

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 134 (1983)

**Heft:** 8

**Artikel:** Einfluss der Wegedichte auf Rückverfahren und Rückedistanzen im Bergwald

**Autor:** Abegg, Bruno

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767242>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

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

# Einfluss der Wegedichte auf Rückeverfahren und Rückedistanzen im Bergwald<sup>1</sup>

Von *Bruno Abegg*

Oxf.: 372:375

(Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, CH-8903 Birmensdorf)

## 1. Einleitung

Die frühesten Ansätze zur Berechnung optimaler Wegedichten beruhen auf der Modellvorstellung eines rechteckigen Waldes mit parallelen Strassen. Um das Modell besser der Realität anzupassen, hat *Segebaden* (1) vorgeschlagen, den Einfluss der Wegedichte auf die Rückedistanzen mittels Stichproben in vielen Waldgebieten zu ermitteln.

Die Versuchsgruppe Holztransport der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen hat zum Problem der Wegedichte für schweizerische Verhältnisse eine Optimierungsrechnung durchgeführt (2). Diese bezieht sich auf traktorbefahrbar, das heisst relativ flache Wälder mit weniger als 30 % Neigung. Ähnliche Berechnungen werden zurzeit auch für Gebirgswälder ausgearbeitet. Dazu muss vorerst abgeklärt werden, welche Beziehungen zwischen der Wegedichte, den Anteilen der verschiedenen Rückeverfahren an der Nutzung und den Rückedistanzen bestehen. Zu diesem Zweck haben wir mit Hilfe von Stichproben Rückeverfahren und Rückedistanzen bei verschiedenen Erschliessungsvarianten in 25 Bergwaldgebieten mit einer Fläche von insgesamt 7500 ha ermittelt. Im folgenden werden erste Ergebnisse aus dieser Untersuchung dargestellt.

## 2. Untersuchungsanlage

Die schweizerischen Gebirgswälder sind entweder durch Strassen und Maschinenwege oder nur durch Strassen erschlossen. Entsprechend der in der Schweiz üblichen Praxis gehen wir in unseren Erhebungen davon aus,

<sup>1</sup> Referat, gehalten am 28. Juni 1982, anlässlich eines Kongresses der IUFRO Division 3 in München.

dass in den mit Strassen und Maschinenwegen erschlossenen Wäldern wie folgt gerückt wird:

- Bis zum Maschinenweg: Rücken aufwärts im Bodenseilzug bis 100 m. Abwärts wird bis 150 m gereistet (getrieben, geliefert). Verhindern Bodenunebenheiten oder Blocküberlagerung das Reisten, so kommt auch abwärts bis zu einer Distanz von 50 m der Bodenseilzug zum Einsatz.
- Auf dem Maschinenweg: Rücken mit Traktoren.

Besteht die Erschliessung nur aus Strassen, so gehen wir von folgenden Erfahrungswerten aus:

- Die Bringung erfolgt mit Seilkran, sofern der Strassenabstand je nach Waldflächenverteilung und Bodenunebenheiten rund 250 m übersteigt. Bei Seillinien, welche unten und oben zu einer Strasse führen, wird ein Drittel aufwärts, zwei Drittel abwärts gerückt.
- Bei geringeren Strassenabständen wird das Holz im Bodenseilzug oder durch Reisten gerückt.

Mit der Strassendichte kann man nur bei einem gleichmässig angelegten Strassennetz etwas über die Anteile der Rückeverfahren an der Nutzung und über die Rückedistanzen aussagen. Teilgebiete, die unterschiedlich dicht erschlossen sind, müssen separat erfasst werden. Damit können auch zusätzliche Werte für die statistischen Auswertungen gewonnen werden. Aus diesen Gründen haben wir unsere 25 Objekte in insgesamt 90 Teilgebiete unterteilt. In den meisten Teilgebieten wurden mehrere Erschliessungsvarianten untersucht. Damit erhielten wir Resultate für 210 verschiedene Erschliessungsnetze, von denen 130 Netze Strassen und Maschinenwege und 80 nur Strassen enthalten.

