines Bau-rezeptes den berechtigten Ansprüchen an Verkehrs- und Betriebssicherheit durchaus noch nicht voll.

Den gestiegenen Ansprüchen an die Linienführung sowie an die Tragfähigkeit und Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn muß aber Rechnung getragen werden. Trotzdem führt die Erfüllung dieser erhöhten Ansprüche keineswegs zu einer Kostensteigerung in Bau und Instandhaltung, wenn die neueren Erkenntnisse vom günstigsten Aufbau der tragenden Schichten beachtet und die vielfältigen Rationalisierungsmöglichkeiten ausgeschöpft werden.

## VI. Schwerpunkt Rationalisierung

Abschließend sei versucht, noch einiges Zahlenmaterial heranzuziehen, um überschlägige Vorstellungen über das Ausmaß bisheriger Rationalisierungserfolge und über die Zielrichtung, mögliche Ansatzpunkte und zukünftige Entwicklungstendenzen weiterer Rationalisierungsfortschritte zu gewinnen. Die in den Tabellen 7 bis 11 mitgeteilten Daten betreffen teils die absolute Kostenhöhe und ihre Entwicklung bis zur Gegenwart, mehr aber noch den Anteil menschlicher Arbeitskraft, ausgedrückt in Lohnkosten, sämtlich auf einer Vergleichsbasis etwa des Jahres 1960.

### 1. Kostenvergleich sandgeschlämmter Schotterdecken nebst Tragschichten

In der Tabelle 7 sind zunächst die Kosten und Lohnanteile für verschiedene Ausführungsformen der sand-

geschlämmten Schotterdecke als der am weitesten verbreiteten Bauweise an Hand von Erfahrungszahlen aus dem Kattenbühl aufgeführt. Als Lohnanteile sind absichtlich in dieser und den übrigen Tabellen nicht nur die auf Waldarbeiter, sondern auch auf Lkw-Fahrer, Walzenführer, die maschinelle Schottergewinnung usw. entfallenden Lohnanteile schätzungsweise ermittelt und eingesetzt worden.

Dann ergibt sich, daß die absoluten Kosten für die eigentliche Deckschicht infolge des bereits vor dem Kriege vollzogenen Überganges von hand- zu maschinengeschlagenem Schotter absolut von 5,25 auf 3,80 DM gesunken sind, während sich die Kosten für die Tragschicht bei einem noch nicht überall vollzogenen Übergang von der Setzpacklage zur Schüttlage von 6,80 auf 2,90 DM senken lassen.

**Tab. 7 Vergleich von Kosten und Lohnanteil für die sandgeschlämmte Schotterdecke über einer Trag-schicht verschiedener Ausführung**

Bauweise mit Teilarbeiten	Kosten je Quadratmeter		
	Gesamt DM	Davon Lohnanteil DM %	
<b>Setzpacklage,</b> 25 cm Dicke Gewinnen u. Laden Anfuhr 3 km Einbauen Übersanden und Abwalzen	2,50 1,30 2,30 <u>0,70</u> 6,80	2,50 0,43 2,30 <u>0,35</u> 5,58	82
<b>Sandgeschl. Schotter-decke, Handgewinnung,</b> 140 kg/qm Gewinnen u. Laden Anfuhr 7 km Einbauen Übergründen Walzen	3,00 0,55 0,60 0,50 <u>0,60</u> 5,25	3,00 0,18 0,60 0,25 <u>0,25</u> 4,28	82
<b>Sandgeschl. Schotter-decke, masch. geschl.</b> 120 kg/qm Gewinnen u. Laden Schotter 120 kg, Splitt 20 kg, Grus 30 kg Anfuhr 7 km Einbauen Walzen	1,60 -0,70 -0,90 -0,60 <u>3,80</u>	-0,64 -0,23 -0,90 -0,25 <u>2,02</u>	53
<b>Schüttlage,</b> 25 cm Dicke Gewinnen u. Laden Anfuhr 3 km Einbauen Walzen	0,60 1,30 0,40 <u>0,60</u> 2,90	0,15 0,43 0,40 <u>0,25</u> 1,23	42

