

BERICHTE



der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

332, 1992

Walter Wüthrich

Die Feinerschliessung von Waldbeständen – Planung, Anlage und Benützung



BERICHTE



der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

332, 1992

Walter Wüthrich

Die Feinerschliessung von Waldbeständen – Planung, Anlage und Benützung

Herausgeber

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf

Verantwortlich für die Herausgabe
Professor Rodolphe Schlaepfer, Direktor WSL

Adresse des Autors
Walter Wüthrich
Kantonales Oberforstamt
Kaspar Escher-Haus
8090 Zürich

Herausgeberkommission WSL
Charles von Büren, Dr. Bruno Jans, Dr. Walter Keller,
Dr. Theo Keller, Dr. Alois Kempf, Dr. Felix Kienast,
Dr. Nino Kuhn, Dr. Ruth Landolt

Redaktion
Peter Henseler

Zur Herausgabe dieser Arbeit haben beigetragen
Bruno Crivelli
Vreni Fataar
Jacqueline Gilgien

Manuskript eingereicht: 17. Januar 1991
Bereinigte Fassung: 4. März 1991

Zitierung
Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.

Kommissionsverlag
F. Flück-Wirth, Internationale Buchhandlung
für Botanik und Naturwissenschaften
CH-9053 Teufen

Anschrift für Tauschverkehr
Bibliothek WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf

© Eidgenössische Forschungsanstalt
für Wald, Schnee und Landschaft,
Birmensdorf, 1992

Umschlag: Spitzwinkliger Einmündung der Rückegasse
in die Strasse.

Wüthrich, Walter:

Die Feinerschliessung von Waldbeständen –

Planung, Anlage und Benützung.

Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für

Wald, Schnee und Landschaft,

Nr. 332, 1992, 92 Seiten.

Zusammenfassung, résumé, riassunto, summary, ill.

ISSN 1016-3166. ISBN 3-905620-11-1.

DK: 630*37 : 625.711.84

FDK: 686.31 : 383.1 : 375.1 : (494)

Abstract

Die Feinerschliessung von Waldbeständen – ein Leitfaden für das Planen, Anlegen und Benützen von Feinerschliessungsnetzen.

In diesem Bericht werden, nach der Vermittlung von Grundlagenkenntnissen, in einem schrittweisen Vorgehen Feinerschliessungseinheiten abgegrenzt, Planungsgrundlagen im Gelände erhoben, die betrieblichen Mittel und Gegebenheiten in die Planung einbezogen, und mögliche Feinerschliessungskonzepte vorgestellt. Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit sind wesentliche Kriterien bei Feinerschliessungsvorhaben. Für jedes der Feinerschliessungsmittel Rückegassen, Maschinenwege und Seilkranlinien werden Anlage und Gestaltung im Detail behandelt. Hinweise zur Benützung und zum Unterhalt von Rückegassen und Maschinenwegen vervollständigen die ausführliche Anleitung.

Keywords:

Wald, Feinerschliessungs-Planung, Bringungskonzept, Rückegassen, Maschinenwege, Seilkranlinien.

Minor Transport Networks in Forest Stands – A Guide to Planning, Installation, and Use

This study first presents the fundamentals involved in planning and installing minor transport networks, then presents a stepwise planning procedure taking field conditions and available means into consideration, and suggests possible variants. Suitability and efficiency are priorities. The location and combination of skid trails, skid roads, and cable cranes are discussed in detail. Hints on the use and maintenance of skid trails and skid roads complete the report.

Keywords:

forest, minor transport planning, logging concept, skid trails, skid roads, cable cranes.

Vorwort

Die Bedeutung der Feinerschliessung ist schon seit Jahrzehnten bekannt. So hat STEINLIN schon 1965 darauf hingewiesen, dass Rückegassennetze ebenso sorgfältig geplant werden müssen wie Fahrstrassen. Trotzdem fehlt auch heute noch vielerorts eine systematische Feinerschliessung.

Dies mag unter anderem daran liegen, dass alle älteren Anleitungen und Lehrmittel auf Beispielen mit ziemlich schematischen Feinerschliessungsnetzen in einfachem Gelände basieren. Wer mit derartigen Vorstellungen versucht, die Bestände zu erschliessen, stösst aber in der Praxis bald auf Grenzen. In den meisten Wäldern der Schweiz verunmöglicht das Gelände eine Anlage schematischer Feinerschliessungsnetze.

Jene Förster, welche ihre Bestände trotz allen Schwierigkeiten systematisch aber nicht schematisch feinerschlossen haben, vermittelten leider ihre Erfahrungen nicht weiter.

Walter Wüthrich hat nun nicht nur viele Feinerschliessungsnetze unter den verschiedensten Geländebedingungen selber geplant. Durch Kontakte mit vielen Kollegen in der Praxis hat er deren Erfahrungen, zusammen mit den eigenen, analysiert und daraus abgeleitet, wie man auch unter schwierigen Geländebedingungen systematisch vorgehen kann. Als Resultat dieser Arbeit liegt nun ein umfassendes Lehrmittel vor. Mögen diese Unterlagen die Försterschüler, aber auch die Förster in der Praxis dazu motivieren, vermehrt ihre Bestände systematisch aber nicht schematisch zu erschliessen!

