0 3. Dez. 1979


# FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

**Mitteilungsblatt des**

**„KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK"**

**1 Y 6050 EX**

31. Jahrgang | Nr. 12 | Dezember 1979


## Forsttechnische Geländeklassifikation

H. Löffler

### 1. Ziele

Forsttechnische Geländeklassifikation (FGK) ist die Beschreibung und Gliederung forstlich genutzter Flächen nach Merkmalen, welche die Anwendbarkeit von Arbeitssystemen und Betriebsmitteln sowie den Grad der Schwierigkeit und damit das Leistungs- und Kostenniveau forstbetrieblicher Maßnahmen beeinflussen. Stand die FGK zunächst ganz unter dem Aspekt der Holzernte und der Befahrbarkeit des Terrains, so geht heute die Ansicht dahin, eine Geländeinventur müsse Informationen über den Einfluß des Geländes auf jegliche Art forstbetrieblicher Arbeiten liefern.

Eine FGK ist als vielfältig verwendbare Planungshilfe zu sehen; so z. B.

- zur Wahl der geeigneten Arbeitssysteme sowie zur Leistungs- und Kostenvorkalkulation im Rahmen der kurz- bis mittelfristigen Arbeitsplanung;
- zur Erschließungsplanung;
- zur Beurteilung der Notwendigkeit von Geräte- und Maschinenentwicklungen;
- zur eindeutigen Kennzeichnung des Geländes als Einflußfaktor bei Arbeitsstudien sowie bei der Leistungs- und Kostenstatistik;
- zur gezielten Steuerung finanzieller oder sonstiger Hilfen auf nationaler oder höherer Ebene in Abhängigkeit von der Schwierigkeit des Geländes;
- als Grundlage von Waldfunktionskartierungen.

### 2. Bisherige Entwicklung

Die nach dem zweiten Weltkrieg entstandene Idee einer forsttechnischen Geländeklassifikation ist skandinavischen Ursprungs und in erster Linie Professor I. SAMSET, Oslo, zuzuschreiben. Er führte 1954 in Norwegen die erste landesweite Geländeklassifikation durch. In der Folgezeit, vor allem in den 60er Jahren, stand die Geländeklassifikation mehrfach im Mittelpunkt internationaler forstlicher Tagungen und Kongresse. In Schweden wurde ein eigenes Klassifikationssystem entwickelt (CARLSSON, et. al., 1969), das die britische Forestry Commission 1974 mit einigen Modifikationen übernahm (Forestry Commission 1975; ROWAN, 1977). Im Rahmen des sog. Internordischen Rates befaßte sich eine skandinavische Expertengruppe über Jahre hinweg mit methodischen Verbesserungen und mit den Zusammenhängen zwischen Geländeklassen einerseits sowie Bodentragfähigkeit, Befahrbarkeit, Leistung und Kosten bei der Holzernte andererseits. Der Abschlußbericht wurde kürzlich veröffentlicht (ERIKSON et. al., 1978). Bestrebungen zur Charakterisierung und Klassifikation des Terrains unter forsttechnischen Gesichtspunkten sind ferner im Gange in Frankreich, in Italien — für den Bereich Trentino Alto Adige wird schon seit Jahren in Verbindung mit der Forsteinrichtung eine auf die dortigen Gebirgsverhältnisse zugeschnittene Gelände- und Erschließungsklassifikation durchgeführt —, in Japan, in Kanada und in einigen Ländern des Ostblocks. In Norwegen wurde inzwischen der dritte Durchgang der Geländestichprobeninventur, gekoppelt mit einer Holzvorrats- und Bestandesinventur, abgeschlossen (SAMSET, 1975). Das Joint FAO/ECE/ILO – Committee, Genf, hat kürzlich eine internationale Arbeitsgruppe gebildet mit dem Auftrag, in Kontakt mit der IUFRO die mit der Geländeklassifikation in den verschiedenen Ländern der Welt bislang gemachten Erfahrungen zusammenzutragen und nach Möglichkeiten zu suchen, die zum Teil divergierenden Klassifikationsmethoden wenigstens in den Grundzügen vergleichbar zu machen.

In der Bundesrepublik Deutschland haben sich vor allem STEINLIN und RECHSTEINER Ende der 60er Jahre mit methodischen Fragen der Geländeklassifikation befaßt. 1974 erhielt der Autor von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften den Auftrag, für die Mitgliedsländer einen Vorschlag zu einer einheitlichen forstlichen Geländeklassifikation auszuarbeiten.

Die Initiativen zu einer systematischen forsttechnischen Geländeinventur und -klassifikation stammen bislang vor allem aus Ländern und Regionen

- mit starkem Trend zur Mechanisierung der Waldarbeit,
- mit vergleichsweise niedrigem Erschließungsgrad der Wälder,
- mit relativ geringer Dichte an Fachpersonal und folglich dem Zwang, mit einer kleinen Zahl von Fachleuten große, teilweise nur unzureichend bekannte Waldflächen bewirtschaften zu müssen, und schließlich von Gebieten

Postvertriebsstück 1 Y 6050 EX Gebühr bezahlt

Verlag Fritz Nauth Erben und Philipp Nauth Erben
Bonifaziusplatz 3, 6500 Mainz 1

INHALT:

LÖFFLER, H.:
**Forsttechnische Geländeklassifikation**

DENNINGER, W.:
**Die Abstufung der Schleppergetriebe im Vergleich mit den Erfordernissen des Forsteinsatzes**

> mit höherem Gebirgsanteil (Norwegen, Schottland, Japan) und dem Bestreben, die Bergwälder einer planmäßigen, nachhaltigen und rationellen Bewirtschaftung zuzuführen.

Wenn die FGK in der Bundesrepublik Deutschland und einigen anderen mitteleuropäischen Ländern vorerst nur wenig Beachtung gefunden hat, dann einfach deshalb, weil die vorgenannten Zwänge und Informationslücken auf dem größeren Teil unserer Waldfläche nicht gegeben waren und infolgedessen kein dringendes Bedürfnis nach einer speziellen Geländeinventur bestand. Die vergleichsweise hohe Personaldichte und die überwiegend gute Walderschließung gewährleisten, daß das örtliche Forstpersonal auch ohne forsttechnische Geländeklassifikation über detaillierte, flächendeckende Geländekenntnisse verfügt. Außerdem stehen aus unseren großmaßstäblichen topographischen Karten, aus Forsteinrichtungsoperaten, aus Standortskarten und anderen Inventuren Informationen über das Gelände zur Verfügung, die zwar nicht zu einer systematischen FGK aufbereitet sind, aber bislang eben doch ausreichten. Und schließlich gab die Mechanisierung der Waldarbeit in Mitteleuropa vorerst nur wenig Anlaß, auf breiter Basis eine FGK als spezielle Planungshilfe zu fordern.

