

Einfluss von Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Baukosten eines Waldweges

Autor(en): **Nägeli, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **101 (1950)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-765999>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

führung von Exoten angewiesen. Mit Douglasie (*Pseudotsuga Douglasii*, grüne Form), Japan-Lärche (*Larix leptolepis*), Sitkafichte (*Picea sitchensis*), amerikanischer Roteiche (*Quercus borealis maxima*), Robinie (*Robinia Pseud-acacia*), spätblühender Traubenkirsche (*Prunus serotina*) hofft man günstige Erfahrungen zu machen. Jeder Anbau von Exoten verlangt aber vorgängig gründliche Untersuchungen über deren Standortsansprüche und genaue Studien über die standörtlichen Gegebenheiten im Pflanzgebiet. Mit Hilfe der Exoten glaubt man die Föhrenmonokulturen bald in leistungsfähigere Mischbestände mit einem erzieherisch wertvollen Nebenbestand überführen zu können. Als Pionierholzarten in Aufforstungsflächen sollen auch in Zukunft immer noch verschiedene Föhrenarten, vorab die Waldföhre, dann aber auch die österreichische und korsische Schwarzkiefer verwendet werden, die alle ebenfalls den Exoten zuzurechnen sind. Als wertvollste fremdländische Holzart, über die man auch bereits gewisse Erfahrungen besitzt, wird vom Autor die amerikanische Roteiche erachtet.

Auf den bessern Böden, etwa auf Standorten des *Querceto-Carpinetum*, erfolgt die Bestandesumwandlung oder die Aufforstung direkt mittelst geeigneter Laubhölzer. Die Standorte des ehemaligen Eichen-Birken-Waldes aber werden sehr oft oberflächlich bearbeitet und gedüngt. Tiefere Bodenbearbeitung wird auf Flächen mit Ortsteinbildung als notwendig erachtet, damit die kompakte Schicht zerstört wird. Der Düngung mit Kalk und Thomasmehl folgt vielfach eine solche von Lupinen; manchmal schließt sich während einiger Jahre eine landwirtschaftliche Zwischenkultur an (Getreideanbau).

Bei der eigentlichen Bestandesgründung werden die einheimischen Holzarten den fremden nach Möglichkeit vorgezogen. Pro ha werden 3500—4000 dreijährige verschulte Pflanzen von Hauptbestandesholzarten eingebracht oder 200 kg Eicheln eingestuft. Gleichzeitig pflanzt man 6000—6500 einjährige Sämlinge von Nebenbestandesholzarten. Der *Erziehungsbetrieb* Schädels hat von frühester Jugend der Bestände an konsequent einzusetzen. Insbesondere soll es dadurch möglich werden, die übrigen Holzarten trotz der oft unduldsamen Roteiche beizubehalten.

In der Entwicklung der modernen forstwirtschaftlichen Methoden kommt der *Niederländse Heidemaa tschapij* (gegründet 1888) sehr große Bedeutung zu. (Peter Grünig.)

Einfluß von Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Baukosten eines Waldweges

Von Forsting. G. Nügeli, Zug

Im Waldstraßenbau stand im Zusammenhang mit der Kostenfrage die Wegbreite bereits schon mehrmals zur Diskussion. Als letzter hat Herr Forstmeister G n ä g i in seinem Aufsatz über generelle Wegnetze den Einfluß der Wegbreite auf die Baukosten an Hand eines praktischen Beispiels gezeigt. Es war ihm jedoch nicht möglich, aus diesem speziellen

Fall allgemein verbindliche Schlußfolgerungen zu ziehen. Um in dieser Sache einen Schritt weiterzukommen, regte er an, ähnliche Untersuchungen in anderen Landesgegenden aufzunehmen. Ich habe mir die Aufgabe gestellt, das Problem auf genereller Basis etwas zu studieren.

I. Allgemeines über die Wegbreite

Maßgebend für die Breite eines Weges sind Zweck und zu erwartende Beanspruchung desselben. Welche an eine Waldstraße gestellte Anforderungen stehen nun im Zusammenhang mit der Wegbreite?

a) Die Straße soll in möglichst rationeller Art das anfallende Holz auffangen. Damit diese Forderung erfüllt wird, müssen die Ab- und Auftragsflächen längs eines Weges gering und ihre Neigungen klein sein. Dies wiederum bedingt eine Anschmiegung der Straße ans Gelände, in steilen Hängen eventuell eine Reduktion der Wegbreite. Diese Forderungen dürfen jedoch nur so weit berücksichtigt werden, als sie mit den fahrtechnischen Ansprüchen übereinstimmen.

b) An der Straße soll Holz aufgerüstet werden können. Damit der Verkehr nicht unterbrochen wird, sind zahlreiche Trasseverbreiterungen nötig.

c) Längs der Straße müssen überall Möglichkeiten zur Holzlagerung geboten werden. Speziell dort, wo die Straße in einem Hang liegt, sind gewöhnlich viel zu wenig Holzlagerplätze vorhanden. Sofern wir zahlreiche Lagerplätze für Nutz- und Brennholz längs der Straße schaffen, verkürzen wir den Rückweg und gestatten damit eine Vergrößerung des Wegabstandes.

Zur Lagerung von Holz braucht es im allgemeinen keine starke Verbreiterung des Trasses. Wir müssen lediglich verhindern, daß die Holzlager nicht in die Fahrbahn hinausragen. Für die Lagerung von Nutz- und Brennholz genügt bereits ein Ausbau der talseitigen Bankette auf einen Meter Breite oder eine Verbreiterung des Trasses um einen Meter bergseits. Es ist zweckmäßiger, viele solche Verbreiterungen vorzunehmen, als zentrale, dafür große Lagerplätze zu erstellen. Auf Grund unserer Erfahrungen mit der dezentralisierten Lagerart muß für den Abtransport von Nutz- und Brennholz nicht mehr bezahlt werden als bei zentraler Lagerung desselben. Zudem gestatten viele kleine Lagerplätze ein übersichtliches Trennen der verschiedenen Sortimente und Partien.

Noch oft trifft man Lagerplätze, die mit einem Oberbau versehen sind. Bei den heutigen Verlademitteln genügt es vollständig, wenn der Lagerplatz in bloßer Erdplanie ausgeführt wird. Wir ersparen uns damit große Kosten. Des weitern findet man Fälle, wo der Lagerplatz gleichzeitig Kehrplatz ist. Dies ist unpraktisch, da gerade dann, wenn der Platz zum Kehren benötigt wird, dieser sicher mit Holz belegt ist.

d) Die Straße soll den Abtransport des Holzes mit den zur Verfügung stehenden Transportmitteln gestatten. Die Wegbreite soll nicht nur den momentanen, sondern auch den zukünftigen Holztransportfahrzeugen genügen.

Vorerst muß geprüft werden, ob ein Weg ein- oder zweispurig zu erbauen ist. Auf Grund der Verkehrsfrequenz kommen wir für reine Waldstraßen zur einspurigen Fahrbahn. Hat hingegen unser Objekt künftighin auch als Durchgangsweg (Verbindung zweier Ortschaften) zu dienen, so muß der Weg meist zweispurig erstellt werden. Eine solche Zweckvermehrung wird andererseits ermöglichen, die weiteren Interessen an einer solchen Straße zur Deckung der nun weit größeren Baukosten herbeizuziehen.

