

Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn
in Wien / Band 5

PLANIERGERÄTE

IM FORSTLICHEN STRASSEN- UND WEGEBAU

Untersuchungen über Art des Einsatzes, Leistung und Kosten verschiedener Größenklassen von Planierraupen und des Motorgraders Caterpillar Nr. 12 im forstlichen Straßen- und Wegebau im Gebirge

Von

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Franz Hafner

unter Mitarbeit von

Dipl.-Ing. Walter Hedenigg

Durchgeführt 1955/56 im Auftrage der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn

Mit 33 Abbildungen und 34 Tabellen



1956

VERLAG GEORG FROMME & CO., WIEN UND MÜNCHEN

Das Umschlagbild zeigt eine Planierraupe Allis Chalmers HD 9 beim Wald-
wegebau Niklasdorf, Steiermark (Lichtbild: Dipl.-Ing. J. Moises)

Printed in Austria

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung und der Reproduktion auf
photostatischem Wege oder durch Mikrofilm, vorbehalten

© 1956 by Georg Fromme & Co. in Wien

Druck: Ferdinand Berger, Horn, N.Ö.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	7
2. Konstruktion und Art der für den Forstwegebau verwendeten Planiergeräte	8
2,1 Planierraupen	8
2,2 Schaufellader	12
2,3 Grader (Straßenhobel, Erdhobel)	13
3. Art der gebräuchlichen Gewinnungsmethoden	14
3,1 Seitenbau	14
3,2 Lagenbau	16
3,3 Der Kopfbau	18
4. Leistung und Kosten von Planierraupen beim Forstwegebau	18
4,1 Allgemeines	18
4,2 Untersuchungen der Grundlagen für die Leistungsfähigkeit von Planierraupen	19
4,21 Bodenart	19
4,211 Allgemeines	19
4,212 Abhängigkeit der Leistung von der Stärke der Planierraupen	19
4,213 Abhängigkeit der Leistung von der Bodenart bei gleichbleibender Maschinenstärke	24
4,214 Bedeutung der Witterung bei verschiedenen Bodenarten für das Maß der erzielbaren Leistung	27
4,22 Abhängigkeit der Leistung von der Größe der je Längeneinheit zu leistenden Massenbewegung	28
4,23 Transportentfernung für bewegtes Material	28
4,24 Einfluß der Art des Bewuchses und des Ausmaßes der erfolgten Vorsprengung	33
4,25 Arbeit im Gefälle oder in der Steigung	36
4,26 Einfluß der Seehöhe, in welcher die Arbeit geleistet wird	38
4,3 Untersuchung der bei der Arbeit mit Planierraupen erwachsenden Kosten	40
4,31 Aufwand für Zu- und allenfalls Abtransport der verwendeten Geräte	40
4,32 Aufwand für Amortisation, Verzinsung, Betrieb und Erhaltung	42
4,33 Allgemeine Unkosten, welche mit dem Einsatz von Planierraupen zusammenhängen	47
4,34 Risiko, Gewinn und Steuerzuschläge	48
4,35 Zusammenfassung der errechenbaren Kostengrundlagen	49

	Seite
5. Der Faktor Mensch	51
6. Organisation der Arbeit	51
7. Hinweise, welche aus den durchgeführten Versuchen auf den Einfluß der angeführten Grundlagen auf Leistung und Kosten gezogen werden können. Zahlenmäßiges Verhältnis der tatsächlich bei Forstwegebauten ermittelten Leistung zu bisherigen Angaben im Schrifttum. In langen Zeiträumen erzielbare Leistungen und ihr Verhältnis zu bei den Versuchen ermittelten Daten	52
8. Zusammenfassung	62
9. Art, Leistungen und Kosten der Böschungsherstellung und Feinplanung mittels Motorgrader Caterpillar Nr. 12	64
10. Einfluß der Verwendung von Planiergeräten auf Planung, Trassierung und Bau von Forstwegen	68
11. Auszug aus dem einschlägigen Schrifttum	76

1. Einleitung

Seit dem Frühjahr 1948 sind im forstlichen Straßen- und Wegebau Österreichs in immer steigendem Maße Planierraupen (Schubraupen) verschiedener Typen und Größen zum Einsatz gekommen. Das Ausmaß der Verwendung dieser Erdbaumaschinen hat im Laufe dieser Zeit so zugenommen, daß derzeit nur mehr in Fällen, in denen die Verwendung dieser Geräte wegen der Geringfügigkeit der durchzuführenden Arbeit oder der Schwierigkeit des Geländes (bes. Sumpfgelände) wirtschaftlich nicht in Frage kommt, noch händisch gebaut wird. Der große Fortschritt, der in der Erschließung bisher nicht genügend zugänglicher Waldgebiete durch Forstwege in Österreich seit 1948 erzielt wurde — der Bau von Wegen im Ausmaß von rund 5000 km — wäre ohne den Einsatz dieser Geräte nicht möglich gewesen.

Trotz der großen praktischen Bedeutung, welche die Planierraupenarbeit für den forstlichen Wegebau erlangt hat, fehlen jedoch von eng begrenzten Arbeiten abgesehen, Untersuchungen, welche Leistung und Kosten verschiedener Größenklassen von Planierraupen bei den besonderen Bedingungen des forstlichen Wegebaues zum Gegenstand haben und die durch die Verwendung von Planiergeräten neu geschaffenen Bedingungen für den forstlichen Wegebau zusammenhängend betrachten. Es wird nach den in den jeweiligen Betrieben gewonnenen Erfahrungen mehr „gefühlsmäßig“ als auf Grund vorhandener Unterlagen vorgegangen. Die Kostensätze, welche für die verschiedenen Geräte berechnet werden, berücksichtigen nur Anschaffungs-, Betriebs- und Amortisations- bzw. Verzinsungskosten. Es ist jedoch kein Zusammenhang von Kosten und Leistung gegeben. Es sind zwar, besonders aus amerikanischen Quellen, verschiedene Angaben über Leistungen derartiger Geräte gegeben. Diese berücksichtigen jedoch nicht die beim Bau verhältnismäßig schmaler Forstwege mit geringen Massenbewegungen gegebenen besonderen Verhältnisse und die Minderung des Nutzeffektes dieser Geräte bei derartigen Einsätzen. Es wird der Einfluß von Bodenbewuchs, Maß der Vorsprengung u. a. auf die Größe der Leistung überhaupt nicht oder unter anderen Voraussetzungen, als sie beim forstlichen Wegebau gegeben sind, berücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit will auf Grund von im Auftrage der Forstlichen Versuchsanstalt Mariabrunn durchgeführten Zeit- und Arbeitsstudien sowie unter Verwertung von statistischem Material, das bei Forstwegbauten in Österreich gewonnen wurde, versuchen, bei Vergleich mit vorhandenen Angaben aus dem Schrifttum auf breiter, möglichst allgemein gehaltener Basis

zur Klärung der Frage der Kosten und Leistungen von Planiergeräten im Forstwegebau beizutragen. Dabei sollen auch Probleme, welche bei der Verwendung der Planiergeräte überhaupt bei Planung, Vorbereitungsarbeiten und Bauausführung forstlicher Straßen auftreten, erörtert werden.

Die ursprünglich vorgesehene Art der Bearbeitung, der versuchsweise Einsatz eigener Geräte unter den verschiedensten Verhältnissen, konnte wegen zu hoher zu erwartender Kosten nicht durchgeführt werden. Es wurden daher Planiergeräte bei der Durchführung tatsächlicher Bauarbeiten an Forstwegen beobachtet, zu welchem Zwecke zahlreiche Bereisungen, besonders im Gebiete der Steiermark durchgeführt wurden. Wenn auch dadurch die angestrebte Systematik der Arbeit nicht erreicht werden konnte, so wurde doch damit bei der komplexen Natur der vielen auf die Größe der Leistung einflussnehmenden Komponenten das bei der praktischen Arbeit auftretende Gesamtbild in charakteristischen Fällen erfaßt.

Es wird zuerst auf grundlegende Fragen der Verwendung von Planiergeräten eingegangen.

2. Konstruktion und Art der für den Forstwegebau verwendeten Planiergeräte

2,1 Planierraupen

Das Planiergerät im mechanisierten Wege- und Straßenbau ist die Planierraupe (Schubraupe). Es sind dies starke Raupenschlepper, bei denen vorne, außerhalb der Auflagerbasis mittels zweier Längsträger eine gerade oder leicht nach innen gekrümmte Schar befestigt ist, welche mechanisch mittels Seilwinde oder mittels hydraulischer Pumpen gehoben und gesenkt werden kann und in jeder Lage feststellbar ist (Abb. 1). Die mittels Senkknieten auswechselbare

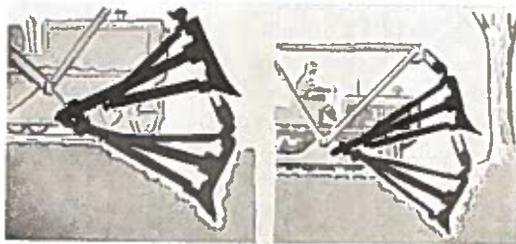


Abb. 1. Heben und Senken des Planierschildes mittels Seilwinde

Schneide an der Unterkante der Planierschaufel und die ebenso auswechselbaren Ecken bestehen aus Spezialstahl. Die Schneide kann nach vollkommener Abnutzung umgedreht und wieder verwendet werden. Die seitliche Querneigung ist meist verstellbar (Tiltdozer) (Abb. 2, 3). Mittels dieser Schar kann Erde abgeschürft und dadurch, daß das gewonnenene Material vor der Raupe hergeschoben wird,

weiterbefördert werden. Gleichzeitig findet durch ständiges Überfahren eine Verdichtung der angeschütteten Erdschichte statt.

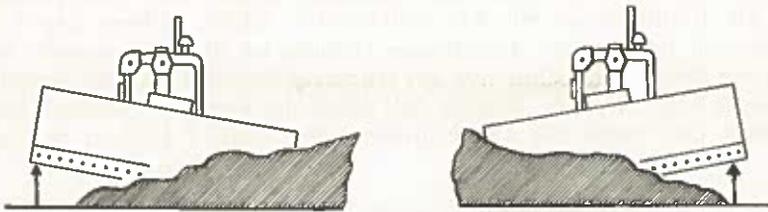


Abb. 2 und 3. Seitliches Querneigen des Planierschildes

Die hydraulische Bewegung der Planierschar (Abb. 4) ermöglicht es, durch Druck einen Teil des Gewichtes des Raupenschleppers auf die Schneide der Schaufel zu übertragen. Dadurch ist es leichter, Planierungsarbeiten mit einem Gerät mit hydrau-



Abb. 4. Angledozer Caterpillar D 7 mit hydraulischer Bewegung der Planierschar

lischer, als mit mechanischer Bewegung der Planierschar durchzuführen.

Bei Heben und Senken der Planierschar mittels Seilwinde (mechanische Bewegung der Planierschar), die entweder vor dem Kühler (Abb. 5) oder am rückwärtigen Ende des Raupenschleppers ange-

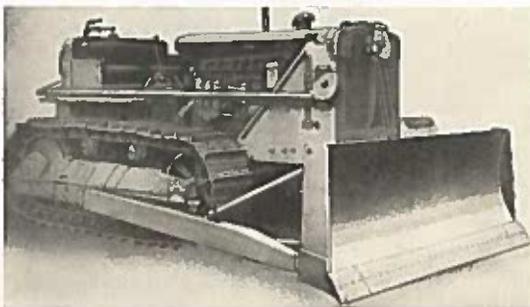


Abb. 5. Caterpillar-Bulldozer mit mechanischer Bewegung der Planierschar

bracht sein kann, ist es unmöglich, einen Teil des Gewichtes des Raupenschleppers auf die Schneide der Planierschar wirken zu lassen. Nur das Gewicht der Schaufel selbst und der Winkel, den die Planierschar mit der Senkrechten bildet, sichern das Eindringen in den Boden. Aus diesem Grunde ist die mechanische Betätigung der Planierschar nur bei stärkeren Geräten von der Größenklasse D 4 an möglich. Mittels Seil kann die Schaufel jedoch höher gehoben und tiefer als die Fahrebene der Raupen gesenkt werden.



Abb. 6. Bulldozer von Klückner-Humboldt-Deutz in Köln (Werkphoto Deutz)

Die mechanische Bewegung der Planierschar wird besonders bei erforderlichen Rodungen vorgezogen, da die Hydraulik bei diesen Arbeiten heiß wird und die Leistung dann sinkt. Planierraupen mit Betätigung der Räumerschar mittels Seilwinden erfordern besonders erfahrene Planierraupenfahrer. Auch ist der Seilverschleiß (etwa alle drei Wochen ein neues Seil) sehr groß.

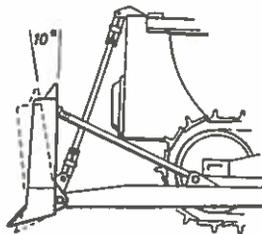


Abb. 7. Neigung des oberen Endes des Planierschar bei Bulldozern

Bei Raupen mit festem Querschilde (Bulldozern) (Abb. 6) kommt auch eine Neigung des oberen Endes des Blattes in Frage („Tip“), um sich den Bedingungen des zu bearbeitenden Bodens besser anpassen zu können (Abb. 7).

Der Gedanke, derartige Geräte zu bauen, stammt aus den Vereinigten Staaten. Heute werden Planiertrauben schon in vielen Staaten der Erde u. a. Deutschland, England, Frankreich, Italien, Japan und UdSSR erzeugt. Auch in Österreich wurde zum Raupenschlepper „Motormuli“ eine Planierschar gebaut.

Wesentlich für den Einsatz als Universalgerät im Forstwegbau ist die Verwendung von Geräten, bei denen die Planierschar nicht starr in einem Winkel von 90° zu den Befestigungsarmen steht (Bulldozer im engeren Sinn, Raupen mit festem Querschilde), sondern in verschiedenen Neigungen zur Längsachse des Raupenschleppers

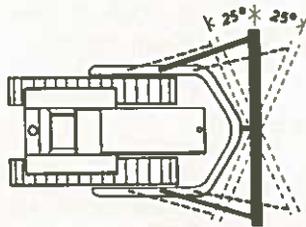


Abb. 8. Schwenkmöglichkeit des Planierschildes bei Angledozer (nach Caterpillar)

schiefgestellt werden kann (Abb. 8). Erst diese Bauart mit Schwenkschild (Angledozer), die natürlich auch mit umstellbarem Querschilde verwendet werden kann, ermöglicht den Anschnitt von Hängen und dadurch den selbständigen und wirtschaftlichen Bau von Wegen im Hügel- und Gebirgsland durch einzelne Geräte. Die Schaufel ist hier nicht so nahe an der Vorderseite des Raupenschleppers angebracht wie die eines Bulldozers, sie ist länger, jedoch weniger hoch.

Der geringere Abstand des Planierschildes von der Vorderseite des Raupenschleppers bei Raupen mit Querschilde („Bulldozer“) macht, da die Schwingungen der Planiertraube sich in geringerem Maße als bei Angledozer auswirken, derartige Geräte besser zu reinen Planierungsarbeiten geeignet als Raupen mit Schwenkschild, das senkrecht zur Längsachse gestellt wird. Das Querschilde kann nur längs fördern, das Schwenkschild längs und quer zur Fahrtrichtung Material bewegen. Die Schürfkraft je Längeneinheit ist bei gleicher Motorstärke bei der Traube mit kürzerem starrem Querschilde größer als bei dem längeren beweglichen Schwenkschild. Nach Angaben von G. Kühn beträgt der Unterschied 20—30 v. H. Auch die Kraft, mit welcher die Schaufel in den Boden gedrückt werden kann, sinkt beim weiter vorne abstehenden Schwenkschild gegenüber dem in geringerem Abstand vorgebauten Querschilde. Das Schwenkschild erfaßt andererseits beim Planieren durch seine größere Länge in einem Arbeitsgang eine größere Schürfbreite, ohne jedoch dieselben Massen gewinnen und transportieren zu können wie das Querschilde. Die Freilegung großer Steine u. ä., die Arbeit in hartem oder gefrorenem Boden kann nur mit Hilfe der vorstehenden Ecke der Planierschar von Angledozer, die seitlich verschwenkt werden kann, erfolgen.

Die Planierschaufeln von „Bulldozern“ weisen, um mehr Material transportieren zu können, oft seitliche Begrenzungsbleche auf und sind im Querschnitt weniger gekrümmt als jene von Angledofern. Ist die Trasse von Hangwegen durch Angledozer angerissen, können zur Nacharbeit allenfalls auch Bulldozer verwendet werden.

Man kann durch Vorstellen entweder des einen oder anderen Schaufelendes Erde bei gleicher Fahrtrichtung entweder auf die eine oder andere Seite bewegen, was ein Vorteil dieser Geräte ist.

Der Anbau von Motorseilwinden am Heck der Planierraupen sichert diese im Einsatz (Herausziehen aus versumpftem Gelände) und schafft ein erwünschtes Gegengewicht gegen die besonders bei Angledofern leicht auftretende Kopflastigkeit. Bei steiler Arbeit bergauf sind besonders schwere Winden von Nachteil.

2,2 Schaufellader

Es sind dies Raupen, bei denen statt einer Planierschar vorne eine Stahlmulde, die oft mit Aufreißzähnen versehen ist, angebracht ist. Diese kann mechanisch durch Seile (z. B. Traxcavator) oder hydraulisch gesenkt und höher als bei beiden früher erwähnten Planierraupen gehoben werden (Abb. 9).

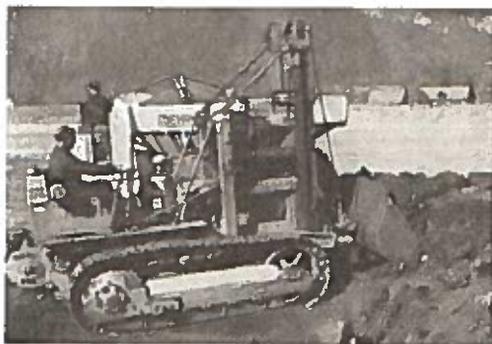


Abb. 9. Caterpillar-Traxcavator T 4 mit mechanischem Hub der Schaufel mittels Seilzug

Mittels Schaufellader kann gewonnenes Erdmaterial ohne Verluste beim Transport mit gehobener Schaufel transportiert oder auch auf Fahrzeuge verladen werden. Schaufellader können im Gegensatz zu den erwähnten Planierraupen auch Baugruben mit senkrechten Seitenwänden ausheben, wenn eine seitliche Auffahrtsrampe angelegt wird, über welche das Gerät mit hochohobener Schaufel herausfahren kann. Sie werden wegen ihres verhältnismäßig nicht sehr häufigen Einsatzes im forstlichen Wegebau, wenigstens unter den in Österreich gegebenen Verhältnissen, im Rahmen dieser Ausführungen nicht näher behandelt.

2,3 Grader (Straßenhobel, Erdhobel)

Es sind dies Radplaniergeräte mit großem Achsstand, meist mit Luftgummibereifung, die entweder von einem Raupenschlepper, seltener von einer anderen Zugmaschine gezogen werden (Anhängengeräte) (Abb. 10) oder selbstfahrbar sind (Motorgrader)



Abb. 10. Gezogener Grader deutscher Herkunft

(Abb. 11) und deren innerhalb der Auflagebasis angebrachte Schaufel allseitig verschwenkbar ist, so daß auch Böschungen damit hergestellt werden können. Da die Schaufel sich zwischen den beiden Radachsen befindet, da außerdem die Schürfkraft dieser Geräte geringer als bei Planiertrauben ist, kommt in hügeligem und bergigem Gelände nur eine



Abb. 11. Motorgrader Caterpillar Nr. 12 beim seitlichen Wegräumen des bei der Abböschung auf das Wegplanum gefallenen Erdmaterials. Wegbau Fusch-Roßkogel, Müritzal
(Lichtbild: Fukarek)

Verwendung dieser Geräte zu Feinplanierungsarbeiten und zur Herstellung der Böschung in Betracht. Der Einfluß der Schwankungen des Fahrzeuges auf das Schild ist durch Lage desselben innerhalb der Auflagebasis im Gegensatz zu den Planiertrauben, wo dieser Einfluß durch Lage des Schildes außerhalb der Auflagebasis vergrößert wird, abgeschwächt. In ebenem Gelände werden sie auch für den Bau des Wegkörpers selbst und der seitlichen Wassergräben eingesetzt. Außer-

dem ist eine vielseitige Verwendungsmöglichkeit als Mischgerät im forstlichen Erdstraßenbau gegeben.

Im Rahmen dieser Ausführungen wird nur die Verwendung zur Herstellung der Böschungen und zur Feinplanierung im Wegebau im Hügelland und Gebirge behandelt.

Sowohl bei Planierraupen als auch bei Schaufelladern und Gradern handelt es sich vorwiegend um die Durchführung von Erdbewegungen, sei es durch Verschieben von Material oder Gewinnen und Laden. Transporte erfolgen bei allen diesen Geräten nur mit verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit auf kurze Entfernungen.

3. Art der gebräuchlichen Gewinnungsmethoden

Es kommen beim Forstwegebau bei der Verwendung von Planierraupen vor allem zwei Gewinnungsmethoden in Anwendung: Der **Seitenbau** und der **Lagenbau**.



Abb. 12. Hanganschnitt (Seitenbau) durch Planiererraupen

3,1 Seitenbau (Abb. 12)

Bei diesem werden von der Planiererraupen durch Schiefstellen der Planierschar Hänge so angeschnitten, daß das gelockerte Material seitlich talwärts entlang der Schaufel abfließt. Bei tiefer werdenden Anschnitten wird besonders bei der Verwendung kleinerer Maschinentypen (z. B. Caterpillar D 4) zum Bearbeiten der oberen Böschungspartien eine Rampe aus gelockertem Erdmaterial geschüttet, auf welche die Raupen auffährt. Seitenbau, bei dem das gewonnene Material auf Entfernungen von höchstens 20 m bei Forstwegbauten quer verschoben wird, wird bei allen Hanganschnitten angewandt und kann nur von Geräten mit zur Längsachse der Planiererraupen schief verstellbarer Schar (Schwenschild = Angledozer), nicht jedoch von Planierraupen mit starrer, senkrecht zur Raupenachse stehender Planierschar (Querschield = Bulldozer) angewandt werden.

Beim Seitenbau am meisten beansprucht werden die Schaufel-ecken, weshalb auf deren Materialgüte besonders geachtet werden muß.

Zur Beibehaltung der Leistungsfähigkeit muß das Schneidmesser nach erfolgter Abnützung zur richtigen Zeit ausgewechselt werden.

Bei den Schneideecken ist Hartmetall mittels elektrischer Schweißung aufzubringen. Transportentfernungen über 20 m kommen im Seitenbau kaum vor, weshalb mit einheitlichen Kostensätzen gerechnet werden kann. Bei besonders breiten Anschnitten erfolgt *s t u f e n f ö r m i g e r* *A b b a u*. Die letzte Feinplanierung erfolgt dadurch, daß man die Schaufel auf dem Boden in freier Stellung im Rückwärtsgang schleifen läßt. Bei Feinplanieren im Vorwärtsgang wird immer etwas Material mit der Schaufel mitgeführt, das zum Zuschütten von Löchern verwendet werden kann. Auch *G r a d e r* arbeiten nach der Methode des Seitenbaues.

Arbeitsregeln für die Durchführung des Seitenbaues bei der Anlage von Hangwegen mittels Planierraupe

Es können bei der Arbeit mit der Planierraupe drei Arbeitsphasen unterschieden werden:

1. Anreißen der Trasse. Die angerissene Trasse ist immer gleich breit und zwar mit Schüttung ungefähr 3.— m. Das gewonnene Material wird nur seitlich abgelagert und nie in der Richtung des Weges verschoben.
2. Verbreiterung des Planums.
Diese Phase erfordert je nach den örtlichen Verhältnissen die meisten Arbeitsgänge. Es erfolgt in der Regel die Herstellung einer Gesamtbreite des Wegplanums von 4.— m, wenn erforderlich mehr. In dieser Phase kann ein gewisser Massenausgleich erfolgen.
3. Feinplanierung.
Wenn die Böschung durch Handarbeit hergestellt wird, gleichzeitig Wegräumen des durch die Herstellung der Böschung auf dem Planum liegenden Materials. Die Feinplanierung erfordert meist nur zwei Arbeitsgänge. Von diesen wird der zweite Arbeitsgang bei Rückwärtsfahrt der Raupe und Streifen der locker gehaltenen Planierschar auf dem Boden ausgeführt.

Bei erforderlicher Arbeit in Steigung wird nur die 1. Arbeitsphase zur Schaffung einer Standfläche für die Planierraupe in Bergaufarbeit der Planierraupe durchgeführt, die Phasen 2 und 3 stets in Arbeit bergab.