Zur sachgerechten und rationellen Bewältigung der auf die deutsche Forstwirtschaft zukommenden Aufgaben und Entwicklungen wäre es meines Erachtens jedoch nützlich, es stünden noch bessere Informationen über das Gelände und über die Wechselwirkungen zwischen diesem und den forstlichen Arbeitsverfahren zur Verfügung. Ob es hierzu wie in anderen Ländern einer eigenen FGK bedarf, wird an anderer Stelle diskutiert. Zunächst sei ein Überblick über die Methodik der forsttechnischen Geländeklassifikation gegeben.

## 3. Methoden

Die Möglichkeiten, Gelände nach forsttechnischen Aspekten zu beschreiben und zu klassifizieren, unterscheiden sich vor allem nach

> den benutzten Klassifikationskriterien und

> der Aufnahmemethode.

### 3.1 Klassifikations-Kriterien

Man unterscheidet

> die verfahrensbezogene oder funktionale und

> die verfahrensunabhängige oder deskriptive Geländeklassifikation.

Bei der verfahrensbezogenen Methode wird das Gelände unmittelbar nach der Anwendbarkeit oder Nichtanwendbarkeit eines bestimmten Arbeitssystems bzw. Betriebsmittels oder nach dem Grad der Schwierigkeit bei deren Einsatz eingestuft. Am bekanntesten ist die Geländeeinteilung in die Klassen „mit Standardschlepper uneingeschränkt befahrbar", „mit Standardschlepper bedingt befahrbar" und „mit Standardschlepper nicht befahrbar"; oder im Gebirge: „Seilzuggelände", „Treibgelände", „Seilkrangelände", letzteres eventuell unterteilt nach Kurz-, Mittel- und Langstreckenkran. Weitere funktionale Klassifikationen sind unschwer auszudenken. Tabelle 1 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer funktionalen Geländeinventur in Norwegen.

Im Falle des verfahrensunabhängigen Vorgehens werden Geländeklassen gebildet nach den Kriterien

> Bodenverhältnisse,

> Mikrotopographie (Rauhigkeit der Bodenoberfläche, Bodenhindernisse),

> Hangneigung (und ggf. Hangform).

**Tabelle 1:** Aufteilung der Waldfläche Norwegens nach den Rückeverfahren (funktionale Klassifikation) nach SAMSET, 1975

| | |
|---|---|
| 1) „Seilkranhänge" durchschnittliche Hangneigung ≧ 33 % und Hanglänge zwischen zwei Wegen 300 m | 3 % *) |
| 2) „Seil-Plateau" Plateaulagen über Seilkranhängen | 1 % *) |
| 3) „Seilwindengelände" | 21 % |
| a) Hangneigung ≧ 33 %, aber Hanglänge zwischen zwei Wegen < 300 m | |
| b) Hangneigung 20 - 30 %, Oberfläche blocküberlagert und von sehr unregelmäßiger Form | |
| c) flacheres Gelände, jedoch mit Felsen und Gräben durchsetzt | |
| 4) „Schleppergelände" alles übrige Gelände, von Hangneigung und Bodenoberfläche her mit Schlepper befahrbar | 75 % |
| | 100 % |
| *) Von 1 + 2 entfallen auf Hanglängen von | |
| 300 - 700 m („Mittelstreckenkran") | 71,8 % |
| > 700 m („Langstreckenkran") | 28,2 % |

Einige Systeme verwenden noch weitere Merkmale, so etwa die Zugänglichkeit (Grad der Erschließung), die „Armierung" des Bodens durch Wurzeln und die Niederschlagsverhältnisse.

Die numerisch oder verbal charakterisierte Spannweite jedes der Kriterien wird in Klassen eingeteilt. Jede Klasse erhält einen Zifferncode. Die in einer festgelegten Reihenfolge aneinandergefügten Ziffern ergeben die Geländeklasse.

In Tabelle 2 ist auszugsweise das für die Europäische Gemeinschaft vorgeschlagene deskriptive Klassifikationssystem wiedergegeben. Hinsichtlich Mikrotopographie und Hangneigung orientiert es sich stark an der schwedischen und an der britischen Klassifikation. Bei den Bodenverhältnissen wird, einer Empfehlung von RECHSTEINER folgend, das von CASAGRANDE entwickelte Unified Soil Classification System (USCS) benutzt. Es muß eingeräumt werden, daß die Charakterisierung der Bodenverhältnisse vorläufig noch in keiner Geländeklassifikation uneingeschränkt befriedigt. Auf die damit zusammenhängenden bodenphysikalischen und bodenmechanischen Probleme kann hier nicht eingegangen werden; einschlägige neuere Veröffentlichungen stammen u. a. von GOLOB (1978) und LÖFFLER (1979).

Die Geländeklasse wird nach dem EG-Vorschlag in der Reihenfolge Bodenverhältnisse — Oberfläche — Neigung dargestellt. Eine Geländeklasse 1.2.2 (R) würde folglich bedeuten: Grobkörniger Boden (hohe Tragfähigkeit und Scherfestigkeit), Bodenoberfläche mit nur geringfügigen Hindernissen, 10 – 20 % geneigter gleichmäßiger Hang.

**Tabelle 2:** Vorschlag einer Geländeklassifikation für die Europäische Gemeinschaft *)

A. Klassifizierung der Bodenverhältnisse

| Klasse (Code) | Beschreibung |
|---|---|
| 1 | Bodenarten: Kiesböden, kiesige Sande, sandige Kiese mit jeweils nur geringem Feinkornanteil<br>Bodenklassen nach USCS: GW, SW, GP, SP, GMd, SMd |
| 2 | Bodenarten: siltige Kiese und Sande mit mäßigem Feinkornanteil<br>Bodenklassen nach USCS: GMu, SMu |
| 3 | Bodenarten: tonige Kiese und Sande, Kies- und Sand-Silt-Ton-Gemische, mäßiger bis mittlerer Feinkornanteil<br>Bodenklassen nach USCS: GC, SC, ML |
| 4 | Bodenarten: tonig-siltige Böden von mittlerer bis hoher Plastizität, auch mit organischen Beimengungen<br>Bodenklassen nach USCS: CL, CH, OL, MH |
| 5 | Bodenarten: hochplastische Tone, Böden mit hohen organischen Anteilen sowie organische Böden<br>Bodenklassen nach USCS: OH, Pt |

*) nur auszugsweise; vollständige Darstellung in: Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Mitteilungen über Landwirtschaft Nr. 32, Brüssel 1977.

B. Klassifizierung der Bodenoberfläche

| Klasse (Code) | Beschreibung *) |
|---|---|
| 1 | a) Bodenoberfläche eben<br>b) Hindernisse H 20 mäßig häufig oder H 40 und darüber vereinzelt und gleichzeitig H 20 spärlich |
| 2 | a) Bodenoberfläche geringfügig uneben<br>b) H 20 häufig oder H 40 spärlich und gleichzeitig H 20 mäßig häufig; H 60 und darüber in jedem Falle nur vereinzelt. |
| 3 | a) Bodenoberfläche uneben<br>b) H 20 häufig, H 40 mäßig häufig, H 60 spärlich; H 80 und darüber nur vereinzelt. |
| 4 | a) Bodenoberfläche rauh<br>b) H 20 und H 40 häufig, H 60 spärlich oder H 60 mäßig häufig und gleichzeitig H 20 und H 40 höchstens mäßig häufig; H 80 und darüber in jedem Falle höchstens spärlich. |
| 5 | a) Bodenoberfläche sehr rauh<br>b) Höhe und Häufigkeit der Hindernisse größer als in Klasse 4. |

*) Die mit H 20 usw. beschriebenen Hindernisse sind in einem Kommentar ausführlich erläutert.