### **3. Erschliessungskombination Strasse – Maschinenweg**

Ist ein Wald vor allem nach dem Konzept Strasse und Maschinenweg erschlossen, interessieren uns einerseits die Seilzug- und Reistdistanzen bis zum nächsten Weg, andererseits die beim Rücken mit Traktor auf den Maschinenwegen zurückzulegenden Distanzen.

Die Seilzug- und Reistdistanzen korrelieren mit der Gesamterschliessungsdichte, sofern diese nur auf das nicht befahrbare Gelände bezogen wird.

Holz aus nicht befahrbaren Waldteilen kann sowohl auf Strassen und Maschinenwege als auch auf befahrbare Geländepartien gezogen oder gereistet werden. Randgebiete der befahrbaren Partien haben eine ähnliche Funktion wie Maschinenwege. Sie werden deshalb zusammen mit den Strassen und

Maschinenwegen in die Berechnung der Gesamterschliessungsdichte einbezogen.

Zur Beurteilung der Rückedistanz mit Traktor ist nicht die Gesamterschliessungsdichte, sondern nur die Dichte des Strassennetzes massgebend.

Da die Auswertungen zur Erschliessungskombination Strasse – Maschinenweg noch nicht abgeschlossen sind, wird im folgenden nur der Einfluss der Strassendichte bei der Kombination Strasse – Seilkran behandelt.

#### 4. Einfluss der Strassendichte bei Erschliessungsnetzen ohne Maschinenwege

##### 4.1 Ausgangslage

Das Holz wird beim Seilkranzeinsatz häufig auf eine Strasse gebracht, welche ausserhalb des Waldes liegt, so dass die Strassendichte im Wald wenig über die Rückeverhältnisse aussagt. Deshalb berechneten wir die Strassendichte, indem wir die gesamte Strassenlänge in- und ausserhalb des Waldes auf die Gesamtfläche von Wald und offenem Land bezogen.

In der *Tabelle 1* sind die Strassendichte und die Rückeverhältnisse von drei Erschliessungsvarianten eines Gebietes zusammengestellt. Es liegt an einem 4 km breiten Hang, der sich von 1500 bis auf 2300 m ü. M. erstreckt. In Variante 1 ist nur eine Basisstrasse vorhanden. In den Varianten 2 und 3 wird der Hang nicht nur von einer Basisstrasse, sondern noch von zusätzlichen Strassen erschlossen.

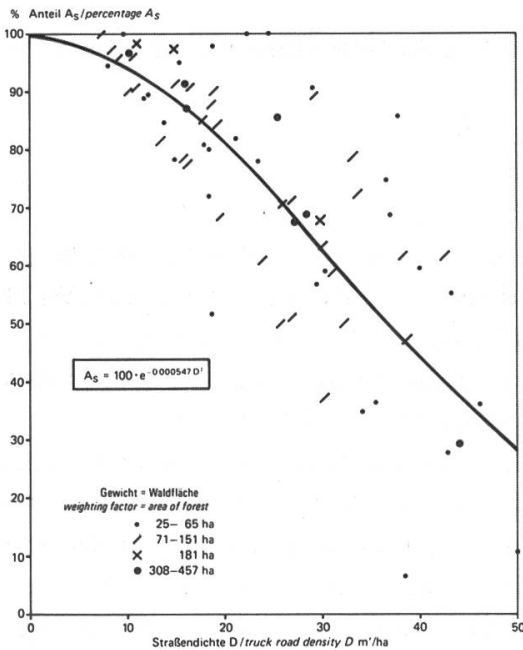
*Tabelle 1.* Strassendichte und Rückeverhältnisse in einem Erschliessungsbeispiel ohne Maschinenwege.

		Variante		
		1	2	3
Strassendichte	m'/ha	8	22	33
Anteil Seilkranrücken	%	98	83	59
mittlere Linienlänge	m	1288	825	589
mittlere Distanz am Tragseil	m	762	315	232
Anteil Abwärtsseilen	%	100	48	49

Die Tabelle zeigt den Einfluss der Strassendichte auf den Flächenanteil Seilkranrücken, die Linienlänge und die Rückedistanz. Weiter ist der Anteil des abwärts gebrachten Holzes bezogen auf die gesamte, mit Seilkran genutzte Menge angegeben. Mit diesen Grössen können für die 3 Erschliessungsvarianten die Rückekosten berechnet werden. Um allgemein gültige Beziehungen abzuleiten, haben wir die gleichen Parameter analog zum obigen Beispiel in allen Untersuchungsgebieten erhoben.