Die Lohnanteile der beiden handarbeitsintensiven Teilvorgänge, Setzpacklage und Decke aus handgeschlagenem Schotter, liegen bei 82 Prozent (und darüber),

**Tab. 8 Baukosten und Lohnanteile bei verschiedenen Ausführungen der sandgeschlämmten Schotter-decke**

Ausführung	Kosten je Quadratmeter				Lohnan-teil Setz-pack-lage = 100
	Gesamt DM	Anteil %	Davon Lohnanteil DM %		
Setzpacklage + handgeschl. Schotter	12,05	100	9,86	82	100
Setzpacklage + masch.-geschl. Schotter	10,60	88	7,60	63	77
Schüttlage + masch.-geschl. Schotter	6,70	56	3,25	49	33
Schüttlage allein	2,90	24	1,23	42	12

während der Lohnanteil bei Decken aus maschinengeschlagenem Schotter auf 53, bei Schüttlagen sogar auf 42 Prozent sinkt.

Tabelle 8 zeigt die Verschiebung der absoluten Kosten und Lohnanteile in verschiedenen Kombinationen. Während die Kosten für Setzpacklage und handgeschlagene Deckschicht heute 12,05 DM, also mehr als für eine Betonfahrbahn betragen würden, sinken sie bei Setzpacklage und maschinengeschlagener Deckschicht auf 10,60 DM = 88 Prozent, noch spürbarer aber bei Schüttlage mit maschinengeschlagener Deckschicht auf 6,70 DM = 56 Prozent. Kommt man gar mit einer Schüttlage allein aus, dann bleiben 2,90 DM entsprechend 24 Prozent der Kosten. Diese bedeutende Verbilligung ist vor allem dadurch bedingt, daß der Lohnanteil noch viel stärker sinkt, nämlich von 9,86 auf 1,23 DM oder, auf 9,86 DM bezogen, von 100 auf 12 Prozent!

## 2. Kosten mechanisierter periodischer Instandsetzungen

Über die Kosten periodischer Instandsetzungen finden sich einige Angaben in der neueren Literatur. Wenngleich diese Kostenangaben in Anbetracht sehr verschiedener Ausgangslagen nicht vergleichbar sind, zeigen sie die Spannweite der Kosten und seien aus diesem Grunde nebeneinandergestellt (Tab. 9). Die Kosten schwanken vor allem auch in Abhängigkeit von einer etwaigen Materialzugabe und hier wiederum, abgesehen von der Menge, von der Höhe der Kosten für das Material selbst und seine Zuführung.

Die nicht unbeträchtliche Kostensteigerung für jegliche Ersatzzugabe an Stelle verlorengegangenen Materials unterstreicht den früheren Hinweis, mit der Instandsetzung keinesfalls zu warten, bis die Abnutzung stärkere Grade erreicht hat. Solange es sich lediglich darum handelt, das verlorengegangene Querprofil durch

**Tab. 9 Periodische Instandsetzungskosten sandgeschlämmter Decken**

Autor	Gerät	Kosten in DM je lfm (Davon für Maschinenarbeit, soweit angegeben)		Höhe einer etwaigen Materialzugabe in kg je lfm
		Überwieg. in maschinell	Nur in Handarbeit	
<b>Zeiber (25)</b>	Unimog m. Schmidt-reihe	0,15-0,42 (0,06-0,10)	-	ohne
<b>Schweigler (13)</b>	„	(0,07-0,11)	Das Vier-bis Sechsfache	ohne
<b>Wohlfahrt (24)</b>	„	0,92-1,20 (0,07-0,08)	4,03=das etwa Vierfache	75 - 105 = 20 - 25 kg/qm =ca. 25-30 % Nachgabe
<b>Kiesekamp (7)</b>	Grader	4,37*)	Ein Mehr-faches	60 = ca. 17 % Nachgabe
<b>Völlige Erneuerung der Decke</b>	Ver-schiedene	14,40 - 16,30**)		360 - 420 = 100% Nachgabe