C. Klassifizierung von Hangneigung und Hangform

| Klasse (Code) | Hangneigung (in Fall-Linie gemessen) % | Grad |
|---|---|---|
| 1 | 0 — 10 | 0 — 6 |
| 2 | 10 — 20 | 6 — 11 |
| 3 | 20 — 33 | 11 — 18 |
| 4 | 33 — 50 | 18 — 27 |
| 5 | 50 — 70 | 27 — 36 |
| 6 | mehr als 70 | mehr als 36 |

Die Hangform kann durch einen ergänzenden Buchstabencode zum Ausdruck gebracht werden. Es bedeuten:

R = gleichmäßiger Hang
S = gestufter Hang
M = gewellte Geländeform
G = durch Rinnen und Gräben zerfurchter Hang

Die Vorteile der einen Methode sind die Nachteile der anderen und umgekehrt:

> Die funktionale Klassifikation kann jeder erfahrene Praktiker ohne aufwendige Hilfsmittel und relativ rasch selbst durchführen. Die deskriptive Methode ist aufwendig und anspruchsvoll.

> Eine funktionale Klassifikation veraltet mit dem Arbeitsverfahren oder mit den Maschinen, die ihr zugrunde liegen. Die verfahrensunabhängige Klassifikation, die sich der bleibenden Geländeeigenschaften bedient, hat gewissermaßen Ewigkeitscharakter.

> Die Informationen einer funktionalen Klassifikation können unmittelbar in die Praxis umgesetzt werden. Eine deskriptive Geländeklasse muß zuerst auf ihre Wertigkeit in bezug auf ein Arbeitssystem oder eine Maschine interpretiert werden.

> Die Praxis, die i. d. R. rasche Lösungen für ihre Probleme wünscht, neigt verständlicherweise der funktionalen Methode zu. Wissenschaft und Planungsexperten favorisieren die deskriptive Methode.

Im Grunde ist es jedoch keine Frage nach Entweder — Oder, vielmehr bestünde die unter allen Gesichtspunkten optimale Lösung in einem Sowohl — Als auch: Als Grundlage wird eine sorgfältige, ggf. stark differenzierte deskriptive Klassifikation durchgeführt. Auf deren Basis lassen sich, weitgehend am grünen Tisch, funktionale Klassifikationen ohne Mühe ableiten, vorausgesetzt, die deskriptive Geländebeschreibung enthält alle notwendigen Terrain-Parameter. Eine solche Lösung wird in letzter Zeit in den meisten Ländern, die sich mit diesen Fragen befassen, angestrebt oder bereits realisiert. Stärker unterschiedlich sind eigentlich nur die Meinungen über Charakterisierung und Klassifizierung der Bodenverhältnisse. Einige Experten empfehlen, den Boden unmittelbar nach seiner Befahrbarkeit bei definiertem Feuchtigkeitsgehalt zu beschreiben und zu gliedern, andere bevorzugen eine Charakterisierung und Klassifikation nach quasi elementaren Eigenschaften wie Kornverteilung, Plastizitätswerten, Trockenraumgewicht etc. Das USCS geht in die letztgenannte Richtung.

### 3.2 Aufnahmemethode

Im ersten Fall wird die Geländeklasse an zuvor gewählten Stichprobenpunkten, z. B. an Schnittpunkten von Rasterlinien, bestimmt. Man erhält für das untersuchte Gelände eine Häufigkeitsverteilung der auftretenden Geländeklassen. Der Repräsentationsgrad (Flächenaufnahmeprozent) ist bei Stichprobenverfahren im allgemeinen zu gering, als daß aus solchen Aufnahmen praktisch auswertbare Informationen für eine einzelne Fläche, etwa für eine Unterabteilung oder einen Hieb, abgeleitet werden könnten. Die Geländeklassifikation mittels Stichprobenaufnahme, wie sie etwa in Norwegen praktiziert wird, ist daher in erster Linie für Zwecke der großräumigen Planung geeignet. Sie liefert beispielsweise Hinweise über die für verschiedene Maschinen geeigneten Flächen und daraus für den potentiellen Bedarf an solchen Maschinen. Sie gibt ferner Aufschluß über die Flächenverteilung nach Schwierigkeitsgraden in verschiedenen Regionen, eine Entscheidungshilfe z. B. bei der Vergabe von Subventionen.

Für betriebliche Zwecke eignet sich das Stichprobenverfahren nur bei vergleichsweise hoher Probendichte. Unter den kleinflächigen mitteleuropäischen Verhältnissen dürfte nach Untersuchungen unseres Instituts ein Punktabstand von 100 m nicht überschritten werden, d. h. pro Hektar wäre mindestens eine Aufnahme erforderlich. Der mit der Stichprobe angestrebte Einsparungseffekt gegenüber der flächendeckenden Aufnahme ist dann allerdings kaum mehr von Belang, so daß der letzteren der Vorzug zu geben ist. Die Mehrzahl der Länder, welche die Geländeklassifikation praktizieren, kartiert deshalb flächendeckend.

Über die Abgrenzung und die Größe der auszuscheidenden Flächeneinheiten bei der flächendeckenden Kartierung gibt es keine allgemein gültigen Regeln. Zwei Alternativen stehen zur Wahl:

> Man orientiert sich an der vorgegebenen Gliederung nach Behandlungseinheiten (Abteilung, Unterabteilung, Unterfläche) und bestimmt für jede dieser Einheiten die Geländeklasse.

> Man kartiert unabhängig von der gegebenen Waldeinteilung Flächen gleicher Geländeeigenschaften.

### 4. Künftige Entwicklungen

Aus mitteleuropäischer Sicht sind m. E. vor allem folgende Fragen zu diskutieren:

1. Kann die FGK in einer Weise gestaltet werden, daß sie nicht nur über die Anwendbarkeit von Systemen und Betriebsmitteln und über den Schwierigkeitsgrad bei deren Einsatz informiert, sondern das Gelände auch danach charakterisiert, welche Auswirkungen bei bestimmten Maßnahmen zu erwarten sind?
2. Kann die FGK in andere, bereits vorhandene Gelände- und Waldinventuren integriert werden und wie sind ggf. diese Inventuren zu erweitern und umzugestalten, um die aus einer FGK erwarteten Informationen zu erlangen?