## 4.2 Anteil Rücken mit Seilkran

Die *Abbildung 1* zeigt den Flächenanteil Seilkranrücken aller untersuchten Erschliessungsnetze ohne Maschinenwege in Abhängigkeit von der Strassendichte. Wenn für das Seilkrangebiet und das übrige Gebiet die Nutzungsmenge pro Hektare bekannt ist, kann aus dem Flächenanteil auf den Nutzungsmengenanteil geschlossen werden. Die Werte streuen stark. Bei den Extremwerten handelt es sich aber hauptsächlich um kleine Teilgebiete. Die Werte der grossen Gebiete liegen im Inneren des Punkteschwarms.



*Abbildung 1.* Anteil Rücken mit Seilkran.

Geringe Strassendichte hat zur Folge, dass fast alles Holz mit dem Seilkran gerückt werden muss. Eine Ausgleichsfunktion muss deshalb mit abnehmender Strassendichte gegen 100 % tendieren. Mit zunehmender Strassendichte nimmt der mit Seilkran gerückte Teil stark ab. Gebiete mit einer Strassendichte über 50 m<sup>2</sup>/ha, in denen keine zusätzlichen Maschinenwege vorhanden sind, fehlen in unserer Untersuchung. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass der Seilkraninsatz in solchen Gebieten weiter abnimmt. Die Beziehung zwischen Strassendichte und Anteil Seilkranrücken wird deshalb am besten mit einer Ausgleichsfunktion charakterisiert, die sich mit zunehmender Dichte asymptotisch dem Nullwert nähert.

Eine Funktion

$$A_S = 100 \cdot e^{-a \cdot D^2} \quad (1)$$

erfüllt die gewünschten Bedingungen. Für die Regressionsberechnung wurden die Werte mit der Waldfläche gewogen. Die resultierende Kurve stellt den mittleren Anteil des Rückens mit Seilkran in Abhängigkeit von der

Strassendichte dar. Die nicht mit dem Seilkran gerückten Mengen werden entweder durch Bodenseilzug gerückt oder gereistet. Ein allfälliger Anteil befahrbarer Waldfläche ist in der Darstellung nicht berücksichtigt.

#### 4.3 Mittlere Länge der Seilkranlinien

Je dichter die Strassennetze sind, umso kürzer werden die Seilkranlinien. Der Punkteschwarm in der *Abbildung 2* deutet auf eine hyperbelförmige Abhängigkeit. Die Streuung nimmt mit abnehmender Strassendichte  $D$  zu.

Nach Segebaden (1) beträgt der Strassenabstand  $A$  in Metern

$$A = \frac{10\,000}{D} \cdot k \quad (2)$$

$k$  ist dabei ein dimensionsloser Korrekturfaktor. Wenn das Tragseil von der Strasse bis zur Transportgrenze gespannt wird, so lässt sich für die Linienlänge folgende Formel aufstellen:

$$L = \frac{5\,000}{D} \cdot k_L \quad (3)$$

Sofern die mittlere Linienlänge  $L$  und die Strassendichte  $D$  bekannt sind, lässt sich der Korrekturfaktor für die Linienlänge  $k_L$  berechnen:

$$k_L = \frac{L \cdot D}{5\,000} \quad (4)$$

Diese Rechnung wurde für alle untersuchten Gebiete durchgeführt. Wie die *Abbildung 3* zeigt, besteht im Gegensatz zur *Abbildung 2* keine Relation mehr zwischen der Streuung der ermittelten Werte und der Strassendichte.