Wetzikon, den 21. Dezember 1990

Bruno Abegg
Kreisforstamt III

Dank

Im vorliegenden Bericht sind Erfahrungen zusammengefasst, welche durch meine frühere Tätigkeit als Revierförster und später durch zahlreiche und vielseitige Walderschliessungsplanungen gewonnen werden konnten. Meinem ehemaligen Vorgesetzten und heutigen Kreisoberförster, Herrn Bruno Abegg, gebührt vor allem Dank dafür, dass er mich in die Problematik und Methodik von Walderschliessungsplanungen eingeführt hat. Nur deshalb war es möglich, die vorliegende Arbeit in Angriff zu nehmen.

Die Herren Vinzenz Erni, Friedrich Frutig, Renato Lemm, Rainer Sperisen, Oliver Thees und Hans Rudolf Walther haben ihrerseits durch kritische Überprüfung des Manuskriptes, Wesentliches zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Inhalt

Abstract	3
Vorwort	5
Dank	6
Verzeichnis der Abbildungen und der Tabellen	10
1 Grundlagen der Feinerschliessung	13
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Feinerschliessung als Teil der Walderschliessung	14
1.2.1 Aufgaben der Walderschliessung	14
1.2.2 Stufen der Walderschliessung	14
1.2.3 Erschliessungs- und Rückeeinheiten	15
1.3 Gelände und Feinerschliessungsmittel	16
1.3.1 Definitionen	16
1.3.2 Beziehung zwischen Gelände, Feinerschliessung und Rückemitteln	17
1.3.3 Fixpunkte	17
1.4 Aufgaben und Wirkungen der Feinerschliessung	17
1.4.1 Übersicht	17
1.4.2 Erleichterung von Planungsarbeiten	17
1.4.3 Schonung von Boden und Bestand	18
1.4.4 Förderung der Jungwaldpflege	18
1.4.5 Erleichterung von Forstschutzarbeiten	18
1.4.6 Erleichterung von Holzerntearbeiten	19
1.4.7 Erhöhung der Arbeitssicherheit und Verminderung der körperlichen Belastung	19
2 Ablauf der Feinerschliessungsplanung	21
2.1 Planungsgrundsätze	21
2.2 Planungsphasen	22
2.2.1 Übersicht	22
2.2.2 Abgrenzen der Feinerschliessungseinheiten	22
2.2.3 Kartierung des Geländes	24
2.2.4 Beurteilung der betrieblichen Voraussetzungen	32
2.2.5 Feinerschliessungskonzepte und Feinerschliessungsvarianten	33
2.2.6 Überprüfen der Feinerschliessungsnetze im Gelände	38
2.3 Planungsaufwand	38
3 Die Detailplanung von Rückegassen	41
3.1 Anlage der Rückegassen	41
3.1.1 Linienführung	41
3.1.2 Abstand	43
3.1.3 Einmündungswinkel	44
3.1.4 Breite der Rückegassen	45
3.1.5 Kurvenradius	45
3.2 Feinerschliessung für den Einsatz von Vollernte-Maschinen	46

3.2.1	Allgemeines	46
3.2.2	Beschreibung der Arbeitsverfahren mit zugehöriger Feinerschliessung	46
3.3	Beispiele von Rückegassenanlagen	48
3.3.1	Ebenes Gelände	49
3.3.2	Leichte Hanglage	50
3.3.3	Steile Hanglage	51
3.4	Erstellen von Rückegassen	51
3.4.1	Abstecken	51
3.4.2	Zeitpunkt des Anlegens	52
3.4.3	Vor- und Nachteile der Auspflanzung	52
3.4.4	Ausführung	52
3.4.5	Benützung und Unterhalt	53
3.5	Bedeutung und Einsatz von Breitreifen	54
4	Die Detailplanung von Maschinenwegen	57
4.1	Grundsätze	57
4.2	Die wirtschaftliche Bedeutung der Maschinenwege	57
4.3	Anlage und Linienführung von Maschinenwegen	58
4.3.1	Linienführung	58
4.3.2	Seilzugschneisen für Bodenseilzug in Hanglagen	58
4.3.3	Anlagevarianten	60
4.3.4	Längenprofil	61
4.3.5	Maschinenweglänge und Rückedistanz	61
4.4	Abstand der Maschinenwege	62
4.4.1	Der rücketechnische Maschinenwegabstand	62
4.4.2	Der wirtschaftliche Maschinenwegabstand	63
4.5	Das Querprofil	65
4.5.1	Wegbreite	66
4.5.2	Querneigung der Fahrbahn	66
4.5.3	Böschungen	67
4.6	Hinweise zum Bau von Maschinenwegen	68
4.6.1	Aushieb des Wegtrassees	68
4.6.2	Bauarbeiten	68
4.6.3	Baumaschinen	69
4.7	Benützung und Unterhalt	69
5	Die Detailplanung von Seilkranlinien	71
5.1	Zielsetzung	71
5.2	Der Seilkran als Rückemittel	71
5.2.1	Einsatzbereich der Seilanlage	71
5.2.2	Minimale Tragseilneigung	72
5.2.3	Bergauf- und Bergabbringung	72
5.2.4	Der Aufbau der Seilanlage	72