Was die erste Frage anbelangt, so besteht kein Zweifel, daß aus einer deskriptiven Geländeklassifikation Hinweise z. B. auf die Verdichtungsempfindlichkeit von Standorten beim Befahren mit Schleppern oder auf die Erosionsgefahr bei Baumaßnahmen an Hanglagen abgeleitet werden können. Die Voraussetzung ist, daß bei der Beschreibung und Klassifizie-

rung des Geländes jene Eigenschaften berücksichtigt werden, von denen die Empfindlichkeit des Standorts wesentlich abhängt. So deuten beispielsweise mehrere ausländische Untersuchungen und orientierende Studien in unserem Institut darauf hin, daß der Informationsgehalt der USCS-Bodenklassen in bezug auf die Verdichtungsempfindlichkeit entscheidend erweitert werden könnte, wenn zusätzlich nach geologischem Substrat, nach dem Trockenraumgewicht (oder dem Porenvolumen) des ungestörten Mineralbodens und nach dem Grad der Armierung des Bodens durch Wurzeln und Steine sowie nach der Bodenfeuchtigkeit bei definierten Witterungsbedingungen differenziert würde.

Zur zweiten Frage bin ich der Ansicht, daß unter deutschen Verhältnissen eine separate forsttechnische Geländeklassifikation höchstens in Sonderfällen und auf begrenzten Flächen und dann wohl i. d. R. als funktionale Klassifikation mit ganz spezieller Zielsetzung, z. B. Kartierung nach Bringungsverfahren im Gebirge, in Frage kommt. Vergleicht man die Gliederungs- und Zuordnungsprinzipien sowie den Informationsgehalt unserer modernen Standortskartierungen mit jenen einer FGK, so stellt sich eine weitgehende Überschneidung heraus. Gleiches gilt für die im bayerischen Alpenraum laufende Hanglabilitätskartierung (LAATSCH und GROTTENTHALER, 1973). Standortskunde und Forsttechnik sollten sich deshalb über die Möglichkeiten einer integrierten, ökologische und technische Aspekte umfassende Standorts- und Geländeinventur unterhalten. Daß auch andere Länder inzwischen diesen Weg einschlagen, zeigt das Beispiel Kanada. In einer unserer Standortskartierung ähnlichen, deskriptiven Geländeinventur ("Biophysical Land Classification"; GIMBARZEVSKY, 1978) werden als kleinste Einheiten sog. "Land Types" (entsprechend unseren Standortseinheiten) nach Kriterien ausgeschieden, die es erlauben, in sehr detaillierter Form sowohl waldbaulich – ökologische als auch forsttechnische Planungsinformationen abzuleiten.


**Literatur:**

1. CARLSSON, B. et. al.; 1969: Terrängtypschema för svenskt skogsbruk; Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse Nr. 9, Stockholm.
2. ERIKSSON, T. et. al.; 1978: The Inter-Nordic Project of Forest Terrain and Machines in 1972 - 1975; Acta Forestalia Fennica, Vol. 164, Helsinki.
3. Forestry Commission; 1975: Terrain Description and Classification; Commissioner for Harvesting and Marketing, File H 13/6, Edinburgh.
4. GIMBARZEVSKY, Ph.; 1978: Land Classification as a Base for Integrated Inventories of Renewable Resources; Proceedings Workshop "Integrated Inventories of Renewable Natural Resources", Tucson, Arizona.
5. GOLOB, T. B.; 1978: Current Progress in Research on Terrain Properties; Forest Management Institute, Information Report FMR-X-110, Ottawa.
6. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1977: Forstwirtschaftliche Probleme und deren Auswirkungen auf die Umwelt in den Mitgliedstaaten der EG; Mitteilungen über Landwirtschaft Nr. 32, Brüssel.
7. LAATSCH, W. und W. GROTTENTHALER; 1973: Labilität und Sanierung der Hänge in der Alpenregion des Kreises Miesbach; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten, München.
8. LÖFFLER, H.; 1979: Recording and Classification of Soil-Conditions within the Scope of Terrain Classification; Vortrag IUFRO-Symposium "Stand Establishment Techniques and Technology", noch unveröffentlicht.
9. ROWAN, A. A.; 1977: Terrain Classification; Forestry Commission, Forest Record 114.
10. SAMSET, I.; 1975: The Accessibility of Forest Terrain and its Influence on Forestry Conditions in Norway; Reports of the Norwegian Forest Research Institute 32.1, As, Norway.



Anschrift des Autors:

Professor Dr. H. Löffler
Lehrstuhl für forstl. Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnik
Hohenlindener Straße 5
8000 München 80


# Die Abstufung der Schleppergetriebe im Vergleich mit den Erfordernissen des Forsteinsatzes


W. Denninger


## 1.0 Vorbemerkung

Betrachtet man seit 1950 die Schlepperentwicklung im allgemeinen, und die Schaltgetriebeentwicklung im besonderen, so werden folgende Entwicklungen sichtbar.

1. Anstieg der durchschnittlichen Schlepperantriebsleistung von 18 auf 44 kW (im Mittel 0,8 – 1,0 kW/Jahr). Nach SÖHNE 1977 betrug der Anstieg bis Ende der 50er Jahre 8 % pro Jahr, derzeit 2 % und wird künftig auf 1 % geschätzt.
2. Verstärkter Übergang vom reinen Zug- zum Zug- und Zapfwellenschlepper (Heck, Front) bei Ackerschleppern bzw. umgerüsteten Forstschleppern. Bei den typischen Forstspezialschleppern fehlt bislang die Zapfwelle als Antriebsquelle.
3. Übergang von mittels Klauen und Stiften schaltbaren Zahnradschubgetrieben zu teil-, vollsynchronisierten, teillastschaltbaren (Multi-Power, Agriomatic, LS-Getriebe etc.) bis hin zu stufenlosen hydrostatischen Getrieben. Letztere sind als Standardlösung für die Mehrzahl der zu bewältigenden landwirtschaftlichen und forstlichen Arbeiten (außer Zapfwellenarbeiten), bedingt durch die nachteiligen Eigenschaften (Leistungsverluste, Geräusch, Service und Mehrkosten), noch zu unproduktiv und somit den modernen Stufengetrieben unterlegen.
4. Mit der Entwicklung leistungsdimensionierter Zug- und Zapfwellengeräte wird eine angepaßtere, harmonischere Gangabstufung notwendig, um bei stark variierenden Einsatzbedingungen eine möglichst hohe Arbeitsproduktivität zu erzielen.

Der anfänglich steigende Trend zu höheren Gangzahlen wird zudem durch die Bedeutung des Faktors „Handhabung", vor allem der Schaltbarkeit, abgelöst.