Bei Verwendung von kleineren Maschinen bis zur Größenklasse Cat D 4 (43—48 H.P.) muß bei hohen bergseitigen Böschungen eine Auffahrtsrampe aus geschüttetem Boden angelegt werden, um die oberen Teile der Böschung bearbeiten zu können.

Vorsichtiges Untergraben an der bergseitigen Böschung erleichtert die Arbeit, besonders bei der Verwendung schwächerer Maschinentypen. Es soll nur durch *s p i t z w i n k e l i g e s* Anfahren zur Böschung das Material gelockert werden, nie jedoch senkrecht zur Böschung mit der Schaufel gedrückt werden. Bei flachen Hängen muß der Oberboden durch Abschieben mittels Planierraupen bei Fahrt derselben vor Beginn des Seitenbaues entfernt werden (Abb. 14). Je steiler der Hang ist, umso mehr rollt das gewonnene Material, auch

Wurzelstöcke, die anfallen, von selbst ab. Wurzelstöcke bleiben in diesem Fall nicht in der Schüttung liegen und müssen durch die Planier-
raupe auf genügende Entfernung seitwärts verschoben werden. Bei
unter das Planum reichenden großen Steinen ist bei Geräten mit
mechanischem Heben und Senken der Planierschaufel mittels Seilen
die Gefahr des Überspringens dieser Hindernisse gegeben, was bei
hydraulisch heb- und senkbarer Planierschar nicht gegeben ist. Grö-
ßere Felsbrocken werden am besten durch die Ecken des Planierschil-
des bei seitlich geneigter Schar aus dem Planum entfernt. Durch Aus-
graben in den Untergrund reichender Steine und Wurzelstöcke, welche
nur flach in der talseitigen Anschüttung liegen, entsteht über die
profilmäßig vorgesehene Arbeit zusätzliche Erdarbeit. Ist der Boden
stark felsig, so kann die Vorsprengung der Trasse in der Regel nicht
so ausreichend erfolgen, daß nach der ersten Arbeit der Planier-
raupe nicht teilweise starke Gesteinsriegel zurückbleiben würden. Diese müs-
sen vor erfolgreicher Feinplanierung weggesprengt werden. Dabei kann
neben Sprengung mit Hilfe der Anlage von Bohrlöchern, meist durch
von Kompressoren betriebene Preßluftgeräte, auch die Verwendung
von Auflagesprengstoff (z. B. Inirhex) in Frage kommen. Auflage-
sprengungen können auch im felsigen Baugelände zur Vermeidung
unproduktiver Stehzeiten der Planier-
raupen mit gutem Erfolg ange-
wandt werden. Je flacher die Quer-
neigung eines Hanges ist, umso
ungünstiger ist die Arbeit bei
Vorhandensein von Felsen und
Baum-
stöcken, da Untergraben nicht
möglich ist. Wird der Widerstand
an der
Planierschar durch eine zu große
Schürftiefe zu stark, soll diese
soweit
gehoben werden, bis die Kraft der
Maschine ausreicht. Bei geringer
Hangquerneigung fehlt gesunder
Boden zum Anschütten der talseitigen
Schüttungen.

R u t s c h h ä n g e sollen nicht zu stark angeschnitten werden. Tre-
ten in Hängen unvorhergesehene Rutschungen auf, darf der Hangfuß,
wazu die geringen Kosten der Erdarbeit beim Bau mit Planier-
raupen besonders verleiten können, nicht weiter angegraben werden, sondern
sind sowohl talseitig, als auch, wenn erforderlich, bergseitig als Stüt-
zung Mauern oder Holzschlachten zu errichten.

Ebenso soll in sehr steilen Hängen, wenn Wert auf die Ver-
meidung von Schäden im darunter liegenden Gelände durch hinunter-
rollendes Material gelegt wird oder wenn durch zu große Erd- und
Felsbewegungen die Hänge zu sehr angerissen werden, bzw. wenn
dadurch zu große Baukosten erwachsen, die Trasse nicht, wie sonst
oft in diesen Fällen, völlig auf gewachsenen Boden gelegt werden.
Es werden talseitig Steinpackungen oder kleinere Stützmauern an-
gewandt.

Bei Anlage größerer Dämme, z. B. in Mulden, ist es günstig, wenn
durch die Maschine talseits eine Stufe (Berme) als Stütze für den
Dammfuß angelegt wird.

3,2 L a g e n b a u (Abb. 13)

Als L a g e n b a u wird die schichtenweise Abschälung ganzer Erd-
lagen und ihr Transport in der Regel in der Richtung

der Wegachse zu Orten verstanden, an welchen die Deponierung erfolgt. Die Transportentfernungen sind im Durchschnitt bedeutend größere als beim Seitenbau. Auch spielt der Einfluß der Auflockerung des verschobenen Materials auf das Fassungsvermögen des Planierschildes, das bei Geräten, welche ausschließlich für den Lagenbau verwendet werden, seitliche Haltebleche aufweist (Abb. 6) eine bedeutend größere Rolle als beim Seitenbau. Mit zunehmender Transport-



Abb. 13. Abschieben des Oberbodens vor Baubeginn in flachen Hängen

entfernung wachsen die Verluste des transportierten Materials durch seitliches Verlieren, so daß höchstens Transportentfernungen bis 50 m noch irgendwie wirtschaftlich in Betracht kommen können. Die Feinplanierung der Rohtrasse und die Schüttung von Dämmen bei der Überquerung von Mulden findet auch bei der Anlage von Hangwegen im Lagenbau statt. Im übrigen ist diese Bauweise auf nicht zu steiles, annähernd ebenes oder wellenförmiges Gelände zur Anlage von Einschnitten und Schüttung von Dämmen beschränkt. Falls Grader mit einem vor der ersten Achse angeordneten Raumschild versehen werden, sind sie geeignet, leichte Erdbewegungen in Form des Lagenbaues durchzuführen.



Abb. 14. Schichtweises Abschälen ganzer Erdlagen und Verschieben derselben zu den Orten ihrer Deponierung (Lagenbau)

Bei flach geneigten Hängen kann das Abschürfen des Oberbodens, der als Baumaterial für Dämme ungeeignet ist, auch von oben nach unten ungefähr im rechten Winkel zur Achse des geplanten Weges in einer Art Lagenbau erfolgen, bevor der eigentliche Wegebau in der Arbeitsweise des Seitenbaues beginnt (Abb. 14).

3,3 Der Kopfbau (Abb. 15)

Bei dieser Baumethode, welche besonders für Einschnitte, aber um 90 Grad gedreht, auch für breite Anschnitte in Anwendung kommen kann, wird die Sohle schon in endgültiger künftiger Höhe vorgetrieben. Zur Abfuhr des Materials werden oft auf Geleisen fahrende Kipploren



Abb. 15. Herstellung eines Querprofils nach der ganzen Fläche im Kopfbau durch einen Löffelbagger bei Beladung des gewonnenen Materials auf einen selbstfahrbaren luftgummi-bereiften Kipper

verwendet, welche von Schaufelladern oder Baggern beladen werden können. Die Verwendung von Planierraupen ist bei dieser Methode nicht möglich.

4. Leistung und Kosten von Planierraupen beim Forstwegebau

4,1 Allgemeines

Die Leistung wird, wie die praktische Arbeit ergibt, von folgenden Faktoren beeinflusst: von der Bodenart, der Größe der je Längeneinheit (m) zu leistenden Massenbewegung, von der Art des Bewuchses und vom Maß der erfolgten Vorsprengung von Fels bzw. Vorlockerung von Wurzelstöcken, von dem Umstand, ob die Arbeit im Gefälle oder in der Steigung durchgeführt wird, von der Transportentfernung für das zu bewegende Erdmaterial, vom Einfluß der Witterung, von der Art der verwendeten Planierraupen und der Seehöhe, in welcher die Arbeit geleistet wird.

Die Kosten hängen vom Aufwand für Zu- und allenfalls Abtransport der erforderlichen Geräte, vom Aufwand für Betrieb, Amortisation, Verzinsung und Erhaltung dieser Geräte selbst, von allgemeinen Unkosten, welche mit dem Einsatz derartiger Baugeräte überhaupt zusammenhängen, von Risiko- und Gewinnzuschlägen für allfällige Leihgeräte und in sehr wesentlichem Maße von der Organisation der Arbeit ab.

Sowohl auf die Größe der erzielten Leistung als auch auf die Höhe der je Einheit des bewegten Materials erwachsenden Kosten ist die

nicht meßbare und in Zahlen erfaßbare menschliche Leistung von ausschlaggebender Bedeutung.

4,2 Untersuchungen der Grundlagen für die Leistungsfähigkeit von Planiertraupen

4,21 Bodenart

4,211 Allgemeines

Es wurden zu diesem Zweck nach dem Grad der Schwierigkeit der Arbeit folgende Bodenarten unterschieden:

Tabelle I

- I: Reiner Sand und Kies, Humusdecke, Ackererde, Gartenerde (loser Boden).
- II: Schwach lehmiger Sand (geringer Zusammenhang, Stichboden leicht).
- III: Weicher oder sandiger Lehm (Mittlerer Zusammenhang, Stichboden schwer).
- IV: Fester Lehm oder Ton, fetter Mergel (Hackboden, normal).
- V: Lockerer verwitterter Fels in groben Blöcken oder von Lassen durchzogen (Hackboden, schwer).
- VI: Gewachsener Fels, teilweise lassig.

Diese Einteilung der Böden entspricht den Bodenklassen IV bis II a nach Din 4220 (siehe Tabelle II, folgende Seite).

4,212 Abhängigkeit der Leistung von der Stärke der Planiertraupen

Je kürzer das Raupenfahrzeug und je weiter im Verhältnis auskragend das Planierschild angebracht ist, umso schwieriger ist die Planierarbeit, besonders die Herstellung eines Feinplanums. Je länger die Raupenaufgabe im Verhältnis zum Auskragen des Schildes, eine umso bessere Eignung ist für die Verwendung als Planiergerät gegeben. Es ist eine durch die Erfahrungen beim Wegebau immer wieder bestätigte Tatsache, daß mit verhältnismäßig kurzen Planiertraupen geringer Stärke von der Größenordnung Caterpillar D 2 und D 4 die Herstellung eines im Gefälle ausgeglichenen Planums schwieriger ist, als mit Planiertraupen größerer Stärke (z. B. Caterpillar D 6, D 7 und Allis Chalmers HD 9).

Es ist ferner offensichtlich, daß die Gruppen I—IV ohne besondere Vorbereitungsarbeiten auch von Maschinen geringer Stärke, etwa vom Type Caterpillar D 2 und D 4 (32 bzw. 38 H.P. und 43 bzw. 48 H.P., siehe Tabelle III) bearbeitet werden können, während bei den Gruppen V und VI Vorlockerungen durch Sprengungen erforderlich sind, die umso umfangreicher sein müssen, je schwächer der Typ der verwendeten Planiertraupe ist. Diese erforderlichen Vorbereitungsarbeiten können bei schwächeren Maschinen größere Stehzeiten (Sprengpau-

Tabelle II

Bodenbezeichnung und Bodenkartierung für Landeskulturbau
Din 4220

Klasse	Benennung	Beschreibung	Lösegeräte
I a	schwerer Schießfels	gesund. Granit, Syenit, Porphy	Bohren, Sprengen
I b	gewöhnlicher Schießfels	Sand- u. Kalkstein, fester Schiefer, stark zerklüftete Gesteine	teilweise Brechstange, teilweise Bohren und Schießen
II a	Hackfels	Brüchiger Schiefer, weicher Sand- oder Kalkstein, Kreide	Spitzhacke, Brechstangen, Keile, Preßluftmeißel
II b	schwerer Hackboden	sehr fester Lehm, Ton od. Mergel, steiniger od. kiesiger, fester Lehm, Ton od. Mergel; festes, grobes Geröll, loser verwitterter Fels in groben Stücken	Spitzhacke (Kreuzhacke), (Keile)
II c	gewöhnlicher Hackboden	fester Lehm, Ton od. Mergel; bindiger, grober Kies od. Geröll	Breit- od. Spitzhacke
III a	schwerer Stichboden	weicher, sandiger Lehm od. Ton; grober, loser Kies; grobes, loses Geröll; Torf mit größeren Holzeinschlüssen	Leichte Hack- od. schwere Spatenarbeit
III b	gewöhnlicher Stichboden	schwach lehmiger Sand od. Kies, feuchter Sand od. Kies; Löß, sehr weicher Lehm od. Ton od. Schlick od. Klei, Torf, zäher Schlamm	leichte Spatenarbeit oder erschwerte Schaufelarbeit
IV	loser Boden	Dünensand; humose leichte Acker od. Gartenkrume; ganz loser Flußsand od. Grubensand; weicher nicht zäher Schlamm	Schaufel
V	schwimmender Boden	unentwässertes, sehr weiches Moor; im Grund Wasser liegend; feiner Schluff; halbfüßiger Schlamm	Sackbagger, Bagger-schaufel, Schlamm-pumpen

sen) im Laufe der Durchführung der Arbeit zur Folge haben, als bei stärkeren Planiertraupen. Im entgegengesetzten Sinne wirken jedoch die geringeren Kosten unvermeidlicher Stehzeiten bei schwächeren als bei stärkeren Maschinen (siehe Tabelle XXVII: Stundensätze für verschiedene Typen von Planiertraupen und deren Kosten je Betriebsstunde), auch wenn diese zu einem Teil der Kosten der Arbeitsstunde verrechnet werden.

Modell	Spur in m u. ungef. Gewicht in kg	HP	
		Am	Schwunrad
D7 (Std.)	1.88 - 11,399		93
D7 (Opt.)	1.88 - 11,399		93
D6 (Std.)	1.88 - 7,808 - 1.52 - 7,586		?
D6 (Opt.)	1.88 - 7,808 - 1.52 - 7,586		?
D4	1.52 - 4,672 - 1.12 - 4,565		4
D2	1.27 - 3,116 - 1.02 - 3,044		?

1 HP = 1.014 PS (Pferdekraft, metrisch)
1 PS = 0.9863 HP (Horsepower)

Teil

Modellnummer
Type
Schlepper Modell
Größte Längen (Schlepper und Schar)
Länge mit gerader Schar, mm
Länge mit geschwenkter Schar, mm
Breite mit gerader Schar, mm
Breite mit befestigtem „C“ Rahnahmen), mm
Höhe, gleich wie Schlepper
Planierschar:
Länge, mm
Höhe, mm
Max. Hubhöhe über Boden, g(schild) mm
Max. Hubhöhe über Boden, Schar nicht geneigt, mm
Max. Senktiefe unter Boden, mm
Hubgeschwindigkeit, m/sec
Schleppergeschwindigkeit, m/sec
Schwenkwinkel des Schildes, °
Schneidekanten:
Mittelsektion:
Länge, mm
Breite, mm
Stärke, mm
Endstücke:
Länge, mm
Breite, mm
Stärke, mm
Zylinder, doppelt arbeitend, l
Schar + A-Rahmen
Max. verwendbare Raupenketten
Gewicht (ca.) kg

Tabelle VI
Technische Daten zu den verwendeten Anbauseilwinden

Bauart	Towing Winch (Schleppwinde)			
	Typen			
Dimensionen der Seiltrommel:	D 7 N	D 6 N	D 4 N	D 2 N
Durchmesser der Trommel cm	33,0	25,4	20,3	15,2
Länge der Trommel cm	35,5	30,4	35,5	35,2
Seilfassungsvermögen m:				
25 mm ϕ	88	—	—	—
22 mm ϕ	114	94	—	—
19 mm ϕ	—	127	103	93
15 mm ϕ	—	—	149	134
Seilzug-Kräfte, kg:				
Leere Trommel	15649	12247	7720	6078
Volle Trommel	10432	6804	4156	2903
Seilgeschwindigkeiten m/min:				
Leere Trommel	27,1	28,0	27,7	28
Volle Trommel	40,5	49,0	51,5	60
Nettogewicht, ohne Seil kg:	1077	741	594	421

Tabelle VII

Daten zum Raupenschlepper Allis Chalmers, Type HD 9

Leistung am Zughaken 72 HP, an der Riemenscheibe 84 HP

Geschwindigkeiten km/St in den verschiedenen Gängen.

Vorwärtsgänge: 1.: 2.3; 2.: 3.4; 3.: 4.7; 4.: 6.7; 5.: 7.1; 6.: 9.2.

Rückwärtsgänge: 1.: 2.6; 2.: 5.6; 3.: 7.1.

Zugkräfte am Haken (reduz. auf Meereshöhe und eine Temperatur von 15° C)

Vorwärtsgänge: 1.: 8632 kg; 2.: 5552 kg; 3.: 3942 kg; 4.: 2989 kg;
5.: 2454 kg; 6.: 1778 kg.

Raupen:

Abstand von Raupenmitte zur Raupenmitte	1.88 m (74")
Länge der Auflagefläche	2.18 m
Auflagefläche bei Standard-Raupenplatten	17703 cm ²
Breite der Standard-Raupenplatten	40.6 cm
Bodendruck	0.48 kg/cm ²

Dimensionen		Gewicht	
Länge	3.81 m	Verschiffungsgewicht	
Höhe	1.85 m	rd. 8528 kg	
Breite	2.41 m		
Bodenfreiheit	33.8 cm		

Tabelle VIII

Technische Daten zum Gradebuilder (Angledozer) Modell Baker zum Raupenschlepper Allis Chalmers HD 9

Gewicht rd.	2295 kg	Hub über Boden	1016 mm
Gesamtlänge einschl. Traktor	4763 mm	Grabtiefe unter Niveau	330 mm
Länge des Schildes	3505 mm	Größte Laufplattenbreite	559 mm
Höhe des Schildes	864 mm	Schrägstellung des Schildes	65°
Schürfkante	16 × 203 mm	Vertikale Verstellbarkeit am Schildende	254 mm

Tabelle IX

Technische Daten zur Carco-Winde, Modell F, des bei den Versuchen benützten Allis Chalmers Raupenschleppers HD 9

Seilgeschwindigkeiten bei langsamem Gang:

Seil läuft von oben auf

leere Trommel	19.5 m/min
volle Trommel	38.4 m/min

Seil läuft von unten auf

leere Trommel	25.0 m/min
volle Trommel	49.4 m/min

Entwickelte Zugkräfte

(bei 84 PS an der Riemenscheibe und 1600 U/min)

Seil von oben auflaufend

bei leerer Trommel	13380 kg bei 28.35 m/min
bei voller Trommel	6895 kg bei 55.47 m/min

Seil von unten auflaufend

bei leerer Trommel
bei voller Trommel

10523 kg bei 36.27 m/min
5321 kg bei 71.63 m/min

Seiltrommel-Abmessungen

Trommeldurchmesser	203 mm
Flanschdurchmesser	356 mm
Trommellänge	359 mm

Seilfassungsvermögen (errechnete Werte, lockeres oder ungleichmäßiges Spulen muß berücksichtigt werden)

7/8" Drahtseil (22.2 mm)	96 m	5/8" Drahtseil (16.0 mm)	187 m
3/4" Drahtseil (19.0 mm)	130 m	1/2" Drahtseil (12.7 mm)	294 m

Höhe vom Boden bis zur Seiltrommelachse 1035 mm

Gewicht: Arbeitsgewicht 662 kg

4,213 Abhängigkeit der Leistung von der Bodenart bei gleichbleibender Maschinenstärke

Der Einfluß der Bodenart äußert sich bei den Gruppen I—IV in der Auflockerung (Tabelle X) und in einem dadurch bedingten, geringeren Fassungsvermögen der Schar bzw. Ladeschaufel (Tabellen XI und XII), die nach amerikanischen Leistungsuntersuchungen (Tabelle XIV) eine ausschlaggebende Rolle spielen. Beim Forstwegebau, wo das Fassungsvermögen der Schar nur bei einem geringen Teil der Arbeitsgänge ausgenutzt wird, spielt der Widerstand, welcher der Verschiebung entgegengesetzt wird, eine viel größere Rolle, als das Maß der Auflockerung. Bei den Gruppen V und VI tritt der Einfluß der hier besonders großen Auflockerung und in geringerem Maße auch der Widerstand gegen die Verschiebung des vorgesprenkten Materials (genügend starke Maschinentypen vorausgesetzt) zurück gegen den überragenden und den Fortgang der Arbeit entscheidend beeinflussenden Faktor, den eine entsprechende Vorbereitung der Arbeit durch genügende Vorsprengung und dadurch bedingte Vermeidung von Stehzeiten auf die Größe der Leistung ausübt. Ein Beispiel hierfür bietet die Räumung bis zu 900 m³ durch Sprengung gewonnenen Kalkfelsmaterials in einem Arbeitstage bei Forstwegebauten in reinem Fels im Bereiche der Staatsforstverwaltung Reichraming durch je eine Planierdraupe Caterpillar R 4 und Caterpillar D 6 bei geeigneter Vorbereitung des Baues. Bei den Bodengruppen V und VI, welche im Forstwegebau in schwierigem Gebirgsgelände eine immer größere Rolle spielen, ist die Größe der erzielten Leistung in viel geringerem Maße von der Schwierigkeit der zu leistenden Arbeit und von der Größe der Auflockerung als in erster Linie von der Organisation, der Art und dem Umfange der geleisteten Vorbereitungsarbeiten, besonders von Vorsprengungen abhängig. Dies geht aus den Statistiken

aller Arbeiten mit großem Felsanteil bei ungenügender Vorsprengung hervor. Während in der Regel die Uhrstunden der Maschinenuhr 75 bis 85% der Arbeitszeitstunden ausmachen, sinkt bei ungenügender Vorsprengung durch Stehzeiten dieses Verhältnis auf 45—50%.

Am schwierigsten ist neben der Arbeit in vernünftigem Gelände der Anschnitt von Trassen in groben Steinhalden mit großen Steinblöcken bei nicht genügender Erde, um die Hohlräume zwischen diesen Blöcken ausfüllen zu können.

Die **A u f l o c k e r u n g** spielt jedoch eine bedeutende Rolle bei Gewinnungsmethoden, bei welchen Fördergefäße verwendet werden, wie z. B. bei Scrapern, Ladeschauflern und Baggern. Auf diese Geräte wird jedoch im Rahmen dieser Untersuchungen nicht näher eingegangen.

T a b e l l e X

Auflockerung in % für verschiedene Bodenarten (nach Caterpillar)

Reiner Sand, Kies	5 — 15
Oberboden	11 — 20
Lehm	17½ (sandig) bis 25 (lehmig)
Gewöhnliche Erde	24 — 35
Lehm mit Sand und Kies	30 — 45
Lehm, leicht	35 — 55
Lehm, hart, zäh	42 (hart, klumpig) bis 62 (mit Felsbrocken oder Wurzeln durch- setzt)
Schiefer und weicher Fels	50 — 73
Harter Fels	56 (durch Sprengung gut zerkleinert) bis 98 (nach Sprengung in großen Brocken)

T a b e l l e X I

**Beeinflußung der Kapazität von Materialtransporten durch
Auflockerung des Materials bei der Gewinnung**

Auflockerung %	Ladefaktor	Gegenüber dem gewach- senen Boden wird weni- ger transportiert %
5	0.952	4.8
10	0.909	9.1
15	0.870	13.0
20	0.833	16.7
25	0.800	20.0
30	0.769	23.1
35	0.741	25.9

Auflockerung %	Ladefaktor	Gegenüber dem gewachsenen Boden wird weniger transportiert %
40	0.714	28.6
45	0.690	31.0
50	0.667	33.3
55	0.645	35.5
60	0.625	37.5
65	0.606	39.4
70	0.588	41.2
75	0.571	42.9
80	0.556	44.4
85	0.541	45.9
90	0.526	47.4
95	0.513	48.7
100	0.500	50.0

Tabelle XII

Faustregeln für die Feststellung der Ladekapazität für Schaufellader (nach Caterpillar)

Multipliziere das Fassungsvermögen (gehäufte LademuLde) mit 0.90 für Sand, mit 0.70 für Lehm und mit 0.60 für Fels.