Bei Wahl der einspurigen Fahrbahn müssen wir untersuchen, welche Fahrzeuge in Zukunft für den Holztransport in Frage kommen. Im Mittelland und in den Voralpen setzt sich das Motorfahrzeug immer mehr durch, im Gebirge hat sich vorderhand der Pferdezug zu halten vermocht. Für die ersteren Verhältnisse müssen wir nach den Bedingungen fragen, die uns das Motorfahrzeug in bezug auf die Breite aufzwingt. Die maßgebenden Faktoren sind: Fahrspurbreite, Gesamtbreite, Sicherheitszonen.

Bei den Motorfahrzeugen haben wir folgende Maße :

	Spurbreite	Gesamtbreite	Gewichte
Jeep	1,25 m	1,55—1,70 m	1,2 t Leergewicht
Traktor	1,20—1,95 m	1,60—2,20 m	1,1—3,2 t Leergewicht
Leichter Lastwagen .	1,40—1,60 m	1,70—2,00 m	bis 3,5 t Gesamtgewicht
Schwerer Lastwagen	1,60—2,20 m	bis 2,40 m	bis 13,0 t Gesamtgewicht

Gesetzliche Bestimmungen setzen folgende maximale Grenzen : Die Gesamtbreite der Fahrzeuge ist auf 2,4 m beschränkt, Wagen mit Breiten von 2,20 bis 2,40 m dürfen jedoch nur auf bestimmten Straßen verkehren. Das Gesamtgewicht eines Fahrzeuges darf 13 t nicht übersteigen.

Die Bestrebungen im Autogewerbe gehen aber heute dahin, die Breite der Fahrzeuge allgemein auf 2,40 m zu erweitern und das Gesamtgewicht von 13 auf 14 t zu erhöhen. Es muß damit gerechnet werden, daß sich diese Höchstmaße durchsetzen werden. Eine weitere Ausdehnung der Fahrzeuggrößen über die angeführten Maße hinaus hätte nicht nur für die Forstwirtschaft, sondern für das gesamte schweizerische Straßennetz folgenschwere Konsequenzen.

Die Berechnung der minimalen Steinbettbreite einer einspurigen Fahrstraße ergibt folgendes Ergebnis :

Lastwagenbreite 2,20 m plus je eine seitliche Sicherheitszone von 40 cm ergibt 3 m. Fügen wir dieser Breite noch eine fahrbare Seitenschale von 30 cm bei, so erhöht sich die Sicherheitszone auf 1,10 m. Mit

dem Bau einer Seitenschale tragen wir bereits einer allfälligen künftigen Entwicklung Rechnung, indem auf der Fahrbahn von 3,30 m (inklusive Seitenschale) auch noch Lastwagen mit einer Gesamtbreite von 2,40 m verkehren könnten.

Zum Kreuzen von zwei Lastwagen auf einer doppelspurigen Fahrbahn benötigen wir: $4,40 + 2 \times 0,30 + 0,50 = 5,50$ m Steinbettbreite. Aus diesen beiden Mindestbreiten können wir für den Waldstraßenbau ableiten, daß versteinte Breiten zwischen rund 3,5 und 5,5 m einen Luxus bedeuten, da sie keine Gewähr für einen reibungslosen zweisepurigen Verkehr bieten. Vielfach wird die Steinbettbreite von 4 m damit begründet, daß bei einer solchen Breite die Fahrzeuge die Fahrbahn ausfahren könnten, wodurch sich für den Unterhalt geringere Kosten ergeben. Die Erfahrung zeigt aber, daß der Wagenführer ohne zwingende Gründe die Mitte der Fahrbahn nicht verläßt und somit die Straße auch bei größeren Breiten nur an bestimmten Stellen benützt.

Auch bei Annahme von relativ geringeren Unterhaltskosten für die breite Fahrbahn lassen sich diese jedoch nicht derart einschränken, daß dadurch der Zins für die Mehrkosten einer breiteren Fahrbahn gedeckt werden könnte.

Die Erkenntnis, daß der Straßenquerschnitt durch die Motorfahrzeuge sehr unterschiedlich befahren wird, gibt uns einen Fingerzeig zum besonders soliden Ausbau der Stellen vermehrter Inanspruchnahme.

Bei der Wahl der minimalen Fahrbahnbreiten sind Ausweichstellen und Erweiterungen der Straßenbreite in den Kurven eine absolute Notwendigkeit.

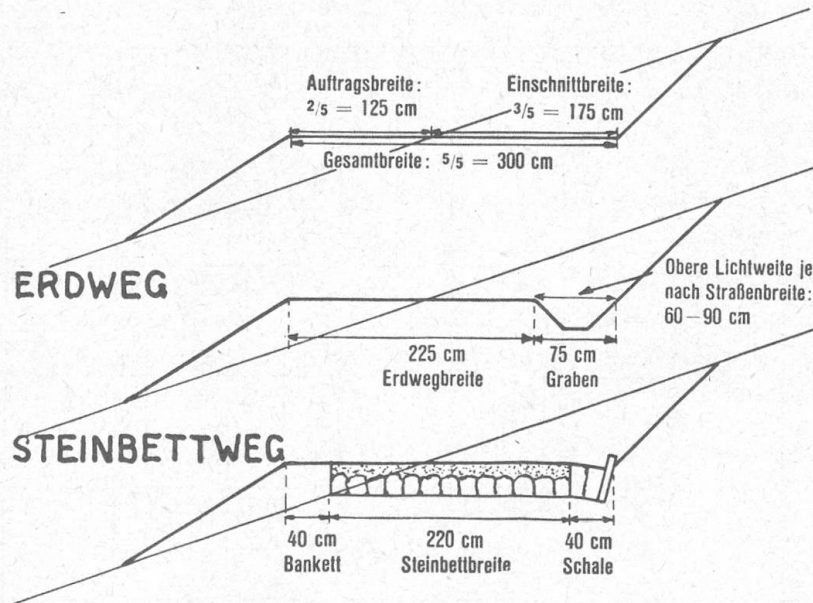
II. Einfluß von Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Abtragsmasse

Bei der Erstellung irgendwelcher Weganlagen ergibt sich als erster Kostenpunkt der Abtrag. Die Größe desselben hängt von der Wegbreite, dem Böschungswinkel und der jeweiligen Hangneigung ab. Um Kostenuntersuchungen anstellen zu können, müssen die Einflüsse dieser drei Faktoren auf die Abtragsmasse und damit auf die Abtragskosten bekannt sein.

Von der gesamten Wegbreite übt nur ein Teil, nämlich die Einschnittsbreite (Figur 1), einen Einfluß auf die Abtragsmasse aus. Meinen Berechnungen über die Abtragskubaturen lag daher die Wegeinschnittsbreite zugrunde. Diese ist jedoch keine gebräuchliche Größe. Damit ich in meinen weiteren Aufstellungen nicht von der Einschnittsbreite abhängig blieb, berechnete ich nachträglich aus dieser die zugehörigen Gesamt-, Steinbett- und Erdwegbreiten.