\*) Stärker zerstörte Decken. Wiederherstellung teilweise auch der Nebenanlagen wie Randstreifen und Gräben.  
\*\*) Für 3,00 bzw. 3,50 m Fahrbahnbreite einschließlich Vorarbeiten wie Ausgleichen tiefer Gleise usw. 1,- DM je qm zusätzlich

maschinelles Neuverteilen und Nachverdichten des Deckschichtmaterials wiederherzustellen, bewegen sich die Kosten in recht geringen Größenordnungen. Interessant ist, daß alle Autoren (13, 24, 7) die Kosten der Ausführung in Handarbeit ziemlich übereinstimmend auf das Vier- bis Mehrfache beziffern.

Die „kleine“ Instandsetzung (Profilwiederherstellung)

ist also ungleich wirtschaftlicher als die „mittlere“ (mit nennenswerter Materialzugabe) oder gar die „große“ (mit mehr oder minder völliger Materialerneuerung. Sie kommt der Neuherstellung einer Decke gleich und erfordert womöglich außerdem noch das vorherige Ausfüllen tiefer Gleise. Die Kosten können sich dann bei 3 bis 3,5 m Fahrbahnbreite auf 14 bis 16 DM je lfm stellen (Tab. 9). Damit verglichen kostet die kurzfristige periodische „kleine“ Instandsetzung nur Bruchteile (25, 13 in Tab. 9).

### 3. Kosten einer mechanisierten laufenden Unterhaltung

Um eine überschlägige Vorstellung von den Kosten einer mechanisierten laufenden Unterhaltung sandgeschlammter Schotterdecken auf **Hauptwegen** zu gewinnen, sind in Tab. 10 wiederum einige Literaturangaben bzw. Erfahrungszahlen aus dem Kattenbühl gegenübergestellt. Selbstverständlich schwanken gerade die Unterhaltungskosten sandgeschlammter Decken auf Hauptwegen ganz beträchtlich in Abhängigkeit von den Verkehrsbedingungen (Wegebelastung), aber ebenso auch von den natürlichen Bedingungen (Optimumferne der Längsneigung, Niederschlagshöhe, Zustand der Nebenanlagen).

**Tab. 10 Laufende Unterhaltungskosten sandgeschlammter Decken**

Autor bzw. Revier	Gerät	Kosten je lfm (Davon für Material, soweit angegeben)			Höhe einer etwaigen Materialzugabe in kg je lfm
		Ausführung maschinell			
		Gesamt DM	Davon Lohnant. DM	%	
<b>Reißinger (9)</b>	Unimog m. Splittrechen	0,12 (0,06)	0,036 0,015 <u>0,051</u>	43	6,5 kg Splitt
<b>Kattenbühl</b>	Ferguson mit Splittrechen	0,18 (0,08)	0,054 0,020 <u>0,074</u>	41	12,5 kg Grus
<b>Claasen (1)</b>	Unimog m t Besenscheibe	0,12 (0,07)	0,036 0,018 <u>0,054</u>	45	
<b>Schurr (12)</b>	Einachs-schlepper m. Besenwalze	0,19 (0,07)	0,076 0,018 <u>0,094</u>	50	
		Ausführung von Hand (nur Materialanfuhr maschinell)			
		DM	DM	%	
<b>Kattenbühl</b>	Besen	0,30	0,24	80	12,5 kg Grus

Es kann sich also in Tab. 10 nur darum handeln, Anhaltsdaten für mittlere Schwierigkeitsgrade zu liefern. Daher wurden die Literaturangaben nach bestem Gewissen auf eine etwa sechs- bis achtmalige Pflege während des Jahresablaufes abgestimmt. Keinesfalls soll aus Tab. 10 die Überlegenheit des einen oder anderen Verfahrens und Gerätes hergeleitet werden. Hierzu bedürfte es vergleichender Einsätze unter abgestuften Schwierigkeitsgraden.