Tabelle XIII

Kraftschlußbeiwert (Adhäsionswert)

(nach Kühn unter Benützung von Angaben von Le Tourneau und Caterpillar)

Fahrbahnbeschaffenheit	Reifen	Raupen
Grasnarbe, erdfeucht	0.55	0.90
Grasnarbe, feucht	0.35	0.70
Grasnarbe, durchnäßt	0.25	0.65
Sandiger Lehm, trocken	0.45	0.55
Sandiger Lehm, erdfeucht	0.50	0.70
Sandiger Lehm, naß	0.45	0.65
Mittlerer Lehm und Ton, trocken	0.55	0.60
Mittlerer Lehm und Ton, erdfeucht	0.55	0.80
Mittlerer Lehm und Ton, naß	0.40	0.55
Fetter Lehm und Ton, trocken	0.55	0.55
Fetter Lehm und Ton, erdfeucht	0.55	0.90
Fetter Lehm und Ton, naß	0.30	0.55

Fahrbahnbeschaffenheit	Reifen	Raupen
Mutterboden, trocken	0.40	0.60
Mutterboden, erdfeucht	0.50	0.70
Mutterboden, naß	0.30	0.35
Kiesweg, fest	0.35	0.30
Kiesweg, locker, zerfahren	0.30	0.25
Sandweg, fest, erdfeucht	0.30	0.30
Sandweg, locker, trocken	0.20	0.25
Beton, trocken, rau	1.00	0.45
Beton, trocken, glatt	0.75	0.45
Beton, naß, rau	0.40	0.45

4,214 Bedeutung der Witterung bei verschiedenen Bodenarten für das Maß der erzielbaren Leistung

Das Wetter, besonders Regen und Schnee, beeinflusst neben der Leistungsfähigkeit des Planierdraupenfahrers, wenn dieser nicht durch ein Führerhaus vor den Unbilden der Witterung geschützt ist, durch Glätte der Bahn die Ausnutzung der Motorleistung (s. Tabelle XIII) und teilweise den Widerstand, den das zu verschiebende Material seiner Bewegung entgegengesetzt.

Stark beeinträchtigt wird bei anhaltendem Regenwetter die Leistung in allen lehm- und tonhaltigen Böden. Dies kann soweit führen, daß die Arbeit in diesen Böden bei länger andauerndem nassem Wetter überhaupt eingestellt werden muß. Der nachteilige Einfluß besteht besonders in der Bildung tiefer Geleise unter den Raupen, wodurch die Planierdraupen in der Mitte aufsitzen können und im Haften des Erdmaterials an der Schar, wodurch eine vollständige Entleerung derselben nicht mehr möglich ist. Radplaniergeräte (Motorgrader) müssen schon bei kurzen Regenfällen die Arbeit einstellen, da nicht mehr die genügende Haftreibung zwischen Rad und Fahrbahn, die „schmiert“, gegeben ist. Aus demselben Grunde ist die Arbeit an auch bei trockenem Wetter feuchten Stellen mit Motorgradern überhaupt undurchführbar und müssen diese Arbeiten (z. B. Herstellung von Böschungen) händisch durchgeführt werden.

Bei tieferen Anschnitten kann man auch nach längeren Regenfällen in trockenem Material arbeiten, während flache An- oder Einschnitte nur die durchnäßte obere Bodenschichte berühren und daher nach längeren Regenfällen schwieriger zu bearbeiten sind.

Neben der Feuchtigkeit hat Frost einen entscheidenden Einfluß auf die Größe der erzielbaren Leistung. Abgesehen davon, daß auf geneigten Flächen bei Frost die Fahrsicherheit der Raupen, besonders bei Raupenplatten mit glattem Steg, beeinträchtigt wird und seitliches Abrutschen vor allem auf Wiesenflächen auch schon bei geringen Neigungen derselben erfolgen kann (Abb. 16), wird der Boden härter und die Bodenbearbeitung daher schwieriger.

Bei für die Arbeit ungünstigem Wetter kann nur mit einem Teil der unter idealen Wetterbedingungen erzielbaren Leistung gerechnet werden.



Abb. 16. Seitlich auf einer gefrorenen Wiesenfläche abgerutschte Planierraupe Caterpillar D 6 mit glattem Steg der Raupenplatten

Die Verluste sind jedoch zahlenmäßig im vorhinein nicht erfaßbar, rechtfertigen jedoch einen gewissen Abschlag bei dem Rückschluß auf Durchschnittsleistungen von unter günstigen Verhältnissen gemessenen Leistungsdaten.

4,22 Abhängigkeit der Leistung von der Größe der je Längeneinheit zu leistenden Massenbewegung

Es ist offensichtlich, daß die Anwendung der Planiergeräte bei großflächigen Arbeiten mit großen Massenbewegungen und verhältnismäßig geringerem Anteil der Feinarbeit wirtschaftlicher sein muß als bei den verhältnismäßig geringeren Massenbewegungen mit größerem Anteil der Feinarbeit, wie sie im Forstwegebau gegeben sind. Dieser Umstand ist auch der Hauptgrund dafür, daß bei großflächigen Arbeiten unter günstigen Verhältnissen gewonnene Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die viel beengteren Verhältnisse beim Forstwegebau übertragen werden können. Eine Kalkulation ohne Rücksicht auf die Größe der je Längeneinheit zu leistenden Massenbewegung würde bei der Verfassung von Kostenvoranschlägen zu unbrauchbaren Ergebnissen führen.

4,23 Transportentfernung für bewegtes Material

Der Einfluß der Transportentfernung für bewegtes Material, so bedeutend er an und für sich für die Leistung ist (siehe Tabelle XIV, Abb. 17 bis 19) spielt dagegen im Forstwegebau im Hang, der fast durchwegs im Seitenbau durchgeführt wird, eine untergeordnete Rolle. Es treten fast ausschließlich nur Transportentfernungen von 4—12 m auf (siehe Versuche Tabelle XXVIII), solche bis 20 m kommen nur teil-

weise vor. Transportentfernungen von 20—30 m sind nur bei Dammschüttungen gegeben, wie sie von beiden Seiten aus, erforderlichenfalls auch bei Seitenentnahme des erforderlichen Materials, zur Überquerung von Geländemulden erfolgen. Die größeren Transportentfernungen, mit

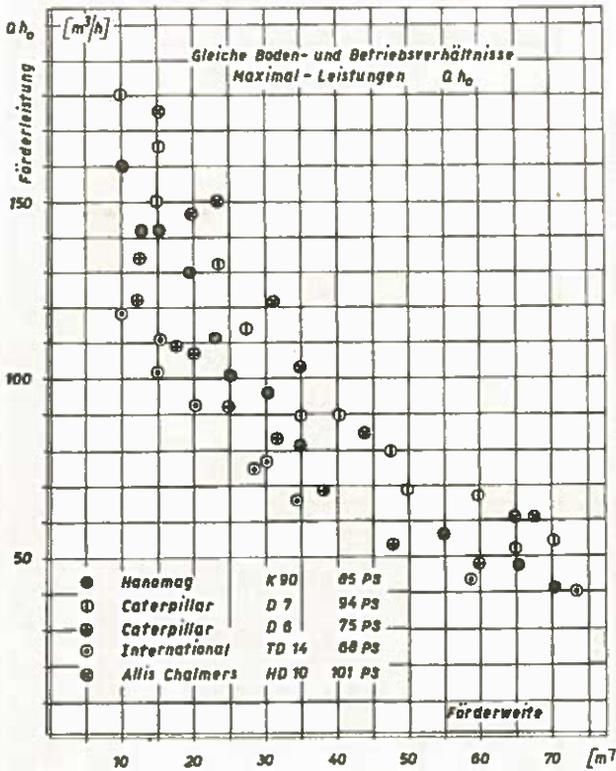


Abb. 17. Leistungsvergleiche Planiertraupen 68—101 PS (nach Kühn)

denen auch die Leistung stark absinkt (siehe Tabelle XIV), haben für den forstlichen Wegebau im Gebirge keine Bedeutung mehr. Die wirtschaftliche Berechtigung, den Bau im Hang fast durchwegs im Seitenbau durchzuführen und auf Materialtransporte und Materialausgleiche über größere Entfernungen zu verzichten, geht auch aus der bedeutenden Kostensteigerung bei Durchführung solcher Massenausgleiche hervor. So sinkt, wenn man Entfernungen bis 60 m zum Vergleich heranzieht und die Leistung bis 15 m Transportentfernung mit 1.00 bezeichnet, nach der Tabelle XIV die Leistung eines Caterpillars D 7 — 7 A (Angledozer) bei 6.1 km/St-Geschwindigkeit im Rückwärtsgang und bei 30 m, 45 m und 60 m Transportentfernung bei Annahme eines Ladefaktors von 0.70, von 1.00 auf 0.63 bei 30 m, auf 0.47 bei 45 m und auf 0.36 bei 60 m Transportentfernung. Die Lei-

Tabelle XIV
Geschätzte Planierarbeiten-Leistung in m³ gewachsenen Boden je Stunde
(nach Caterpillar)

Schlepper- u. Bulldozer Modell	Schub- geschw. km/St	Geschwindig- keit des Rückganges km/St	15 m		30 m		45 m		60 m									
			Ladefaktor 0.80 0.70 0.60 0.50															
D 7-7 S	3,7	6,1	211	185	159	132	133	116	100	84	98	86	74	61	78	68	58	41
D 7-7 A	3,7	6,1	154	135	116	96	97	85	73	61	71	63	54	45	57	49	42	36
D 7-7 S	3,7	8,7	224	196	168	140	146	127	109	91	108	94	81	67	85	75	64	53
D 7-7 A	3,7	8,7	164	143	123	102	107	93	79	66	79	69	58	49	62	54	46	39
D 6-6 S & 6A	3,7	6,3	130	114	98	81	84	73	62	52	62	54	46	38	49	43	36	30
D 6-6 S & 6A	3,7	8,7	139	121	103	87	91	79	68	56	67	58	50	42	53	46	39	33
D 4-4 S	3,8	3,1	83	72	62	52	51	44	38	32	36	32	27	22				
D 4-4 A	3,8	3,1	61	53	45	38	37	33	28	23	26	23	20	19				
D 2-2 S & 2A	4,0	3,4	45	40	34	29	28	24	21	17								

S = Bulldozer (Planierraupe mit Querschild), A = Angledozer (Planierraupe mit Schwenschild)

Diese Leistungen können nur als Spitzenwerte bei Annahme der vollen Arbeitszeit (60 Min. je Stunde) ohne Pausen und bei dauernder voller Ausnützung des Fassungsvermögens der Planierschaukel erreicht werden, was bei praktischen Arbeiten nicht der Fall ist.

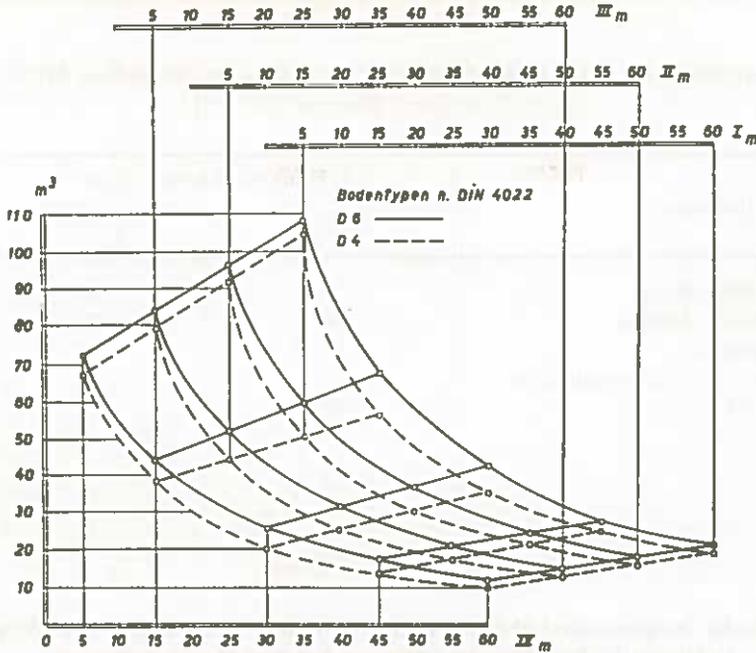


Abb. 18. Leistungskurven des Anglolezer Caterpillar D 4 und D 6 nach E. Neuberger

stung bei 30 m Transportentfernung ist nur mehr rund $\frac{2}{3}$ jener bei 15 m Entfernung, bei 45 m Entfernung wird nur mehr rund die Hälfte, bei 60 m nur mehr rund $\frac{1}{3}$ der Leistung bei 15 m Transportentfernung

Tabelle XV
 Bodenklasseneinteilung
 nach Din 4022 (alt)

Boden-klasse	Bodenbezeichnung	Bodenart	Erforderl. Arbeits-gerät
I	Leichter Stichboden	Ackererde, lockerer Sand	Stichschaufel
II	Mittlerer Stichboden	Leichter Lehm, grober Sand	Stichschaufel
III	Schwerer Boden	Grober Kies, fester Lehm	Krampen und Stichschaufel
IV	Steiniger Boden	Faules Gestein, Geschiebe	Spitzhaue, Brechstange
V	Gebräches Gestein	Trümmergestein	Brechstangen, Bohrer, Sprengmittel
VI	Fester Fels	Feste Schiefer, harte Kalk- und Sandsteine, Findlinge	Bohrwerkzeuge, Sprengmittel
VII	Sehr fester Fels	Erstarrungsgestein	Bohrwerkzeuge, Sprengmittel

Tabelle XVI a

Angledozer-Leistungen, gewachsener Boden im Seitenbau m³/St
(nach Technical Manual 252 [8])

Bodenart	Raupenschlepper Type	
	Cat D 6	Cat D 7
Leichter Boden	73	92
Schwerer Boden	53	69
Schieferton	38	53
Geschiebe oder gesprengter Fels	27	38

Tabelle XVI b

Typische Angledozer-Leistungen im Seitenbau bei Anlage von Wegen
Leistung in Längenmeter Weg von 3.0 m Breite je Stunde

(nach Technical Manual 252 [8])

Hangquerneigung		Raupenschlepper Type		
Grade	Prozent	Cat D 7	Cat D 6	Cat D 4
		Leistung in m Länge		
5	9	218	143	124
10	18	121	80	67
15	27	82	53	45
20	36	57	38	33
25	47	44	28	24
30	58	33	21	19

erreicht. Entsprechend steigen auch die Kosten. Ungefähr dasselbe Verhältnis ergibt sich nach Kühn aus dem Diagramm Abb. 17.

Leistungsuntersuchungen (Abb. 19), welche Oberforstmeister H. Bauer (1) beim Waldwegebau in Spiegelau mit der 100 PS-Kaelble-Planierraupe durchführte, zeigten in mit Steinblöcken durchsetztem und stark durchwurzeltem Gelände auch ein Sinken der Leistung mit wachsender Transportentfernung. Setzt man die Leistung bei einem Förderweg von 10 m gleich 1, so sinkt sie bei einem Förderweg von 30 m auf rund 2/3 und bei einem Förderweg von 70 m auf rund 1/3.

Es wäre darnach, wenn es nicht bei wertvollem Kulturgelände, beim Durchschneiden fremden Grundes oder aus anderen zwingenden Gründen heraus erfolgt, unwirtschaftlich, die Wegeplanung so durchzuführen, daß sich zwar gute Massenausgleiche aber große Transportentfernungen und dadurch kostspielige Erdarbeit, teure Dammsicherungen und Verdichtungsarbeiten ergeben. Alle durchgeführten Versuche zeigen, daß beim Bau im Hang, wie er im Gebirge auch in Tal-

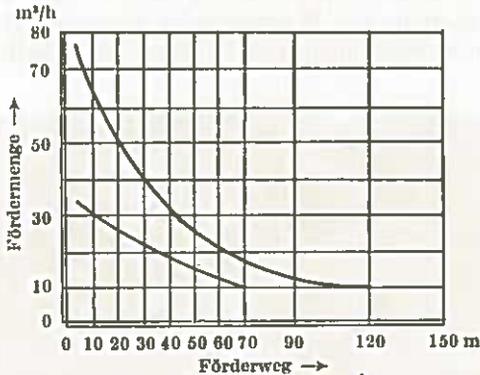


Abb. 19. Diagramm der Leistung einer 100 PS-Kaelble-Planierraupe beim Wegebau (nach H. Bauer). Obere Kurve: Arbeit in reinem Mineralboden. Untere Kurve: Leistung in stark durchwurzeltem und mit vielen Steinblöcken durchsetzten Gelände bei Vorsprengung frischer Wurzelstöcke

böden die Regel ist, nicht mit Transportentfernungen über 20 m, nur in Ausnahmefällen (siehe Versuche Tabelle XXVIII) mit solchen bis 30 m zu rechnen ist. Deshalb ist auch bei dieser Art der Baudurchführung mit einer komplizierten Unterteilung in viele Abschnitte mit verschiedenen Transportentfernungen für das bewegte Material praktisch nicht zu rechnen.

Der nachteilige Einfluß eines größeren Förderweges kann durch Einschalten eines schnelleren Rückwärtsganges, soweit bei den einzelnen Typen mehrere Rückwärtsgänge vorhanden sind, zu einer Verkürzung dieses Leerganges und dadurch zu einer Vergrößerung der Leistung führen. Bei dem früher angeführten Beispiel D 7 — 7 A wird bei Einschaltung eines Rückwärtsganges von 8.7 km/Stt statt 6.1 km/Stt bei den Förderentfernungen von 15, 30, 45 und 60 m unter denselben Voraussetzungen (Ladefaktor 70%) die Leistung um 6, 10, 10 und 10% erhöht (nach Caterpillar).

4,24 Einfluß der Art des Bewuchses und des Ausmaßes der erfolgten Vorsprengung

Bei allen Angaben, die über Leistungen von Planierraupen vorliegen, wird die Art des Bewuchses (Wiese, Jungwuchs, Altholz) außer Betracht gelassen, obwohl mit der Erdarbeit beim Straßenbau meist eine Ausrodung der im Boden verbliebenen Baumstrünke erfolgen muß. Als Besonderheit gegenüber dem händischen Erdbau sei

festgehalten, daß nicht eine völlige Rodung der in Betracht kommenden Stöcke, sondern nur eine gewisse Vorlockerung durch Anbringen einer Sprengladung von rund 100 g Donarit I je 10 cm Stockdurchmesser im Interesse eines zügigen Baufortschrittes erfolgen muß (Abb. 20).

Je stärker die verwendeten Planierraupen, umso geringer ist der Einfluß einer nicht genügenden Vorsprengung. Bei Verwendung schwerer Geräte von der Stärken-Klasse Cat D 6 und darüber kann eine Vorsprengung bei Rodung der Wurzelstöcke durch die Planierschaufel auch unterlassen werden, doch wird dadurch der Arbeitsfortschritt ge-



Abb. 20. Vorgesprengte Wurzelstöcke auf zu bauender Hangwegtrasse. Forstweg Mugel bei Niklasdorf

hemmt. Bei Geräten von der Größenklasse Caterpillar D 2 bis D 4 müssen Stöcke von 25—30 cm Stockdurchmesser, welche nahe der Linie zwischen Auf- und Abtrag liegen und welche weder bei der erforderlichen Arbeit des Abtragens von selbst freigelegt werden, noch genügend tief in der Dammschüttung liegen, vorgesprengt oder auch in stehendem Zustande gerodet werden. Bei stärkeren Geräten von der Größenklasse D 6 und D 7 muß eine Vorsprengung erst von rd. 30—40 cm Stockdurchmesser aufwärts erfolgen und können vereinzelt, je nach den örtlichen Verhältnissen und den Holzarten, um welche es sich handelt (Tiefwurzler oder Flachwurzler), auch stärkere Stämme ohne besondere Beeinträchtigung der Bauleistung belassen werden. In ebenem oder ganz flach geneigtem Gelände ist es bei Lagenbau erforderlich, alle Stöcke von einer bestimmten Stärkenklasse an vorzusprengen. Je steiler die Hänge werden, umso geringer wird die Anzahl der vorzusprengenden Stöcke. Je flacher An- und Einschnitte werden, umso mühseliger ist das Herausgraben der Wurzelstöcke bei der Planierarbeit. Daher, auch nicht nur aus dem Grunde, weil Lagenbau in ebenem Gelände mit langen Transportentfernungen für das gewonnene Material bei Verwendung von Planierraupen schwieriger ist als Seitenbau mit kurzen Transportentfernungen in Hängen, sondern auch weil in bewachsenem Gelände Arbeit in tieferen

Anschnitten am Hang günstiger ist als in seichten An- oder Einschnitten in fast ebenem oder ebenem Gelände, das Bestreben, die Trasse nicht in breite, bewachsene oder steinige fast ebene Talböden, sondern in einen der beiden seitlichen Hänge zu verlegen. Bei Vorkommen von gewachsenem Fels, wo Vorsprengungen erfolgen müssen, ist die entsprechende Durchführung dieser Sprengarbeiten (Abb. 21) schlechthin die Vorbedingung für den Erfolg der Leistung. Je schwächer die verwendete Maschinentype, umso mehr hängt der Arbeitserfolg von einer entsprechenden Vorsprengung ab. In stark felsigen Böden können überhaupt nur Planierraupen von der Stärkeklasse D 6 ab mit



Abb. 21. Vorsprengung von gewachsenem Fels auf durch Planierraupen zu bauender Forstwegtrasse

Erfolg eingesetzt werden. Bei ungenügender Vorsprengung ergeben sich laufend Stehzeiten (Sprengpausen) ohne Leistung, so daß kostenvoranschlagsgemäß die Kosten der Planierraupenarbeit überhaupt nicht mehr annähernd richtig geschätzt werden können. Entsprechende Vorsprengung der Wurzelstöcke und in noch viel entscheidenderem Maße die entsprechende Vorsprengung von gewachsenem Fels sind für den Arbeitserfolg von grundlegender Bedeutung. Das Entwurzeln stehender Bäume mittels am Raupenschlepper befestigter Seilwinde, durch Umdrücken mit hochgehobenem Schild oder bei schwächeren Stämmen durch Untergraben mittels der Planierschaufel hat sich nicht bewährt, da neben erhöhten anfallenden Arbeitskosten auch Stehzeiten des Planiergerätes die unvermeidliche Folge sind.

4,25 Arbeit im Gefälle oder in der Steigung

Arbeit im Gefälle verbessert und Arbeit in der Steigung verschlechtert die bei gleicher Gerätestärke erzielbare Leistung. Es ist eine Hauptregel bei der Arbeit mit Planierraupen, immer von oben nach unten zu arbeiten. Ist dies in vereinzelt Fällen nicht durchführbar, weil das Hinaufbringen, besonders schwerer Raupen, in weglosen Steilhängen nicht immer möglich ist, so wird, um den Einfluß der ungünstigen Arbeit in der Steigung so weit als möglich auszuschalten, nur eine Trasse so breit, daß die Planierraupe sich darauf fortbewegen kann, von unten nach oben aufgerissen, während die Verbreiterung und Feinplanierung von oben nach unten erfolgt. Die endgültige Trasse soll bergseitig etwas geneigt sein.