Fig. 1

Normalprofil Beispiel: Einschnittbreite = 175 cm



Die Berechnung fußte auf der Annahme, daß wir im Profil Massenausgleich haben. In Berücksichtigung, daß Humusdecke, Stöcke usw. einen Massenausfall ergeben und die Auftragsböschung gewöhnlich weniger steil angelegt wird als die Abtragsböschung, habe ich die Annahme gemacht, daß sich durchschnittlich drei Fünftel der gesamten Wegbreite in der Abtrags- und zwei Fünftel in der Auftragszone befinden.

Für die Bestimmung der Steinbettbreite aus der Gesamtbreite nahm ich für Bankette und Schale je eine Breite von 40 cm an, beim Erdweg zog ich je nach Straßenbreite 60, 75 oder 90 cm für den Seitengraben ab.

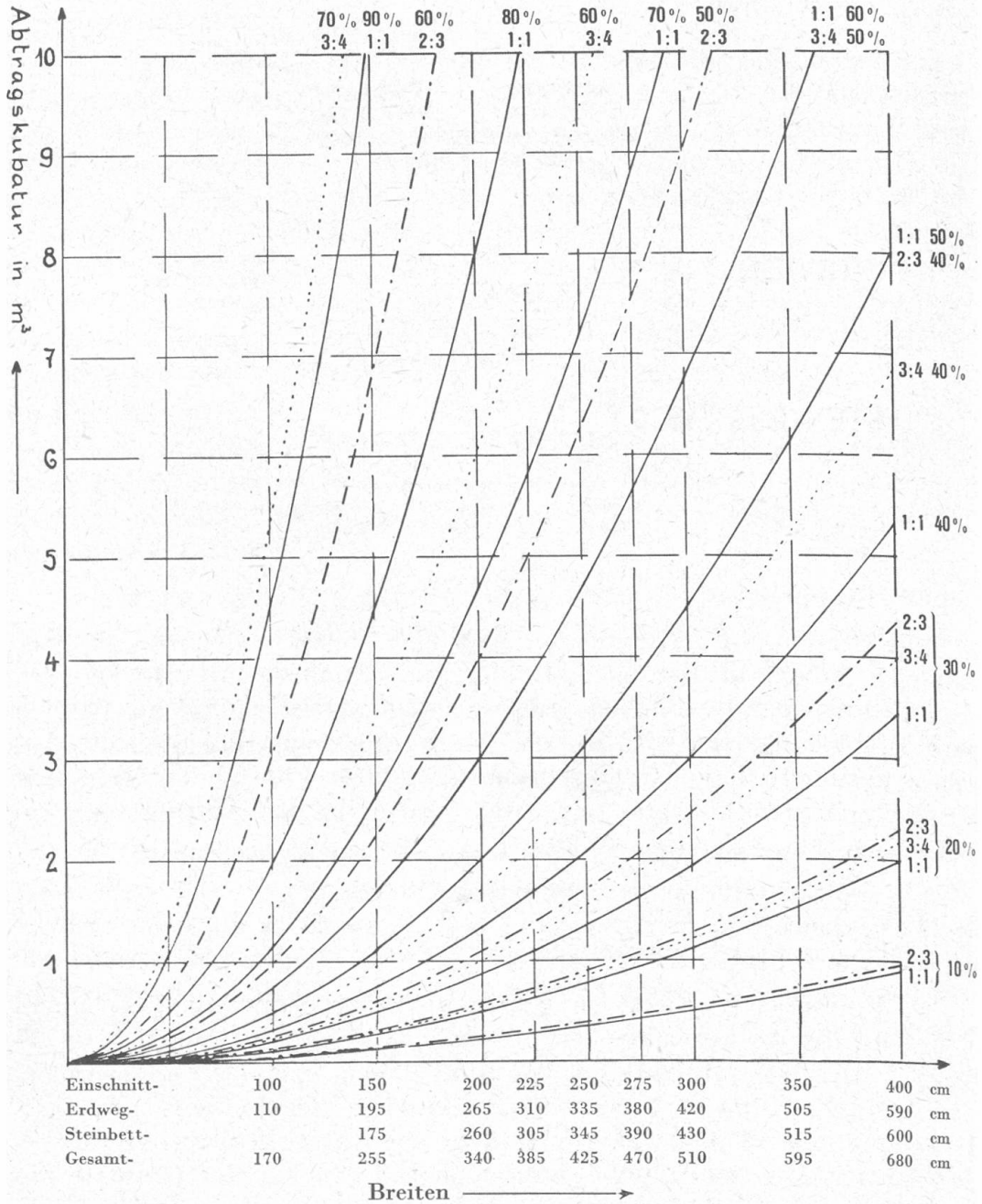
Die Einflüsse der Faktoren Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Abtragsmasse ermittelte ich für Hangneigungen von 10 bis 90 %, Gesamtstraßenbreiten von 0 bis 6,80 m und Böschungsverhältnisse 1 : 1, 3 : 4 und 2 : 3. Die diesbezüglichen Ergebnisse führten zur Aufstellung einer Tabelle (Figur 2) über die Abtragskubaturen, in welcher auf der Abszisse die Wegbreiten in cm und auf der Ordinate die Abtragskubaturen in m^3 aufgezeichnet wurden.

Aus dieser Tabelle können wir folgende Schlüsse ziehen :

a) Bei graphischer Darstellung der Abtragskubaturen erhalten wir bei Wahl einer bestimmten Hangneigung, eines festen Böschungswinkels und bei zunehmender Wegbreite immer eine Parabel. Mit zunehmender

Fig. 2

Abtragskubatur in Funktion von Straßenbreite, Hangneigung und Böschungswinkel



Wegbreite wächst die Abtragsmasse entsprechend der Parabelfunktion $y^2 = 2 \cdot p \cdot x$, wobei y die Wegbreite, x die Abtragskubatur darstellt.

b) Bei Wahl einer Gesamtwegbreite von 3,40 m und mehr und einer Böschung 1 : 1 hat die Verbreiterung eines Weges um 75 cm, bei einer

Böschung 2 : 3 um mindestens 110 cm, einen geringeren Einfluß auf die Abtragsmasse als eine Zunahme der Hangneigung um 10 %.

c) Geringe Einsparungen in den Wegbreiten in steilem Gelände haben eine starke Reduktion der Abtragsmasse zur Folge.

Beispiel: Verringern wir in einer Hangneigung von 60 % mit einer einfüßigen Böschung die Straßenbreite von 3,85 auf 3,40 m, so resultiert eine Einsparung von 0,8 m³ Abtrag pro Laufmeter. Mit diesen 0,8 m³ kann in einem Hang mit 30 % Neigung eine Verbreiterung der Straße um 1,25 m erzielt werden, im 40prozentigen Hang eine solche von 0,85 m.

d) Bis zur Hangneigung von 30 % wird die Abtragsmasse durch die Wahl des Böschungswinkels innerhalb der Grenzen 1 : 1 und 2 : 3 praktisch nicht beeinflußt. In steileren Hängen fällt die Größe des Böschungswinkels bereits wesentlich ins Gewicht.

