Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 113 (1962)

Heft: 6

Artikel: Zur Frage des Längstransportes von Material im forstlichen Wegebau

Autor: Hafner, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-768035

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Frage des Längstransportes von Material im forstlichen Wegebau

Von *F. Hafner,* Wien

Oxf. 383.3

Um bei *Hangwegebauten im Gebirge* einen gewissen Massenausgleich herbeizuführen und um Schäden, die nach Quertransport durch über die Hänge verschüttetes Material entstehen, zu vermeiden, wird öfters die Frage von Längstransporten von Material, auch über größere Strecken, erwogen. Derartige Schäden sind weniger bei in den seitlichen Hängen angelegten und nicht hoch über dem Talboden verlaufenden Talwegen als bei Hangwegen zu erwarten, die hoch über den Talböden liegen und die Hänge unterteilen, wenn nicht annähernd ebene Geländestufen oder alte Wege den Böschungsfuß abstützen oder es ermöglichen, abrollendes Material durch einfache Astwälle wirksam abzufangen. Es soll durch Längstransport, bei Beibehaltung der maschinellen Erd- und Felsgewinnung und gleichzeitiger Vermeidung von talseitigen Stützmauern, die Handarbeit erfordern, ermöglicht werden, Massenüberschüsse an unschädlichen Stellen zu deponieren.

Die Herstellung des Unterbaues soll möglichst auf mechanisierte Verfahren beschränkt, das an Ort und Stelle vorgefundene Material verwendet und Handarbeit sowie Antransport von Bausteinen, Sand, Kies, Zement und ähnlichem für die Herstellung von Mauern vermieden werden.

Längstransporte können, wie die Anwendung von Stütz- oder Futtermauern, es allerdings nicht verhindern, daß in steileren Hängen große Massenbewegungen vorgenommen werden müssen. Dadurch entstehen im Steilgelände bedeutende Verluste an Kulturboden durch große für den Bau in Anspruch genommene Flächen. Große unproduktive Flächen entstehen insbesondere durch große Dammschüttungen. Materiallängstransporte können nur dazu beitragen, die Schäden, welche bei Hangwegen unterhalb des Trassees entstehen, durch Verlegung des Trassees großteils auf festen Boden und Abtransport der dabei anfallenden Materialüberschüsse zu vermeiden. Es kommt, der Art des mechanisierten Wegebaues entsprechend, in Steilgelände, wo meist das Rohtrassee von unten nach oben vorgetrieben wird, hauptsächlich Transport von Material im Gefälle in Frage. Dieser ist auch leistungsfähiger und kostensparender als Bergauftransport. In verhältnismäßig seltenen Fällen, wo es sich als vorteilhaft und möglich erweist, das

Rohtrassee vom Berg zum Tal vorzutreiben, würde es sich auch um Transporte von Material in der Steigung handeln.

Es soll anschließend versucht werden, *Anhaltspunkte* über die bei derartigen Transporten entstehenden *Kostenerhöhungen je Kubikmeter gewonnener Masse,* beziehungsweise über die Minderleistungen, falls die zur Materialgewinnung eingesetzten Geräte gleichzeitig zum Materialtransport eingesetzt werden, zu gewinnen.

Es soll auch auf die Wirtschaftlichkeit verschiedener in Betracht kommender Methoden eingegangen und untersucht werden, welche Einrichtung des Erdgewinnungs- und Transportbetriebes und welche Trasseegestaltung es ermöglicht, unter Berücksichtigung der Vermeidung größerer Schäden zweckmäßig und ohne zu große Kosten die gestellte Bauaufgabe zu bewältigen. Vorausgesetzt werden muß, daß es sich bei forstlichen Bauten in Gebirgen Mitteleuropas, im Gegensatz zu großen Baustellen bei öffentlichen Bauten, um kleine zur Verfügung stehende Arbeitsflächen handelt. In der *Kraftzone,* wo die Materialgewinnung erfolgt, ist, abgesehen vom Einsatz von Kompressoren bei Felssprengungen, meist nur ein Ein-Geräte-Betrieb möglich. Auch in der *Transportzone,* die hier wegen der ungünstigen Fahrbahnverhältnisse auch bei größeren Transportentfernungen keine größere Transportgeschwindigkeit zuläßt, kann es sich bei der gegebenen schmalen Arbeitsfläche um keinen miteinander in Einklang gebrachten Masseneinsatz von Erdgewinnungsgeräten und Transportmitteln handeln, wie er bei großen Straßenbauten mit größtem Erfolg zur Anwendung kommt. Oft sind Gewinnungs- und Transportgeräte in einer Arbeitsmaschine vereint. Es ist auch die Harmonie zwischen Gewinnungs- und Transportleistung ausschlaggebend. Aus den angeführten Gründen und wegen der verhältnismäßig großen Leistung bei der Gewinnung oder, in felsigem Gelände, auch wegen der verhältnismäßig größeren möglichen Leistung der Transportgeräte, bietet beim Bau von Forstwegen diese Abstimmung besondere Schwierigkeiten.