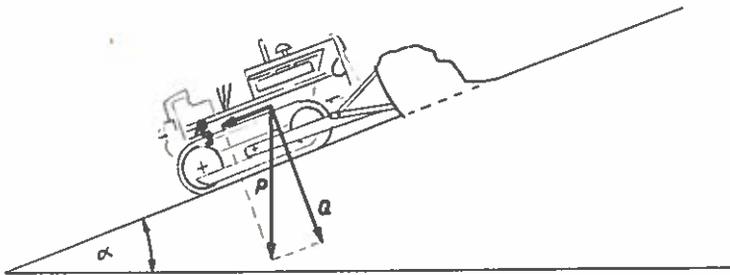


Abb. 22. Zusätzlicher Bewegungswiderstand einer Planierraupe in der Steigung

Der zusätzliche Bewegungswiderstand R_s einer Planierraupe vom Gewicht P in der Steigung ergibt sich gemäß Abb. 22 aus folgender Beziehung:

$$R_s = P \cdot \sin \alpha$$

Wenn man die Größe von R_s in kg erhalten will, wenn P in Tonnen (t) ausgedrückt ist, erhält man die Beziehung

$$R_{s, \text{kg}} = P_t \cdot 1000 \cdot \sin \alpha$$

Für die beim Wegebau in Betracht kommenden niedrigen Werte des Winkels α kann man mit genügender Genauigkeit (Genauigkeit 2% bis 20% Gefälle) annehmen:

$$\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha$$

Andererseits entspricht der Wert von $\text{tg} \alpha$ dem Gefälle p in % oder in ‰:

$$p \% = 100 \text{ tg} \alpha \quad p \text{ ‰} = 1000 \text{ tg} \alpha$$

Wenn das Gewicht der Planierraupe in Tonnen (t) und die Steigung in Prozenten (%) ausgedrückt ist, ergibt sich der zusätzliche Steigungswiderstand R_s aus der Beziehung

$$R_s = P_t \cdot 10 \cdot p \%$$

Das heißt, daß der zusätzliche Steigungswiderstand bei nicht zu steilen Trassen 10 kg je Tonne Gewicht der Planierraupe je 1 Prozent der Steigung beträgt. Die genauen Werte des zusätzlichen Steigungswiderstandes sind in Tabelle XVIII enthalten. Um diesen Wert wird die Schubkraft des Gerätes bei Arbeit in der Steigung vermindert und bei Arbeit im Gefälle erhöht. Ein Angledozer Caterpillar D 7 Standard-Type hydraul., der auf ebener Strecke eine Zugkraft (Schubkraft) im 1. Gang von 9843 kg (siehe Tabelle III) aufweist, erleidet bei Arbeit in einer Steigung von 15% bei einem Gesamteigengewicht mit Planiereinrichtung und Seilwinde (Dienstgewicht) von rd. 16 t einen Leistungsverlust durch die Steigung laut Tabelle XVIII von $148 \cdot 16 = 2368$ kg, so daß seine Zug-(Schub-)kraft auf rd. 7500 kg reduziert wird. Dazu kommt die Hubkomponente des durch die Planierschaufel geschobenen Materials. Das Fassungsvermögen der Planierschaufel beträgt nach dem Technical Manual TM 5 — 252 (8) bei Caterpillar-Planierraupen:

Tabelle XVII

Fassungsvermögen, loses Material

Modell	m ³	
	Querschild	Planier-Raupen mit Schwenkschild
D 7	2.20	2.58
D 6	1.44	2.01
D 4	1.25	1.82

Es ist aus dieser Tabelle u. a. ersichtlich, daß Raupen mit Schwenkschild (Angledozer) mehr Material fassen können als Raupen mit Querschild (Bulldozer). Nur ist der Verlust beim Transport durch seitliches Abfließen größer. Bei einem Gewicht von rd. 1.2 t je m³ loser Lehmerde beträgt das Gewicht des geschobenen Erdkörpers bei einem Angledozer Type Caterpillar D 7 bei Ausnutzung des Fassungsvermögens rd. 3.— t und die Hubkomponente $148 \times 3 = 444$ kg, so daß die Schubkraft nur mehr $9843 - 2368 - 444 = 7031$ kg oder rund 7000 kg beträgt, was nahe der Leistung einer Raupe Caterpillar D 6 Standard liegt. Andererseits erzielt bei Arbeit in 15% Gefälle ein Angledozer Type Caterpillar D 6 Standard von rund 11 t Eigengewicht (Dienstgewicht) eine Zug-(Schub-)kraft im ersten Gang von $7771 + (148 \times 11) = 9339$ oder rd. 9350 kg, die nahe an die Leistung einer Planierraupe Caterpillar D 7 heranreicht. Natürlich steigt und fällt die Leistung im Gefälle und in der Steigung nicht in entsprechendem Maße, da bei der Arbeit des Wegebauens die potentielle Kraft nur teilweise voll ausgenutzt wird und die Planierschaufeln schwererer Maschinen

bei nicht voller Ausnutzung wegen ihrer größeren Breite doch die Transporte größerer Materialmassen ermöglichen als die kleineren Geräte. Nach G a b a y - B i a g g i - L a v a t e r steigt die Leistung bei Bergarbeit mittels Planierraupe je Prozent der Neigung um 4—8%, i. D. 6% und verringert sich bei Bergarbeit um rund 2—4%, i. D. 3% je Prozent der Steigung (siehe Tabelle XIX). Die Unterschiede werden bedeutend größer angegeben, als dies rechnerische Hinweise andeuten. Die durchgeführten Versuche scheinen diesbezüglich folgende Anhaltspunkte zu geben:

Jedenfalls ist bei der Kalkulation des Arbeitsaufwandes auch die Arbeit in Steigung oder Gefälle zu berücksichtigen. Besonders schwache Planierraupen, die mehr als schwere Geräte, bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht werden, sollen stets im Gefälle und nicht in der Steigung ihre Arbeit durchführen können.

Tabelle XVIII

(nach G a b a y - B i a g g i - L a v a t e r)

Neigung 1 : x	Neigung in %	Neigungs- winkel in Graden	Steigungs- widerstand in kg/t	Neigung 1 : x	Neigung in %	Neigungs- winkel in Graden	Steigungs- widerstand kg/t
1 : 1000	0,1	0°03'	1	1 : 30	3,3	1°54'	33
1 : 500	0,2	0°06'	2	1 : 25	4	2°17'	40
1 : 400	0,25	0°09'	2,5	1 : 20	5	2°51'	50
1 : 333	0,3	0°11'	3	1 : 16,6	6	3°26'	60
1 : 250	0,4	0°14'	4	1 : 14,3	7	4°0'	70
1 : 200	0,5	0°17'	5	1 : 12,5	8	4°34'	80
1 : 167	0,6	0°20'	6	1 : 10	10	5°43'	100
1 : 143	0,7	0°24'	7	1 : 8	12,5	7°07'	124
1 : 125	0,8	0°27'	8	1 : 6,7	15	8°32'	148
1 : 111	0,9	0°31'	9	1 : 6	16,7	9°34'	166
1 : 100	1,0	0°34'	10	1 : 5,5	18	10°12'	177
1 : 80	1,25	0°43'	12,5	1 : 5	20	11°19'	196
1 : 67	1,50	0°50'	15	1 : 4	25	14°02'	243
1 : 60	1,67	0°57'	16,7	1 : 3,3	30	16°42'	287
1 : 50	2,0	1°09'	20	1 : 3	33,3	18°26'	316
1 : 40	2,5	1°28'	25	1 : 2,5	40	21°48'	371
1 : 33	3,0	1°47'	30	1 : 2	50	26°34'	447
				1 : 1,73	58	30°	500

4,26 Einfluß der Seehöhe, in welcher die Arbeit geleistet wird

Wie aus der Tabelle XX und den Abb. 23, 24 hervorgeht, tritt gegenüber der nominalen Motorleistung in höheren Lagen von 600 bis 1000 m, welche in Österreich meist für Forstwegebauten in Frage kommen, ein Leistungsverlust von rund 7—10% ein. Schon aus dem

Tabelle XIX

Stundenleistung von Planierraupen mit Querschild oder Schwenkschild verschiedener Stärke bei der Bewegung gewöhnlicher, am Platz befindlicher, aufgelockelter Erde von 1,6 bis 1,8 t/m³ Gewicht. Ununterbrochenes Hin- und Herfahren in gerader Linie. Geschwindigkeit beim Vorwärtsgang 2,2 bis 2,5 km/h, Rückwärtsgeschwindigkeit für Raupenschlepper von 80 bis 160 PS beschleunigt; die Schaufel des Querschildes in einem Winkel von 90°. Arbeitsstunde gerechnet mit 60 Min. Gesamtwirkungsgrad 100%. (nach Gabay-Biaggi-Lavater).

Zugkraft des Raupenschleppers PS	Neigung der Fahrbahn	Länge der Strecke zwischen dem Aufnehmen und Abladen des Erdreiches, in Verwendung mit:											
		15		30		50		60		75		100	
		Quer- schild m ² /h	Schwenk- schild m ² /h	Quer- schild m ² /h	Schwenk- schild m ² /h	Quer- schild m ² /h	Schwenk- schild m ² /h	Quer- schild m ² /h	Schwenk- schild m ² /h	Quer- schild m ² /h	Schwenk- schild m ² /h	Quer- schild m ² /h	Schwenk- schild m ² /h
37—43	Steigung 10%	47	43	21	14	13	11	11	10	8	7	8	7
	Steigung 5%	62	57	27	18	16	14	14	13	10	9	10	9
	Eben	78	72	35	24	22	20	20	18	16	13	13	12
	Gefälle 5%	100	92	46	31	28	26	24	24	22	17	16	16
57—65	Gefälle 10%	124	114	55	38	35	32	29	27	21	19	21	19
	Steigung 10%	59	54	31	22	20	18	16	14	11	10	11	10
	Steigung 5%	80	74	41	30	27	24	22	19	17	14	14	13
	Eben	98	90	52	37	34	30	27	24	22	18	18	16
80—85	Gefälle 5%	126	116	69	48	44	39	36	31	28	21	23	21
	Gefälle 10%	156	144	83	60	55	48	44	38	33	27	29	27
	Steigung 10%	77	71	44	30	27	23	21	18	16	13	14	13
	Steigung 5%	100	92	54	40	37	31	28	25	23	18	18	16
120—130	Eben	128	118	74	50	46	39	36	31	28	21	23	21
	Gefälle 5%	165	152	88	65	60	50	46	40	37	30	27	27
	Gefälle 10%	200	182	108	80	73	62	57	50	46	37	37	34
	Steigung 10%	106	100	55	38	35	32	29	25	23	18	18	16
	Steigung 5%	142	130	74	50	46	42	39	33	30	23	23	23
	Eben	176	162	100	64	59	53	48	41	38	31	31	28
	Gefälle 5%	240	220	130	85	78	70	64	53	48	40	40	37
	Gefälle 10%	280	255	260	100	92	85	78	64	53	48	50	46

Wirkung der Seehöhe auf die Schleppleistung

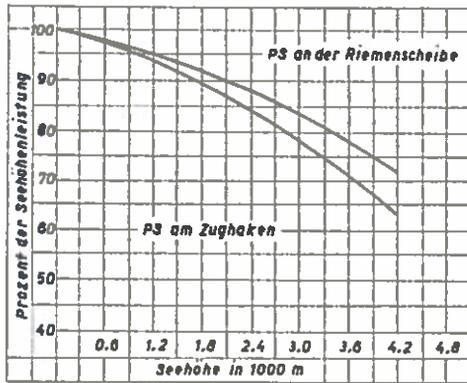


Abb. 23. Caterpillar Diesel D 6, D 4 und D 2-Schlepper

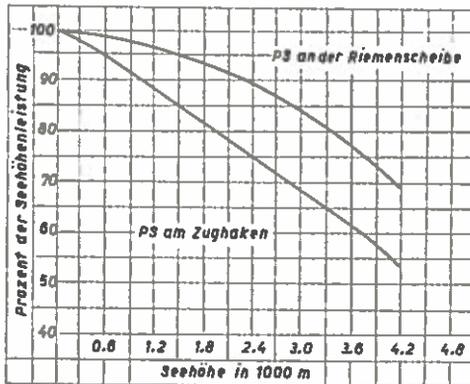


Abb. 24. Caterpillar Diesel D 7 und D 8 Schlepper (nach Caterpillar)

Tabelle XX

Korrektionsfaktoren zur Bestimmung der Motorleistung nach Seehöhe und Lufttemperatur (nach Gabay-Biaggi-Lavater)

Meeres- höhe in m	Temperatur in Celsiusgraden							
	-30	-20	-10	0	+15	+30	+40	+50
0	1,10	1,07	1,05	1,03	1,00	0,97	0,96	0,94
600	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88
800	1,00	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86
1000	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84
1200	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,82
1400	0,92	0,90	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,80
1600	0,90	0,88	0,87	0,85	0,83	0,80	0,79	0,78
1800	0,88	0,86	0,84	0,83	0,81	0,79	0,77	0,76
2000	0,85	0,84	0,82	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
2200	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72
2600	0,80	0,78	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70	0,69
3000	0,76	0,74	0,73	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66

Grunde, weil bei Forstwegebauten nur vereinzelt eine Ausschöpfung der vollen Leistungsreserve des Motors in Frage kommt, konnte bei den durchgeführten Versuchen, bei denen viel stärkere, andere Momente die Leistung beeinflussen, eine Auswirkung der geringeren Motorleistung auf die Arbeitsleistung nicht wahrgenommen werden. Außerdem wird durch den Bau bergab (siehe Seite 38) dieser Leistungsverlust zumeist, wenigstens teilweise, wieder wett gemacht.

4,3 Untersuchung der bei der Arbeit mit Planier- raupen erwachsenden Kosten

4,31 Aufwand für Zu- und allenfalls Abtransport der verwendeten Geräte

Die Überstellung schwerer Planierraupen erfolgt durch Transporte auf der Bahn, mittels Tieflader auf öffentlichen Straßen und auf Wegen untergeordneter Bedeutung sowie im Gelände gewöhnlich auf eigener Achse. Leichtere Geräte von der Größenklasse Caterpillar D 4 (43—48 HP) und darunter können auch mit schweren Lastkraftwagen überstellt werden, wodurch die unvermeidbaren festen Kosten gegenüber der Verwendung schwerer Geräte bedeutend sinken. Sowohl beim Zutransport auf Straßen als auch bei der Weiterbewegung auf eigener Achse im Gelände verursachen schwache Planierraupen geringere Kosten und sind beweglicher und geländegängiger als schwerere Geräte. Dies geht soweit, daß der Einsatz von Planierraupen der Stärkenklasse D 7 (81—93 HP) und in Extremfällen sogar solche der Größenklasse D 6 (66—76 HP) in steilen Gebirgslagen (z. B. Tirol) undurchführbar wird. Dabei kann auch die zu geringe Tragfähigkeit der zu befahrenden Straßenbrücken, welche durch Pölung und Überlegen von Balken nicht genügend gehoben werden kann oder durch Ausbau von Furten nicht zu umgehen ist, eine Rolle spielen.

Die Überstellungskosten einer Planierraupe im Förderungsdienst der Kammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark betragen im Jahre 1955 rd. 1500.— S, in einzelnen Fällen bis 2700.— S je Überstellung. Der Tiefladertransport für schwere Planierraupen kostet einschließlich Nebengebühren derzeit in der Steiermark rund 18—20 S je Kilometer Transportentfernung, wenn keine Rückfracht gegeben ist. Der Transport leichterer Planierraupen (Caterpillar D 2 und D 4) mit Lastkraftwagen kostet ungefähr die Hälfte.

Die Höhe dieser einmaligen und von der Größe der zu leistenden Arbeit unabhängigen Kosten macht es noch mehr, als bei betriebs-eigenen Planierraupen bei Einsatz der Geräte von Förderungsstellen oder Bauunternehmungen in größeren Gebieten erforderlich, eine zeitliche und räumliche Abstimmung, bei Beseitigung vermeidbarer Kosten, für Gerätetransporte durchzuführen. Das Ausmaß dieser bedeutenden Kosten des Zutransportes kann dazu führen, daß kleinere isolierte Bauten, gewöhnlich unter $\frac{1}{2}$ km Länge, wenn die Arbeit in großräumigen Gebieten verteilt ist, nicht mehr rationell mit Planierraupen

gebaut werden können. Es ist empfehlenswert, größere, für eine spätere Baudurchführung vorgesehene Bauabschnitte, soweit solche in der Nähe vorhanden sind, gleichzeitig durchzuführen.

Das Auflegen starker Bohlen unter die Raupen bei kurzen Fahrten (bis etwa 2 km) z. B. über asphaltierte Straßen in Ortschaften oder bei der Überquerung derartiger Straßen kann große Transportkosteneinsparungen durch Vermeidung von Transporten auf Tiefladern zur Folge haben. Ebenso in seltenen Fällen die Verwendung von Straßenschuhen (aufschraubbare Gummipolster oder Eisenplatten), da Beschaffung, Befestigung und Demontage ziemlich kostspielig ist.

4,32 Aufwand für Amortisation, Verzinsung, Betrieb und Erhaltung

Lebensdauer der Planierraupen

Die Amortisationszeit einer Planierraupe hängt mit von ihrer zu erwartenden Lebensdauer, welche in der Regel in Arbeitsstunden ausgedrückt wird, ab.

Nach Angaben von Caterpillar (2), die sicher nicht zu niedrig gegriffen sind, beträgt die Lebensdauer der Raupen dieses Fabrikates, mit der gerechnet werden kann:

Tabelle XXI

Raupenschlepper-Type	Lebensdauer in Arbeitsstunden bei		
	besonders guten	mittleren	schweren
	Arbeitsbedingungen		
D 8	12.000	10.000	8.000
D 7	12.000	10.000	8.000
D 6	12.000	10.000	8.000
D 4	12.000	10.000	8.000
D 2	12.000	10.000	8.000

oder bei allen Typen 6, 5 bzw. 4 Jahre. Wenn man also bei Forstwegebauten eine mittlere Beanspruchung annimmt, was im Durchschnitt eher zu günstig als zu ungünstig gewählt ist, kann nach Caterpillar mit ungefähr 10.000 Arbeitsstunden als Lebensdauer gerechnet werden.

Diesen Angaben kann entgegengehalten werden, daß den schwersten Geräten, den Raupenschleppern D 7, ja D 8, deren massiver Bau nicht einer derartigen Überbeanspruchung ausgesetzt sein kann, als die viel schwächere Konstruktion etwa einer Planierraupe Caterpillar D 4 oder gar D 2, die gleiche Lebensdauer zugeschrieben wird.

Deshalb und auf Grund vielfacher Erfahrung erscheinen die Angaben von Gabay-Biaggi-Lavater (3) viel entsprechender,

welche für die Raupenschlepper D 7, D 6, D 4 und D 2 eine jeweils entsprechende normale Lebensdauer in Arbeitsstunden von 10.000, 10.000, 8500 und 8500 angeben.

Für den Raupenschlepper Allis Chalmers HD 9 kann entsprechend seiner Stärkenklasse mit einer Lebensdauer von 10.000 Arbeitsstunden gerechnet werden.

Die Österreichische Baugeräteliste 1955, ebenso die deutsche „Baugeräteliste 1952“, Auflage 1954 (6), nimmt als Lebensdauer von Planierraupen einheitlich vier Jahre an, wobei ein Beschäftigungsgrad von nur 60% unterstellt wird, so daß der ganzjährige theoretische Abschreibungs- und Verzinsungssatz auf die Einsatzmonate (7,2 Monate) zu je 200 Arb.Stunden, d. s. 1440 Arb.Stunden im Jahr umgelegt wird. Dadurch ergibt sich bei Annahme von 4,5% Verzinsung und 27,9% jährlichem Abschreibungssatz bei einer Lebensdauer von 4 Jahren und 100%iger Beschäftigung, statt eines entsprechenden Abschreibungssatzes von 2,3% ein solcher von 3,9%. Die gesamte Amortisation und Verzinsung wird auf $4 \times 1440 = 5760$ Arbeitsstunden umgelegt.

Die letzte Kalkulation berücksichtigt weder die Stärke der Planierraupen, noch ihre tatsächliche Leistungsfähigkeit in entsprechendem Ausmaße, so daß in Übereinstimmung mit praktischen Ergebnissen beim Forstwegebau die Angaben von Gabay-Biaggi-Lavater als die entsprechendsten übernommen werden.

Die einmaligen Beschaffungskosten der bei den Versuchen eingesetzten Planierraupen mit Zollermäßigung für landwirtschaftliche Betriebe betragen derzeit in Österreich:

Beschaffungskosten

Caterpillar Planierraupe D 2	
hydraul. Angledozer mit Seilwinde, Werkzeug und Anhängewagen	rd. 310.000.— S
Caterpillar Planierraupe D 4	
hydraul. Angledozer mit Seilwinde, Werkzeug und Anhängewagen	rd. 410.000.— S
Caterpillar Planierraupe D 6	
hydraul. Angledozer mit Seilwinde, Werkzeug und Anhängewagen	rd. 570.000.— S
Caterpillar Planierraupe D 7	
hydraul. Angledozer mit Seilwinde, Werkzeug und Anhängewagen	rd. 720.000.— S
Allis Chalmers Planierraupe HD 9	
Angledozer mit Seilwinde und Anhängewagen	rd. 570.000.— S
Caterpillar Motorgrader Nr. 12	
mit Anhänger und Werkzeug	rd. 570.000.— S

Reparaturaufwand

Dieser wird nach Caterpillar (2) dem für günstiges, mittleres oder ungünstiges Gelände erwachsendem Amortisationsaufwand gleichgesetzt.

Bei einer wirtschaftlichen Nutzungsdauer von 10.000 Stunden haben sich nach G. Kühn (5) bei 23 untersuchten Planierraupen folgende Durchschnittswerte für die Verteilung der gesamten Reparaturkosten auf die einzelnen Abschnitte der Nutzungsdauer ergeben:

Tabelle XXII

Betriebsstunden	Kostenanteil in % der gesamten Reparaturkosten
1 — 2.000	13
2.000 — 4.000	17
4.000 — 6.000	20
6.000 — 8.000	23
8.000 — 10.000	27
Insges. 10.000	100

Fahrwerksteile hatten im Mittel von 64 Schleppern im Minimum und Mittel folgende Lebensdauer in Betriebsstunden:

Ketten 1200 bzw. 4200, Laufrollen (unten) 500 bzw. 3200, Stützrollen 300 bzw. 2900, Dichtung an Rollen 500 bzw. 2000, Antriebsräder 1500 bzw. 4200, Leiträder 6000 bzw. 8800. Bei im Forstwegebau verwendeten Geräten ergab sich nach Erhebungen in der Steiermark eine Reduktion auf ungefähr 60% der angegebenen mittleren Sätze. Bei Planierraupen ist die Lebensdauer der auswechselbaren Teile (Ecken und Schneiden der Planierscharen) in Betriebsstunden folgende: Bei Arbeit in Sandboden 400, Kies 500, Schichtgestein 250, gesprengtem Fels 300, sandigem Lehm 600, fettem Lehm 700, mittlerem Ton 700 und fettem, hartem Ton 500.

Verzinsung und Nebengebühren

Diese sind nach den tatsächlichen Verhältnissen stark schwankend. Für die derzeitigen Verhältnisse in der österreichischen Forstwirtschaft kann bei Inanspruchnahme von ERP-Krediten mit einem Satz von rund 4% mit Nebengebühren gerechnet werden.

Der jeweilige Wert wird meist durch gleichmäßige Abschreibung vom Anfangswert ermittelt. Bei einer Amortisation in vier Jahren ist z. B. mit folgenden Werten zu rechnen:

Am Beginn des 1. Jahres	100%
Am Beginn des 2. Jahres	75%
Am Beginn des 3. Jahres	50%
Am Beginn des 4. Jahres	25%
Zusammen	250%

Der mittlere Wert beträgt $250 : 4 = 62.5\%$.

Der mittlere Wert W_m ergibt sich bei einer Abschreibung des Ankaufwertes W_a in n Jahren auch aus dem Ausdruck:

$$W_m = \frac{(n + 1) \times W_a}{2n}$$

Wenn die tatsächliche jährliche Einsatzzeit für Planiertraupen im Durchschnitt mit 1500 Arbeitsstunden bemessen wird, was durch Ergebnisse beim durchlaufenden Einsatz von Geräten im Forstwegebau bestätigt wird, ist nach der früher angegebenen Lebensdauer der Planiertraupen in Arbeitsstunden folgende Lebensdauer in Jahren zu erwarten:

Tabelle XXIII

Planiertraupengerät	Lebensdauer in Arbeitsstunden	Lebensdauer in Jahren rund
Cat. D 7	10.000	6
Cat. D 6 (Allis Chalmers HD 9)	10.000	6
Cat. D 4	8.500	5
Cat. D 2	8.500	5

Es ist hiebei eine gewisse Sicherheit aus Gründen der Alterung der Modelle selbst durch den Fortschritt der Technik und eine dadurch bedingte Wertverminderung angenommen.

Der mittlere Wert der bei den Versuchen beobachteten Geräte ist demnach folgender:

Cat. D 7, D 6, Allis Chalmers HD 9:

$$W_m = \frac{(6 + 1) \times W_a}{2 \times 6} = 0.5833 W_a$$

beziehungsweise 58.33% des Anschaffungswertes.

Cat. D 2, D 4:

$$W_m = \frac{(5 + 1) \times W_a}{2 \times 5} = 0.60 W_a \text{ bzw.}$$

60% des Anschaffungswertes.

Von diesem Wert ist die Verzinsung durchzuführen.

Richtiger in der Bewertung der Leistungsfähigkeit wäre folgende nach G a b a y - B i a g g i - L a v a t e r angeführte, in den Vereinigten Staaten stark gebräuchliche Abschreibungsart:

(Tabelle XXIV, siehe folgende Seite)

Tabelle XXIV

Verminderung des Anfangswertes in der Arbeitssaison	Im Falle der Abschreibung des Gerätes in			
	6	5	4	3
	Arbeitssaisonen			
	Prozent			
1. Arbeitssaison	30	36	44	55
2. Arbeitssaison	25	28	31	33
3. Arbeitssaison	20	20	18	12
4. Arbeitssaison	14	12	7	—
5. Arbeitssaison	8	4	—	—
6. Arbeitssaison	3	—	—	—
Gesamtabschreibung	100	100	100	100

Die Abschreibung nach diesen Grundsätzen würde jedoch bei Überlassung als Leihgerät, wie es im Forstwegebau sehr üblich ist, Schwierigkeiten mit sich bringen, weshalb hier von der Anwendung abgesehen wird.

Betriebskosten von Planterraupen

Tabelle XXV

**Mittlere Betriebskosten von „Caterpillar“-Schleppern
(nach Caterpillar)**

	D 7			D 6			D 4			D 2		
	Arbeitsverhältnisse											
	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer	leicht	mittel	schwer
Treibstoff l/St	11,73	14,76	17,41	9,46	11,73	14,00	6,04	7,57	8,70	4,73	6,05	7,19
Schmieröl l/St.	0,26	0,26	0,34	0,19	0,19	0,26	0,15	0,15	0,19	0,14	0,14	0,20
Schmierfett kg/St.	0,18	0,18	0,41	0,14	0,14	0,34	0,08	0,08	0,23	0,05	0,05	0,11

Tabelle XXVI

Richtwerte für den Betriebsstoffverbrauch je Arbeitsstunde (nach Kühn)

Stärken der Planier- raupen PS	Dieselöl l	Benzin l	Schmieröl l	Fett kg	Ölfilter je 120 Stunden
100	19,0	0,45	0,57	0,47	2
75	14,3	0,25	0,46	0,34	2
50	9,9	0,20	0,32	0,21	1

Treibstoff-Filter: 10 Stück jährlich

Die Planierraupe Allis Chalmers HD 9 verbraucht je Stunde im Durchschnitt:

10,— l Dieselöl,
0,35 l Schmieröl,
0,13 kg Schmierfett.