Beispiel: Bei einer Gesamtwegbreite von 3,85 m erhalten wir :

Hangneigung 20 %	Hangneigung 50 %
1 : 1 = 0,63 m ³	1 : 1 = 2,53 m ³
3 : 4 = 0,69 m ³	3 : 4 = 3,79 m ³
2 : 3 = 0,72 m ³	2 : 3 = 5,06 m ³

Folgerungen :

In der Einleitung wurde bereits betont, daß Trasseerweiterungen die Zweckmäßigkeit eines Waldweges stark zu erhöhen vermögen. Leider wird diesem Punkte allgemein zu wenig Beachtung geschenkt.

In vielen Fällen geschieht das Projektieren eines Waldweges zu starr nach einem Normalprofil, später wiederum wird viel zu schematisch gebaut. Das Prinzip des durchgehend gleichen Profils mag für Autostraßen seine Berechtigung haben, seine Anwendung im Waldstraßenbau führt zu Konflikten mit dem eigentlichen Zweck unserer Anlage.

Unsere Ergebnisse über die Abtragungskubaturen, bzw. Abtragskosten ermuntern direkt zum freieren, zweckmäßigeren Projektieren und Bauen. Die Hauptpunkte, welche es zu berücksichtigen gilt, sind:

Erstellen berg- und talseitiger Trasseerweiterungen an Orten mit geringerer Hangneigung. Die Unterlagen hierzu liefern die Querprofile. In Fällen, wo diese kleinen, die Gesamtkosten nur wenig belastenden Mehrkosten innerhalb des Projektes wieder eingebracht werden müssen, kann zu geringen Einschränkungen der Straßenbreite an steilen Stellen geschritten werden. Damit erhalten wir eine « fliegende » Wegbreite.

In kleinen Hangneigungen läßt sich ein großer Böschungswinkel nicht rechtfertigen. Im Gelände mit über 30 % Hangneigung muß der

Böschungswinkel sehr sorgfältig erwogen werden. Auch ihn dürfen wir für ein Projekt nicht schematisch anwenden. In steilen Hängen insbesondere ist von Fall zu Fall unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse zu überprüfen, wie groß der Böschungswinkel gewählt werden darf. Bei zu steilen Böschungen werden andererseits errechnete Kosteneinsparungen zur Utopie, indem diese später in Form vermehrter Unterhaltsleistungen mehr als aufgewogen werden.

III. Längsableitung des Wassers und Baukosten

Im Waldstraßenbau kennen wir zwei Arten der seitlichen Wasserableitung: den Längsgraben und die Seitenschale. Die beiden Ableitungsarten stehen insofern mit der Straßenbreite in Zusammenhang, weil für die Erstellung eines Seitengrabens eine größere Gesamtstraßenbreite (innere Bankette, größere Breite des Grabens gegenüber der Schale) benötigt wird als beim Bau einer Seitenschale. Es würde im Rahmen dieses Vortrages zu weit führen, auf die Vor- und Nachteile der beiden Ableitungsarten einzugehen.

Als Einwand gegen die Erstellung einer Seitenschale werden oft die zu hohen Kosten angeführt. Ich habe an zwei Beispielen untersucht, wie sich für beide Systeme die Kosten pro Laufmeter verhalten, wobei ich von der Annahme gleicher Steinbettbreite ausgegangen bin. Die Kostenansätze entsprechen den heute (1948/49) im Kanton Zug gebräuchlichen Preisen (Figur 3). Die gesamten Baukosten wurden für folgende zwei Beispiele ausgerechnet :

1. Hangneigung 60 %, Böschung 1 : 1
2. Hangneigung 40 %, Böschung 3 : 4

Aus der graphischen Darstellung der Baukosten ist ersichtlich, daß bei Steinbettbreiten über 1,70 m und einer Hangneigung von 60 % die Seitenschale immer billiger zu stehen kommt als der Seitengraben. Wir finden folgende Kostendifferenzen :

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| bei 1,70 m Steinbettbreite | Fr. 2.— per Laufmeter |
| bei 3,05 m Steinbettbreite | Fr. 5.60 per Laufmeter |

Bei einer 40prozentigen Hangneigung und einem Böschungswinkel von 3 : 4 ist bis zu einer Steinbettbreite von 2,60 m der Seitengraben, bei größerer Breite die Seitenschale billiger.

Aus diesen beiden Beispielen dürfen wir allgemein ableiten :

Bei geringer Hangneigung und geringer Wegbreite ist der Seitengraben billiger als die Seitenschale. Bei Hangneigungen von 40 % und mehr und Steinbettbreiten von 2,60 m und mehr ist die Seitenschale billiger als der Seitengraben.

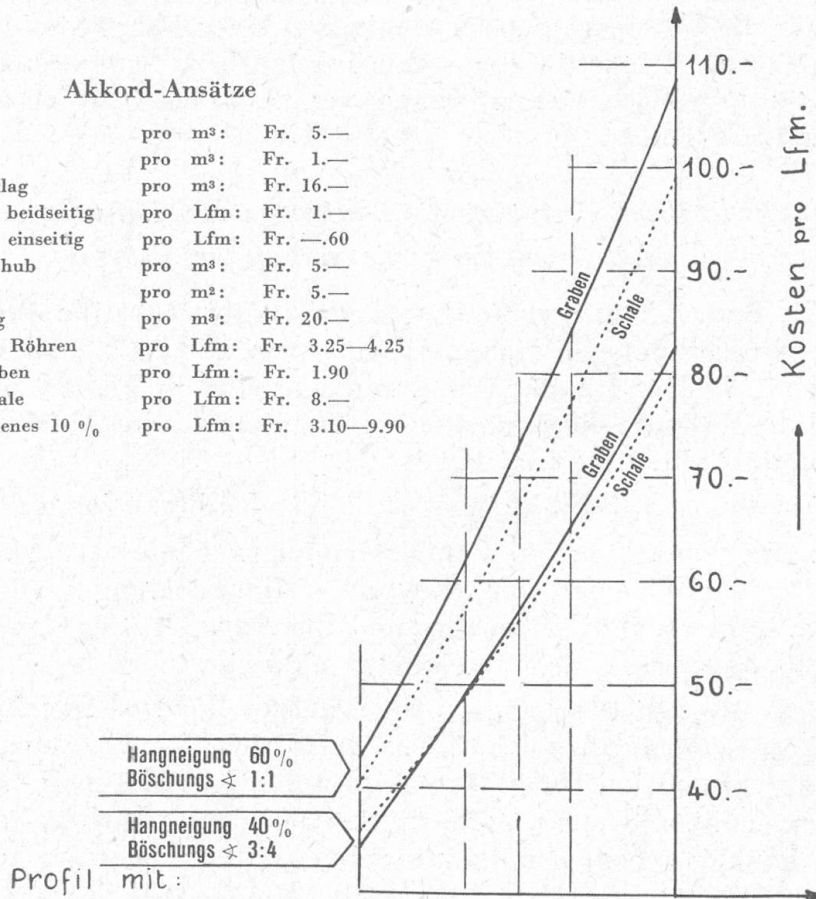
Nachfolgend berücksichtige ich bei meinen Berechnungen nur noch Profile mit Seitenschale.