Bei diesen Betrachtungen sollen *Motorschürfwagen* (Motorscraper), als für den Bau verhältnismäßig schmaler forstlicher Gebirgswege ungeeignet, von vorneherein ausgeschieden werden. Zur Erdgewinnung und Verschiebung eingesetzte *Planierraupen mit starrem Schild* (Bulldozer) kommen beim Bau dieser schmalen Wege überhaupt nicht, *Universalgeräte mit Schwenkschild* (Angledozer) bei zur Raupenachse senkrecht eingestelltem Schild nur nach Herstellung eines für die Befahrung durch diese Geräte geeigneten Teiltrassees für ergänzende Transporte in der Richtung des Trasseevortriebes in Frage. Für Transporte in der verkehrten Richtung ist das Teiltrassee zum Wenden dieser schweren und langen Baugeräte bei Anschnitt in steilen Hängen noch zu schmal. Trotz verhältnismäßig geringer Bedeutung für Längstransporte soll auch auf die Arbeitsleistung dieser Geräte bei verschiedenen Transportentfernungen für das gewonnene Material kurz eingegangen werden.

Universal-Planier-Raupen mit vorgebautem schwenkbarem Planierschild (Angledozer)

Aus den Diagrammen in Abbildung 1 geht hervor, wie stark die *Leistung von Planierraupen mit Schwenkschild* mit steigender Transportentfernung fällt. Wenn die Leistung bei 15 m Transportentfernung und ebener Bahn, welche der durchschnittlichen Transportentfernung im Seitenbau im Hang entspricht, mit 1 bezeichnet wird, sinkt bei 30 m Entfernung die Leistung

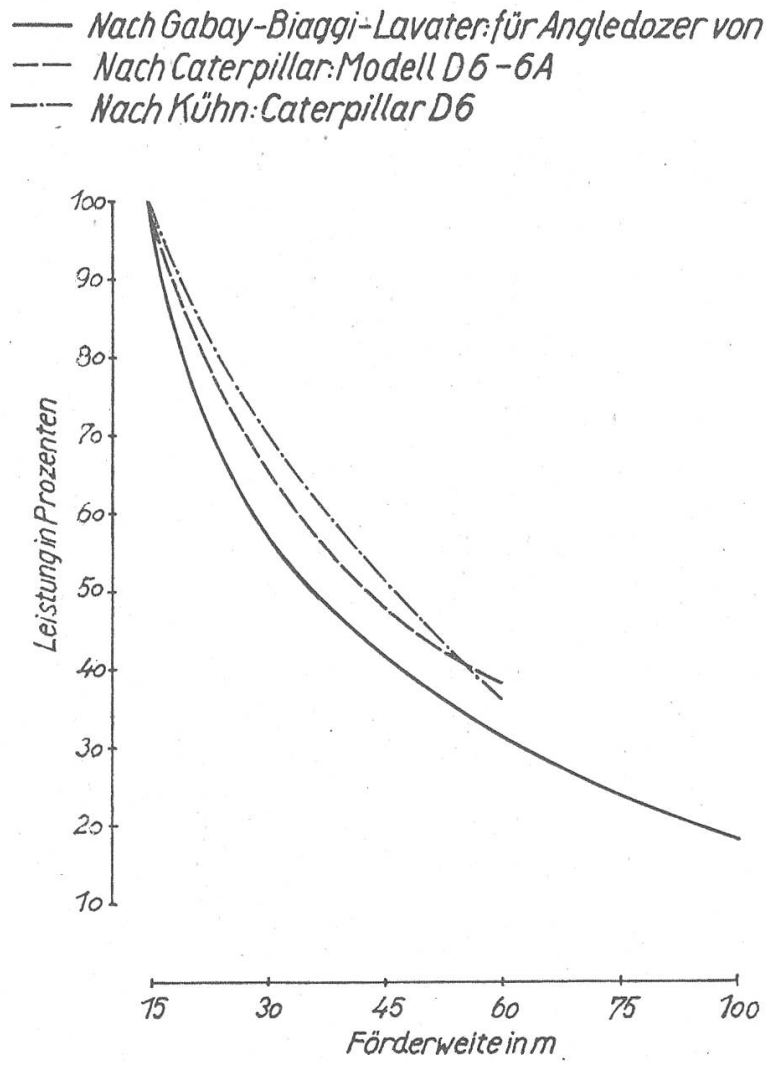

Abb. 1
Leistung von Angledozer-Planierraupen beim Längstransport von Material

durchschnittlich auf zwei Drittel, bei 60 m Entfernung auf rund ein Drittel. Wenn man annimmt, daß die Kosten eines gewonnenen und bewegten Kubikmeters bei 15 m Transportentfernung ungefähr dem Gegenwert einer halben Arbeiterstunde entsprechen, so wird bei 60 m Transportentfernung der Gegenwert einer ganzen Arbeiterstunde zusätzlich aufgewendet. Bei 120 m Transportentfernung beträgt die Leistung nur mehr rund ein Sechstel, das heißt die Kosten für den gewonnenen Kubikmeter haben sich gegenüber der