## 2.0 Die Schaltgetriebeentwicklung

### 2.1 Ackerschlepper

Die Schaltgetriebeentwicklung bei Ackerschleppern war in den letzten beiden Dekaden darauf ausgerichtet, die ständig steigende Antriebsleistung der Schlepper in Verbindung mit entsprechenden Arbeitsmaschinen und Geräten in eine entsprechende Arbeitswirksamkeit umzusetzen. Neben anderen wichtigen leistungsbeeinflussenden Faktoren wie z. B. Bereifung, Allradantrieb, Regelhydraulik etc. kommt der Abstufung des Schaltgetriebes, den Arbeitsgeschwindigkeiten mit Überschneidung der einzelnen Gänge und Gruppengetriebe wesentliche Bedeutung zu. Vor allem gilt dies für die höheren Leistungsbereiche ab 50 kW, wo lastschaltbare Getriebe (2, neuerdings 3 Stufen bei sehr starken Schleppern — Deutz DX 230) wirtschaftlicher sein können. Die Forstentwicklung des Stufen-

getriebes wird besonders beim Vergleich der derzeit am Markt erhältlichen 371 Schleppertypen (ab 20 kW) mit dem der Jahre 1966 ersichtlich:

a) Übergang zu Getrieben mit höherer Gangzahl, während der Schwerpunkt 1966 eindeutig bei 6- und 8-Ganggetrieben (2 Gruppen) lag, fand bis 1979 eine zunehmende Verlagerung auf 12-Ganggetriebe (36,1 %) und 16-Ganggetriebe (18,1 %) statt.

b) 3- und 6-Ganggetriebe spielen mit 3,5 % Anteil, ebenso wie Gangzahlen über 20 (über 80 kW) mit 0,8 % eine untergeordnete Rolle.

c) Die bemerkenswerte Stellung des 10-Ganggetriebes im Jahr 1966 mit 14,1 % ging weitgehend zugunsten des 12- und 16-Ganggetriebes zurück.

d) Nach Leistungsklassen ergibt sich ein nuancierteres Bild:

1. Bis zu einer Schleppernennleistung von 30 kW verliert das traditionelle 6-Ganggetriebe zugunsten des 8-Ganggetriebes zunehmend an Boden.
2. Im Leistungsbereich 30 – 49 kW liegt der Schwerpunkt eindeutig beim 8-Ganggetriebe (31 %) und dem 12-Ganggetriebe (32,4 %), mit erkennbarer Tendenz zum 16-Ganggetriebe (11,3 %).
3. Dieser Trend setzt sich in der Leistungsklasse 50 bis 79 kW weiter zugunsten des 12- und 16-Ganggetriebes fort. Unbedeutende Anteile (1,6 %) haben die Gangzahlen 18, 20, 22 zu verzeichnen.
4. Bei Schleppern über 80 kW liegen diese fein gestuften Getriebe leicht über 10 %; sie konnten aber die dominierende Stellung der 12- (40,6 %) und 16-Ganggetriebe (39,8 %) nicht nennenswert beeinflussen.

Mit dem zunehmend abschwächenden Trend zu größeren Gangzahlen gewinnt die Anpassung der Gangabstufung an die Erfordernisse des Einsatzes zunehmend an Gewicht. Nach RHENIUS 1979 werden ca. 70 % der gesamten Einsatzzeit eines Schleppers im Fahrgeschwindigkeitsbereich 4 bis 12 km/h geleistet, mit Schwerpunkten zwischen 6 und 10 km/h. Werden landwirtschaftliche Arbeiten den Hauptarbeitsgruppen zugeordnet, so ergeben sich Arbeitsgeschwindigkeitsbereiche von 3 – 10 km/h bei Zugarbeiten, 1,5 bis 8 km/h bei Zapfwellenarbeiten und 4 – 12 km/h (Feld) bzw. 8 – 25 km/h (Straße) bei Transportarbeiten. Im Hauptarbeitsbereich zwischen 1,5 und 12 km/h wird daher eine feine (mind. 6 Gänge), leicht überschneidende Gangabstufung mit einem guten Schaltschema (Gänge, Gruppen) zur Erzielung optimaler Arbeitsleistungen gefordert. Hohe Gangzahlen (über 16) bergen die Gefahr in sich, daß die sehr geringen Geschwindigkeitsunterschiede der einzelnen Gänge vom Maschinenführer nicht optimal genutzt werden können und er durch die hohe Frequenz der Schaltvorgänge überlastet werden kann.

#### 2.2 Forstschlepper

Die in der Forstwirtschaft zum Einsatz kommenden Schlepper lassen sich neben den konventionellen Ackerschleppern in Forstspezialschlepper, die hauptsächlich zur Bringung, Bodenbearbeitung und Schlagräumung eingesetzt werden, und Forstschlepper (mit Forstausrüstung ausgestattete Ackerschlepper), die ein universelles Arbeitsfeld abdecken, einteilen. Die unterschiedliche Aufgabenstellung im Vergleich zur Landwirtschaft zeigt sich auch in der Getriebeausstattung, vor allem bei den Forstspezialschleppern:

a) Im Gegensatz zu den Agrarschleppern spielen 3-, 5- und 10-Ganggetriebe noch eine bedeutsame Rolle.

b) Der Schwerpunkt liegt bei Forstspezialschleppern eindeutig bei 5- (20,4 %), 8- (50 %) und 10-Ganggetriebe. Größere Gangzahlen fehlen und sind für das abzudeckende Aufgabenfeld auch nicht erforderlich.

c) Die Mehrzahl der Forstschlepper ist mit 12- und 16-Ganggetrieben ausgestattet. Die Hersteller bieten wahlweise unterschiedliche Getriebeversionen mit unterschiedlicher Gruppenausstattung (Superkriechgang-, Kriechgang-, Gelände-, Straßen- und lastschaltbare Gruppe) an.

Beispiele (Vorwärts-/Rückwärtsgänge):

| | |
|---|---|
| Unimog: | 6/2, 12/4, 12/6, 20/8 |
| MB-Trac: | 14/8, 14/14, 22/16, 22/22 |
| Deutz: | 8/4, 12/4, 16/4, 20/5 |
| IHC: | 8/4, 12/4, 16/8 |
| Fendt: | 12/5, 14/4, 16/7 |

### 3.0 Getriebeabstufung und Arbeitsgeschwindigkeiten in der Forstwirtschaft

#### 3.1 Einflußfaktoren

Die Beurteilung eines Schaltgetriebes setzt die Kenntnis der vom Schlepper im Einzelfall zu verrichtenden Tätigkeiten mit den die Arbeitsgeschwindigkeit beeinträchtigenden Faktoren voraus:

a) Die bauartbedingte Schleppernennleistung und gewählte Getriebeversion (Gangabstufung, Arbeitsgeschwindigkeit) wird durch die Wahl der an- oder aufgebauten Maschinen und Geräte mehr oder weniger stark beeinflußt.

b) Gelände-, Boden-, Bestandes- und Witterungsbedingungen wirken sich unterschiedlich aus.

c) Die Arbeitsgeschwindigkeit manuell zu bedienender Maschinen und Geräte mit hohem technischem Leistungsvermögen (z. B. Verschul-, Pflanz-, Pflege-Maschinen) wird von der stark schwankenden physischen und psychischen Leistung der Arbeitspersonen bestimmt.