Als wesentlich kann man aus der Tab. 10 folgern, daß sich die laufende Unterhaltung von sandgeschlammten Schotterdecken mittlerer Belastung von 1500 fm/J. durch ständige Erhaltung der Rieselschicht in voller Funktionsfähigkeit je nach der Notwendigkeit einer Materialerneuerung zwischen rund 0,05 und 0,20 DM je lfm in mechanisierter Form durchführen läßt. Gegenüber der Ausführung von Hand senkt sich der Lohnanteil von 80 auf 45 Prozent und weniger. Das sind so günstige Beiträge, daß die sorgsame Erhaltung des nun einmal in Gestalt sandgeschlammter Schotterdecken investierten Kapitals doch sehr angeraten erscheint.

Es kann auch kaum einem Zweifel unterliegen, daß eine mit Aufmerksamkeit betriebene mechanisierte Pflege sandgeschlammter Schotterdecken die Notwendigkeit des Überganges zu intensiveren Formen der Fahrbahn-Oberflächenbefestigung merklich hinauszuschieben vermag, liegt doch die Kostengrenze für den Übergang von der sandgeschlammten Schotterdecke zu bitu-

**Tab. 11 Lohnanteil (einschl. Materialgewinnung und Anfuhr) bei weitgehendem Maschineneinsatz für verschiedene Wegebauarbeiten**

	Bauausführung	Lohnanteil %
Neubau	(Grundbau von Hand	100)
	Grundbau maschinell	25
	(Gräben von Hand	100)
	Gräben maschinell	25
	<b>Fahrbahn-befestigungen: *)</b>	
	Setzpacklage	85
	(Sandgeschl. Schotterdecke von Hand	85)
	Sandgeschl. Schotterdecke masch.	55
	Schüttlage	45
	Rüttelschotterdecke	45
	Bituminöse Einstreudecke	35
	Zementbetonfahrbahn	30
	Mechan. stab. Schichten, anst. Mat. bzw. Zufuhr	15
Unterhaltung	(Sandgeschl. Schotterdecke von Hand	100)
	Sandgeschl. Schotterdecke masch.	40
	(Gräben von Hand	100)
	Gräben mit Grader	20
	Gräben mit Schlepper pp.	40

\*) Trag- bzw. Deckschichten bzw. Kombinationen

minösen Bauweisen nach KIESEKAMP (8) bei etwa 0,50 DM jährlichen Pflegekosten je lfm.

#### 4. Vergleich des Lohnanteils verschiedener Bauweisen

Schließlich sei noch der Lohnanteil (einschl. der Lohnbeträge gelegentlich der Materialgewinnung, -zuführung und der Verdichtungsarbeit) für die gebräuchlichsten Bauweisen und Wegebauarbeiten in Tab. 11 nach dem gegenwärtigen Stand eines rationellen Maschineneinsatzes gegenübergestellt. Selbstverständlich unterliegen diese Lohnanteile beträchtlichen Schwankungen, beispielsweise wenn beim Grundbau Sprengungen notwendig werden. Auch sind die Nebenanlagen und Objekte (Böschungsbefestigungen und Stützungen aller Art, Brücken, Durchlässe usw.), die nach wie vor viel Handarbeit erfordern, nicht aufgenommen. Aber im großen und ganzen und unter normalgünstigen Verhältnissen dürfen die in Tab. 11 in runden Zahlenwerten nach Literaturangaben und eigenen Erfahrungen wiedergegebenen Daten für den Lohnanteil wohl überschlägige Gültigkeit beanspruchen.