Transportentfernung von 15 m auf das Sechsfache erhöht. Wenn man als übliche Höchststeigung bzw. Höchstgefälle für Forstwege 10 Prozent annimmt, so steigt die Leistung bei Zugkraft des Raupenschleppers bei Bergabarbeit nach Gabay-Biaggi-Lavater je Prozent des Gefälles um 4 bis 8 Prozent, im Durchschnitt um 6 Prozent, das heißt bei 10 Prozent Gefälle um 60 Prozent. Bei Bergaufarbeit verringert sie sich im Durchschnitt um rund 4 Prozent je Prozent der Steigung, das heißt um 40 Prozent bei 10 Prozent Steigung. Bei 60 m Transportentfernung ist ein Absinken der Leistung auf 30 Prozent, bei 100 m Transportentfernung ein solches auf rund 20 Prozent, das heißt auf ein Fünftel der bei 15 m erreichbaren Transportleistung festzustellen. Die Kostensteigerung bzw. Kostensenkung ist gegenüber der Arbeit auf einem ebenen Trassee nur eine absolute. Die *relativen Leistungsverluste* bei wachsender Transportentfernung bleiben ungefähr gleich.

Wie die praktische Erfahrung beim Bau von forstlichen Hangwegen zeigt, gibt es, besonders bei der im forstlichen Wegebau sehr dem Gelände angeschmiegten Linienführung, heute im Hang fast nur mehr *Anschnittsprofile*. Durch die Wirkungsweise der verwendeten Erdbaugeräte bedingt, sind meist auch betriebmäßig nicht erwünschte *Einschnittsprofile* nicht mehr vorhanden. Nur in sehr geringem Maße treten noch reine *Dammprofile* auf. Gerade letztere wären jedoch für einen Massenausgleich mittels Längstransport des Materials sehr geeignet. Sogar, wenn an Stellen, wo Mulden durch Dämme überquert werden, Materialüberschüsse antransportiert und hier außerhalb des normalen Dammprofiles – vielleicht zur Herstellung von Ausweichen – deponiert werden, dürfte mit den oben in Betracht gezogenen Transportentfernungen kaum das Auslangen gefunden werden. Raupen mit vorgebautem Planierschild kommen daher für derartige Transporte auf größere Entfernungen überhaupt nicht mehr in Frage. Diese sind auch im allgemeinen unwirtschaftlich, da Ausweichen durch seitlich zusätzliche Entnahme in der Nähe viel kostensparender hergestellt werden können. Die Verwendbarkeit dieser Geräte erstreckt sich, wie schon vorher erwähnt, nur auf eine teilweise Ergänzung der in Anschnittprofilen vorhandenen talseitigen Dämme. Damit kann jedoch, bei auf ein Mehrfaches steigenden Kosten, die auf den gewonnenen Kubikmeter Material entfallen, das Problem der unschädlichen Ablagerung von Massen in Steilhängen keineswegs gelöst werden.

Ladeschaufler

Ladeschaufler mit Raupenlaufwerk sind als Grabe- und Lademaschinen bedeutend vielseitiger verwendbar als Raupen mit hydraulisch oder mechanisch hebbarem, vorgebautem Planierschild. Die Ladeschaufel ermöglicht nicht nur ein Gewinnen von Material von fast senkrecht anstehenden Wänden im Kopfbau, sondern auch ein Fahren mit hochgehobener gefüllter Schaufel, ohne dabei Material zu verlieren. Das gewonnene Material kann an jenen Stellen, wo es verwendet werden soll, abgekippt werden. Es ist Beladen von Transportfahrzeugen, Ausheben von Baugruben sowie fallweise

Anbau eines Angledozer-Planierschildes und Arbeit in der Art wie bei Planierraupen möglich. Allerdings macht sich hier, wie bei allen Geräten mit Fördergefäßen, die Auflockerung des Materials mehr leistungshemmend bemerkbar als bei Raupen mit Planierschild. Letzteres wird beim Forstwegebau, im Gegensatz zur Lademulde der Ladeschaufler, kaum voll gefüllt. Von Nachteil ist für die Schubarbeit mit Zusatz-Schwenkplanierschild auch das glatte Raupenlaufwerk. Dessen Auswechslung gegen ein Profil mit höheren Stegen während des Betriebes ist sehr umständlich und kostspielig. Durch das glatte Raupenlaufwerk sinkt natürlich die Schubkraft bei der Arbeit mit Zusatz-Planierschild und demgemäß auch gegenüber den üblichen Planierraupen die Leistung. Es ist nur die Durchführung leichter Planierarbeiten ohne besonderen Leistungsabfall möglich. Außerdem sind gegenüber Planierraupen erhöhte Anschaffungs- und Erhaltungskosten gegeben. Wenn mit hochgehobener Ladeschaufel transportiert wird, sinkt zum Beispiel beim Gerät Caterpillar Traxcavator Nr. 955 (Tragraupe D 4) mit 1⅓ rm Fassungsraum der Ladeschaufel wie auch bei anderen Ladeschauflern mit Raupenlaufwerk die Leistung stark ab (Abb. 2). Abgesehen von der stark