Fig. 3

Kostenvergleich zwischen Profilen mit Seitengraben und Seitenschale

Akkord-Ansätze

Abtrag	pro m ³ :	Fr. 5.—
Auftrag	pro m ³ :	Fr. 1.—
Felszuschlag	pro m ³ :	Fr. 16.—
Bankette beidseitig	pro Lfm:	Fr. 1.—
Bankette einseitig	pro Lfm:	Fr. —.60
Kofferaushub	pro m ³ :	Fr. 5.—
Steinbett	pro m ² :	Fr. 5.—
Bekiesung	pro m ² :	Fr. 20.—
Schächte, Röhren	pro Lfm:	Fr. 3.25—4.25
Seitengraben	pro Lfm:	Fr. 1.90
Seitenschale	pro Lfm:	Fr. 8.—
Verschiedenes 10 %	pro Lfm:	Fr. 3.10—9.90



Profil mit:

- Hangneigung 60 %
Böschungswinkel 1:1
- Hangneigung 40 %
Böschungswinkel 3:4

		Breiten				
Graben	Steinbett-	170	255	300	340	425 cm
	Einschnitt-	200	250	300	350	350 cm
	Gesamt-	340	425	510	595	595 cm
Schale	Steinbett-	175	260	305	345	430 cm
	Einschnitt-	150	200	250	300	300 cm
	Gesamt-	255	340	425	510	510 cm

IV. Einfluß von Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel auf die Baukosten eines Fahrweges

a) Berechnungsgrundlagen

Meine Kostenberechnung für Erd- und Fahrwege fußte auf folgenden Annahmen und Grundlagen:

Die Abtragsmassen wurden aus den Abtragskurven herausgelesen. Die Berechnung des Kofferaushubes erfolgte separat.

Die Oberbaumaterialien wurden als angeführt angenommen.

Die gesamten Kosten eines Fahrweges setzen sich aus den in der Legende zu Figur 3 angeführten Positionen zusammen.

Für die Untersuchung der Baukosten eines Fahrweges beschränkte ich mich auf Steinbettbreiten exklusive fahrbare Seitenschale von 2,60 bis 4,30 m, welche Gesamtbreiten von 3,40 bis 5,10 m entsprechen (Figur 4).

*b) Ergebnisse über die Baukosten von Fahrwegen
mit Gesamtbreiten von 3,40 bis 5,10 m*

Die Berechnung der Baukosten eines Fahrweges für die genannten Wegbreiten erfolgte für Hangneigungen von 10—70 % und Böschungen von 1 : 1, 3 : 4 und 2 : 3. Die Ergebnisse sind in Figur 4 aufgetragen, wobei die Ordinate die Baukosten pro Laufmeter, die Abszisse die Wegbreiten darstellt.

Aus dieser Tabelle können wir folgendes herauslesen :

1. Die Baukosten pro Laufmeter steigen immer an, wenn wir von den drei variablen Größen: Wegbreite, Hangneigung und Böschungswinkel, zwei als fest betrachten und die dritte, Wegbreite oder Hangneigung, anwachsen, den Böschungswinkel abnehmen lassen.

2. Bei festem Böschungswinkel wachsen die Kosten mit zunehmender Wegbreite bis zu einer durchschnittlichen Hangneigung von 40 % ungefähr proportional zur Wegbreite an. Bei größeren Hangneigungen als der erwähnten steigen die Baukosten etwas stärker, was in einer leicht konkav gebogenen Baukostenkurve zum Ausdruck kommt.

Beispiele : Bei Zunahme der Wegbreite um zirka 40 cm verzeichnen wir folgende Kostenerhöhung pro Laufmeter :

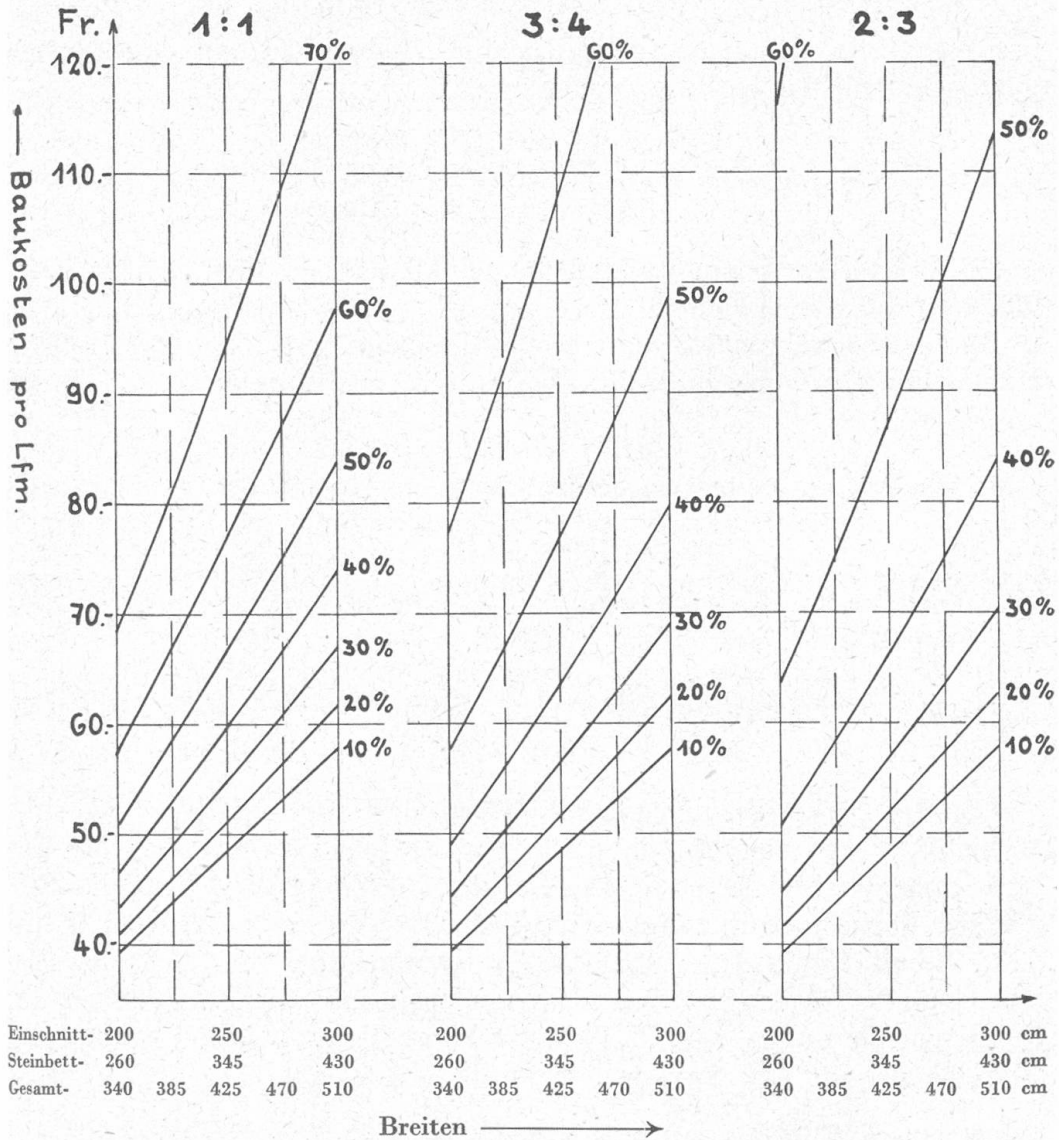
	Hangneigung 20 % Böschung 1 : 1	Hangneigung 60 % Böschung 1 : 1
3,40 auf 3,85 m	Fr. 5.05	Fr. 9.45
3,85 auf 4,25 m	Fr. 5.10	Fr. 9.95
4,25 auf 4,70 m	Fr. 5.20	Fr. 10.55
4,70 auf 5,10 m	Fr. 5.35	Fr. 11.20