#### 3.2 Die forstlichen Arbeitsgeschwindigkeitsbereiche

Die umfangreiche Palette forstlicher Arbeiten, die vom Schlepper verrichtet werden, können auf folgende Hauptgruppen aufgeteilt werden:

Zugarbeiten
> Rücken
> Schlagräumung
> Bodenbearbeitung
> Pflanzen
> Pflege
> Wegeinstandsetzung und -unterhaltung

Transportarbeiten
> inner- und überbetrieblich

Zapfwellenarbeiten
> Fräsen (Schnee, Boden)
> Mulchen
> Holzhackmaschinen, Kreissägen
> Pflanzenschutz
> Düngung

##### 3.2.1 Zugarbeiten

Angehängte und angebaute Arbeitsmaschinen und -geräte werden im hinteren Anbaubereich über das Zugpendel, die Hitch- und Anhängekupplung sowie frontmontiert über die Hydraulik betrieben. Im Gegensatz zu den Zapfwellenarbeiten, wo i. d. R. ein konstanter Drehzahlbereich eingehalten werden muß, kann die gewünschte oder vom Gelände, Bestand, Boden etc. erzwungene Arbeitsgeschwindigkeit zum einen über die Variation der Motordrehzahl und zum anderen durch die Wahl einer entsprechenden Getriebestufe vollzogen werden. Die erste Möglichkeit führt jedoch zur Verringerung der Schlepperleistung, die nur bei Arbeiten mit geringem Leistungsbedarf (kleiner als Schleppernennleistung) Anwendung finden kann; die daraus letztendlich resultierende verminderte Arbeitsleistung kann durch die Wahl eines Ganges mit höhe-

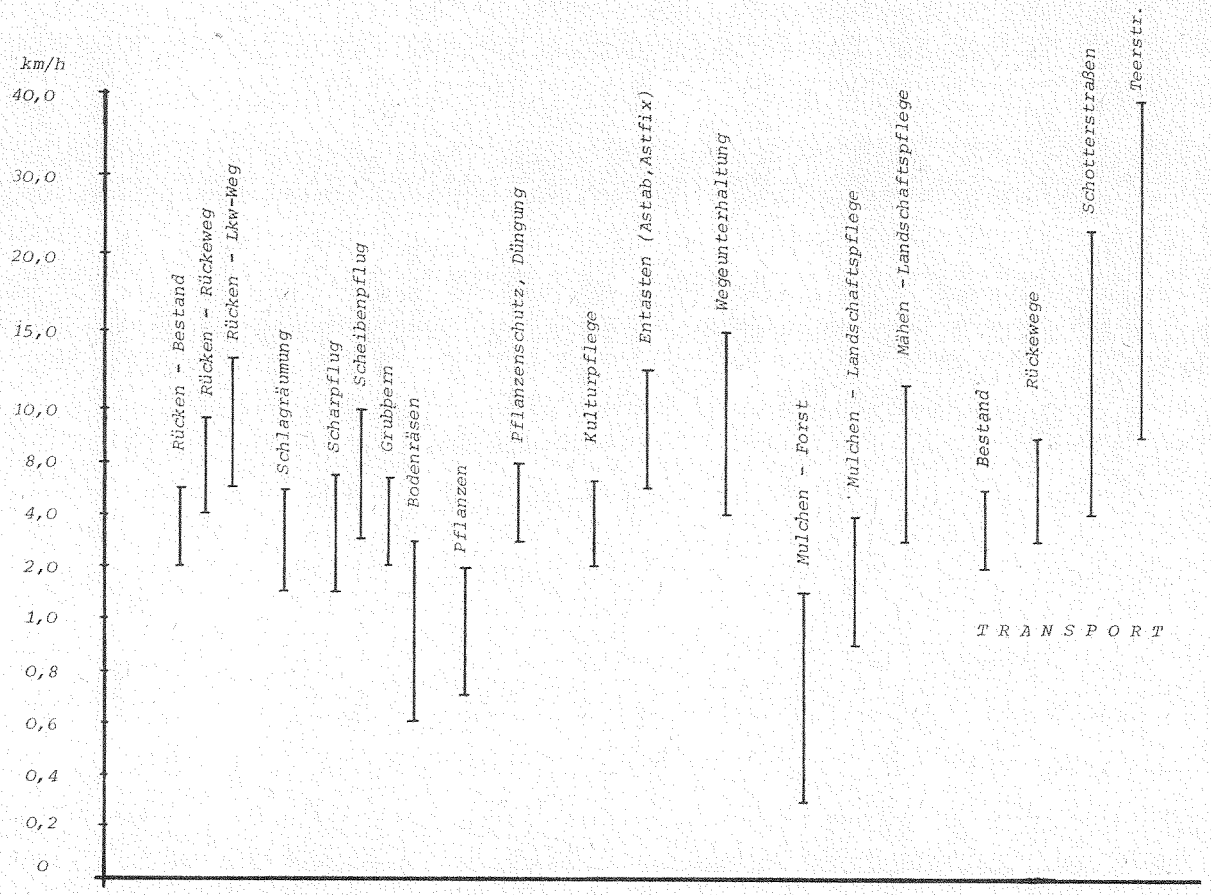


Abb. 1: Arbeitsgeschwindigkeiten bei einzelnen Forstarbeiten.

rer Arbeitsgeschwindigkeit bei leistungsüberdimensionierten Schleppern ausgeglichen werden. In diesem Zusammenhang gewinnt der Drehmomentverlauf des Motors an Bedeutung. Während früher gefordert wurde, daß der Drehmomentanstieg einen möglichst weiten Drehzahlbereich überspannen sollte, verliert diese Prämisse durch das Vorhandensein fein gestufter Getriebe an Gewicht. Das max. Drehmoment sollte unter Minimierung des Leistungsverlustes im Nenndrehzahlbereich von 65 bis 75 % (bis 80 % bei Schleppern ab 80 kW) liegen. Die in der Forstwirtschaft anfallenden Zugarbeiten liegen mehrheitlich im Arbeitsgeschwindigkeitsbereich 1,5 bis 12 km/h (Abb. 1). Die meisten Forstspezial- und Forstschlepper sind in diesem Bereich mit einer ausreichenden Gangabstufung ausgestattet (Abb. 2).

### 3.2.2 Transportarbeiten

Transportarbeiten nehmen besonders im überbetrieblichen Einsatz erheblichen Umfang an der Gesamteinsatzzeit (jährlich oder bezogen auf die Lebensdauer) ein. Dieser beträgt nach Auswertung von internen Statistiken der Maschinenstützpunkte und Maschinenbetriebe, je nach dem Einsatzumfang, 20 – 35 %. Zur Verringerung der Umsetzzeiten bzw. Erhöhung der Arbeitsproduktivität wäre eine möglichst hohe Transportgeschwindigkeit anzustreben, die aber durch nachfolgende Faktoren eingeschränkt werden kann:

a) Art und Zustand des Wegenetzes begrenzen die Arbeitsgeschwindigkeit des Schleppers durch die begrenzte Belastbarkeit der Achsen, Reifen, Bremsen etc., die vom Fahrer mitbestimmte Verkehrssicherheit (Lenkfähigkeit, Reaktionssicherheit) und die auf ihn einwirkenden Belastungen (z. B. beeinträchtigende Sitzschwingungsfrequenzen).
b) Erforderliche Führerscheinklasse: bei einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit über 25 km/h und einem zulässigen Gesamtgewicht über 7,5 t wird der Führerschein Klasse II notwendig.