4,33 Allgemeine Unkosten, welche mit dem Einsatz von Planierraupen zusammenhängen

Wartungsdienst, Verwaltungsaufwand, Bauaufsicht

Ohne eine entsprechende Pflege der Geräte, welche nicht mit der Durchführung von Reparaturen verbunden ist, dem Zutransport von Schmiermaterial, Getriebeöl, Fett, einem gewissen Verwaltungsdienst (Briefwechsel, Telefongebühren, Buchhaltung, Einsatzlenkung) als auch ohne eine gewisse Beaufsichtigung der durchzuführenden Arbeiten ist ein erfolversprechender Einsatz von Planiergeräten nicht möglich. Dadurch entstehen Kosten, die keineswegs vernachlässigt werden dürfen. Wenn dafür je Arbeitsstunde bei Vorhandensein eines größeren Geräteparkes, welcher eine bessere Verteilung des hierfür erwachsenden Arbeitsaufwandes ermöglicht, 7% des unter Berücksichtigung aller Faktoren ermittelten Stundensatzes in Anrechnung gebracht wird, ist damit eine untere Grenze gegeben, welche nur bei rationeller Arbeit erreicht werden kann.

Bei häufigem Baustellenwechsel, wie er in der Regel beim Forstwegebau leider gegeben ist, bei Unterlassung vorbeugender Gerätepflege, bei schlecht ausgerüsteten Werkstätten und Ausfällen regelmäßiger Grundüberholung sinkt die Leistung und Lebensdauer von Planierraupen stark ab.

Versicherungen, Garagierung

Auch diese Kosten sind nach den tatsächlichen Verhältnissen sehr verschieden und betragen nach G a b a y - B i a g g i - L a v a t e r 2 bis 3% des Anschaffungswertes je Jahr. In forstlichen Betrieben kann durch Beschränkung der Versicherungen auf Feuer während der Einstellungsmonate im Winter und Haftpflicht, ferner durch nur teilweise Benutzung von Garagen in den Wintermonaten auf Kosten eines zu übernehmenden Risikos eine Senkung auf etwa 1.5%, i. D. erreicht werden, mit welcher Zahl hier gerechnet wird.

Fahrerlohn

Dieser wird unter Berücksichtigung der arbeitsfreien Zeit von mindestens vier Wintermonaten, über welche die Fahrer als Spezialisten teilweise mit Maschinenpflege beschäftigt, gehalten werden müssen unter Berücksichtigung der sozialen Lasten in Österreich und zeitweiser Gewährung teilweiser Leistungsprämien mit S 17.— je Arbeitsstunde für Planierdraußenfahrer und mit 18.— S je Arbeitsstunde für Graderfahrer bemessen.

4,34 Risiko, Gewinn und Steuerzuschläge

Kein Unternehmer, sofern ein solcher Planierungsarbeiten beim forstlichen Wegebau übernimmt, kann ohne Entgelt für seine eigene, damit verbundene Arbeit, von deren Ertragnis er und seine Familie leben muß, arbeiten. Auch ist bei Arbeit von Unternehmern mit Steuerlasten, wie Umsatzsteuer, Einkommensteuer u. a. zu rechnen. Ferner sind mit dieser Arbeit gewisse Risiken verbunden, wie möglicher Totalverlust des Gerätes durch einmalige Vorkommnisse, z. B. seitliches Abrutschen auf gefrorenem Boden, Schäden, die auf Verschulden des Fahrers zurückzuführen sind, wobei jedoch Ersatzansprüche meist uneinbringlich sind u. ä. Diese Schäden können durch Versicherungen nur bei Übernahme von Verpflichtungen gedeckt werden, deren ständige Last die Überlassungsgebühren zu sehr erhöhen würde.

Es ist deshalb bei auf Erwerb ausgerichteten Unternehmungen die Einrechnung eines bestimmten Betrages, etwa 15% als Gewinn und Steuern und 5% als Risiko, insgesamt 20% als gerechtfertigt anzusehen.

4,35 Zusammenfassung der errechenbaren Kostengrundlagen

Es ergeben sich folgende Kosten:

Tabelle XXVII

Art der Planiergeräte	Maschinentypen					Mot. Grad. Nr. 12
	Planiergeräte					
	D 2	D 4	D 6	D 7	HD 9	
A. Feste Kosten						
1. Abzuschreibender Betrag ö. S.	310,000	410,000	570,000	720,000	570,000	570,000
2. Abschreibungszeit, Stunden	8,500	8,500	10,000	10,000	10,000	12,000
3. Abschreibungsbetrag je Stunde ö. S.	36,47	48,24	57,00	72,00	57,00	47,50
4. Jährl. Gerätedurchschnittswert in %	60	60	58,3	58,3	58,3	58,3
5. Jährl. Gerätedurchschnittswert ö. S.	186,000	246,000	332,310	410,800	332,310	332,310
6. Zinsen (in % des jährlichen Durchschnittswertes)		5%				
7. Jährliche Zinsen in ö. S.	9,300	12,300	16,615	20,990	16,615	16,615
8. Anzahl der jährl. Betriebsstunden i. D.	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,000
9. Zinsenlast je Betriebsstunde ö. S.	6,64	8,78	11,86	14,99	11,86	16,61
10. Versicherung, Garagierung je Jahr ö. S. (1,5% des Anschaffungswertes je Jahr)	4,650	6,150	8,550	10,800	8,550	8,550
11. Versicherung, Garagierung je Arbeitsstunde ö. S.	3,32	4,39	6,10	7,71	6,10	8,55
12. Gesamtbetr. d. festen Kosten je Arbeitsstunde	46,43	6,141	74,96	94,70	74,96	72,66
B. Betriebskosten						
I. Reparaturkosten für das Arbeitsgerät						
getrennt nach Material und Löhnen, Seile, Schläuche, Seilwinde, Schneiden und Schneidenecken						
II. Reparaturkosten für das Fahrwerk						
Reifen						
I. und II. insgesamt je Arbeitsstunde ö. S.	36,47	48,24	57,00	72,00	57,00	29,17
						33,25

Art des Planiergerätes	Maschinentype								Grader Cat. 12 /St. ö. S./St.			
	Planiertraupe											
	D 2	D 4	D 6	D 7	D 9							
/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.	/St. ö. S./St.				
III. Betriebsmittel												
Dieselloil (2,40 S/l)	6,05	14,52	7,57	18,17	11,73	28,15	14,76	35,42	12	28,80	14	33,60
Benzin (3,10 S/l)	0,20	0,62	0,20	0,62	0,25	0,77	0,45	1,39	—	—	0,45	1,39
Motoröl (9 S/l)	0,14	1,26	0,15	1,35	0,19	1,71	0,26	2,34	0,35	3,15	0,60	5,40
Getriebeöl (14 S/l)	0,005	0,07	0,005	0,07	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14
Hydraulik-Öl (9 S/l)	0,20	0,20	0,20	0,24	0,30	0,30	0,35	0,35	0,13	0,30	0,30	0,35
Fett kg/St. (18 S/kg)	0,05	0,90	0,08	1,44	0,14	2,52	0,18	3,24	2 Stück	0,75	0,30	5,40
ÖlfILTER	1 Stück	0,38	1 Stück	0,38	2 Stück	0,75	2 Stück	0,75	2 Stück	0,75	2 Stück	0,75
	je 120 St.	0,24	je 120 St.	0,24	je 120 St.	0,24						
Treibstofffilter (10 Stück jährlich)												
Betriebsmittel-Kosten je Betriebsstunde ö. S.	18,19		22,51		34,58		43,87		35,72		47,27	
A. Feste Kosten	46,43		61,41		74,96		94,70		74,96		109,69	
B. Betriebskosten	54,66		70,75		91,58		115,87		91,31		118,00	
C. Lohnkosten (Fahrer, ohne Beifahrer)	17,00		17,00		17,00		17,00		17,00		17,00	
Summe	118,09		149,16		183,54		227,57		183,27		200,35	
Dazu allgemeine Unkosten:												
Wartungsdienst, Verwaktungs- aufwand, Bauaufsicht 10% der gesamten Kosten	11,80		14,91		18,35		22,75		18,32		20,03	
Gesamtkosten je Betriebs- stunde (ohne Risiko, Gewinn, Steuern, Kosten für Helfer, sowie Transport-Kosten für Gerät und Betriebsmittel)	120,89		164,07		201,89		250,32		201,59		220,38	

Tabelle XXVIII

Dat.	Witterung	Art des Baues	Bewuchs	Bodenart (Vorspreng.)	Bod. Klasse	Bg m	b m	HN %	P %	L m	TE m i. D.	M m ² /lfm	V m ³ /St.	M ² m ²	T.S min.	Cr km/St.	H m	Ort	Nr.
23. 8. 55	schön	Seiten-(Hang-)bau Grobarbeit	Wiese	Fester Lehm	III	3,1	2,1	28	-12	13	7	0,67	35	9	15	2,7/3,4	1000	Trögern, Kärnten	1
12. 7. 5. 8.	schlecht, regnerisch	Hangbau im Talboden	500 lfm mit Altholz (127 Stöcke), Bohrlöcher, Sumpf	Sandiger Lehm mit Glimmerschiefer-felsen	III/VI	3,0	1,0	60	-13	700	5-6	1,44	6	1000	9800	2,7/3,4	1300	Rev. Glashütte Weststeiermark	2
18. 8. 6. 9.	schön mit Gewittern	Hangbau	Altholz (255 Stöcke - 1550 lfm Bohrloch), Sumpf	Sandiger Lehm mit Glimmerschiefer-felsen, teilw. vernüßt	III/VI	2,8	2,0	50	-18	1450	5-6	1,20	11	1740	9360	2,7/3,4	1550	Rev. Glashütte Weststeiermark	3
20. 9.	trüb	Seiten-(Hang-)bau, Rohbau	40-60 jähr. Stangenholz, Fi, La	Sandiger Lehm mit schieferigem Fels	III/IV	3,7	2,6	20	-4	79	11	0,72	37	59	58	2,7/3,4	1300	Rev. Oberfräsen F. V. Liechtenstein	4
"	"	"	"	Sandiger Lehm mit schieferigem Fels-anteil	III/IV	3,8	2,7	18	-1,5	32,5	10	0,60	39	19	20	2,7/3,4	1300	"	5
21. 9.	schön	Seitenbau (Hang-)Rohbau	Fi-Jugend, veygrast	Sandiger Lehm mit geringem Anteil an Glimmerschiefer	III/IV	2,9	2,0	43	-17	43,0	8	0,91	56	39	42	2,7/3,4	1360	Rev. Glashütte Weststeiermark	6
"	"	"	"	Sandiger Lehm mit Fels	III/IV	3,3	2,2	34	-17	100	7	0,88	24	89	220	2,7/3,4	1360	Rev. Glashütte Weststeiermark	7
22. 9.	schön	Seitenbau (Hang-)Rohbau	"	Sandiger Lehm mit geringem Fels-anteil	III/IV	3,0	2,0	49	-25	118	7	0,76	44	89	120	2,7/3,4	1360	Rev. Glashütte Weststeiermark	8
"	"	"	"	Sandiger Lehm mit eingesprengtem Gestein	III/IV	2,4	1,2	29	-8	45	6	0,19	23	9	22	2,7/3,4	1360	Rev. Glashütte Weststeiermark	9
15. 7. 55	trüb, vereinzelt Regen	Lehnenbau, Verbreiterung des Anrisses	Wiese	Lehm, verwittertes Steinmaterial Tonschiefer, keine Vorsprengung	IV/V	3,9	2,2-2,6	90	-13	17	8	0,68	21	11,56	33	2,7/3,0	630	Semriach-Wasserfall, Stmk.	10
15. 7.	trüb, vereinzelt Regen	"	Strauchwerk	Verwitterter Gneis in großen Blöcken. Keine Vorsprengung.	V	4,0	2,3-2,6	130	-13	17	6	1,10	34	18,70	36	2,7/3,0	630	Semriach-Wasserfall	11
15. 7.	trüb, vereinzelt Regen	"	Wiese	Lehm, tiefgründig, steinfrei, aufgeweicht	IV	4,0	1,6-1,8	35-40	-13	32	8	0,39	34	12,48	22	2,7/3,0	625	Semriach-Wasserfall	12
15. 7.	trüb, Regenschauer	erster Anriß	vereinzelt Laubholz	Lehm tiefgründig, durchfeuchtet, keine Vorsprengung	IV	2,0	2,0	100	-13	12	4	2,00	31,3	24	46	2,7/3,0	620	Semriach-Wasserfall	13
15. 7.	trüb, vereinzelt Regen	Lehnenbau	Wiese, Buschwerk	Lehm, teilweise brüchiger Stein	IV/V	2,0-4,0	1,7-3,0	55	-13	168	8	1,83	31	3,08	600	2,7/3,0	620-640	Semriach-Wasserfall	14
21. 6.	leichter Regen dann Aufheiterung	Seitenbau Hangbau	Wiese	Humus auf Lehm (Ackererde, etwas lehmig) mäßig feucht, schwach sandig	IV/II	3,5	2,9	22	-1,5	64	13	1,09	43	70	99	2,7/3,0	1000	St. Veit i. d. Gegend, Stmk.	15
18. 7.	schön, sehr heiß	Seitenbau Grobarbeit	Stangenholz Ki, Fi, Bi, alte Stöcke	Sandiger Lehm mit leicht bröckelndem Fels	II/V	2,8	1,8	100	-12	28,6	4,5	1,70	31	49	78	2,7/3,0	620	Semriach-Wasserfall	16
28. 7.	schwül, bewölkt, um 14h25 beginnender Regen	Hang, Seitenbau und Lagenbau	8-10 jährig, Laubholzanflug	Leicht anbruchiges Gestein, Humus	V/I	5,5	4,6	58	-6	24,8	6	6,05	29	150	310	2,7/3,0	570	Augraben, Stmk.	17
21. 6.	leichter Regen mit nachfolgender Aufheiterung	Seitenbau, Hangbau	Wiese	Humus auf Lehm (Ackererde, etwas lehmig) mäßig feucht, schwach sandig	IV/I	3,5	2,5	26	-7	52	12	0,88	79	46	35	2,7/3,0	1000	St. Veit i. d. Gegend, Stmk.	18
19. 7. 55	schön	Seitenbau bergauf, Aufreißen d. Trasse	Schlagfläche	Lehmiger Grund mit großen Steinbrocken, alte Stöcke, trocken. Boden nicht vorgesprengt	IV/V	3,0	1,5-2,0	50-60	+6	135	6	0,60-1,20	72,6	114	94	2,3/2,9	1280	Niklasdorf-Mugel	19
19. 7.	schön	Seitenbau bergauf Aufreißen d. Trasse	Altholz, Fi u. La	Lehmiger Sand mit Steinbrocken, trocken, Stocksprengung	III/IV	3,0	2,0	50	+6	75	6	1,20	128	90	42	2,3/3,0	1270	Niklasdorf-Mugel	20
7. 6. 55	schön	Hang-(Seiten-)bau	Fi-Jungwald, Stock ø 15-20 cm	Lockerer, feuchter, toniger Lehm, keine Vorsprengung	III	3,5	2,3	100	+14 bis -13	90	16	2,66	92	240	157	2,3/2,6	780	St. Kathrein a. d. L. Stmk.	21
14. 6.	schön nach 2 Regentagen	Lagen- mit Seitenbau kombiniert	Schwaches Stangenholz mit 20-25 cm ø	Reiner, schwerer, toniger Lehm ohne Vorsprengung	IV	5,1	3,1	48	-13	27	15-20	12,2	128	70	33	2,3/2,6	450	Schloßberg-Walz, Stmk.	22
14. 6.	"	Hang-(Seiten-)bau	Fi-Alkohol mit Felsbrocken, Stock ø 40-50 cm	Stark sandiger Lehm, Stockvorsprengung	III/I	5,0	4,3	38	-14	45	12	3,59	87	168	111	2,3/2,6	950	F. G. Herzogberg Edelschrott	23
14. 6.	"	"	"	Stark sandiger Lehm, Vorsprengung	II	5,0	3,2	24	-9	69	20	2,50	112	174	93	2,3/4,2	950	F. G. Herzogberg Edelschrott	24
15. 6.	schön	Hang-(Seiten-)bau	Wiese	Reiner Lehm, etwas Tonschiefer	IV/I	3,7	2,3	48	-10	109	10	1,64	179	149	50	2,3/2,6	550	Schloßberg-Walz Stmk.	25
4. 8.	bewölkt	Hang-(Seiten-)bau	Fi 60-70 jähr., Stock ø 30-45 cm	Sandiger Lehm, tiefgründig, Stock-sprengung, einzelne Steinbrocken.	III/V	3,7	2,3	90	-12	42	8	2,30	144	96	40	2,3/4,2	850	Forstegg, Stmk.	26
4. 8.	"	"	"	Sandiger Lehm, tiefgründig, Stock-sprengung	III	4,0	2,5	73	-12	97	11	2,34	203	227	67	3,5/4,2	850	Forstegg, Stmk.	27
4. 8.	trüb, kühl, regnerisch	Hang-(Seiten-)bau	40 jähr. Stangenholz	Stark sandiger Lehm, tiefgründig, ohne Steine, Vorsprengung nicht erforderlich	III	4,2	2,4	46	-13	76	15	0,43	110	33	18	3,5/4,2	1000	Etmisl, Stmk.	28
9. 8. 55	bewölkt, Neimur	Hang-(Seiten-)bau	Fi, La 40-60	Sandiger Lehm sehr steinig bzw. V/III	V/III	4,5	3,0	60	-19	82	7	1,99	92	102	72	2,3/2,6	1000	F. V. Dornbach	29

Cat D 4 - hydraulisch

Cat D 6 mech.

D 7

Grader Nr. 12	18. 7. 55	schön	Abbüschung u. Feinplanung einer Rohtrasse	Kahlschlag, aufgefördert Fi. 10j.	Schiefriger, sandiger Lehm. Kalkschotter Kein Vorsprengen erforderlich	III	4,0	2,7	30-50	-10	180	2	0,45	75	I Bö-schen II Pla-nieren	770	St. Erhard, Stmk	38			
Cat D 4 - hydraulisch	16. 7.	trüb, vereinzelt Regen	erster Anriß	Wiese	Verwitterter Gneis in großen Blöcken. Keine Vorsprengung.	V	4,0	2,3-2,6	130	-13	17	6	1,10	34	18,70	36	2,7/3,0	630	Semriach-Wasserfall	11	
	15. 7.	trüb, vereinzelt Regen	"	Wiese	Lehm, tiefgründig, steinfrei, aufgeweicht	IV	4,0	1,6-1,8	35-40	-13	32	8	0,39	34	12,48	22	2,7/3,0	625	Semriach-Wasserfall	12	
	15. 7.	trüb, Regenschauer	Lehnbau	vereinzeltes Laubholz	Lehm tiefgründig, durchfauchtet, Keine Vorsprengung	IV	2,0	2,0	100	-13	12	4	2,00	31,3	24	46	2,7/3,0	620	Semriach-Wasserfall	13	
	15. 7.	trüb, vereinzelt Regen	Lehnbau	Wiese, Buschwerk	Lehm, teilweise brüchiger Stein	IV/V	2,0-4,0	1,7-3,0	55	-13	168	8	1,83	31	3,08	600	620-640	Semriach-Wasserfall	14		
	21. 6.	leichter Regen dann Aufheiterung	Seitenbau Hangbau	Wiese	Humus auf Lehm (Ackererde, etwas lehmig) mäßig feucht, schwach sandig	IV/II	3,5	2,9	22	-1,5	64	13	1,09	43	70	99	2,7/3,0	1000	St. Veit i. d. Gegend, Stmk.	15	
	18. 7.	schön, sehr heiß	Seitenbau Grobarbeit	Stangenholz Ki. Fi. Bi, alte Stöcke	Sandiger Lehm mit leicht bröckelndem Fels	II/V	2,8	1,8	100	-12	28,6	4,5	1,70	31	49	78	2,7/3,0	620	Semriach-Wasserfall	16	
	28. 7.	schwül, bewölkt, um 14h25 beginnender Regen	Hang, Seitenbau und Lagenbau	Laubholzanzflüg	Leicht anbrüchliches Gestein, Humus	V/I	5,5	4,6	58	-6	24,8	6	6,05	29	150	310	2,7/3,0	570	Augraben, Stmk.	17	
	21. 6.	leichter Regen mit nachfolgender Aufheiterung	Seitenbau, Hangbau	Wiese	Humus auf Lehm (Ackererde, etwas lehmig) mäßig feucht, schwach sandig	IV/I	3,5	2,5	26	-7	52	12	0,88	79	46	35	2,7/3,0	1000	St. Veit i. d. Gegend, Stmk.	18	
	Cat D 6 mech.	19. 7. 55	schön	Seitenbau bergauf, Aufreißen d. Trasse	Schlagfläche	Lehmiger Grund mit großen Steinbrocken, alte Stöcke, trocken. Boden nicht vorgesprengt	IV/V	3,0	1,5-2,0	50-60	+6	135	6	0,60-1,20	72,6	114	94	2,3/2,9	1280	Niklasdorf-Mugel	19
		19. 7.	schön	Seitenbau bergauf Aufreißen d. Trasse	Altholz, Fi u. Lü	Lehmiger Sand mit Steinbrocken, trocken, Stocksprengung	III/V	3,0	2,0	50	+6	75	6	1,20	128	90	42	2,3/3,9	1270	Niklasdorf-Mugel	20
D 7	7. 6. 55	schön	Hang-(Seiten-)bau	Fi-Jungwald, Stock ø 15-20 cm	Lockerer, feuchter, toniger Lehm, keine Vorsprengung	III	3,5	2,3	100	+14 bis -13	90	16	2,66	92	240	157	2,3/2,6	780	St. Kathrein a. d. L. Stmk.	21	
	14. 6.	schön nach 2 Regentagen	Lagen- mit Seitenbau kombiniert	Schwaches Stangenholz mit 20-25 cm ø	Reiner, schwerer, toniger Lehm ohne Vorsprengung	IV	5,1	3,1	48	-13	27	15-20	12,2	128	70	33	2,3/2,6	450	Schloßberg-Walz, Stmk.	22	
	14. 6.	"	Hang-(Seiten-)bau	Fi-Altholz mit Felsbrocken, Stock ø 40-50 cm	Stark saukiger Lehm, Stockvorsprengung	III/I	5,0	4,3	38	-14	45	12	3,59	87	168	111	2,3/2,6	950	F. G. Herzogberg Edelschrott	23	
	14. 6.	"	"	"	Stark sandiger Lehm, Vorsprengung	II	5,0	3,2	24	-9	69	20	2,50	112	174	93	2,3/4,2	950	F. G. Herzogberg Edelschrott	24	
	15. 6.	schön	Hang-(Seiten-)bau	Wiese	Reiner Lehm, etwas Tonschiefer	IV/I	3,7	2,3	48	-10	109	10	1,64	179	149	50	2,3/2,6	550	Schloßberg-Walz Stmk.	25	
	4. 8.	bewölkt	Hang(Seiten-)bau	Fi 60-70 jähr., Stock ø 30-45 cm	Sandiger Lehm, tiefgründig, Stock-sprengung, einzelne Steinbrocken.	III/V	3,7	2,3	90	-12	42	8	2,30	144	96	40	2,3/4,2	850	Forstegg, Stmk.	26	
	4. 8.	"	"	"	Sandiger Lehm, tiefgründig, Stock-sprengung	III	4,0	2,5	73	-12	97	11	2,34	203	227	67	3,5/4,2	850	Forstegg, Stmk.	27	
	4. 8.	trüb, kühl, regnerisch	Hang-(Seiten-)bau	40 jähr. Stangenholz	Stark sandiger Lehmboden, tiefgründig, ohne Steine, Vorsprengung nicht erforderlich	III	4,2	2,4	46	-13	76	15	0,43	110	33	18	3,5/4,2	1000	Etrmsl, Stmk.	28	
HD 9	9. 8. 55	bewölkt, Neigung zu Niederschlägen	Hang-(Seiten-)bau, Rohplanum	Fi, Lü, 40-60 jähr. Stock ø i. D. 12 cm sehr steinig	Sandiger Lehm, sehr steinig bzw. felsig	V/III	4,5	2,0	60	-12	88	7	1,22	83	108	78	2,3/2,6	1400	F. V. Praneckh Niederwölz	29	
	9. 8.	"	"	Wie oben, jedoch humoser Sand, Lehm m. leicht brüchigem Gestein	Sandiger Lehm mit geringem Gesteinsanteil	III/V	3,9	1,9	63	-12	396,5	8	0,94	140	373	131	2,3/2,6	1400	F. V. Praneckh, Niederwölz	30	
	25. 8.	bewölkt, leichte Niederschläge	Hang-(Seiten-)bau, Rohplanum	vergraste, alte Kahlf. m. Altholzgruppen, vorge-spr., Stock ø 30 cm	Sandiger Lehm mit geringem Gesteinsanteil	III/V	3,9	2,9	20	-10	30	14	0,73	146	22	9	2,3/2,6	1200	Metnitz-Rötting, Kärnten	31	
	1. 9.	bewölkt	Hang-(Seiten-)bau	Fi, Lü, Stock ø 15-20 cm, 60jährig	Sandiger Lehm mit Felstrümmern (Felsnase)	III/V	3,7	2,1	58	Bergarbeit +19	23	7	1,38	44	32	43	2,3/2,6	1200	F. V. Praneckh, Niederwölz, Stmk.	32	
	1. 9.	"	"	"	Sandiger Lehm mit Felstrümmern	III/V	3,5	2,3	54	-12	98	10	1,58	146	151	62	2,3/2,6	1200	F. V. Praneckh, Niederwölz, Stmk.	33	
	28. 7.	trüb, kein Regen	Seitenbau in flachen, steinigem Gelände	Buchen-Altholz	Lehmig u. grobe Kalktrümmer, gewachsener Fels 40-60%	IV/V	4,0	2,3	40	-9	50	6	1,03	64	52	49	2,3/5,6 u. 2,6	870	Goller-Sattel bei Weiz	34	
	29. 7.	trüb, kein Regen	Seitenbau in steinig. Gelände (Kalk)	Altholz, Fi+Bu	Vorspr.: Stöcke u. Fels (Donarit) Lehm m. Kalkgeröll 25%	IV/V	4,0-4,8	2,7-3,5	45-50	-10	57	7	2,4	95	137	86	3,4/5,6	850	Goller-Sattel bei Weiz	35	
	14. 9.	bewölkt, ohne Regen	Seitenbau, erster Anriß	Rasen	auch der Stöcke (Donarit) grobes Kalkgeröll, teilweise gewachsener Fels, mit Rasen locker bedeckt. Vorsprengt	V	3,0	1,6	45	-4	70	4	0,56	64	44	41	3,4/5,6	1060	Schöckel, Stmk.	36	
	28. 7.	trüb, kein Regen	Kehrengbau bei Hangweg	Buchen-Altholz	Lehmig mit großen Kalktrümmern teilweise gewachs. Fels. Vorspr.: Stöcke u. Fels (Donarit)	V	5-6 m R=9 m	3,2-5,4	30-50	-7	42	13	3,25	50	135	161	2,3/5,6	860	Goller-Sattel, Stmk.	37	
	18. 7. 55	schön	Abbüschung u. Feinplanung einer Rohtrasse	Kahlschlag, aufgefördert Fi. 10j.	Schiefriger, sandiger Lehm. Kalkschotter Kein Vorsprengen erforderlich	III	4,0	2,7	30-50	-10	180	2	0,45	75				770	St. Erhard, Stmk	38	