Segebaden berechnete für den Strassennetzkorrekturfaktor  $k$  einen von der Strassendichte unabhängigen Mittelwert. Unsere Untersuchungen zeigen dagegen, dass die Werte des Korrekturfaktors für die Linienlänge  $k_L$  mit wachsender Strassendichte deutlich zunehmen. Ist dies auf Unterschiede in der Verteilung von Strassen oder Seillinien zurückzuführen? Zur Beantwortung dieser Frage ermittelten wir auch den Strassennetzkorrekturfaktor  $k$  nach Segebaden, der die Regelmässigkeit eines Strassennetzes kennzeichnet. In den untersuchten Gebieten ist  $k$  unabhängig von der Strassendichte. Der Korrekturfaktor für die Linienlänge  $k_L$  verändert sich deshalb aufgrund der Anlage der Seilkranlinien: Geringe Strassendichte bewirkt, dass die Seillinien vorwiegend von einer Strasse bis zur Transportgrenze führen. Erhöht

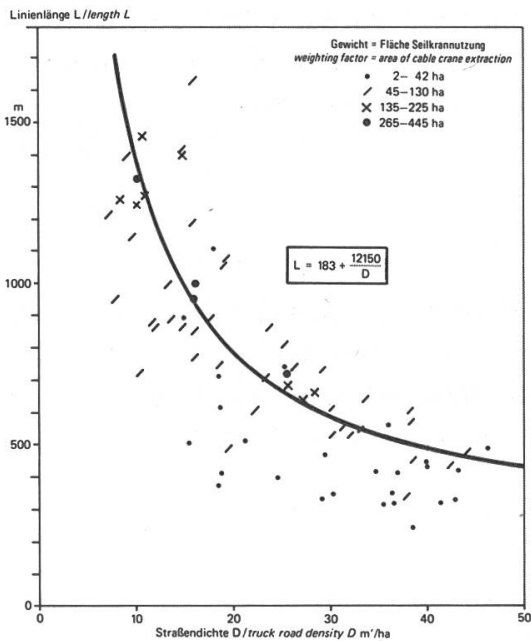


Abbildung 2. Mittlere Linienlänge Seilkran.

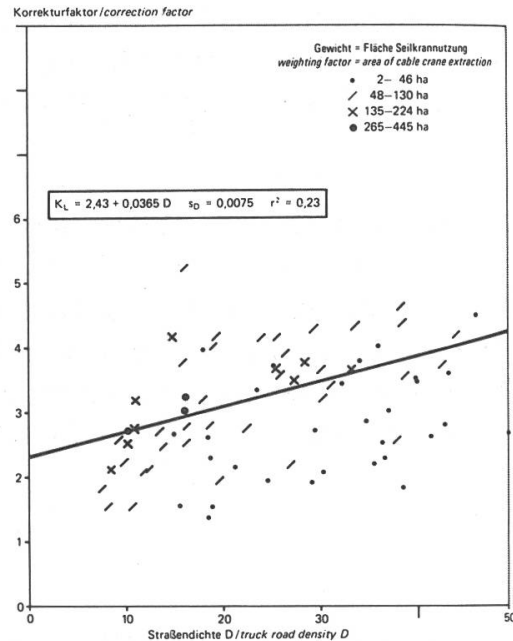


Abbildung 3. Linienlängenkorrekturfaktor.

sich die Strassendichte, so werden viele Linien nicht nur bis zur Transportgrenze gespannt, sondern bis zur nächsten Strasse durchgezogen. Bei hoher Strassendichte werden durch den Seilkran vor allem die strassenfernen Gebiete erschlossen; in den strassennahen Gebieten wird das Holz durch Bodenseilzug und Reisten gerückt.

Aufgrund der Abhängigkeit des Korrekturfaktors für die Linienlänge  $k_L$  von der Strassendichte bestimmen wir nicht einen Mittelwert, sondern führen eine Regressionsrechnung durch. Die derart berechnete Funktion für den Korrekturfaktor  $k_L$  ist in der *Abbildung 3* angegeben und wird in der Formel 3 eingesetzt. Die resultierende Funktion zeigt in *Abbildung 2* die mittlere Linienlänge in Abhängigkeit von der Strassendichte.