Bei Beachtung dieser restriktiven Faktoren reichen für die Mehrzahl der inner- und überbetrieblichen Transportarbeiten im Geschwindigkeitsbereich über 12 km/h 2 – 4 Gänge aus. Die überwiegende Zahl der Schlepper kommt dieser Forderung nach (Abb. 2).

### 3.2.3 Zapfwellenarbeiten

Die Zapfwelle als direkter Kraftantrieb gewinnt in Form der Motorzapfwelle (Getriebe- und Wegezapfwelle gehen bedingt durch steigende Schlepperleistung und zunehmenden Allradbestückung zurück) auch in der Forstwirtschaft zum Antrieb von (Boden-, Schnee-) Fräsen, Mulchgeräten (Jungwuchs-, Landschaftspflege, Aufschließung), Holzhackmaschinen und zapfwellengetriebene Pflanzenschutz- und Düngungsgeräte an Bedeutung. Vor allem beim Antrieb von schweren zapfwellengetriebenen Geräten (Fräsen, Mulchgeräten, Anbau- und Aufbauhacker) wird eine hohe Zapfwellenleistung im Normdrehzahlenbereich 540 bzw. 1000 U/min gefordert. Diese enge Abhängigkeit schließt die Variationsmöglichkeit der Arbeitsgeschwindigkeit über die Motordrehzahl bei schwankenden Arbeitsbelastungen (siehe 3.2.2: Verschlechterung der Arbeitsgüte) aus; es bleibt lediglich die Möglichkeit, ein fein gestuftes Getriebe für die jeweiligen Zapfwellenarbeiten zu verwenden. Forstmulchgeräte, mit einer auf das Trägerfahrzeug abgestuften Arbeitsbreite, erfordern bei Einsatz zur Bestandesaufschließung, Wegeverbreiterung und Reihenentnahme mit zu verarbeitenden Holzstöcken bis 10 cm Arbeitsgeschwindigkeiten im Bereich von 0,2 bis 1,5 km/h. Geeignete, leistungsstarke Schlepper haben in der Regel ein gut gestuftes, wirksames (mechanisches) Kriechganggetriebe in diesem Geschwindigkeitsbereich (Abb. 2). Bodenfräsen werden ebenso wie Pflanzmaschinen mit Arbeitsgeschwindigkeiten von 0,6 bis 2 km/h betrieben. Zum Antrieb von leichten, zapfwellengetriebenen Maschinen und Geräten spielt eine gute Gang-

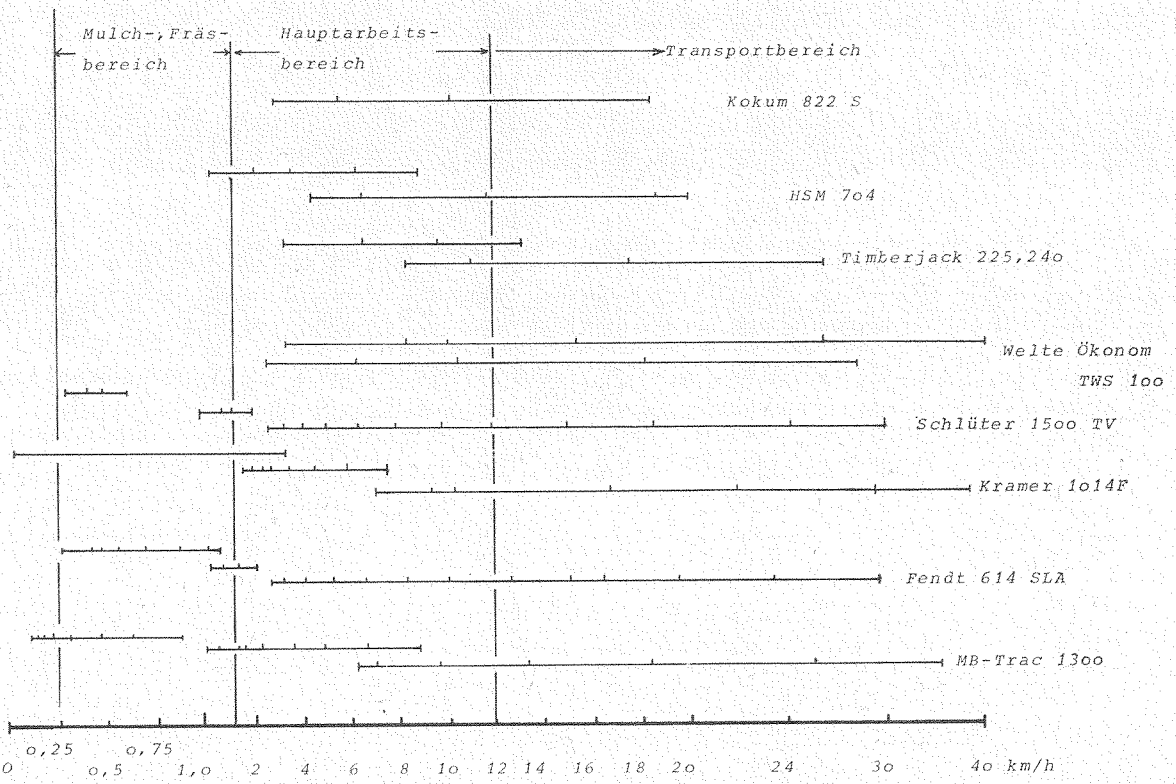


Abb. 2: Die Stufung von Schaltgetrieben einiger Forstspezialschlepper und zum Zapfwellenantrieb geeigneter schwerer Forstschlepper (Querstriche geben Gangzahl an).

abstufung eine untergeordnete, bzw. bei stationärem Betrieb (Hackmaschinen, Kreissägen, Spaltmaschinen etc.) keine Rolle.

### 4.0 Zusammenfassung

Zur Erzielung einer optimalen Arbeitsleistung ist eine weitgehende Harmonisierung zwischen Antriebsschlepper und den angetriebenen bzw. gezogenen Arbeitsmaschinen und Geräten erforderlich. Erreicht werden kann dieses Ziel unter anderem durch die Wahl eines günstig gestuften Getriebes. Die den Forsteinsatz beeinflussende Vielfalt an Faktoren ergibt bei Beachtung der theoretisch möglichen hohen Zahl der in der Praxis auftretenden Einzelfälle ebenso viele variierende Arbeitsgeschwindigkeiten, die zusammengefaßt bis 12 km/h ein fein, und im Transportgeschwindigkeitsbereich über 12 km/h ein gröber gestuftes Schaltgetriebe notwendig werden lassen. Dies gilt vor allem für die universell eingesetzten Forstschlepper und eingeschränkt für die Forstspezialschlepper, die ihr Haupteinsatzfeld in der Holzbringung haben.