Zeichenerklärung: Bg = gesamte Breite; b = Breite am gewachsenen Boden; HN = Hangneigung; L = Länge der Versuchsstrecke; TE = Transportentfernung; M = bewegte Masse; V = Leistung; MΣ = auf der Versuchsstrecke bewegte Gesamtmasse; TΣ = während der Versuchsdauer aufgewendete Arbeitszeit; Gv = Ganggeschwindigkeiten; H = Sechöhe der Versuchsstrecke.

daß die Leistung ebenso steigen kann. Andererseits bedingt die Seehöhe von rund 1300 m bei diesen Versuchsstrecken einen Leistungsabfall des Motors gemäß Abb. 23 um rund 7%, so daß die eintretende Leistungssteigerung sich auf 7.6% oder rund 8% reduziert. Bei einer erzielten mittleren Stundenleistung von rd. 30 m³ gewachsenem Boden, entspricht dies bei Reduktion auf eine ebene Trasse in Höhe des Meeresspiegels einer Leistung von rd. 28 m³. Bei einem angenommenen Ladefaktor von 0,70 ergibt dies gegenüber Tab. XIV eine Reduktion von 40 m³ auf 28 m³ gewachsenen Boden, das sind rund 30%, was einem Leistungsabfall von 100% auf 70% gleichkommt.

Die Dauerleistung bei ungünstigen Verhältnissen (felsiger Boden und im zweiten Fall andauernde Regenfälle) liegt allerdings bei 6—11 m³/St, d. i. rd. $\frac{1}{4}$ bis rd. $\frac{1}{6}$ der in Tabelle XIV angegebenen Leistungen.

Die gleichen Leistungen, ca. 4½ lfm je Stunde bei sehr schlechtem Wetter und ca. 9,5—10,5 lfm/St bei nur teilweisen Regenfällen bei gleichen zu bewegenden Erdmassen von 1.2—1.4 m³ gewachsener Boden je Laufmeter wurden in ungefähr 1400—1500 m Seehöhe beim Bau von rd. 6 km weiteren Wegen im gleichen Revier Glashütte (Gebiet der Koralpe) im Jahre 1955 bei Dauereinsatz erzielt. Es ergibt sich das gleiche Verhältnis: eine Reduktion auf rund $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ der in Tabelle XIV angegebenen Leistungen, bei Herstellung einer Trasse einschl. Feinplanung, bei Bewuchs mit Altholz und dadurch erforderlicher Stocksprennung (1 Stock auf rd. 7 lfm), einer mehr oder minder großen erforderlichen Sprengarbeit (im günstigeren Fall rd. 0.10 m je Laufmeter, im ungünstigeren Fall rund 0.45 m/lfm Bohrloch) und einer mehr oder weniger ungünstigen Witterung (im günstigeren Fall während etwa der Hälfte der Bauzeit schlechtes Wetter, im ungünstigeren Fall während der ganzen Bauzeit teilweise starke Regenfälle und Gewitter).



Abb. 25. Caterpillar D 4 Angledozer bei Wegebau St. Veit i. d. Gegend. Anschnitt der Rohtrasse (siehe Versuche 15 und 18)

Größenklasse Caterpillar D 4 Angledozer, hydraul. (43—48 HPH)
(Abb. 25, Abb. 26)

Es werden im Hangbau mit nur selten bei der Schüttung von Dämmen zur Überbrückung von Mulden auftretendem Lagenbau bei Trans-

portentfernungen von 4—13 m, Leistungen von in der Regel 30—35 m³ gewachsener Boden erzielt, wenn mit 12—13% im allgemeinen bergab gearbeitet wird und lehmiger Boden mit teilweise verwittertem Gesteinsmaterial vorliegt. Besonders ungünstige Verhältnisse (starker Anteil von verwittertem Stein) läßt die Leistung auf bis rd. 21 m³/St absinken, besonders günstige Verhältnisse (Wiesengrund, lockere Ackererde) bis gegen 80,— m³/St, in kurzen Zeiträumen gemessen, ansteigen. Die Mehrzahl der Messungen liegt jedoch bei jenen Verhältnissen, welche für die Bearbeitung durch diese Maschinentype im Forstwegbau in der Regel in Frage kommen, bei etwa 34.— m³/St.

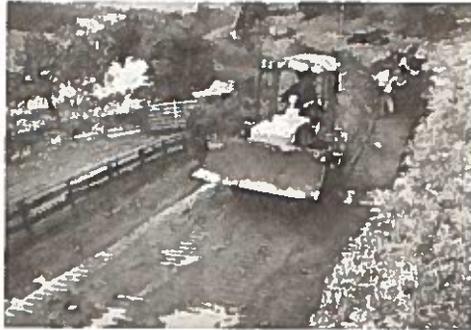


Abb. 26. Im Hintergrund Anfahrt und Arbeitsplatz. Abböschung durch Handarbeit (Aufn. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien-Schönbrunn)

Diese Leistungen gelten für reine Arbeitszeit, ohne Pausen und für kurze Beobachtungszeiten bei Herstellung eines Rohplanums.

Bei der Beobachtung langer Zeiträume bei Forstwegbauten, welche durch die Forstabteilung der Steiermärkischen Landwirtschaftskammer durchgeführt wurden, ergibt sich bei einem durchschnittlichen Weggefälle von rund 9% im Seitenbau eine mittlere Stundenleistung von rund 20.— m³ gewachsener Boden.

Wenn die bei den Versuchen erzielte Durchschnittsleistung (angenommene Arbeit in 12% Gefälle) auf Arbeit in ebener Bahn reduziert werden soll, ergibt sich folgendes Verhältnis:

Betriebsgewicht Cat. D 4 mit Angledozer und Seilwinde 6,6 t. Steigungs- und Gefällskomponente bei 12% Trassenneigung 120 kg/t bzw. $6,6 \times 120 = 792$ kg. Die Zug-(Schub-)kraft von 4332 kg im 1. Gang wird auf 5124 kg vermehrt, d. i. um rund 18,3%. Es kann, unabhängig vom Widerstand, den das zu bewegende Material entgegensetzt, angenommen werden, daß die Leistung ebenso ansteigt. Bei einer durchschnittlichen Seehöhe von rund 600 m, in welcher die Leistungen gemessen wurden, ergibt sich ein Leistungsabfall des Motors gemäß Abb. 23 um rund 7%, so daß die eintretende Leistungssteigerung sich auf rund 11,3% reduziert. Die erzielte Stundenleistung von 34 m³ entspricht daher einer Leistung auf ebener Trasse in Höhe des Meeresspiegels von rd. 31.— m³. Bei einem angenommenen Ladefaktor

von 0,70 bedeutet dies gegenüber Tabelle XIV bei einer Transportentfernung von 15 m eine Reduktion von 53 m³ auf 31 m³ gewachsenen Boden, das sind 41%, was einem Leistungsabfall von 100% auf 59% gleichkommt.

Nach Untersuchungen von Neuberger (siehe Diagramm in Abb. 18) ergibt sich bei Bodengruppe III nach Din 4022 (alt), die zum Vergleich heranzuziehen ist bei 10 m durchschnittlicher Transportentfernung eine Massenleistung von rund 55 m³ (bei 15 m Transportentfernung rund 43 m³). Bei der Gegenüberstellung einer in kurzer Zeit erzielten Leistung von rd. 31.— m³, ergibt sich als Ergebnis der Versuche gegenüber diesem Diagramm eine Reduktion um rd. 25,5%. Für lange Zeiträume, wie sie beim Wegebau als Vergleichsbasis in Frage kommen, muß eine Reduktion auf rd. 18 m³, d. i. auf rd. $\frac{1}{3}$ erfolgen (siehe weiter unten).

Im übrigen weist dieses Diagramm auch verhältnismäßig gut übereinstimmende Resultate in der Bodengruppe II (Leichter Stichboden) mit einer Leistung von rd. 76 m³ bei 10 m Transportentfernung mit den durchgeführten Versuchen auf (siehe Versuch 18).

Die Dauerleistung liegt bei Annahme von 600 m Seehöhe reduziert auf rund 18 m³ statt 20 m³, das ist auf ungefähr $\frac{1}{3}$ der in Tabelle XIV angegebenen Leistungen.

Wenn man Vergleiche mit Versuchen in langen Zeiträumen, welche im Schwarzwald mit einer leichten Planierraupe (Deutz 60 PS [7]) durchgeführt wurden, anstellt, so ergibt sich folgendes:

Es wird hier bei einem Mittel von 30 m Transportentfernung eine durchschnittliche Stundenleistung von 18,5 m³ bei teilweise steinigem und felsigem Verwitterungsboden aus Gneis erzielt, wie sie mit den Bodenverhältnissen, unter denen die Durchschnittswerte bei mehrjährigen Beobachtungen von 20 m³ im Gefälle erreicht wurden, verglichen werden können. Die verhältnismäßig geringere Leistung der stärkeren Raupe von 60 PS-Motorleistung erklärt sich aus der größeren Transportentfernung von durchschnittlich 30 m, welcher einen Leistungsabfall gegenüber einer durchschnittlichen Transportentfernung von 10 m von mindestens $\frac{1}{3}$ zur Folge hat, so daß als vergleichbarer Wert statt 18,5 m³ rund 26—27 m³ Stundenleistung herangezogen werden müßte. Dies entspricht der stärkeren Deutz-Planierraupe im Verhältnis zur schwächeren Caterpillar D 4-Planierraupe gut.

Wenn man schließlich die amerikanischen Angaben über typische Angledozer-Leistungen im Seitenbau bei Anlage von 3.— m breiten Wegen in Längenmeter (Tabelle XVI) berücksichtigt, so ist bei 47% Hangquerneigung eine Stundenleistung von 24 Längenmeter angeführt, während sie sich bei Feststellung des langjährigen Durchschnittes mit rd. 18.— lfm/St beim Bau von Forstwegen unter annähernd denselben Verhältnissen ergab. Es ist gegenüber den bei den amerikanischen Angaben berücksichtigten kurzen Einsätzen in Art des Pionier-Baues bei langjährigen Durchschnitten im forstlichen Bausektor ein Absinken um etwa $\frac{1}{4}$ auf $\frac{3}{4}$ (75%) der Leistung festzustellen.

Wenn auch bei den durchgeführten Versuchen in kurzen Beobachtungszeiten bei einigermaßen günstigen Verhältnissen die Leistungen der Planierraupe Cat D 4 (43—48 HP) im Durchschnitt nur um gut $\frac{1}{10}$ über jenen der kleineren Planierraupe Caterpillar D 2 (32 bis 38 HP) lagen, so zeigte sich doch bei Beobachtungen über lange Zeiträume ein Ansteigen der Leistung um etwa 75% von rd. 11.— m³/St auf rd. 18 m³/St. Dies weist darauf hin, daß die doch wesentlich robustere Planierraupe Caterpillar D 4 (43—48 HP) in langen Durchschnitten weniger durch leistungshemmende Einflüsse aufgehalten und in der Leistung gedrückt wird als die bedeutend schwächere und leichter gebaute Planierraupe Caterpillar D 2 (32—38 HP).

Im einzelnen ergibt sich aus den durchgeführten Versuchen folgendes:

Beim Bau über Wiesengrund mit leichter Ackererde ein starkes Ansteigen der Leistung bis zur doppelten Höhe (Versuch 18) gegenüber dem im Waldgelände üblichen Ausmaß. Beim Auftreten von verwittertem Fels in größerem Ausmaße ein starkes Sinken der Leistung bis auf ungefähr die Hälfte der durchschnittlichen, auch wenn keine starken Stöcke, sondern nur Strauchwerk oder überhaupt Wiesenboden gegeben ist (Versuch Nr. 10). Beide Erscheinungen lassen die besonders starke Beeinflussung der Leistung dieser leichten Maschinentype durch die Widerstände, welche der Boden der Bearbeitung entgegengesetzt, erkennen.



Abb. 27. Angledozer Allis Chalmers HD 9, beim Forstwegebau Metnitz-Rötting

Größenklasse Caterpillar D 6 Angledozer und Gradebuilder (Angledozer) Allis Chalmers HD 9 (Abb. 27, Abb. 28) (66—76 HP bzw. 72—84 HP)

Beide Planiergeräte werden trotz des Unterschiedes in der möglichen Kraftleistung von rd. 10% im Rahmen derselben Größenklasse behandelt, da die Anschaffungskosten, Betriebskosten und die Länge des Planierschildes ungefähr die gleichen sind und bei Nichtausnutzung der Spitzenleistungen auch die Arbeitsleistung, wie auch die Versuche zeigen, im ungefähr gleichen Rahmen liegen.

Es werden im Hangbau bei Transportentfernungen von 6—14 m, i. D. rd. 8.— m, Leistungen von rd. 44 bis rd. 146 m³/St gewachsenen Bodens erzielt. Bergaufarbeit in s c h w a c h e r Steigung (6%) bei guten Bodenverhältnissen (lehmiger Sand) ermöglicht bei Ausnutzung der Leistungsfähigkeit, wie der Versuch 19 zeigt, gegenüber Bergarbeit bei gleichen Bodenverhältnissen (Versuch 30 und 31) in erträglichen Grenzen gedrückte, aber immer noch recht günstige Arbeitsergebnisse. Durch starken Felsanteil in sandigen Lehmböden wird die Arbeitsleistung auf etwa 40% der Leistung, d. i. auf rd. 44



Abb. 28. Anschnitt der Rohtrasse (siehe Versuch 31)
(Aufn. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien-Schönbrunn)

bis 73 m³/St, gedrückt. Überall, wo große festgelagerte Felsbrocken oder gewachsener, unvollkommen vorgesprengter Fels auftritt, sinkt sogar, wenn man die dadurch entstehenden, oft bedeutenden Stehzeiten nicht in Betracht zieht, die Leistung bedeutend. Der Einfluß des Felsanteils auf die Arbeitsleistung überragt den Einfluß von Steigung und Gefälle.

Wenn man weder die günstigsten noch die ungünstigsten, sondern mittlere Verhältnisse berücksichtigt, ergibt sich eine Leistungsgröße von rd. 80 m³/St in kurzen Beobachtungszeiten, ohne Pausen. Nach dem Technical Manual 252 (8) ist bei schwerem Boden eine Anglodozer-Leistung im Seitenbau von 53 m³/St gewachsener Boden gegeben. Diese wurde bei den vorliegenden Beobachtungen, in kurzen Zeiträumen bedeutend übertroffen. Die in Schiefertone angegebene Leistung von rd. 38 m³/St wurde bei stark felsigem Boden auch um rd. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{4}$ übertroffen.

Aus allen Beobachtungen ergibt sich eine verhältnismäßig weit über das zu erwartende Maß ansteigende Leistung gegenüber der Größenklasse Caterpillar D 4. Es wird im Durchschnitt fast die dreifache Leistung dieser Planieraupe erreicht. Die Spitzenleistungen der leichteren Planieraupe D 4 erreichen auch bei günstigsten Verhältnissen nur etwa die Hälfte dieser stärkeren Gruppe D 6, wobei r o h die Annahme getroffen werden soll, daß der vorteilhafte Einfluß der Arbeit

im Gefälle von 4—12% und der nachteilige Einfluß der Seehöhe von 900—1400 m, in welcher die Versuchsarbeiten stattfanden, sich aufheben. Es ergibt sich gegenüber Tabelle XIV bei Annahme eines Lade-faktors von 0.70 und einer Transportentfernung von 15 m eine Reduktion von 121 m³/St auf 90 m³/St, d. i. um rd. $\frac{1}{4}$ von 100% auf 75%. Das Diagramm von Neuberger ergibt als Mittelwert zwischen Bodengruppe III (schwerer Boden, mit Krampen und Stickschaufel bearbeitbar) und Bodengruppe IV (steiniger Boden, mit Spitzhaue und Brechstange bearbeitbar), der zum Vergleich herangezogen werden kann, bei 10 m Transportentfernung eine Leistung von $\frac{55 + 63}{2} = 59$ m³/St, also nur etwa $\frac{2}{3}$ der Leistung, welche tatsächlich

in kurzen Beobachtungszeiten erreicht wurde. Das Bild, das sich für die Anwendbarkeit dieser Größenklasse von Planierraupen im Forst-wegebau bietet, ist den tatsächlichen Verhältnissen bei der praktischen Arbeit entsprechend ein außerordentlich günstiges, wenn natürlich auch bei mangelnder Organisation und Vorbereitung der Arbeit die kostenmäßige Belastung durch Stehstunden größer wird. Allerdings sind die Transportkosten bedeutender und ist der Zutransport im Hoch-gebirge nicht immer durchführbar.

Wenn man die Leistungen im Durchschnitt langer Arbeitszeiten betrachtet, ergibt sich folgendes:

Forstweg Adriach, Steiermark

Caterpillar D 6 hydraulisch. Hangbau. Baujahr 1952. Länge 2,07 km, 10—11% Gefälle, Seehöhe 520—730 m. Quergefälle des Hanges rd. 50%, Kubatur je lfm rd. 1,9 m³. Sandiger Boden mit rd. 8% Felsanteil, Wegbreite rd. 3,— m, davon 2,20 m auf gewachsenem Boden. Massenbewegung insgesamt rd. 4100 m³ in rd. 100 Arbeitsstunden. Leistung je Arbeitsstunde rd. 41,— m³ bzw. rd. 20,8 lfm.

Forstweg Salzstiegel, Steiermark

Baujahr 1952. Verwendete Planierraupe Caterpillar D 6 hydraulisch. Länge 4,88 km. Hangbau. Seehöhe 1200—1500 m. Gefälle i. D. 8%. Querneigung des Hanges 30% i. D. Erforderliche Massenbewegung rd. 4800 m³, d. i. rd. 0,98 m³/lfm. Wegbreite 3,— m, davon 2,20 m auf gewachsenem Boden. Sandiger Lehmboden, teilweise Wiesengrund, zum größeren Teil mit schwachem Altholz bestockt. Dauer der Arbeitszeit 118 Zeitstunden. Leistung 40,7 m³/St.

Forstweg Jankalm—Weiglmoaralm bei St. Stefan ob Leoben, Stmk.

Baujahr 1952, verwendete Planierraupe Allis Chalmers HD 9. Länge 3,3 km. Hangweg. Etwas sandiger Lehmboden, teilweise bestockt. Gefälle i. D. 5—6%. Seehöhe 1080—1200 m. Bewegte Masse rd. 4600 m³, d. i. rd. 1,4 m³/lfm. Wegbreite 3,— m, davon 2,20 m auf gewachsenem Boden. Bei 106 Arbeitszeitstunden wurde eine Leistung von rd. 43,4 m³/St bzw. rd. 31 lfm/St erzielt.

Forstweg Maurergraben

Baujahr 1952. Talweg in den seitlichen Hängen der Grabensohle liegend. Länge 4,31 km. Massenbewegung rd. 8500 m³ Erde, davon rd. 7200 m³ maschinell, ferner rd. 735 m³ Fels, davon rd. 500 m³ maschinell nach teilweiser Vorlockerung durch Sprengung zu verschieben. Etwas sandiger Lehmboden. Insgesamt zu bewegen 7700 m³. Seehöhe 840 bis 1230 m, Gefälle i. D. 10%. Wegbreite 3,— m, davon 2,30 m auf festem Grund. Geländequerneigung i. D. 35%. Bei Aufwand von 145 Arbeitszeitstunden wurde in der Stunde eine Leistung von 53,1 m³ erreicht.

Schluffolgerungen

Wenn man ein sicheres Mittel aus diesen erhobenen Dauerleistungen zieht, so kann ein solches mit rd. 44,0 m³/St bei Bergarbeit und geringem Felsanteil im Seitenbau mit kurzen Transportdistanzen, bzw. von rd. 39,— m³ bei Reduktion auf die Ebene als gegeben angenommen werden.

Dieser Wert entspricht auch ungefähr den Ergebnissen der schon im Jahre 1948 in der Steiermark durchgeführten Untersuchungen.

Die Leistung der Größenklasse 43—48 HP (D 4) wird bei der Größenklasse 66—76 HP bzw. 72—84 HP (D 6 und HD 9) demnach bei Dauerarbeit rund verdoppelt.

Die Dauerleistung von rd. 39,— m³/St entspricht rund 45% der mittleren Leistung, welche sich in kurzen Zeitabschnitten bei den Versuchen ergab. Gegenüber dem Technical Manual 252 (8) ist ein Absinken von rd. 53 m³/St bei schwerem Boden auf rd. 39 m³/St, d. i. auf rund $\frac{3}{4}$ der Größe gegeben. Gegenüber Tabelle XIV (15 m Transportentfernung bei Annahme eines Ladefaktors von 0,70) ergibt sich ein Sinken von 121 m³/St auf 39 m³/St, d. i. rund auf $\frac{1}{3}$, gegenüber dem Diagramm von Neuberger von 59 m³/St auf 39 m³/St, d. i. auf rund 0,7.

Es darf nicht außer Acht gelassen werden, daß in stark felsigem Gelände bei mangelnder Vorbereitung der Bautrasse diese Leistung auf die Hälfte, ja noch darunter sinken kann.

Dies zeigen verschiedene Erfahrungen aus der Baupraxis und auch das Verhältnis der Leistungen bei den durchgeführten Versuchen (z. B. Versuche 30 und 31 gegenüber den Versuchen 29 und 37).