#### 4.4 Rückeverfahren, Rückedistanzen und Zugänglichkeit

In der *Abbildung 4* werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst. Die Abbildung zeigt den Einfluss der Strassendichte auf die Flächenanteile der Rückeverfahren, die Rückedistanzen und die Zugänglichkeit der Wälder. Die Angaben wurden auf ähnliche Weise aus unseren Untersuchungen abgeleitet wie der Anteil Seilkranrücken und die mittlere Länge der Seilkranlinien.

In der *Abbildung 4 A* sind die Flächenanteile der verschiedenen Rückeverfahren dargestellt. Zu geringe Strassendichte verunmöglicht im Gebirge die Holznutzung. Bei einigen untersuchten Erschliessungsnetzen mit einer Strassendichte von rund 10 m²/ha ergibt sich ein kleiner Anteil nicht nutzba-



rer Waldfläche; allgemein ist der nicht nutzbare Flächenanteil bei dieser Dichte aber unbedeutend. Da wir keine Gebiete mit grösseren nicht nutzbaren Waldflächen untersuchten, ist der weitere Verlauf der Kurve ungewiss.

Unsere Auswertungen zeigen weiter, dass bei geringer Strassendichte das mit dem Seilkran gerückte Holz mehrheitlich abwärts transportiert wird. Ist die Strassendichte hoch, so wird etwa gleich viel Holz aufwärts wie abwärts gerückt. Ausserhalb des Seilkranereinsatzgebietes wird das Holz zu gleichen Teilen im Bodenseilzug und durch Reisten gerückt. In der *Abbildung 4 A* sind nur die nicht befahrbaren Waldflächen berücksichtigt. Ob ein Teil des Waldes mit Rückefahrzeugen befahren werden kann, hängt hauptsächlich vom Gelände und nur wenig von der Erschliessungsdichte ab.

In der *Abbildung 4 B* sind die Rückedistanzen und die Längen der Seilkranlinien dargestellt. Sie beziehen sich auf die im Teil A aufgeführten Rückeverfahren. Die Bodenseilzug- und die Reistdistanzen sind nicht von der Strassendichte abhängig. Diese Verfahren gelangen nur dort zum Einsatz, wo relativ kurze Rückedistanzen auftreten.