Anschrift des Autors:
Dipl. Forstwirt W. Denninger
KWF — Mechan. techn. Abt.
Sprembergerstraße 1
6114 Groß Umstadt

## Bundesseminar für Mitglieder in Prüfungsausschüssen des Berufes „Forstwirt"

Behandelt werden: Leistungsbeurteilung in der beruflichen Bildung. Neben einem Erfahrungsaustausch der Prüfer werden Fragen des Beurteilungswesens, der Organisation von Prüfungen und der Prüfungstechnik angesprochen (auch programmierte Prüfung), sowie Übungen durchgeführt.

Diese Veranstaltung ist auch als Aufbauseminar für Teilnehmer der Seminare in 1976 und 1977 gedacht. Träger ist der Deutsche Bauernverband.

**Ort:** Waldarbeitsschule, Hamburger Str. 109, 2360 Bad Segeberg, Tel.: 0 45 51 / 24 41

**Termin:** 11. 2. — 14. 2. 80 (Anreise: 11. 2. 80)

**Kosten:**

| | |
|---|---|
| Lehrgangsgebühren | 28,— DM |
| Lehr- und Lernmittel | 50,— DM |
| Unterkunft | 10,50 DM |
| Verpflegung | 50,— DM |
| | 138,50 DM |

Die Teilnahme wird mit 50 % der anfallenden Kosten für Lehrgang sowie An- und Abreise vom Deutschen Bauernverband gefördert.

**Anmeldungen:** bis spätestens 7. 1. 80 bei der Waldarbeitsschule Bad Segeberg.

## Das KWF gratuliert seinem langjährigen Mitglied

*zum 60. Geburtstag*

*am 1. 12. 1979 Herrn Professor Dr. Gerhard Kaminsky*

*Professor Kaminsky, der Sohn eines Reeders, in Königsberg geboren, wo er auch seine Jugend verbrachte, geriet als Oberleutnant in amerikanische Gefangenschaft, aus welcher er nach Hamburg entlassen wurde. Seine Liebe zur Forstwirtschaft wurde wohl durch die Tatsache begründet, daß sein erstes Tätigkeitsfeld — nachdem er bereits einige Semester Medizin studiert sowie an der Lager-Universität in den USA Vorlesungen auf dem Gebiete der Naturwissenschaften gehört hatte — ihn in die Wälder des Fürsten von Bismarck — zum Holzeinschlag — führte. Kein geringerer als Professor Dr. H. H. Hilf war es, der Gerhard Kaminsky für die arbeitswissenschaftlichen Probleme der Forstwirtschaft interessierte und ihn dann nach abgeschlossenem Studium und Promotion als Mitarbeiter gewann und ihm die Bearbeitung dieses Problemkreises übertrug. Seit Jahren vertritt Professor Kaminsky nun an diesem Institut das Fachgebiet Ergonomie.*

*In enger Zusammenarbeit mit dem seinerzeitigen Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund wurden die Methoden entwickelt, um die Probleme der Waldarbeit anzugehen. Die ersten von Kaminsky durchgeführten arbeitsphysiologischen Untersuchungen an Waldarbeitern gestatteten einen Einblick in deren Belastung. Sehr bald wurde Kaminsky über die Grenzen Deutschlands bekannt, die ersten Untersuchungen beim Holzeinschlag in Österreich, gefolgt von ähnlichen Untersuchungen in Schweden, festigten seinen Ruf als den Mann, den man wohl als Begründer arbeitsphysiologischer ergonomischer Durchleuchtung der Forstarbeit bezeichnen kann. An den Untersuchungsergebnissen Kaminsky's kann niemand vorbeigehen, der sich mit arbeitswissenschaftlichen Problemen der Forstarbeit beschäftigen will.*

*Seine Untersuchungen über die Lärmbeeinflussung und den Einfluß von mechanischen Schwingungen auf den Menschen — ein vordringliches Problem beim Einsatz von Motorsägen — sind richtungsweisend und haben gerade für die Konstruktion von Motorsägen wertvolle Hinweise gegeben.*

*Nun hat sich Gerhard Kaminsky nicht nur durch seine Arbeiten auf forstlichem Gebiet einen Namen gemacht. Im In- und Ausland ist er als objektiver Beurteiler von Belastungen und Beanspruchungen des Menschen in den verschiedensten Industriezweigen bekannt und geschätzt. Sein Rat bei der Arbeitsgestaltung, der Arbeitsorganisation etc. wird hoch bewertet.*

*Es wäre allerdings zu einseitig, nur die reinen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu betonen, die in zahlreichen Publikationen und Vorträgen ihren Niederschlag gefunden haben. Seine Leistungen als REFA-Lehrer, als Gutachter, als Dozent für Logistik bei der Bundeswehr, aber vor allem auch als Vertreter des Fachgebietes „Arbeitswissenschaft" an der Universität Hamburg, müssen gewürdigt werden. Ist es doch einmalig in Deutschland, daß das Fach „Arbeitswissenschaft" an der Universität Hamburg für Betriebswirte, Forstleute usw. gemeinsam gelesen wird. Mehr als 400 Hörern pro Semester vermittelt Kaminsky die arbeitswissenschaftlichen Grundkenntnisse. Zahlreiche Studien- und Diplomarbeiten sowie Dissertationen wurden von dem allseitig beliebten Lehrer Professor Dr. G. Kaminsky betreut. Er hat sich bereits jetzt große Verdienste um die Arbeitswissenschaft erworben.*

*Hoffen wir, daß der Jubilar noch viele Jahre zum Wohle des arbeitenden Menschen seine umfangreichen Erfahrungen und Kenntnisse verwenden kann.*

*Th. Hettinger*

---

# Frohe Weihnachten und ein gesundes Neues Jahr

wünschen Vorstand und Verwaltungsrat des KWF, Schriftleitung und Verlag der Forsttechn. Informationen allen Lesern und Mitarbeitern.

---

Herausgeber: Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF) e. V.
Schriftleitung: Dr. Dietrich Rehschuh, Sprembergerstraße 1, 6114 Groß Umstadt, Telefon (0 60 78) 2017-19 - Forsttechnische Informationen Verlag: Fritz Nauth Erben u. Philipp Nauth Erben, Bonifaziusplatz 3, 6500 Mainz 1, Tel. 06131/62905 - Druck: Gebr. Nauth GmbH, 6500 Mainz 1, Tel. 06131/62905
Erscheinungsweise: monatlich - Bezugspreis jährlich einschl. Versand und 6%MWSt. 31,— DM. Zahlung wird im Voraus erbeten auf Konto „Fritz und Philipp Nauth" Nr. 20032 Sparkasse Mainz oder Postscheckkonto Ludwigshafen Nr. 78626-679 - Kündigungen bis 1. 10. jed. Jahres - Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages. Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Mainz - Anschrift des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik e. V.: Sprembergerstraße 1, 6114 Groß Umstadt Einzelexemplar: DM 3,—. Bei Bestellung den Betrag bitte in Briefmarken einsenden an den Verlag