Danach ist es bislang gelungen, die Lohnanteile im Grundbau und bei der Grabenherstellung von 100 auf 25 Prozent zu senken. Bei der Fahrbahnbefestigung reicht die Kostenminderung von 85 über 55 bis zu 15 Prozent. Auch die Unterhaltung hat sich von 100 über 40 auf 15 Prozent mindestens ebenso weitgehend auf Maschinenarbeit umstellen lassen. Am günstigsten ist das Bild zweifelsohne bei Bau- und Unterhaltungsverfahren, die keiner oder nur einer geringfügigen Materialzufuhr bedürfen und den Einsatz starker Maschinen mit geringem Personalkostenanteil gestatten, wie alle Verfahren der Bodenstabilisierung. Diese und ähnliche Verfahren besitzen daher die größten Zukunftsaussichten.

Die Fortschritte der Rationalisierung haben sich nicht auf allen Teilgebieten gleich schnell vollzogen. So mußten beispielsweise die Instandsetzungs- und Unterhaltungsarbeiten an Randstreifen und Gräben immer wieder zurückgestellt werden, weil die Mittelzuteilungen zu gering waren, um diese und alle übrigen Aufgaben gleichzeitig zu erfüllen. Allenthalben lagen noch dringendere Neu- und Ausbauaufgaben vor, deren bevorzugte Inangriffnahme auch deswegen sinnvoll erschien, weil sich auf diesen Gebieten bereits größere Rationalisierungserfolge bemerkbar machten (Erdbau, Tragschichten). Dagegen waren und blieben die Instandsetzungs- und Unterhaltungsarbeiten sowohl an Fahrbahnen als auch vor allem an Randstreifen und Gräben bis in die jüngste Zeit noch recht lohnintensiv.

Inzwischen haben Rationalisierungsfortschritte aber gerade auch Maßnahmen der letztgenannten Art bedeutend verbilligen helfen, und es erscheint nunmehr angezeigt, auch die Instandsetzung der Randstreifen und Gräben wenigstens insoweit zu fördern, daß die unselige Wechselbeziehung Wasser/Verkehr/Wasser/Verkehr unterbrochen oder wenigstens auf ein erträgliches Maß zurückgeschraubt wird.

Die Rationalisierung hat auf allen Teilaufgabengebieten des Wegebauens einen etwa ähnlich hohen Grad erreicht, so daß es nunmehr möglich ist, alle Aufgaben ohne Rücksicht auf einen womöglich unwirtschaft-

lich hohen Lohnanteil und nur nach der betriebstechnischen Dringlichkeit und Wirtschaftlichkeit auszuführen.

## Schlußfolgerungen

Stellen wir zum Schluß nochmals die Frage nach den **Grenzen der Extensivierung im Waldwegebau**, so ergibt sich eine ziemlich eindeutige Antwort:

Zwischen dem Intensitätsgrad des Forstbetriebes und der Walderschließung in ihrer dienenden Funktion bestehen enge Bindungen. Man kann nicht intensiv wirtschaften und extensiv aufschließen oder umgekehrt. Insofern sind dem Grad der Extensivierung oder Intensivierung der Walderschließung von übergeordneten Gesichtspunkten her ziemlich enge Grenzen gezogen.

Die Gesamtkosten für den Transport des Holzes setzen sich aus den Aufwendungen für das Rücken, den Wegebau und den Fahrtransport zusammen und addieren sich insofern zu Gesamtaufwendungen. Die Höhe dieser Gesamtaufwendungen hängt aber außerdem vom Wechselspiel der drei Gruppen ab. Hohe Rückentfernungen mit hohen Rückekosten korrespondieren mit geringen Wegelängen und geringen Wegebauaufwendungen und umgekehrt. Die Fahrtransportkosten fallen demgegenüber vergleichsweise weniger ins Gewicht.