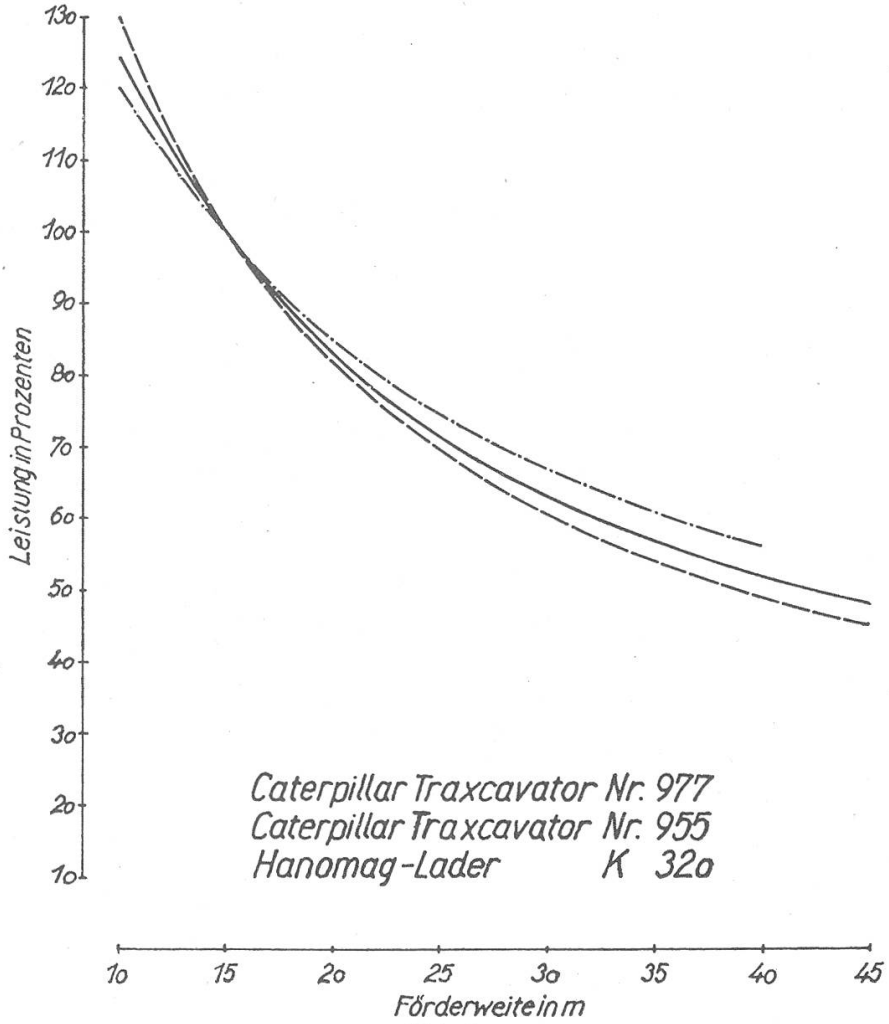

Abb. 2

Leistung von Ladeschauflern bei Längstransport von Material mit hochgehobener Ladeschaufel. (Trax 977 Mitte, Trax 955 unten, Hanomag oben.)

sinkenden Leistung von 15 m bis 60 m Transportentfernung von 100 Prozent auf rund 45 Prozent, also auf unter die Hälfte, und demgemäß steigenden Transportkosten bei starker Abnützung des kostspieligen Laufwerkes bei den zurückgelegten vielen Transportwegen reicht auch die so erreichbare Transportentfernung beim Bau in gleichmäßigen Hängen keineswegs aus, um dadurch bezüglich unschädlicher Ablagerung der gewonnenen Massen genügend beweglich zu sein.

Es kann demnach wohl gesagt werden, daß der Transport von Material durch Traxcavatoren mit hochgehobener Ladeschaufel ein unschädliches Deponieren gewonnener Massen beim Bau von Forstwegen in steilen Hängen *bei größeren Transportentfernungen* nicht rationell ermöglicht. Dies, obwohl hier durch die Arbeit im Kopfbau ein geringfügig besserer Nutzeffekt bei wachsenden Entfernungen und durch den während des Transportes nicht entstehenden Verlust an transportiertem Material Vorteile bezüglich schonenden Materialtransportes gegeben sind. Auch hier sind, wie bei den Planierraupen, die möglichen Transportentfernungen keineswegs für einen *Massenausgleich* in der Längsrichtung des Weges ausreichend, wenn er auch fallweise, bei kurzen Transportentfernungen, pfleglicher als bei Planierraupen erfolgen könnte. Allerdings ist durch diese zum Unterschied von Baggern im Gelände sehr beweglichen und bei gleichem Fassungsraum der Fördergefäße bedeutend leichteren, leistungsfähigeren und vielseitigeren Geräte die Möglichkeit gegeben, gewonnenes Material auf Transportfahrzeuge zu verladen. Diese Arbeit kann bei Planierraupen nur in Ausnahmefällen, bei Bau besonderer Rampen, über welche das Material geschoben wird, geleistet werden.