Größenklasse Caterpillar D 7 Angledozer (81—93 HP)

Es werden nach den durchgeführten Versuchen im Seitenbau bei Transportentfernungen von 8—20 m, i. D. von 12—14 m, bei Bergarbeit in 12—14% Gefälle Leistungen von rund 86 bis 210 m³/St gewachsener Boden erzielt. Der untere Wert gilt für sandigen Lehm, der Altholzstücke von 40—50 cm ϕ aufweist und mit großen Felsbrocken durchsetzt ist. Der obere Wert wurde bei tiefgründigem, sandigem Lehm mit erfolgter Stockvorsprengung erreicht. Regnerisches Wetter in Lehmboden drückt die Leistung. Kombination von

Seiten- und Lagenbau (Versuch 22) vor Beginn einer Dammschüttung reduzierte die Leistung auf rund 40% der sonst bei gleichen Bodenverhältnissen erreichbaren, da das zu verschiebende Material mehrfach bewegt werden mußte. Bei günstigen Verhältnissen (sandiger, tiefgründiger Lehmboden mit geringem Stein- oder Schieferanteil) kann nach den durchgeführten Versuchen mit einer Stundenleistung bei Bergarbeit von rd. 130 m³ i. D. sicher gerechnet werden. Bei Reduktion der Arbeit in 12% Gefälle bei i. D. 850 m Seehöhe auf eine ebene Trasse in Meereshöhe ergibt sich folgendes Bild:

Eigengewicht Cat. D 7 mit Angledozer und Seilwinde rd. 16 t, Steigungs- bzw. Gefälls-Komponente bei 12% Trassenneigung

$$16 \text{ t} \times 120 \text{ kg/t} = 1920 \text{ kg}$$

Die Zug-(Schub-)Kraft von 9843 kg im 1. Gang wird auf 9843 + 1920 = 11.763 kg vermehrt, d. i. um rund 20%. Es kann angenommen werden, daß die Leistung ebenso steigt. Die angenommene Seehöhe von rund 850 m bedingt gemäß Abb. 24 einen Leistungsabfall des Motors um rund 7%. Dadurch reduziert sich die durch Bergarbeit auftretende Leistungssteigerung auf rd. 13%. Die erzielte mittlere Stundenleistung von rd. 130 m³ gewachsenen Bodens ergibt bei Reduktion auf eine ebene Trasse in Höhe des Meeresspiegels rd. 115 m³. Bei einem angenommenen Ladefaktor von 0,70 ergibt dies gegenüber Tab. XIV ein Sinken der Leistung von rd. 135 m³ bei 15 m Transportentfernung auf rd. 115 m³ gewachsenen Bodens je Stunde, d. i. von 100% um rd. 15% auf rund 85%.

Wenn man die Leistungen im Durchschnitt langer Arbeitszeiten betrachtet, ergibt sich folgendes aus mehreren Forstwegbauten:

Forstweg Lexen, Große Veitsch, Steiermark

Caterpillar D 7 hydraulisch. Hangbau. Baujahr 1952. Länge 4,25 km. Seehöhe 900—1200 m, Quergefälle des Hanges i. D. 35—40%. Massenbewegung je lfm rd. 1,4 m³ Boden: sandiger Lehm mit rd. 10% Felsanteil. Wegbreite rund 3,5 m, davon 2,30 m auf festem Grund. Massenbewegung insgesamt rd. 6000 m³ in 104 Zeitstunden bei rd. 10% Gefälle. Leistung je Arbeitsstunde rd. 57,— m³ bzw. rund 40,— lfm.

Forstweg Lichtenbach bei Neuberg, Steiermark

Caterpillar D 7 hydraulisch. Hangbau. Baujahr 1952. Länge 2,59 km. Gefälle i. D. 12%. Seehöhe 760—860 m. Quergefälle des Hanges rd. 40%. Kubatur je lfm rd. 1,56 m³. Sandiger Boden mit rd. 10% Felsanteil. Wegbreite rd. 3,50 m, davon 2,30 m auf gewachsenem Boden. Massenbewegung insgesamt rd. 4800 m³ in 78,5 Zeitstunden bei rund 1,6 m³ Massenbewegung je lfm. Leistung je Arbeitsstunde rd. 61,— m³ bzw. rund 38,— lfm.

Forstweg Fischbach-Reith, Oststeiermark

Caterpillar D 7, hydraulisch. Hangbau. Baujahr 1952. Länge 6205 km. Seehöhe 670 bis 980 m. Quergefälle des Hanges i. D. 45%. Massen-

bewegung je Laufmeter rd. 1,3 m³, davon rd. 15% Fels. Stark sandiger Boden. Wegbreite rund 3,5 m, davon 2,30 m auf festem Grund. Massenbewegung insgesamt rd. 8000 m³ in 144½ Arbeitsstunden bei rd. 7% Gefälle. Leistung je Arbeitsstunde rd. 55,— m³ bzw. rund 43 lfm.

Forstweg Hopfriesen—Eschachalm bei Schladming

D 7, hydraulisch. Bau in seitlichem Hang eines Talbodens. Baujahr 1952. Länge 1,677 km. Seehöhe 1040—1160 m. Gefälle der Trasse i. D. 9%. Quergefälle des Hanges i. D. rd. 45%. Massenbewegung je Laufmeter rd. 1,6 m³. Felsanteil rd. 30% (Fels und schweres Geröll). Boden sehr felsig und mit grobem Geröll. Ungenügende Vorsprengung. Wegbreite rd. 3,20 m, davon 2,20 m auf festem Grund. Massenbewegung insgesamt rund 2600 m³ in 107½ Arbeitsstunden. Leistung je Arbeitsstunde rd. 24,— m³, bzw. rund 16 Laufmeter.

Forstweg Fusch—Roßkogel bei St. Lorenzen, Mürztal

D 7, mechanisch. Hangbau. Baujahr 1953. Länge 7,615 km, Seehöhe 600—1120 m, Gefälle der Trasse i. D. 7%. Quergefälle des Hanges i. D. rd. 65%. Massenbewegung je Laufmeter rd. 2½ m³. Felsanteil i. D. rd. 10%, an begrenzten Stellen konzentriert, dadurch dort weit höher. Ungenügende Vorsprengung. Wegbreite rd. 3,20 m, davon 2,20 m auf festem Grund, Massenbewegung insgesamt rund 17.000 m³ in 870 Zeitstunden. Leistung je Arbeitsstunde rd. 19½ m³, bzw. rund 9 lfm.

Ohne Berücksichtigung der Ergebnisse der Wegebauten Hopfriesen—Eschalm und Forstweg Fusch—Roßkogel, welche das Absinken der Leistung einer schweren Planierraupe in felsigem Gelände auf das Ausmaß der Leistung eines schwachen (Gerätes (D 4) infolge ungenügender Vorbereitung zeigen sollen, ergibt sich als sichere Leistung aus diesen erhobenen Dauerleistungen, bei Bergabarbeit in rd. 10% Gefälle bei geringem Felsanteil im Seitenbau mit kurzen Transportdistanzen ein Wert von ungefähr 50—54 m³/St.

Bei Reduktion um rd. 10% wegen Arbeit im Gefälle auf rund 48,— m³/St ist dies rd. 42% der mittleren Leistung, welche sich in kurzen Beobachtungszeiträumen ergab. Gegenüber Tabelle XIV ist ein Absinken auf rund 35% zu beobachten, während bei Tabelle XV (Seitenbau) eine Reduktion von rd. 69 m³/St auf rd. 48 m³/St, d. i. auf rd. 70% erfolgt. Die Leistungsuntersuchungen von Oberforstmeister Bauer (1) mit einer 100 PS-Kaelble-Planierraupe ergeben als Mittelwert einerseits der Arbeit in Mineralböden und andererseits in mit vielen Steinblöcken durchsetztem, stark verwurzelttem Boden ungefähr die gleiche Leistung bei 10 m Transportdistanz.

Der bei Versuchen im Schwarzwald (7) festgestellte Wert von rd. 53 m³ auf im Mittel 30 m Entfernung transportierte und angeschüttete Erdmasse bei mittelschwerer Raupen (Hanomag K 90) liegt etwas über dem hier, allerdings auf bedeutend größeren Bau-
längen, erreichten Durchschnitt.

8. Zusammenfassung

Bei Verwendung der angegebenen Kosten- und Leistungsgrundlagen ergibt sich für die verschiedenen Größenklassen von Planierraupen ungefähr folgendes Bild:

Größenklasse Raupenschlepper	Gesamtkosten je Betriebsstunde rund 6 S (ohne Risiko, Gewinn, Steuern, Transportkosten für Betriebsmittel, Gerät u. Helfer)	Leistung je Betriebsstunde m ³ gewachsenen Boden		Durchschnittliche Kosten je m ³ S	
		(bei kurzer Beobachtung)	(in langen Zeiträumen)	in kurzen Zeiträumen (ohne Risiko, Gewinn, Steuer-, Transportkosten für Betriebsmittel, Gerät und Helfer)	in langen Zeiträumen
32—38 HP	130.—	28.—	11.—	4½	12.—
43—48 HP	164.—	31.—	18.—	5½	9.—
66—76 HP	202.—	90.—	39.—	2¼	5.—
bzw.					
72—84 HP	250.—	115.—	48.—	2¼	5.—
81—93 HP					

Es ergibt sich, was auch bei Versuchen im Schwarzwald (7) festgestellt wurde, daß bei den Arbeiten des forstlichen Wegebaues, die gewöhnlich bei schwierigen Bodenverhältnissen stattfinden, die mittelschweren und schweren Planierraupen bei langen Beobachtungszeiten wirtschaftlicher arbeiten als leichte Planierraupen.

Die Feststellung, daß schwere Planierraupen verhältnismäßig wirtschaftlicher in der Leistung sind, ergibt sich auch nach den von Caterpillar (2) gegebenen Daten (Tabelle XIV). Bei Leistungen bei 15 m Transportentfernung für das bewegte Material und einem Ladefaktor von 0,70 werden für D 7 A, D 6 A, D 4 A und D 2 A die Werte von 135, 114, 53 und 40 m³ angegeben. Bei errechneten Kostensätzen je Arbeitsstunde von S 250, 202, 164 und 130 errechnet sich ein Kubikmeterpreis von 1,85, 1,77, 3,09 und 3,25 S, also eine fast doppelte Verteuerung bei den schwächeren Raupen Cat D 4 und Cat D 2.

Jedoch sind leichte Planierraupen sowohl bezüglich Kosten als auch der Möglichkeiten des Zutransportes besonders im Hochgebirge und bezüglich der durch Wartezeiten (Vorsprengungen etc.) erwachsenden Kosten günstiger als schwere Geräte. Auch ist ihre gleichzeitige Verwendungsfähigkeit als Zugmaschinen für Holztransporte in Forstbetrieben unter unseren Verhältnissen gegeben, während sie bei schweren Planierraupen fehlt.

Bei den Versuchen selbst und den dabei gegebenen kurzen Beobachtungszeiten mit 100%igem Wirkungsgrad ergaben sich annehmend für alle Größenklassen ungefähr dieselben Kostenverhältnisse, wodurch der Schluß, welcher aus Beobachtungen über lange Zeiträume gezogen wurde, bestätigt wird.

Tabelle XXIX

Die vergleichbaren Leistungen eines Bauarbeiters sind nach Kirgis für Lösen und Überwerfen auf Wurfweite am Erdbau

Bodenklasse	Bezeichnung	Beispiele nach Kögler	Lösergerät	Mittlere Arbeitsleistung m ³ /St
1	Looser Boden	Sand	Nur Schaufel	1.0—1.5
2	Stichboden, mittel	Schwach lehmiger Sand, sehr weicher Lehm	Schaufel, Spaten	0.8—1.2
3	Stichboden, schwer	Sandiger Lehm, grober, loser Kies	Schwere Spatenarbeit, Leichte Hackarbeit	0.6—0.8
4	Hackboden, mittel	Fester Lehm oder Ton, bindiger, grober Kies	Normale Hackarbeit (Krampen)	0.4—0.55
5	Hackboden, schwer	Sehr fester Lehm oder Ton, grobes Gerölle, ver- witterter Fels in Stücken	Schwere Hackarbeit, Keilen	0.3—0.4
6	Hackfelsen	Brüchiger Schiefer, weicher Sandstein	Spitzhacke, Brechstange, Keile und Schlägel, Preßluftmeißel	0.25—0.3
7	Sprengfelsen, mittel	Fester Sand- und Kalk- stein, fester Schiefer	Teilweise Brechstangen, Teilweise Bohren und Sprengen	0.15—0.20 Lösen allein 0.80—1.00 Werfen allein
8	Sprengfelsen, schwer	Fester Granit, Gneis, Porphyr u. a.	Bohren und Sprengen	0.10—0.15 Lösen allein 0.80—1.00 Werfen allein

Die in längeren Jahren gemachten Erfahrungen zeigen auch, daß kleine Typen von Planierraupen für den Fahrer viel anstrengender sind und mehr auftretende Leiden, besonders des Rückgrates, zu begünstigen scheinen.

Bei Vergleich mit der Handarbeit (siehe Tab. XXIX) ergibt sich bei mittlerem Hackboden (Bodenklasse 4 nach Kirgis) bei einem Stundenlohn einschließlich sozialer Abgaben von S 10.— ein Kostenpreis je Kubikmeter für Lösen und Werfen auf Wurfweite (etwa 4 m) von rund 18—25 S. Diese Leistung ist jedoch der durch Planierraupen durchgeführten Arbeit wegen der geringeren Transportweite nicht als gleichwertig gegenüberzustellen. Wenn man jedoch von dieser Minderleistung bei der Handarbeit absieht und beide Leistungen als gleichwertig betrachtet, ergibt sich bei mittelschweren und schweren Planierraupen eine ungefähr 4—5fache Verbilligung gegenüber der Handarbeit.

Das erstrebenswerte Ziel muß es sein, auch bei Dauerarbeit den Massenleistungen, welche in kurzen Beobachtungszeiten erreicht werden, möglichst nahe zu kommen.

Dies schließt neben einer entsprechenden Geschicklichkeit und Arbeitsfreudigkeit des Fahrers der Planiergeräte ein, daß die produktive Bewegungszeit (9), welche unmittelbar der Arbeitsleistung dient, gegenüber der unproduktiven Bewegungszeit (z. B. Zu- und Abfahrt zur Arbeitsstelle) möglichst in den Vordergrund tritt. Pausen, in welchen durch mangelhafte Vorbereitung der Arbeit die Arbeitsbewegung völlig eingestellt ist, sollen möglichst vermieden werden. Durch eine entsprechende Maschinenpflege sind ferner Reparaturzeiten und Reparaturbewegungen so weit als möglich einzuschränken. Durch eine entsprechende Arbeitseinteilung müssen willkürliche, durch den Fahrer und die Arbeitsleitung nicht beeinflussbare Arbeitszeitverkürzungen (z. B. Pausen bei Schlechtwetter) auf ein Mindestmaß heruntersetzt werden.

Hier liegt die Reserve von rund 100%, aus der heraus eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität möglich ist.

Bei Vorkommen von Sprengfelsen ist die entsprechende Vorsprengung schlechthin maßgebend für den zu erzielenden Arbeitserfolg.

9. Art, Leistungen und Kosten der Böschungsherstellung und Feinplanierung mittels Motorgrader Caterpillar Nr. 12

(Abb. 29)

Soweit es die Bodenbeschaffenheit zuläßt (nicht zu grobsteiniger, felsiger Boden), ist die Herstellung der Böschungen und die Feinplanierung der Forstwege eine unerläßliche Ergänzung der Arbeiten mit der Planierraupe. Es kann dadurch gegenüber der Handarbeit eine bedeutend großzügigere Ausführung und eine bedeutende Kosteneinsparung erreicht werden. Beobachtet wurde die Arbeit eines Motorgraders Caterpillar Nr. 12 (siehe Tabelle XXXII). Die Arbeit mit dem

Motorgrader erfolgt grundsätzlich von Berg zu Tal in größeren Abschnitten von mindestens 100 m Länge.

Die Herstellung einer bergseitigen Böschung im Verhältnis 1:0,5 bis 1:1 bei Hangwegen mit einer Hangneigung von 30 bis 50% und einer durchschnittlichen Trassenneigung von 10% erfordert in der Regel bei Bergarbeit vier Arbeitsgänge des Motorgraders im ersten Vorwärtsgang. Das gewonnene Material fällt von der Böschung auf das Planum und wird hier zuerst zur Mitte und dann von dort über den talseitigen



Abb. 29. Motorgrader Caterpillar Nr. 12 bei Herstellung der Böschung eines Forstweges

Rand des Straßenplanums geschoben. Dabei wird bis zur Mitte der erste Vorwärtsgang, von der Mitte zum Rand der zweite Vorwärtsgang verwendet. Im ganzen sind für das Planieren in der Regel 7—8 Arbeitsgänge bei 4 m Planumbreite erforderlich. Das Material fließt bei schräggestellter Planierschar zwischen den ersten zwei Radachsen des Motorgraders seitlich nach außen ab. Die Leerfahrt wird in der Regel mit dem zweiten Rückwärtsgang gefahren. Der erste Rückwärtsgang wird nur bei sehr schwierigen Arbeitsverhältnissen benützt. Erforderlich an Bedienungsmannschaft sind: 1 Graderfahrer mit möglichst 1 Helfer, 2 Arbeiter, welche bei bestocktem Gelände die aus der Böschung auf das Planum heruntergefallenen Wurzelstöcke wegräumen. Das Umstellen der Planierschar nach der Böschungsarbeit zum Wegräumen des angefallenen Materials vom Wegplanum und zur Feinplanierung erfordert bei Arbeit des Graderfahrers mit einem Helfer rund 10 Minuten, ohne Helfer bis 30 Minuten. Wurzelstöcke in der Böschung und besonders im Planum, wo sie nicht untergraben werden können, hindern die Arbeit sehr. Großen Arbeitsaufwand erfordert auch der Ausbau von Kehren. Der Ausbau einer Hangkehre erfordert ungefähr soviel Arbeit wie die Herstellung von 150 m Weg.

Ein Anhaltspunkt für den Arbeitsaufwand, der bei Böschung und Feinplanierung mittels Motorgradern erforderlich ist, kann weniger aus einzelnen Messungen als aus großen Durchschnittsn gewonnen werden.

Man kann bei Beobachtungen in kurzen Zeiträumen und den angeführten Verhältnissen und bei Bewegung von rund 0.45 m^3 je Längenmeter mit Leistungen von ungefähr 160—170 Längenmeter je Arbeitsstunde (zu 60 Arbeitsminuten ohne Pausen) rechnen, was einer Kubikmeterleistung von rund $75 \text{ m}^3/\text{St}$ entspricht.

Bei der Beobachtung großer Durchschnitte, die beim Bau von 38 km Forstwegen im Jahre 1955 in der Steiermark in sandig-lehmigem, teilweise schottrigem Material, bei Vorkommen auch einzelner größerer Felsbrocken in der Böschung errechnet wurden (siehe Abb. 30), ergaben sich Stundenleistungen von 100 m, 78 m, 58 m und 50 m bei

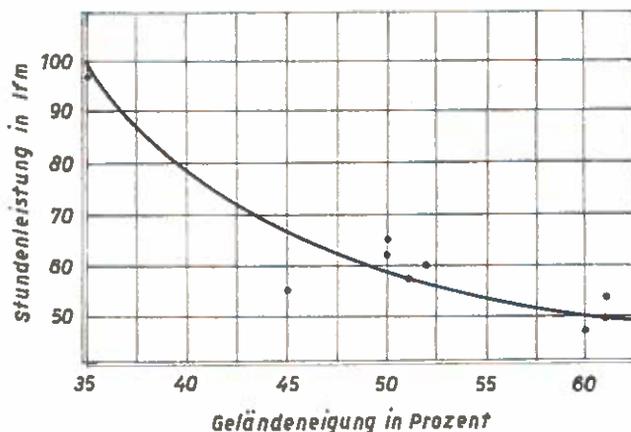


Abb. 30. Erzielte Stundenleistung bei Abböschern und Feinplanieren von Forstwegen mittels Motorgrader Caterpillar Nr. 12

einer Querneigung der Hänge, in welchen der Bau stattfand, von 35, 40, 50 und 60%. Dabei wurden bis etwa 60% Querneigung der Hänge im Durchschnitt ein Böschungsanzug von 70 cm auf 1 m Höhe, darüber bis 45 cm auf 1 m Höhe hergestellt. Bei Beobachtungen, welche über Monate reichen, ist demnach ein Wirkungsgrad gegen gestoppte Leistungen in kurzen Zeiträumen von ungefähr 40% gegeben. Bei einem Stundensatz von rd. S 220.— (siehe Tabelle XXVII) für diesen Motorgrader ergeben sich demnach Kosten von ungefähr 2,20, 2,80, 3,70 und 4,40 S je Längenmeter entsprechend Geländequerneigungen von 35, 40, 50 und 60%, ohne Berechnung von Kosten für Zu- und Abtransport sowie 1—2 Helfer, welche gesondert nach den örtlichen Verhältnissen erfolgen muß.

Wenn man als Mittelwert für die Zufahrt des Gerätes rd. 800.— S für 1 km Baulänge und die Kosten der Arbeitsstunde für 2 Helfer für Wegräumen von Stöcken etc. mit S 20.— annimmt, so ergibt sich zusätzlich je Längenmeter eine Belastung von:

Querneigung %	Kosten, Zutransport S/lfm	Hilfsarbeit Kosten S/lfm	Kosten insg. S/lfm
35	0,80	0,20	1,00
40	0,80	0,26	1,06
50	0,80	0,34	1,14
60	0,80	0,40	1,20

Noch mehr als bei den Planiergeräten hängt bei der noch schwierigeren Bedienung von Motorgradern die Arbeitsleistung weitgehend von den Fähigkeiten der Fahrer ab.

Weitere Kennzeichen der Arbeit mit Motorgradern sind: Unmöglichkeit der Arbeit während oder nach längeren Regenfällen, bei Frost, in vernäßigem oder felsigem Gelände, Zufahrt mittels eigener Kraft, daher Entbehrlichkeit von Tiefladertransporten. Keine Möglichkeit der Durchführung von Arbeiten in entlegenen Gebieten, wohin eine Zufahrt dieser oft schweren Geräte unmöglich ist. Eignung auch für die Anlage von Seitengräben.

Ein derartiger Motorgrader genügt als Ergänzungsgerät zu 6 bis 8 Planierpausen.

Nach G a b a y - B i a g g i - L a v a t e r (3) beträgt der Betriebsstoffverbrauch von Motorgradern:

T a b e l l e XXX

Motorstärke PS	Treibstoff l/St	Schmieröl l/St	Fett kg/St	Getriebeöl l/St
30 *)	5—6	0.25—0.30	0.16	} 0.0 bis 0.01
45	5—6	0.25—0.30	0.20	
50	6—7	0.30—0.45	0.25	
75	9—10.5	0.40—0.60	0.25	
100	13—15	0.50—0.70	0.30	

*) Die Motoren für 30 PS Stärke sind Benzinmotoren, die stärkeren Dieselmotoren.

G. K ü h n (5) gibt als Richtwerte für den Betriebsstoffverbrauch je Stunde für Straßenhobel folgendes an:

T a b e l l e XXXI

Motorstärke PS	Betriebsstoffverbrauch				
	Diesel Liter	Benzin Liter	Schmieröl Liter	Fett kg	Öl-Filter Stück je 100 Stunden
90	12.8	0.3	0.27	0.32	2
60	9.4	0.2	0.22	0.25	1
45	6.5	0.1	0.15	0.21	1

Treibstoff-Filter: 10 Stück jährlich.

Die Reparaturkosten für Straßenhobel betragen nach derselben Quelle, je nach der Motorstärke von 90—120 PS, 60—90 PS und 40—60 PS ohne Fahrwerk 80, 84 und 88% des Abschreibungs- und Verzinsungsbetrages.

Als Lebensdauer werden insgesamt 12.000 Stunden veranschlagt. Die Bereifung muß nach bisherigen Erfahrungen im Forstweggebau nach etwa 1200 Arbeitsstunden erneuert werden. Eine Reifengarnitur kostet derzeit in Österreich rund 35.000.— S. Die Reparaturquote macht nach Caterpillar rund 70 v. H. des Abschreibungssatzes aus. Für Nachschaffung von Reifen werden außerdem rd. 35% des Abschreibungssatzes erforderlich.

Bei Arbeiten, wo die Zufahrt eines Motorgraders wegen ihres geringen Ausmaßes unwirtschaftlich oder überhaupt unmöglich ist, wird oft von Hand aus abgeböscht und das anfallende Material mit der Planierraupe vom Planum weggeräumt (Abb. 31).