Die durchschnittliche Zunahme der Baukosten bei einem Anwachsen der Straßenbreite um zirka 40 cm beträgt bei einer

	Böschung 1 : 1	Böschung 2 : 3
und der Hangneigung 10 %	Fr. 4.60	Fr. 4.65
30 %	Fr. 5.90	Fr. 6.40
50 %	Fr. 8.25	Fr. 12.40
60 %	Fr. 10.35	Fr. 28.90

Fig. 4

Baukosten eines Fahrweges
in Funktion von Straßenbreite, Hangneigung, Böschungswinkel



Setzen wir die Baukosten der 10prozentigen Hangneigung mit 100 % ein, so wachsen die Kosten für nachstehende Neigungen und Böschungen durchschnittlich wie folgt an :

	Böschung 1 : 1		Böschung 2 : 3		
Hangneigung	20 %	5 %	7 %		Mehrkosten
	30 %	12 %	17 %		»
	40 %	21 %	34 %		»
	50 %	34 %	72 %		»
	60 %	53 %	224 %		»

3. Bei fester Hangneigung wachsen die Kosten mit zunehmender Wegbreite und bei kleineren Böschungswinkeln stärker an als bei größeren.

Beispiel : In einem 50prozentigen Hang erhalten wir bei Zunahme der Wegbreite um 40 cm für die nachstehenden Böschungen folgenden durchschnittlichen Kostenzuwachs :

1 : 1 . . .	Fr. 8.25
3 : 4 . . .	Fr. 10.35
2 : 3 . . .	Fr. 12.40

4. Bei fester Wegbreite sind die Baukosten bei zunehmender Hangneigung und abnehmendem Böschungswinkel bei Böschungen 1 : 1 bis 2 : 3 und Hangneigungen von 0 bis 30 % sozusagen gleich. Mit größeren Hangneigungen wachsen die Baukosten bei einer Böschung 2 : 3 stärker an als bei 1 : 1.

Beispiel : Gesamte Wegbreite 4,25 m.

Böschung	Hangneigung 20 %		Hangneigung 50 %	
	Baukosten pro Laufmeter		Baukosten pro Laufmeter	
	Total	in %	Total	in %
1 : 1	Fr. 51.20	100 %	Fr. 66.65	100 %
3 : 4	Fr. 51.65	100,6 %	Fr. 76.90	115 %
2 : 3	Fr. 51.95	101,3 %	Fr. 87.20	131 %

5. Der Neigungsänderung von 10 % in Hangneigungen von zirka 30 bis 50 % und einer Böschung 1 : 1 entspricht kostenmäßig eine Verbreiterung der Straße um 40 cm. Bei der Böschung 3 : 4 liegt die Zone gleicher Beeinflussung zwischen 20 und 40 %, bei 2 : 3 zwischen 10 und 30 % Hangneigung. Die Zunahme der Hangneigung um 10 % in steilerem Gelände als den erwähnten Zonen beeinflußt die Baukosten mehr, Neigungsänderungen von 10 % in flacheren Hängen fallen weniger ins Gewicht als eine Erweiterung der Straße um 40 cm.

6. Spezialfälle.

a) Vergrößern wir eine Fahrstraße mit Böschung 1 : 1 von 3,05 auf 4 m Steinbett, so erhalten wir folgende Kostenvermehrungen pro Laufmeter :

Bei 10 % Hangneigung	Fr. 10.40 =	24 %	Mehrkosten
20 %	»	Fr. 11.65 =	25 %
30 %	»	Fr. 13.30 =	27 %
40 %	»	Fr. 15.55 =	29 %
50 %	»	Fr. 18.60 =	32 %
60 %	»	Fr. 23.30 =	35 %

Da, wie eingangs erwähnt, die in der Literatur oft empfohlene 4 m breite, mit Steinbett versehene Waldstraße dem doppelspurigen Verkehr doch nicht genügen kann, ist das Geld im Waldstraßenbau besser angelegt, wenn wir bei geringerer Wegbreite (siehe obige Berechnung) die Länge unserer Fahrbahn um minimal 24 % erhöhen können. Betreffend Rechtfertigung der 4 m breiten Straße mit geringeren Unterhaltskosten müßten beispielsweise die Aufwendungen für den Unterhalt einer 4 m breiten Fahrbahn durchschnittlich pro Laufmeter und Jahr 47 Rappen geringer sein (3 % Zins für die Erstellungsmehrkosten) als diejenigen für die 3 m breite Straße.

b) Kleine Einsparungen der Wegbreite bei Hangneigungen über 50 % ergeben eine starke Reduktion der Baukosten pro Laufmeter. Reduzieren wir z. B. die Steinbettbreite von 3,05 m in einem Gelände mit 60 % Hangneigung und einer Böschung 1 : 1 um 30 cm (= Breite der fahrbaren Seitenschale), so sinken die Kosten pro Laufmeter um Fr. 7.30. Mit dieser Einsparung können wir uns an anderer Stelle Mehrabträge von 1,66 m³ erlauben, was im Gelände von 30 % Neigung einer Straßenverbreiterung in Erdplanie von 1,45 m entspricht.

7. Die Folgerungen über die Abtragsmassen, bzw. Abtragskosten gelten sinngemäß auch für die Kosten eines Fahrweges (Kap. II).

V. Beziehungen zwischen den Baukosten für Abtragskubatur, Erdweg und Fahrweg

Für die Aufstellung dieser Beziehungen stehen mir folgende Spezialfälle zur Verfügung:

Hangneigung 60 %, Böschung 1 : 1

Hangneigung 40 %, Böschung 3 : 4

(Siehe Figur 6, III a, II a, I a)

Um eingehendere Schlüsse ziehen zu können, wären die Untersuchungsfälle noch bedeutend zu vermehren. Es ergeben sich folgende Resultate:

1. Die beiden vorliegenden Beispiele zeigen deutlich, daß für den Vergleich irgendwelcher Straßenbaukosten Angaben über die gesamte Wegbreite (inkl. Wasserableitung), die Steinbettbreite, die durchschnittliche Hangneigung und den Böschungswinkel unerläßlich sind.

2. Bei mäßig geneigtem Hang (40 %) und Erdwegbreiten von 2,65 bis 4,20 m betragen die Ausgaben für den Erdweg 200—160 % der Abtragskosten. Im steilen Hang (60 %) betragen sie für die gleichen Wegbreiten 170—150 % (Figur 6, III a bis II a).