Das Streben nach allgemeiner Kostensenkung für den Holztransport muß daher in zwei Richtungen gehen, einmal dahin, das Optimum zwischen Rückentfernung und Wegelänge zu erreichen, zum andern dahin, die Rücke- und Wegebaukosten (sowie die Fahrtransportkosten) je Entfernungseinheit zu senken.

Was die erste Forderung nach der optimalen Wegedichte angeht, so dürfte sie erst in den allerwenigsten Revieren erreicht sein. Jahraus, jahrein werden somit hohe Beträge an Rückekosten gewissermaßen verschwendet. Eine **Extensivierung der Wegedichte würde diese Lage nur verschlechtern**. Sie wird dadurch verschärft, daß das Optimum der Wegedichte infolge der durch Rationalisierungsfortschritte verminderten Wegebaukosten deutlich zu größeren Wegedichten, verglichen mit früher, tendiert. Bei einer nur mäßigen Neu- und Ausbautätigkeit wird man daher in nicht wenigen Revieren von der Optimumnähe weiter entfernt sein als früher.

Einer **Extensivierung im Sinne der Qualitätsansprüche an den Einzelweg** bieten sich gewisse, wenn gleich ziemlich engbegrenzte Möglichkeiten. So können gewisse Abstriche bei der Ausbaugeswindigkeit und

Wegebreite vorgenommen werden. Die Verkehrs- und Betriebssicherheit, die Tragfähigkeit der Fahrbahn und eine normalgute Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn müssen jedoch schon von der Bauausführung her und weiterhin — je nach Wegetyp etwas differenziert — durch geeignete Unterhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen gewahrt bleiben. Es dürfte einleuchten, daß die Spanne für Abstriche an der Beschaffenheit von Fahrwegen, die von 15-, ja 20-t-Fahrzeugen gefahrlos befahren werden müssen, nicht sehr groß ist. Auch in dieser Hinsicht sind also einer Extensivierung ziemlich enge Grenzen gezogen.

Wohl aber lassen sich ganz **beträchtliche Einsparungen durch das konsequente Ausschöpfen** einer Vielzahl von **Rationalisierungsmöglichkeiten** erzielen. Diese bestehen allerdings nicht ausschließlich in der Verwendung neuzeitlicher Maschinen. Zuvor ist eine gründliche Neuorientierung nötig, weil zwischen Maschineneinsatz, ver-

fügbaren Baustoffen und erzielbaren Ergebnissen in technischer und kostenmäßiger Hinsicht enge Beziehungen bestehen. Die Rationalisierung muß außerdem vertikal und gleichmäßig die Gesamtheit aller vier Bauaufgaben (Neubau, Ausbau, Instandsetzung und Unterhaltung) durchdringen.

Das richtige Rezept versagt bei seiner Anwendung am falschen Platze. Insofern ist Wegebau weniger eine Angelegenheit verfügbarer Mittel als eine Frage des Erkennens der technischen und organisatorischen Zusammenhänge und eine Frage der Initiative. Nötig ist weniger eine Extensivierung der Qualität des Einzelweges als vielmehr eine Rationalisierung aller Baumaßnahmen samt Übergang zu maschinengemäßen Bauverfahren zwecks Kostensenkung, um an das Ziel einer **Intensivierung der Wegedichte bis zum Optimum** zu gelangen.