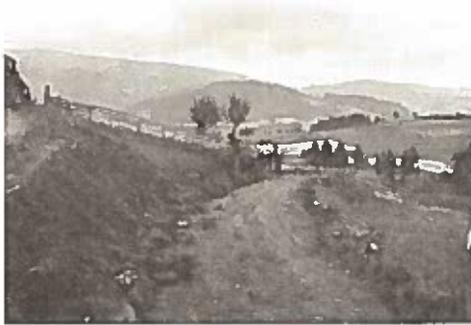


Abb. 31. Herstellung einer Böschung von Hand aus bei Wegschieben des anfallenden Materials durch eine Planierraupe. Wegebau St. Veit i. d. Gegend (siehe Versuche 15 und 18) (Aufn. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien-Schönbrunn)

10. Einfluß der Verwendung von Planiergeräten auf Planung, Trassierung und Bau von Forstwegen

Die Anwendung mechanisierter Materialgewinnungs- und Transportmethoden wirkt sich nur auf den sogenannten Rohbau der Trasse besonders aus. Es werden bedingt durch die geringeren Kosten der Erdbewegung, am meisten beeinflusst:

1. Die allgemeine Trassenführung.
2. Arbeiten bei der Räumung und sonstige Vorbereitung der Baufläche.
3. Die Breite der Wege.
4. Das Verhältnis zwischen Auf- und Abtrag im einzelnen Querprofil und beim gesamten Bau.
5. Die Wahl zwischen der erforderlichen Aufführung von Mauern oder einer bedeutend größeren Erdbewegung.
6. Länge und Anzahl der Brücken.
7. Die Wahl der Kurvenradien.

Tabelle XXXII

Technische Daten des „Caterpillar“ Motorgrader Nr. 12

Modell Nr.	12
Antrieb:	Tandem
Gewicht:	
Schiffsgewicht (ca.)	10067 kg
Vorder- Achse	2834 kg
Hinter- Achse	7233 kg
Dimensionen:	
Länge	7671 mm
Breite	2388 mm
Höhe (mit Führerhaus)	2997 mm
Höhe (ohne Führerhaus)	2273 mm
Achsabstand	5721 mm
Spurweite, vorne (von Radmitte zu Radmitte)	1981 mm
Spurweite, hinten (von Radmitte zu Radmitte)	2000 mm
Wenderadius, gemessen an der Außenseite des Vorderrades	10871 mm
Geschwindigkeiten in km/St.	
1. Gang	3,7
2. Gang	5,8
3. Gang	8,8
4. Gang	13,6
5. Gang	19,3
6. Gang	31,0
Rückw. (langsam)	4,3
Rückw. (schnell)	6,6
Schar	3657 mm × 609 mm × 19 mm
Radreifen:	
Vorne	9.00 × 24 — 10
Hinten	13.00 × 24 — 12
Motor:	
Brems-H.P.	100

Je höher der Anteil der Kosten der Fahrbahnbefestigung und anderer Objekte, besonders kostspieliger Brücken, an der Höhe der Gesamtbaukosten ist, umso mehr tritt im Gesamtaufwand der Einfluß der durch die Mechanisierung der Erd- und Felsgewinnung eingetretenen Kostensenkung zurück. Außerdem gibt es im Gebirge in Steilhängen und im Rutschgelände immer noch Wege, die in Österreich, heute wie eh und je, allerdings meist bei Einsatz tragbarer Kompressoraggregate und allenfalls von Steinbrechern, vorwiegend durch Handarbeit hergestellt werden müssen. Bei vereinzelt kleinen und entlegenen Bauten ist der schwierige Zutransport von Planiergeräten nicht wirtschaftlich. Auch kann mit dem Aufreißen einer Erdtrasse, die ohne Anlagen zur Wasserabführung noch in weichem Zustand bei feuchter Witterung mit schweren Lasten befahren wird, die Befahrbarkeit gegenüber dem ursprünglichen Zustand noch verschlechtert werden.

Alle vorzubringenden Einschränkungen können jedoch die Bedeutung des mechanisierten Wegebaues, im großen gesehen, nicht schmälern.

Ich möchte nach diesen einleitenden, allgemeinen Vorbemerkungen zum eigentlichen Thema übergehen.

Was die allgemeine Trassenführung betrifft, ergeben sich gegenüber vorwiegend händisch gebauten Wegen folgende Änderungen: Vermieden werden mehr noch als bei Ausführung durch Handarbeit Sumpfgelände, Rutschgelände und stark wasserführende Stellen. Bei Vorkommen von Rutschgelände darf die Trasse dieses keineswegs stark anschneiden, um den nachdrückenden Schichten nicht die Stütze wegzunehmen. Es ist hier der Bau von Stütz- und Futtermauern bzw. Schlachten unumgänglich. Bauten, welche Dammschüttungen stützen sollen (z. B. Stützmauern und Schlachten), sind vor Beginn der Erdarbeit fertigzustellen. Der Bau im Hang ist im Gegensatz zum händischen Bau günstiger als die Anlage der Trasse auf ebenen Böden, besonders wenn diese bestockt oder mit groben Steinblöcken bedeckt sind. Dies ist auch auf die kürzeren Transportentfernungen für das bewegte Material beim Seitenbau gegenüber dem Lagenbau zurückzuführen. Steilhänge bis 45 Grad Neigung und mehr können zwar angeschnitten werden, der große Massenüberschuß, der bei der Lage der Trasse völlig auf gewachsenem Boden an diesen Stellen anfällt, führt jedoch nicht nur zu erhöhten Kosten, sondern oft zur Bildung unfruchtbarer Geröllhalden und zur Beschädigung der unterhalb stockenden Bestände, welche in diesen Fällen durch Vorlage von Astwerk, Bäumen u. ä. geschützt werden müssen. Felssprengungen werden soweit als möglich vermieden. Sie werden jedoch dem Verlauf der Trasse in Sumpfgelände auf alle Fälle vorgezogen, da sie eine feste, dauerhafte Grundlage für den Weg ergeben. Das Ufer wird bei Talbauten möglichst wenig gewechselt, um Brücken zu vermeiden. Es können wegen der unter österreichischen Verhältnissen auftretenden 4 bis 5fachen Verbilligung der Erdbewegung gegenüber händischer Arbeit auch verhältnismäßig große Massenbewegungen in Kauf genommen werden, um die Anlage von Brücken zu vermeiden. Diese erfordern oft einen Aufwand, der dem für den Rohbau von einem halben Kilometer Länge bei mittleren Geländebeziehungen gleichkommt. Ein Massenausgleich in der Längsrichtung der Trasse wird nur in geringem Umfange vorgenommen, meist zur Überführung von Dämmen über Mulden, um flachere Bögen zu erreichen. Fast ausschließlich wird Querbewegung bei seitlich deponierten Massenüberschuß vorgesehen. Längstransporte werden nur ungerne und bei Angledozern bis höchstens 30 m Entfernung, nur in Ausnahmefällen etwa 50 m weit, in Betracht gezogen. Zur Festlegung der Trasse in der Natur wird bei einfachen Forstwegbauten unter unseren Verhältnissen in gestreckten Hängen in der Regel die Null-Linie, ein Polygon, welches das gesuchte Gefälle aufweist und welche mittels Gefällsmesser verpflockt wird, als ausreichend herangezogen. Eine Kurvenabsteckung

findet nur bei solchen Kurven statt, die sich dem Kleinstradius nähern, besonders bei Kehren.

Querprofile werden gewöhnlich in jedem Punkt der Trasse aufgenommen. Wegen der erforderlichen Abrundung ist ein Zuschlag von mindestens 10% zu den aus den Querprofilen erhobenen Massen gerechtfertigt. Die beim Bau von Kehren anfallende Masse sollte für verschiedene Geländeneigungen, Radien und Wegbreiten einheitlich festgestellt und so in die Kostenvoranschläge übernommen werden. Die Arbeit der Planiertrauben ist bei der Anlage von Kehren auch in Hängen kein reiner Seitenbau, sondern eine Kombination aus Seiten- und Lagenbau, wobei die gleiche Masse teilweise mehrfach bewegt wird. Deshalb erscheinen Zuschläge zu den sonst üblichen Kubikmetersätzen von etwa 40% als gerechtfertigt. Bei nicht möglicher genügender Vorsprengung ist in felsigem Gelände mit Zuschlägen zu den Einheitspreisen für die Bewegung von Erdmaterial bis 100% zu rechnen. Die Kosten des Antransportes der Planiertrauben, durch Bahn, Tieflader oder Fahrt auf eigener Achse, müssen je nach den gegebenen örtlichen Verhältnissen gesondert und unabhängig vom kalkulierten Kubikmeterpreis in Rechnung gestellt werden.

Eine verhältnismäßig rohe Berechnung der zu bewegenden Erdmassen setzt, um sich nicht schädlich auszuwirken, Arbeit der Planiergeräte in Eigenregie oder im Stundenlohn voraus.

Beim Durchstich von Geländerücken, beim Bau von Brücken, bei allen Trassenführungen in welligem oder hügeligem Gelände entspricht die Null-Linie nicht und muß die Achse des Weges bei Auspflockung der Kurven und Berechnung des Auf- und Abtrages verpflockt werden. Ferner muß versucht werden, die Trasse so zu führen, daß die Planiertrauben, wenigstens in Etappen, von oben nach unten bauen können. Es sollen flache Stellen, wo genügend Standplatz für die Planiertraube zum Beginn der Arbeiten ist, ausgesucht werden. Die Zufahrt soll also wenigstens zu einigen Punkten der Trasse möglich sein, wenn diese größeres Gefälle aufweist. Dadurch wird der Baufortschritt beschleunigt und die Kosten werden gesenkt.

Trotz des ungünstigen Wirkungsgrades der Bergaufarbeit von Planiertrauben, ist in den einzelnen Fällen zu prüfen, ob bei schwierigen Zufahrten derselben an das obere Wegende und bei Erschwerung der Materialtransporte (Dieselöl etc.), welche in diesen Fällen meist auch gegeben ist, es nicht wirtschaftlich erscheint, eine Vortrasse von unten nach oben aufzureißen und nur den Rest der Erdarbeit von oben nach unten durchzuführen. Die Möglichkeit der Zufahrt zur Trasse kann auch auf die Wahl der zu verwendenden Maschinentype von Einfluß sein. Im Hochgebirge, z. B. in Tirol, mit seinen steilen Gebirgshängen, können ausnahmslos nur leichtere Maschinentypen, etwa vom Typ Caterpillar D 2 und D 4, zur Baudurchführung herangezogen werden, während in gebirgigen Gebieten mit flacheren Hän-

gen, wie in der Steiermark oder auch in Kärnten, schwerere Maschinentypen, etwa von der Stärke der Caterpillar D 6 und D 7 und Allis-Chalmers HD 9 vorgezogen werden. Diese sind wie die vorhergehenden Untersuchungen bestätigen, auch leistungsfähiger und bei genügend großen Bauvorhaben auch wirtschaftlicher als die leichten Planier-
raupen.

Die große Senkung der Kosten des Erdbaues bringt es mit sich, daß in vielen Fällen Forstwege geplant werden können, deren Bau sonst wirtschaftlich nicht tragbar wäre, daß diese Wege länger und im Gefälle weniger steil sein können und daß die Wegnetzplanung dichter als bisher sein kann.

Während bei Handarbeit vielfach das Bestreben gegeben ist, alte Wege, auch wenn sie in ihren Gefällsverhältnissen und in ihrem Verlauf wenig befriedigen, durch Ergänzungen und Ausbesserungen in das geplante Waldwegenetz einzugliedern, zeigt sich hier, daß es in vielen Fällen auch kostenmäßig günstiger ist, die alten Wege zu verlassen und den Bedürfnissen auf lange Sicht entsprechend neue Trassen zu wählen. Wenn vorhandene Hohlwege ausgebaut werden, so wird statt eines Einschnittes meist durch Wegschieben des talseitigen Riegels ein Anschnitt geschaffen oder es wird die Trasse auf der Talseite erhöht gelegt, so daß Teile des früheren Hohlweges als bergseitiger Graben bestehen bleiben. Trassenführungen senkrecht zu den Schichtenlinien werden auch in wenig geneigtem Gelände meist vermieden, da sie in der Materialverteilung ungünstiger sind und zur Hohlwegbildung neigen.



Abb. 32. Mittels Planierraupe fertiggestellter Rohbau eines Forstweges vor Herstellung der Böschung. Das Holz, das beim Trassenfreihieb anfiel, ist oberhalb der Trasse gelagert und kann auf dem fertigen Weg abgeführt werden

Die Arbeiten zur Räumung der Baufläche werden besonders auf bestocktem Gelände gegenüber der Handarbeit wesentlich verbilligt. Zuerst wird, wie bei Durchführung in Handarbeit, die Trasse von Baum- und Strauchbewuchs auf 8 bis 12 m Breite, je nach der Geländeneigung gesäubert. Das gewonnene Holz wird möglichst oberhalb der Trasse gelagert (Abb. 32). Bei Hangbauten müssen, wie schon erwähnt, Stöcke, welche in der Nähe der Null-Linie liegen, durch eine Sprengladung vorgelockert werden. Eine vollkommene Rodung,

wie bei der Handarbeit, ist hier nicht erforderlich. Die Sprengladung wird unter den Stöcken eingebracht. Sowohl das Ausmaß der Vorsprengung von Stöcken als auch von Felsblöcken ist von der Stärke der verwendeten Maschinen abhängig. Je stärker die verwendete Planierraupe, umso geringer der Aufwand für erforderliche Vorsprengungen.



Abb. 33. Vorsprengung für Arbeit durch Planierraupen in reinem Felsgelände bei Forstwegebauten bei Reichraming O.Ö. Es werden horizontale Bohrlöcher in der Höhe der zukünftigen Wegsohle und gleichzeitig senkrechte Bohrlöcher an der bergseitigen Böschung des herzustellenden Anschnittes angelegt.

Gewachsener Fels (Abb. 33) und einzelne Steine, die über das Planum vorstehen und tief in den Untergrund reichen, müssen vorgesprengt werden. Bei der Verwendung schwerer Planierraupen ist eine Vorsprengung loser Gesteinstrümmer bis zwei und mehr Kubikmeter Inhalt nicht erforderlich, wenn nicht durch ihr Abrollen über den Hang Schäden entstehen. Bei Verwendung kleinerer Maschinentypen ist schon mehr Vorsprengung notwendig.

Die wichtigste Vorarbeit, die neben dem Vorsprengen von Stöcken und Felsen vor dem Beginn der Arbeit mit den Planierraupen geleistet werden muß, ist die Entwässerung von Feuchtstellen, die Einlegung von Rohrdurchlässen, soweit sie genug Überschüttung aufweisen, daß sie durch das Darüberfahren der Planierraupen nicht zerdrückt werden und der Bau der Brückenwiderlager und anderer Mauern bzw. Schlachten, die dann durch die Erdbaugeräte mit Erde hinterfüllt werden.

Als Mehrarbeit gegenüber händischer Ausführung kann die Unterpöhlung von Brücken auf Wegen in Betracht kommen, auf denen die Planierraupen gewöhnlich auf eigener Achse zufahren. Erfahrungsgemäß ist der hierfür erforderliche Aufwand jedoch kaum nennenswert, da einerseits Furten benützt werden, andererseits durch die günstige Verteilung der Last auf den Raupen und die mehrfache Sicherheit der Brückendimensionierung auch Brücken von verhältnismäßig geringer nomineller Tragfähigkeit befahren werden können.

Die Breite der Forstwege, sowohl in den Geraden als auch insbesondere in den Kurven, kann bei mechanisiertem Erdbau, ohne die Baukosten sehr zu belasten, bedeutend großzügiger gewählt werden als

bei händischer Arbeit. Dies ist besonders bei der Verwendung schwerer Planierraupen der Fall, während Planierraupen von der Stärkenklasse D 2 und D 4 dazu neigen, schmal zu bauen. Bei der Verwendung schwerer Geräte bereitet sogar der Bau schmaler Wege Schwierigkeiten. Schon dadurch, daß bei Hangbauten bis etwa 55% Hangneigung drei Viertel der Breite auf festen Grund gelegt wird, entstehen infolge des seitlich deponierten Massenüberschusses Überbreiten, mit denen allerdings auf die Dauer nicht voll zu rechnen ist, da sie, besonders in steilerem Gelände, absacken. Bei Hangneigungen etwa über 55% wird die Trasse mit steigendem Böschungswinkel des Geländes immer mehr bis bei etwa 75% zu voller Breite auf festen Grund verlegt. Es ist in diesen Fällen erwünscht, den Massenüberschuß talseitig zu stützen, damit nicht darunterliegende Bestände zu sehr geschädigt werden. Besonders große Steine sollen nicht abgerollt, sondern seitlich deponiert und zerkleinert werden. Die Eigenschaft der Planierraupen, umso leistungsfähiger zu arbeiten, je größere Erdmassen zu bewegen sind, begünstigt die breite Anlage der Fahrbahn von Forstwegen, insbesondere in Kehren, wo hunderte Kubikmeter in einem halben bis einem Tag bewegt werden können. Deshalb werden auch Einschnitte kaum angelegt, sondern, wenn sie, wie bei der flachen Durchfahrung von Rücken in Frage kommen, in der Regel bei gleichzeitiger Anlage von Ausweichen in Anschnitte umgewandelt. Schon dadurch, daß die Trasse nicht völlig der Geländeform folgt, sondern unter möglichster Vermeidung größerer Dammschüttungen zügig und gestreckt angelegt wird, ergeben sich Überbreiten, die der besseren Befahrbarkeit zugute kommen.

Wie schon aus dem Vorhergehenden ersichtlich, ist beim mechanisierten Erdbau mittels Planierraupen mehr als beim händischen Bau ein Massenüberschuß gegeben. Dies sowohl im Querprofil der Anschnitte als auch bezogen auf den ganzen Bau. Dadurch wird ohne kostspielige Dammsicherung und ohne viel Zeit zur Setzung der Dämme abwarten zu müssen, eine sehr bald genügend tragfähige Trasse geschaffen. Größere Mauern werden nur notwendig, wenn die gestreckte Lage der Trasse, Rutschgelände, sehr steile Hänge oder der Bau z. B. von Brücken deren Anlage erforderlich macht und wenn die Kosten ihrer Errichtung, falls sie nicht unvermeidlich sind, geringer als die einer erhöhten Erd- oder Felsbewegung werden. Natürlich muß in kostbarem Kulturgelände oder in sehr steilen Hangstrecken mehr mit der Breite gespart werden. In diesen Fällen soll auch dem Massenausgleich mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Es ist von wirtschaftlichen Momenten und Forderungen des Boden- und Bestandeschutzes abhängig, wie weit in der Querrichtung ein Massenausgleich, allenfalls auch bei Dammböschungen 1:1, erfolgen kann.

Wenn schon früher erwähnt wurde, daß die Anzahl der Brücken beschränkt wird, so wird auch in zulässigem Rahmen deren lichte Weite soweit als möglich verkleinert. Dies kann wegen der geringen Kosten der Hinterschüttung der Widerlager erfolgen. Soweit es die Wasserführung erlaubt, werden an Stelle offener Durchlässe und teilweise von Brücken Betonröhrendurchlässe gebaut, die überschüttet werden. Da-

durch wird mit geringen Kosten eine dauernde Lösung ohne Erhaltungskosten erreicht.

Hand in Hand mit der Ermöglichung einer größeren Erdbewegung geht eine gestrecktere Trassenführung mit größeren Kurvenradien. Natürlich muß der Mehraufwand an Massenbewegung für eine gestreckte Trassenführung im Rahmen des durch die Betriebserfordernisse Vertretbaren liegen. Es ist beispielsweise kaum angängig und wirtschaftlich, den Transport von etwa 20 m langem Holz für alle Forstwege, auch für Nebenwege, zu verlangen, wenn dadurch die Baukosten in einem Maß erhöht werden, das in keinem Verhältnis zu dem durch seltene Langholztransporte erzielten Nutzen steht.

Der erforderliche Zutransport der schweren Planiertrauben auf öffentlichen Wegen durch Tieflader stellt eine wesentliche Belastung des mechanisierten Erdbaus gegenüber der händischen Arbeit dar. Diese festen Kosten jeder Arbeit können bei kleineren Bauten, etwa bis 0,5 km Länge, so groß werden, daß nur mehr Handarbeit in Frage kommt. Jedenfalls sind kleinere Planiertrauben bis zur Stärkenklasse D 4 gegenüber schweren Geräten im Vorteil, da zum Transport dieser Geräte auch schwere Lastkraftwagen verwendet werden können.

Motorgrader, die zur Herstellung der Böschung, wenn sie nicht felsdurchsetzt ist, bei trockenem Wetter herangezogen werden können, sind auf Luftgummibereifung selbstfahrend, während Kompressoren und Kompressoraggregate, soweit sie in seltenen Fällen nicht ebenfalls selbstfahrend sind, entweder durch leichte, geländegängige Fahrzeuge (Jeep und Unimog) gezogen werden oder tragbar eingerichtet sind.

Der Bau beginnt, wie schon erwähnt in nicht zu steilem Gelände nach Wegschieben der oberflächlichen Humusdecke von oben nach unten. Außer dem Planiertraubenfahrer werden gewöhnlich zwei bis fünf Arbeiter für Ergänzungsarbeiten eingesetzt. Besonders gefährlich ist die Fahrt von Maschinen auf gefrorenem Boden, am meisten auf glatten Wiesen, da sie, wenn sie nicht mit Eisstollen versehen sind, auch schon bei geringen Hangneigungen quer zur Achse ins Rutschen kommen können, wobei in kürzester Zeit eine hohe Geschwindigkeit erreicht wird und Verlust der Maschine eintreten kann (Abb. 16). Ein Engpaß bei der Verwendung von Planiertrauben, besonders bei seltenen oder veralteten Typen ist die Ersatzteilbeschaffung, welche die Arbeit schwer hemmen kann.

Der Einsatz aller Baumaschinen erfolgt, wie sich gezeigt hat, außer im Großwaldbesitz am besten durch forstliche Dienststellen oder Genossenschaften. Dadurch können bedeutend geringere Leihsätze und Kosten erzielt werden, als dies bei der Entlehnung von Baufirmen möglich wäre. Der Bau wird fast durchwegs mit eigenen Arbeitskräften (meist 3—5 Mann, davon 1 Mann teilweise als Beifahrer beschäftigt) durchgeführt. Im Winter wird vorteilhafterweise die Bauarbeit bis auf Sprengungen und Schotterergewinnung in Steinbrüchen eingestellt, wenn auch schon vereinzelt Fälle vorgekommen sind, wo auch im Winter gebaut wurde. Diese Ruhepause, die mindestens drei Monate dauert, wird zur Überholung der Baugeräte, für Urlaube u. ä. verwendet. Das für die Baumaschinen eingearbeitete Personal (Fahrer

von Planierdraht, Motorgradern, Kompressorwärter u. ä.) wird jedoch auch bei Minderbeschäftigung durch den ganzen Winter gehalten und zum Teil möglichst bei anderen Arbeiten mitbeschäftigt.

Die Befürchtung, daß durch den Einsatz von Maschinen beim forstlichen Wegebau die Beschäftigung menschlicher Arbeitskräfte nachläßt, hat sich als nicht berechtigt erwiesen. Durch den Bau vieler Wege, der sonst überhaupt nicht in Betracht gezogen würde, werden die Arbeitsmöglichkeiten, sowohl beim Bau als auch später bei einem intensivierten Betrieb, für den Menschen nur vermehrt.

11. Auszug aus dem einschlägigem Schrifttum

1. Bauer, H.: Die mechanisierte Baustelle. Allg. Forstzeitschrift, München 21. 9. 1955 (Nr. 37/38, 10. Jg.), S. 429—431, 6 Abb.
2. Caterpillar-Werke: „Caterpillar“-Earthmover Performance Handbook. Peoria, Illinois, ab 1946 mit laufenden Ergänzungen.
3. Gabay, Adil-Biaggi, T. und Lavater, E.: Les engins mecaniques de chantier. Verlag Paul H. Feissly, Lausanne 1952, 357 S. mit 512 Abb. und 159 Tabellen.
4. Hafner, Franz: Erfahrungen bei Planung und Bau von Forstwegen mit mechanisierten Mitteln. „Österreichs Forst- und Holzwirtschaft“ Jg. 1954, „Der praktische Forstwirt für die Schweiz“ Jg. 1955, „Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen“ Jg. 1955, 10 S., 4 Abb.
5. Kühn, G.: Anwendung, Leistungs- und Wirtschaftlichkeitsbereich gleisloser Erdbaugeräte. Dissertation, Techn. Hochschule Aachen 1953.
6. Marnitz, F. von: Baugeräteliste 1952. Ausgabe 1954. Bauverlag Wiesbaden-Berlin, 1954. 211 S.
7. Schweigler: Erfahrungen mit Planierdraht beim Erdkörperbau für Waldstraßen im Mittelgebirge. Allg. Forstzeitschrift, München, 21. 9. 1955 (Nr. 37/38, 10. Jg.), S. 423—426, 6 Abb.
8. U. S. Government: Technical-Manual TM 5—252. U.S. Gov. Printing Office Washington 1945. 276 S. mit 185 Abb. und 68 Tab.
9. Ari, Paavo: Ein neuer Vorschlag zur Vereinheitlichung der Arbeits- und Arbeitszeiteinteilung in forstlichen Zeitstudien: Communicationes instituti forestalis Fenniae, 44. 7, Helsinki 1954.