3. Bei 40 % Hangneigung und Gesamtbreiten von 2,55 bis 5,10 m erhöhen sich die Baukosten beim Ausbau des Erdweges zum Fahrweg

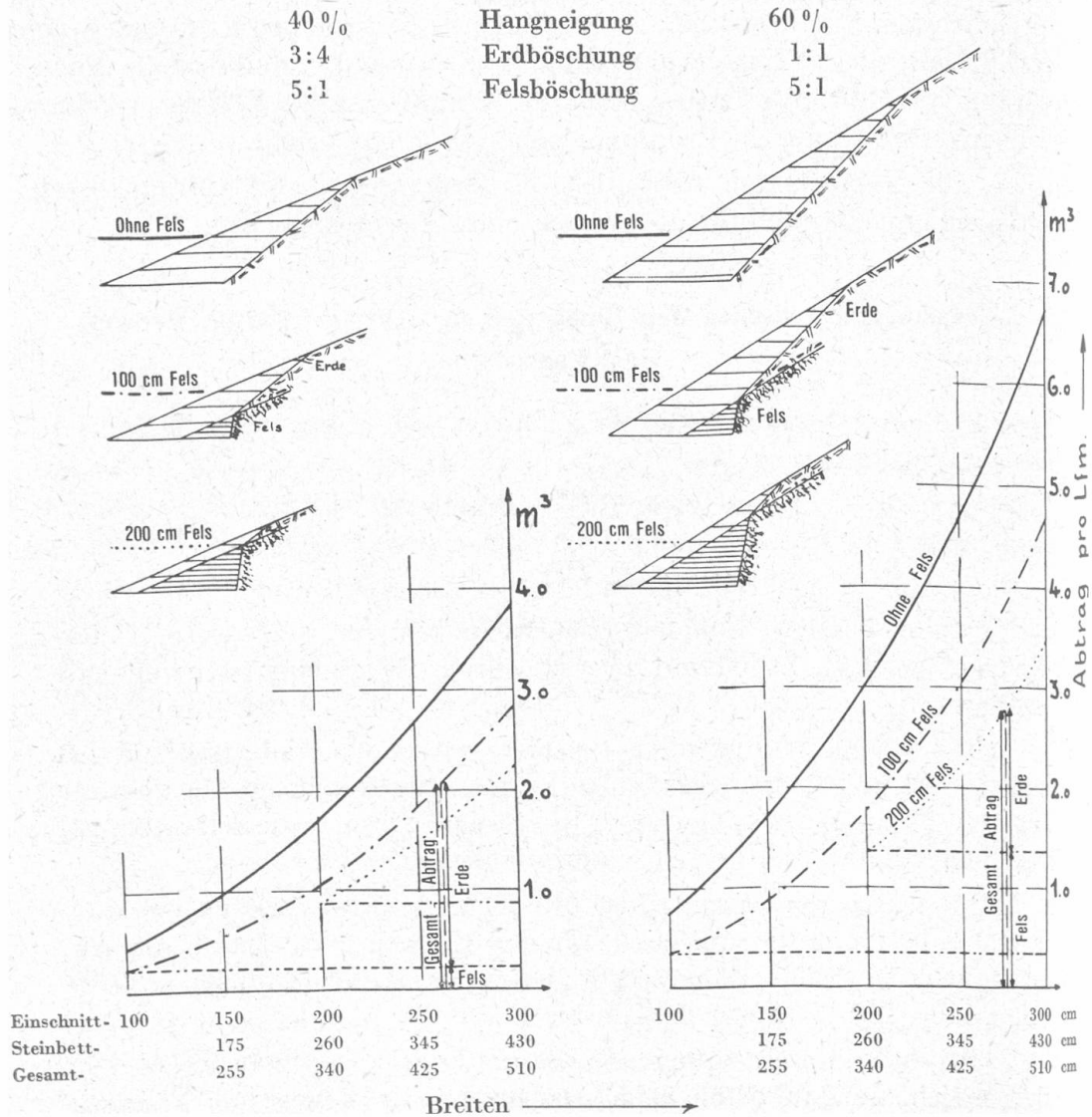
(Oberbaumaterialien als angeführt angenommen) auf die 3- bis 2½fache Summe der Erdwegausgaben. Im 60prozentigen Hang stellen wir beim Ausbau des Erdweges zum Fahrweg eine Verdoppelung der Kosten-summe fest (Figur 6, II a bis I a).

VI. Beeinflussung der Baukosten durch Felsabtrag

Um den Einfluß des Felsanteils auf die Baukosten untersuchen zu können, machte ich für die zwei Fälle: Hangneigung 60 %, Böschung 1 : 1, und Hangneigung 40 %, Böschung 3 : 4, folgende Annahmen:

Fig. 5

Einfluß des Felsanteils auf die Abtragskubatur



Entlang dem bergseitigen Straßenrande fallen in Breiten von 50, 100, 150 und 200 cm Fels an.

Die Neigung des Felses ist gleich groß wie die Hangneigung.

Der Fels kann mit einem Böschungsverhältnis von 5 : 1 abgenommen werden.

Der anfallende Fels wird zur Erstellung des Steinbettes verwendet, wo dieser hierzu nicht ausreicht, wird das Steinmaterial als angeführt angenommen.

Für Felsabtrag in der Fahrbahnfläche ist kein Steinbett, sondern nur ein Kofferaushub in Fels von 10 cm berechnet.

Die Bekiesungsstärke ist 10 cm, das Material hierzu durchwegs als angeführt angenommen.

Der Preisansatz für Felsabtrag beträgt Fr. 21.— pro Kubikmeter.

Aus den Figuren 5 und 6 können wir für Hangneigungen von 40 und mehr Prozent folgende Schlüsse ziehen (aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Ergebnisse für 50 und 150 cm Felsanteil in den Figuren 5 und 6 nicht eingetragen):

1. Mit 50 cm Felsanteil in der innern Wegrandzone und für Gesamtwegbreiten von 3,40 bis 5,10 m vermindert sich die Abtragsmasse (Figur 5) gegenüber dem Abtrag ohne Fels um 30—20 %,

mit 100 cm Felsanteil um 40—30 %,

mit 150 cm Felsanteil um 48—38 %,

mit 200 cm Felsanteil um 50—45 %.

2. Mit Fels im Profil erhalten wir in bezug auf die Abtragskosten (Figur 6):

Die Abtragskosten in einem Profil mit 50 cm Fels und Straßenbreiten von 2,55 bis 5,10 m sind durchwegs geringer als für ein Profil ohne Fels.

Von einer Gesamtbreite von 3,20 bis 3,60 m an werden die Abtragskosten für ein Profil mit 100 cm Fels billiger als für ein Profil ohne Fels.

Die Abtragskosten bei 200 cm Fels und Gesamtwegbreiten von 3,40 bis 5,10 m sind um 90 bis 15 % höher als bei reinem Erdabtrag.

Die Kurven über die Abtragskosten geben in Zweifelsfällen, bei denen zu entscheiden ist, ob das Einrücken der Straße gegen den Berg billiger zu stehen kommt als das Erstellen einer talseitigen Mauer, gute Anhaltspunkte.

3. Die Baukosten eines Erdweges in Profilen mit Fels gehen zu den diesbezüglichen Abtragskosten parallel (Figur 6).

4. Ein ausgebauter Fahrweg in Hangneigungen von mehr als 40 % und mit Gesamtwegbreiten von 3,40 bis 5,10 m kommt bei Vorhandensein von 50 bis 200 cm Fels im Abtragsprofil immer billiger als ein Fahrweg, für welchen das Steinbettmaterial nicht im Trasse anfällt (Figur 6).