Ladeschaufler auf Radlaufwerk (Radlader) haben den Vorteil, daß die Kosten und Wartezeiten für den Antransport des Gerätes zur Baustelle mittels Tieflader, welche bei kleinen Baustellen die Baukosten stark belasten, eingespart werden können. Doch handelt es sich hier um Ladegeräte für loses Material. Eine Materialgewinnung bei schwierigen Bodenverhältnissen kommt nicht in Betracht.

Frontlader mit Seitenkippschaufeln (Seitenlader), die sowohl nach vorne als auch nach links gekippt werden können und bei beschränktem Arbeitsraum die Leistung im Ladebetrieb durch Ersparung von Schwenkmanövern erhöhen, kommen für die kombinierte Gewinnung, Transport und Entladung nicht in Betracht.

Materialtransport mittels Schubkarren (Abb. 3) kann, abgesehen davon, daß die erforderlichen Arbeitskräfte nicht mehr zur Verfügung stehen, der hohen Leistung der verwendeten Erdbaugeräte nicht mehr entsprechen.

Bodenbeförderung mittels Kipploren auf verlegten Geleisen (Abb. 3) reicht über größere Entfernungen und ist leistungsfähiger. Doch auch diese Methode kann einerseits wegen der Voraussetzung, daß bei Handbetrieb nur geringe Gefälle, möglichst nicht über 3 Prozent, angewendet werden

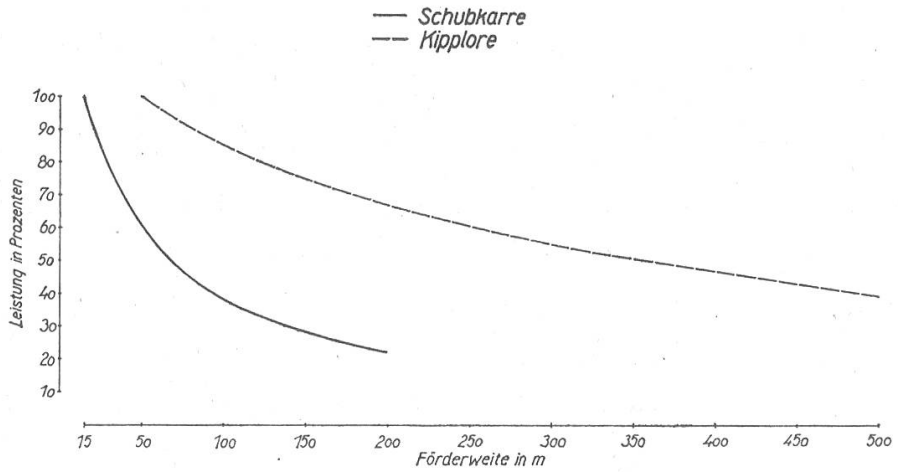

Abb. 3
Mittels Schubkarren und Kipploren beim Längstransport von Material erzielte Leistungen.

sollen, und des beim Bau schmaler Hangwege beschränkten Raumes nur ausnahmsweise in Betracht kommen.

Die *Verwendung von Motorseilwinden* zum Abbremsen und Aufziehen von auf Geleisen laufenden Kipploren ermöglicht Transporte über alle in Betracht kommenden Steigungen und Gefälle und bietet den Vorteil, daß für die Arbeiter eine gefährliche und schwere Arbeit entfällt. Doch setzt der an und für sich schwierige Transport um Kurven aufwendige Einrichtungen voraus und die Bewältigung größerer Transportentfernungen ist überhaupt nicht möglich.

Einsatz von Grabe- und Ladegeräte in Verbindung mit Auto-Kippern

Es bleibt für größere Entfernungen nur der geleiselose Transport bei Verwendung kleinerer Typen geländegängiger *Motorkipper (Autokipper, Vorderkipper, Dumper),* die bei einigermaßen planierter Fahrbahn zu Materialtransporten herangezogen werden können.

Der geleiselose Materialtransport mit diesen Geräten erfordert keine Anlagen, ist für alle in Betracht kommenden Gefälle verwendbar und kommt für große Transportentfernungen allein in Betracht.

Die Leistung dieser Transportmittel soll jedoch mit der *Leistungsgröße bei der Materialgewinnung* durch Grabe- und Ladegeräte, als welche Ladeschaufler und Hochlöffelbagger in Betracht kommen, in Einklang stehen. Es soll daher auf die Größe der möglichen Leistung einiger in Betracht kommender Geräte eingegangen werden.

Grabe- und Ladegeräte

Ladeschaufler auf Raupenlaufwerk. Bei 7,50 m Transportweg leistet der *Raupenlader Caterpillar Nr. 955* (70 PS, 1,15 m³ Fassungsvermögen) bei gehäufter Ladeschaufel (Volumen der Ladeschaufel + 1/3) in 60 Arbeits-

minuten (ohne Pause) rund 160 m³ lose Masse. Bei einer *anfänglichen* Auflockerung bei schwerem Hackboden von rund 40 Prozent ist der Ladefaktor 0,714 und die bewegte feste Masse 160 × 0,714 = rund 114 m³. Für die tatsächliche *Dauerleistung beim Bau von Forstwegen,* bei welchem Arbeitspausen, die Beengtheit des Raumes und Witterungseinflüsse eine große Rolle spielen, kann jedoch im Jahresdurchschnitt nicht mehr als ein Drittel dieser nur in kürzesten Zeiträumen erzielbaren Leistung angenommen werden. Sie beträgt demnach etwa 38 m³ gewachsene Bodenmasse je Stunde. Bei Fels (*vorübergehende* Auflockerung 45 Prozent, Ladefaktor 0,690) vermindert sich die Größe an gewinnbarer fester Masse auf 160 × 0,69 ≈ 110 m³ bzw. 36 m³/h Dauerleistung.