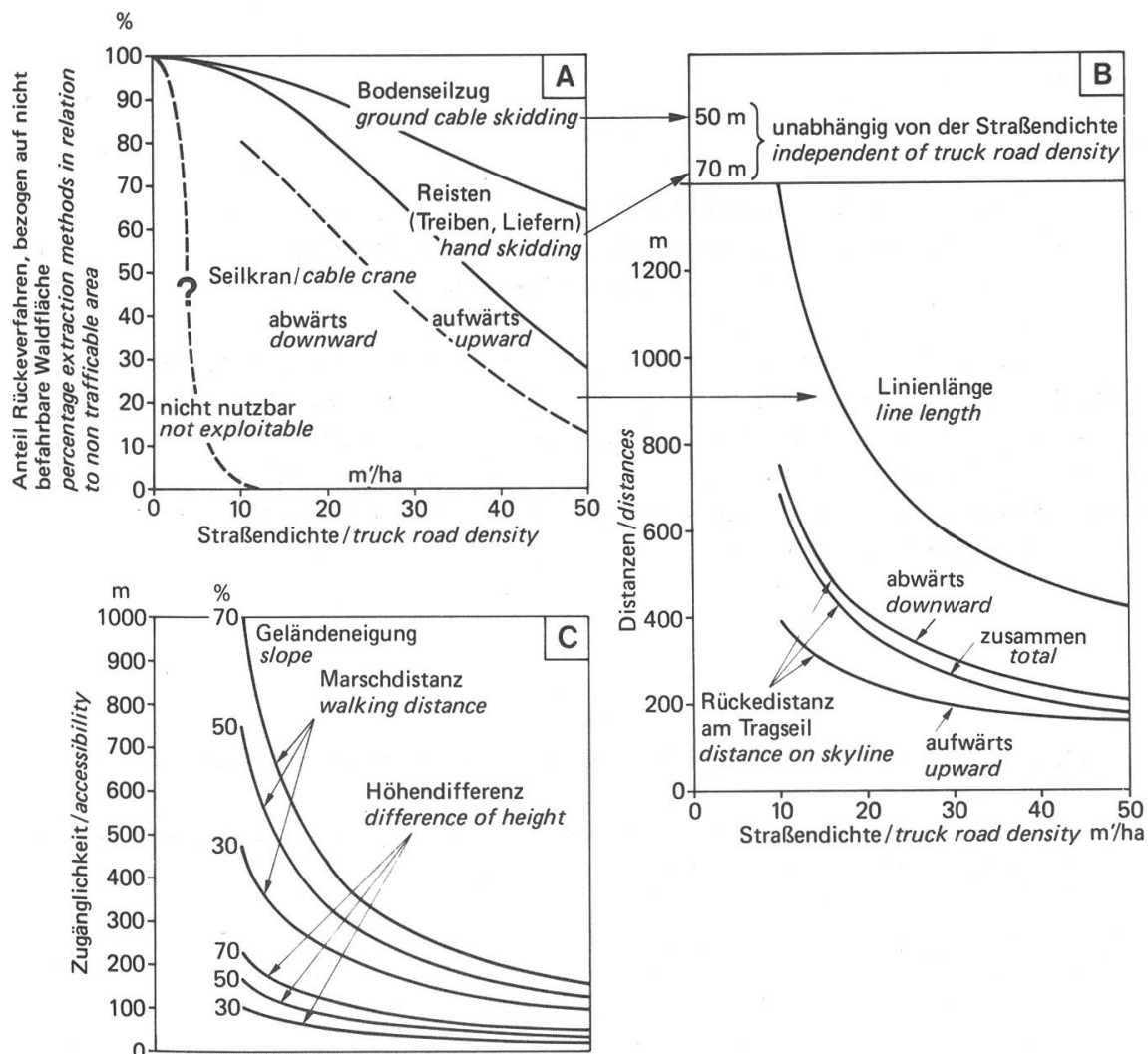


Abbildung 4. Wichtigste Einflüsse der Strassendichte im Konzept «Strassen und Seilkran».



Die Distanz, über welche das Holz beim Seilkraneinsatz am Tragseil transportiert wird, nimmt wie die Linienlänge mit zunehmender Strassendichte degressiv ab. Beim Abwärtsseilen ist mit grösseren Transportdistanzen zu rechnen als beim Aufwärtsseilen.

Die Verbesserung der Zugänglichkeit der Wälder durch die Erschliessung ist ebenso wichtig wie die Verbesserung der Rückeverhältnisse. Wir haben deshalb auch die Marschdistanzen und die Höhendifferenzen ermittelt, welche die Arbeiter zu ihren Arbeitsplätzen zurücklegen müssen. Die *Abbildung 4 C* zeigt, dass beide Grössen von der Strassendichte und von der mittleren Geländeneigung abhängig sind.

Zusammenfassend können wir aufgrund der ersten Ergebnisse unserer Untersuchungen festhalten, dass auch im Bergwald die Strassendichte nicht nur die Rückeverfahren, sondern auch die Rückedistanzen massgebend beeinflusst.

## Résumé

### **Influence de la densité du réseau des chemins sur les techniques et les distances de débardage dans les forêts de montagne**

On a simulé dans 25 régions forestières de montagne différentes variantes de dévestiture afin de déterminer la densité du réseau des routes et des chemins, les procédés et les distances de débardage. A l'aide de réseaux de dévestiture sans chemins à machines, on a déduit dans quelle mesure la densité routière influençait la proportion des bois débardés au moyen d'un cable-grue, la longueur des tracés, la distance de débardage et l'accessibilité du lieu de travail.

#### *Literatur*

- (1) *Segebaden, G. von*, 1964: Studies of Cross-Country Transport Distances and Road Net Extension. Stud. for. suecia Nr. 18, 70 S.
- (2) *Abegg, B.*, 1978: Die Schätzung der optimalen Dichte von Waldstrassen in traktorbefahrbarem Gelände. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Mitt. 54, 2, 101 – 213.