## SCHRIFTTUM

1. CLAASEN, Th.: Schleppereinsatz in der Forstwirtschaft, AFZ. 1960, Nr. 34.
2. FABER, O.: Ausbau und Instandhaltung des Waldstraßennetzes nach den neuzeitlichen Anforderungen des Holzverkehrs. D. Deutsche Forstwirtschaft, 1940, Nr. 83 und 84.
3. GNT = Tarif für den Güternahverkehr. München 1959.
4. HAFNER, F.: Planiergeräte im forstlichen Straßen- und Wegebau. Wien und München 1956.
5. KARL, H.: Anleitung zum Waldwegebau. Stuttgart und Tübingen 1942.
6. KENNEL, H.: Übertreibungen und Unterlassungen beim Waldwegebau. Forsttechn. Inform. 1959, Nr. 7.
7. KIESEKAMP, H.: Einsatz von Motorgradern zur Unterhaltung und Instandsetzung von Waldwegen im Gebirge. FoHo. 1957, Nr. 11.
8. KIESEKAMP, H.: Kostenvergleich zwischen bituminösen und sandwassergebundenen Fahrbahndecken auf Waldstraßen. AFZ. 1958, Nr. 26.
9. REISSINGER, G.: Die Pflege von Waldwegen mit dem „Splittrechen“. AFZ. 1959, Nr. 26.
10. SCHEPPLER, K.: Der Waldwegebau und das Nivellieren. Aschaffenburg 1863.
11. SCHLEICHER, H.: Der Waldwegebau als Disziplin und seine Probleme. AFZ. 1959, Nr. 3.
12. SCHURR, K.: Die Unterhaltung der Fahrbahn ist voll mechanisierbar. AFZ. 1960, Nr. 42.
13. SCHWEIGLER, W.: Maschinelle Wegeunterhaltung. AFZ. 1958, Nr. 7.
14. SOMMER, A.: Die Hauptursachen der Unwirtschaftlichkeit in den Forstbetrieben. Forsttechn. Inform. 1952, Nr. 50.
15. SOMMER, A.: Über Voraussetzungen zur Anpassung des Waldwegenetzes an moderne Verkehrsverhältnisse. Forsttechn. Inform. 1954, Nr. 73.
16. STREHLKE, E. G.: Holzbringung und Wegebau. Forstarchiv 1957, H. 4.
17. STREHLKE, B.: Ergebnisse eines langfristigen Schlepper-Versuchseinsatzes. Holz-Zentralblatt 1960, Nr. 143.
18. THIELMANN, K.: Forstlicher Primitiv-Wegebau — eine Frage des Erkennens und der Kombination. AFZ. 1957, Nr. 31/32.
19. VOLKERT, E.: Die Bringungstechnik als gemeinsames Problem von Forst- und Holzwirtschaft. Schriftenreihe d. Forstl. Fak. Hann.-Münden, Bd. 16, 1956.
20. VOLKERT, E.: Die Pflege sandwassergebundener Schotterdecken. FoHo. 1958, Nr. 18.
21. VOLKERT, E.: Betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Gestaltung des Waldwegenetzes. AFuJ. 1959, H. 4/5.
22. VOLKERT, E., MEYER, E., SCHULTE, E.: Marktpflege auch durch zweckmäßige Verfahren der technischen Bereitstellung des Rohholzes im Walde. FoHo. 1960, H. 19.
23. WINDIRSCH, J.: Die forstliche Erschließung des Hochgebirges in Oberbayern. AFZ. 1961, Nr. 5.
24. WOHLFAHRTH: Erfahrungen bei der Wegeinstandsetzung mit den Schmidtschen Zusatzgeräten zum Unimog. AFZ. 1958, Nr. 26.
25. ZEIHNER: Beitrag zur maschinellen Wegeunterhaltung mit Hilfe der Schmidtschen Anbaugeräte. FoHo. 1957, Nr. 8.

Schriftleitung: Oberforstmeister Müller-Thomas, Mainz, Verlag „Forsttechnische Informationen“, Mainz, Ritterstraße 14, Ruf: 8 63 65. Druck: Neubrunnendruckerei und Verlags-GmbH., Mainz. Erscheinungsweise: monatlich. Jahresbezugspreis DM 14,—. Zahlung wird erbeten auf das Konto „Verlag Forsttechnische Informationen“ Nr. 20 03 bei der Stadtparkasse Mainz. Postscheckkonto der Stadtparkasse ist Frankfurt/M., Nr. 40 85. Kündigungen 4 Wochen vor Jahresende. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Gerichtsstand und Erfüllungsort sind Mainz.