Beim Raupenlader Caterpillar Nr. 977 (100 PS, 1,72 m³ Fassungsvermögen) ergeben sich unter den gleichen Voraussetzungen folgende Massenleistungen: 285 m³/h lose Masse in kürzesten Zeiträumen ohne Arbeitspause, das ist etwa 95 m³/h lose Masse bei Dauerarbeit beim Forstwegebau. Unter Berücksichtigung der Auflockerung ergibt dies:

95 × 0,714 = 68 m³ bei schwerem Hackboden und
95 × 0,690 = 66 m³ bei Fels.

Für den *Raupenlader Hanomag K 65* (65 PS) wird bei 7,5 m Transportentfernung im Erdreich eine Ladeleistung von rund 90 m³ je Stunde angegeben. Da es sich um lose Masse handelt, entspricht dies bei schwerem Hackboden einer festen Masse von 90 × 0,714 ≈ 64 m³. Da hier nicht besonders angegeben wird, daß 60 Arbeitsminuten je Stunde gerechnet wurden, ist anzunehmen, daß kleine Arbeitspausen enthalten sind und die Reduktion auf beim Forstwegebau praktisch erreichbare Grabe- und Ladeleistung bei Erde rund 30 m³ je Arbeitsstunde ergibt.

Hochlöffelbagger. Wenn die Leistung von Hochlöffelbaggern untersucht wird, muß vorausgesetzt werden, daß Geräte von über 12 bis 14 t Gesamtgewicht für den Bau schmaler Forstwege im Gebirge wegen Beengtheit der Arbeitsfläche und Transportschwierigkeiten kaum in Frage kommen. Überhaupt sind diese Geräte bezüglich des Zutransportes, der Beweglichkeit an der Baustelle und der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit Raupenladern unterlegen. Ein P. u. H. (Harnischfeger) *Universal-Bagger von 12 t Dienstgewicht und 0,3 m³ Grabgefäßinhalt,* leistet bei 80prozentigem Füllungsgrad mit Hochlöffel in schwerem Lehm oder festem Ton 28 bis 35, im Mittel 32 m³/h. Bei Reduktion auf feste Bodenmasse ergibt dies rund 23 m³ gewachsener Boden je Stunde.

Nach Kirgis leistet ein Hochlöffelbagger mit 0,40 m³ Löffelinhalt und einem Gesamtgewicht von rund 16 t unter günstigen Betriebsverhältnissen bei mittelschwer lösbarem Boden 20 m³/h.

Wenn man die im praktischen Betrieb bei Forstwegen erforderliche Reduktion in Betracht zieht, kann bei den schwierigen Bauverhältnissen, wie

sie hier gegeben sind, bei der in Betracht kommenden Größentype der Bagger wohl mit nicht mehr als mit 15 m³/h tatsächlicher Leistung an gewachsenem Boden gerechnet werden. Das zeigt, daß diese Geräte auch leistungsmäßig bedeutend den Raupenladern unterlegen sind. Sie sollen daher für die folgenden Betrachtungen ausgeschieden werden.

Autoschütter (Vorderkipper, Dumper). Bei einem Fassungsvermögen (gehäuft) von 2 m³ ist eine Motorleistung von 40 PS bei 3 t Leergewicht, bei einem Fassungsvermögen von 4,5 bis 5,0 m³ eine Motorleistung von 80 PS bei 6,7 t Leergewicht erforderlich. Wenn auch die Höchstgeschwindigkeit dieser Kipper 40 km/h beträgt, kann beim Verkehr auf den in Betracht gezogenen Baustellen die Durchschnittsgeschwindigkeit mit nicht mehr als 10 km/h angenommen werden. Die *Kippzeit* kann mit 0,08 Stunden, die *Rangierzeit* bei Anfahrt zum Grabe- und Ladegerät mit 0,07 Stunden, *Haltezeiten* wegen Verkehrsbehinderung mit 0,03 Stunden, die *Geschwindigkeit* mit 10 km/h, die Hin- und Rückfahrzeit bei 1 km Entfernung vom Grabe- und Ladegerät mit 0,20 Stunden angenommen werden. Für die Ladeleistung ergibt sich bei einer mittleren Stundenleistung des Raupenladers Cat Nr. 955 von 48 m³ loser Masse, des Gerätes Cat Nr. 977 von 85 m³/h loser Masse und einem Fassungsvermögen des Dumpers mit 4,5 m³ lose Masse eine Leistung von $\frac{48}{4{,}5}$ bzw. $\frac{85}{4{,}5}$, das sind 11 bzw. 19 Dumperladungen pro Stunde, bzw. 0,09 oder 0,05 Stunden je Dumperladung.