Fig. 6

Baukosten für:

I. Fahrweg mit Seitenschale

a) Ohne Fels, Oberbaumaterialien angeführt

b) 100 cm Fels, Fels für Steinbett verwendet

c) 200 cm Fels, Fels für Steinbett verwendet

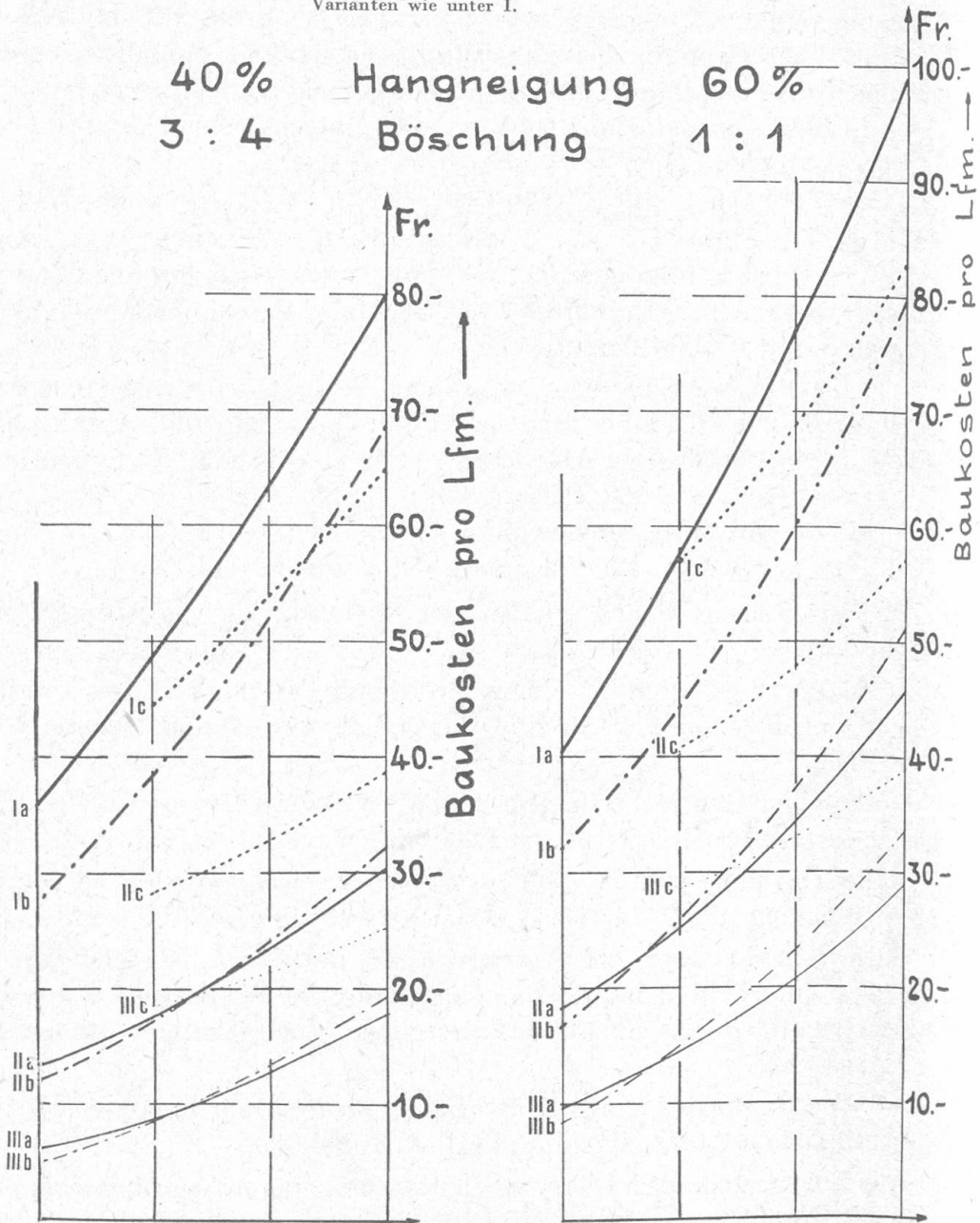
II. Erdweg mit Wasserableitung

Varianten wie unter I.

III. Abtrag

Varianten wie unter I.

40 % Hangneigung 60 %
3 : 4 Böschung 1 : 1



Einschnitt-	150	200	250	300	150	200	250	300	cm
Erdweg-	195	265	335	420	195	265	335	420	cm
Steinbett-	175	260	345	430	175	260	345	430	cm
Gesamt-	255	340	425	510	255	340	425	510	cm

Breiten →

Résumé

Influence exercée sur le coût de construction d'un chemin forestier par la pente du terrain, la pente des talus et la largeur du chemin

Au début de cet article, paru en complément d'un travail de M. Gnägi, conservateur des forêts, l'auteur traite la question de savoir quelle largeur il faut donner aux chemins forestiers. Après avoir prouvé que des chemins de 3,30 m. de large suffisent entièrement quand ils ne doivent desservir que des forêts, il insiste sur le fait que de nombreux rélargissements sont nécessaires:

- a) pour permettre de façonner les bois sans interrompre le trafic;
- b) pour faciliter le dépôt des stères et des grumes, particulièrement dans les combes et près des châbles où le bois s'accumule toujours.

Une large banquette peut quelquesfois suffire.

De nombreuses petites places de dépôt facilitent les débardages et les rendent moins onéreux, parce que plus courts. D'autre part, il ne faut pas confondre places de dépôt et places à tourner. Celles-ci doivent, autant que possible, être laissées libres.

Puis l'auteur étudie l'influence de la pente du terrain, de la largeur du tracé et de la pente des talus sur le prix de construction des routes. Il arrive aux conclusions suivantes:

- a) Dans les terrains où la pente dépasse 40—50 %, de petites réductions de largeur provoquent une forte diminution des terrassements; la construction d'une cunette est plus économique que celle d'un fossé. Celui-ci est moins onéreux dans les pentes faibles; plus l'angle des talus est faible, plus les terrassements sont importants; le prix de construction croît proportionnellement plus vite qu'un rélargissement du tracé; une augmentation de 10 % de la pente du terrain coûte plus qu'un rélargissement du tracé de 40 cm.
- b) Plus l'angle des talus est faible, plus les frais de construction augmentent quand on rélargit le tracé.
- c) Dans un terrain en pente, quand la largeur totale du chemin est de 3,4 m. à 5,1 m., la présence de 50 à 200 cm. de rocher dans le profil en déblai donne un coût de construction toujours plus faible que celui d'un chemin construit en pleine terre pour lequel il faut amener le matériel nécessaire au hériçon.

La conclusion que l'on peut tirer de cet article est qu'il vaut toujours la peine d'étudier soigneusement les plans d'une route avant d'en commencer la construction. On peut arriver non seulement à réaliser de sérieuses économies, mais encore construire un chemin parfaitement adapté aux services qui lui seront demandés.

F. G.