Bei einem gesamten Zeitaufwand von $0{,}38 + 0{,}09 = 0{,}47$ Stunden bzw. $0{,}38 + 0{,}05 = 0{,}43$ Stunden je Lade-, Fahr- und Kippumlauf kann ein Dumper dieser Bauart je Stunde rund zweimal fahren und 9,0 m³ lose Masse befördern. Bei Verwendung des Traxcavators Cat Nr. 955 müßten bei einer Stundenleistung von 48 m³ loser Masse bei Annahme eines Sicherheitsfaktors sechs derartige Transportgeräte zur Beförderung der gewonnenen Masse zur Verfügung stehen, bei Cat Nr. 977 mit 85 m³ Stundenleistung sogar 10 Dumper. Daß der Verkehr einer derartigen Anzahl von Transportgeräten, sogar wenn sie, was kaum angenommen werden kann, zur Verfügung ständen, auf den schmalen Trassees von einspurigen Waldwegen im Gebirge nicht möglich ist, und daß es zur Nichtausnützung der Leistungsfähigkeit der Erdgewinnung – bei Felsbau bei erforderlichen Sprengungen auch der Ladegeräte – kommen muß, ist offensichtlich. Würde bei Erdbau ja sogar ein weniger leistungsfähiger Betrieb mit einem Hochlöffelbagger von 0,3 bis 0,4 m³ Inhalt des Grabgefäßes noch immer den Einsatz von zwei Autoschüttern erfordern, der eher durchführbar ist.

Was die Kosten betrifft, so erhöhen sie sich bei anschließenden Transporten, wenn man die Gewinnungskosten gleich hoch ansetzt, gegenüber dem Seitenbau um die Transportkosten. Wenn die Gesamtkosten für einen Dumper von 4,5 m³ Muldeninhalt mit einem Anschaffungswert von rund 50 000 Schweizer Franken mit stündlich 22 Schweizer Franken angenommen

werden, belastet der Transport auf 1 km Entfernung den Kubikmeter loser Masse (= 0,7 m³ gewachsener Boden) mit 22 : 9 ≈ 2,45 Schweizer Franken, das sind rund 3,50 Schweizer Franken pro Kubikmeter gewachsenen Boden. Die Kosten erhöhen sich, bezogen auf den gewachsenen Boden, gegenüber dem Seitenbau auf mehr als das Dreifache. Auch *zweiachsige 5-t-Lastkraftwagen mit Kippeinrichtung* transportieren, falls sie überhaupt anwendbar sind, nicht kostensparender, da die Abnützung der Fahrzeuge eine ungleich höhere ist als beim normalen Straßenverkehr.

Schon diese Überlegungen zeigen, wie ungünstig Materialtransporte entlang des Trassees auf größere Entfernungen sind, wie sehr sie bei der Bauplanung schmaler Wege im Gebirge vermieden werden sollen und wie wenig sie einen Ausweg zur unschädlichen Deponierung von großen Massenüberschüssen, die bei Planung und Bau nicht vermieden wurden, darstellen können.

Daß es im Steilgelände, wegen der Entstehung verhältnismäßig ausgedehnter unproduktiver Flächen, auch unterhalb der eigentlichen Baufläche, wegen der aufgezeigten Schwierigkeiten des Längstransportes und der unschädlichen Ablagerung der entstehenden großen Massenüberschüsse, auch wegen der Schädigung der Hangstruktur nicht zulässig ist, den Bau von Stützmauern bzw. Schlachten zu unterlassen und das Trassee zu sehr auf gewachsenen Boden in den Hang zu drängen, wie es zur Vermeidung jeder Hand- aber auch teilweise Transportarbeit für den Unterbau vielfach gemacht wird, sollen folgende vergleichende Überlegungen zeigen: Als *Steilgelände,* bei welchem bei vier Meter Wegbreite und Quermassenausgleich mit Beschädigungen unterhalb des Trassees gerechnet werden muß, wenn die Dämme im natürlichen Böschungswinkel geschüttet werden, kann bei *erdigen, sandigen* oder *grusigen Böden* erst eine Hangneigung von über 65 % angesehen werden.

Bei 60 % Geländequerneigung erreicht die Breite der Baufläche bei vollem Querausgleich der Massen rund 14 m. Bei nachträglicher Herstellung der Böschungen mittels Grader, wobei die bei der Abböschung anfallende Masse Massenüberschuß ist, ergibt sich bei 60 % Geländequerneigung schon eine Breite der Baufläche von rund 15 m, bei einer Wegebreite von 2,60 m auf gewachsenem Boden und einer gesamten Wegbreite von 4,45 m. Es wird bei kostbarem Boden bei dieser Hangneigung in *bestimmten Fällen* schon Anlage von Stützmauern in Frage kommen, obwohl Beschädigungen unterhalb des Trassees nicht zu erwarten sind und in der Regel bei mechanisiertem Bau durchweg noch mit Dammschüttungen gearbeitet wird.

Bei anstehendem *Fels* ist wegen der bergseitigen steileren Böschung und der talseitig etwas steiler sich abböschenden Steinschüttung bei vier Meter Planumbreite, davon 2,50 m auf festem Boden, bei dem hier gegebenen vollen Quermassenausgleich bei 60 % Geländequerneigung nur mit einer Breite der Baufläche von 9 m zu rechnen. Dagegen sind hier Vorkehrungen gegen ab-

rollendes Material schon ab Geländequerneigungen von etwa 35 % erforderlich, die mit steigender Geländeneigung immer aufwendiger werden. Es sollen nach diesen vorhergegangenen Betrachtungen, die bei Geländequerneigungen von 65 % und darüber erforderlichen Massenbewegungen und Bauarbeiten besonders in Betracht gezogen werden. Es ergibt sich für die Geländequerneigungen von 65 % bei nachträglicher Abböschung mittels Grader schon eine Bauflächenbreite von 21 m und eine erforderliche Massenbewegung von rund 7,5 m³, davon 4,35 m³ durch den Grader zu bewegende Masse. Die Gesamtwegbreite wird 4,55 m, von der rund 2,84 m auf festem Boden liegen. Bei 70 % Geländequerneigung und nachträglicher Abböschung mit dem Grader kommt der Damm durch den sich ergebenden Massenüberschuß bei 3,10 m Wegbreite auf festem Boden zu keinem brauchbaren Verschnitt mit dem Gelände mehr. Die Bauflächenbreite wird um 30 m. Sie könnte in beiden Fällen nur bedeutend reduziert werden, wenn das Trassee noch mehr oder ganz auf festem Boden verlegt und das anfallende Material im Längstransport abgefördert würde oder wenn durch Anbringung talseitiger Stütz- und allenfalls bergseitiger Futtermauern die Fläche des Kunstquerprofils überhaupt verkleinert werden könnte. Da ersteres, wie gezeigt, wirtschaftlich bei größeren Transportentfernungen schwer durchführbar ist, bleibt wohl nur der zweite Ausweg, der allerdings Handarbeit erfordert.

Bei anstehendem Fels und vollem Quer-Massenausgleich ergibt sich bei 3,50 m Gesamtwegbreite, davon 2,35 m auf festem Grund eine Baubreite von

Abb. 4

Verschieben und Abstürzen von gesprengtem Felsmaterial über die talseitige Böschung durch eine Angledozer-Planierraupe.

rund 10 m bei 65 % Geländequerneigung und von fast 13 m bei 70 % Geländequerneigung und 2,50 m Wegbreite auf festem Grund. Bei 75 % Geländequerneigung und rund 2,80 m Wegbreite auf festem Grund wird die Bauflächenbreite schon rund 22 m.

Bei 80 % Geländequerneigung ergibt sich bei rund 6,5 m³ Massenbewegung und voller Lage des Planums von 3,50 m Breite auf festem Grund eine Baufläche von rund 4,60 m Breite auf festem Grund. Die Dammschüttungen kommen zu keinem Verschnitt mit dem Gelände, das Material rollt ab. In allen Fällen sind bei Hangquerneigungen über 65 % auch bei Anwendung von Schutzwällen bei Fels schon schwere Schäden auch an tiefer liegendem Kulturland zu erwarten. Wenn es auch kostenmäßig sowohl bei Erd- als auch bei Felsbau am wohlfeilsten ist, Mauerungen einzusparen und das Material, wie es leider noch öfter geschieht, über die Hänge abzustürzen (Abb. 4), so wird meist die Anwendung talseitiger Stützmauern oder Verschlachtungen nicht einzusparen sein. Dies, weil in gleichmäßig geneigten Hängen ein Längstransport von Material über große Entfernungen kostspielig und schwer zweckmäßig zu organisieren ist und nur in einzelnen Fällen bei unschädlichem Deponieren in der Nähe einen Ausweg darstellen kann.

Résumé

Contribution au problème du transport des masses dans le profil en long lors de la construction de routes sur les versants en montagne.

En montagne, lors de la construction de routes le long des pentes, les déblais excédentaires, inutilisables dans le profil en travers, donnent souvent des dépôts latéraux sans valeur ou même nuisibles au peuplement forestier. Afin d'éviter ce désagrément, l'auteur étudie la possibilité d'une compensation ou d'un dépôt sans inconvénients dans le cadre du profil en long. Si les places utilisables pour des dépôts sont en nombre suffisant (ce qui dans un terrain très en pente est rarement le cas), l'exécution de la compensation des masses ne dépend plus que des frais de chargement et de transport. L'autre montre dans son exposé que, en raison des conditions spéciales des chantiers en forêt, les frais de transport dans le cas d'une bonne organisation sont jusqu'à trois fois plus élevés que les frais d'excavation. C'est pourquoi, pour une machine à excaver il faut plusieurs véhicules de transport (en général des dumpers). Aussi l'auteur en arrive-t-il à la conclusion que la solution du problème des masses excédentaires, dans le cas normal, doit être comme jusqu'à présent trouvée à l'aide de murs de soutènement.

Traduction Farron