5.3	Die Seillinien als Feinerschliessungsmittel	73
5.4	Wichtige Einflüsse auf das Anlegen der Seillinien	73
5.4.1	Einfluss der Groberschliessung	73
5.4.2	Absenk- und Holzlagerplätze	73
5.4.3	Maschinenstandplätze für Mobilseilkran	74
5.4.4	Die Gelände- und Flächenformen	74
5.4.5	Einfluss des Geländeprofiles	75
5.4.6	Tragseilverankerung	76
5.4.7	Abstand der Seillinien und seitliche Zuzugsdistanz	77
5.4.8	Landschaftsschutz	78
5.4.9	Arbeitssicherheit und Ergonomie	78
5.5	Zusammenfassung der Anlagekriterien	78
5.6	Das Anlegen der Seillinien	78
5.6.1	Sternförmige Anlage der Seillinien	79
5.6.2	Parallele Anlage der Seillinien (in der Hangfallinie oder schräg dazu)	79
6	Zusammenfassung	
	Die Feinerschliessung von Waldbeständen – ein Leitfaden für das Planen, Anlegen und Benützen von Feinerschliessungsnetzen.	83
	Résumé	
	La desserte fine en forêt – Un guide pour vos travaux de planification, d'installation et d'exploitation	84
	Riassunto	
	L'allacciamento capillare di soprassuoli boschivi – una guida per la pianificazione, la realizzazione e l'utilizzazione di reti d'allacciamento secondarie	85
	Summary	
	Minor Transport Networks in Forest Stands. A Guide to Planning, Installation, and Use	86
7	Literatur	87
	Anhang 1 und 2	
A1	Grundregeln zur Verminderung von Bodenschäden durch das Befahren mit Rückefahrzeugen	90
A2	Boden- und Bestandesschäden aufgrund des Einsatzes von Rückemaschinen	91

Verzeichnis der Abbildungen und der Tabellen

Abbildungen

1	Aufteilung einer Erschliessungseinheit in Feinerschliessungs- und Rückeeinheiten	15
2	Aufgaben und Wirkungen der Feinerschliessung	17
3	Bodenerstörung durch zielloses, undiszipliniertes Befahren bei schlechten Witterungsverhältnissen	18
4	Gelungene Naturverjüngung unter Schirm	18
5	Beispiel zur Abgrenzung von Feinerschliessungseinheiten	23
6	Signaturen für das Kartieren	25
7	Grundlagenplan, Kartierungsbeispiel für «Schwieriges Gelände»	28
8	Grundlagenplan, Kartierungsbeispiel für «Einfaches Gelände»	29
9	Konzeptwahl	35
10	Erschliessungsplan	39
11	Rückegassenanlage mit Sammelgasse	42
12	Spitzwinklige Einmündung der Rückegasse in die Strasse	44
13	Bauliche Anpassung der Rückegasse an die Strassenböschung für die Vergrösserung des Einmündungsradius	44
14	Einfluss des Anlagewinkels auf die Länge der Rückegassen	45
15	Rückegassen- und Zonenverteilung bei Arbeitsverfahren A	46
16	Feinerschliessung mit Rucke- und Hilfsgassen bei Arbeitsverfahren B	47
17	Rückegassen- und Stichgassenanlage bei Arbeitsverfahren C	48
18	Rückegassen und Kranzonen bei Arbeitsverfahren D	48
19	Ausnützung von Strassenkurven und -krümmungen	49
20a	Senkrecht-parallele Anlage mit 5 Gassen	49
20b	Längs-parallele Anlage mit 2 Gassen	49
20c	Leicht diagonale Anlage mit 5 Gassen	49
20d	Diagonale Anlage mit 4 Gassen	50
20e	Diagonale Anlage mit 4 Gassen	50
20f	Kombinierte Anlage mit 6 Gassen	50
21	Leichte Hanglage mit V-förmiger Anlage	50
22	Rückegassenanlage in Hangfallinie mit baulichen Anpassungen im Bereich der Strassenböschung unten	51
23	Gassenanlage in Hangfallinie mit Querverbindung für Rundfahrten	51
24	Abmessen des senkrechten Rückegassenabstandes	51
25	«Durchlass» aus Ästen	53
26	Wirkung einer Astauflage	53
27	Maschinenweganlagewinkel zur Strasse	58
28	Bodenseilzugverfahren aus Hanglagen	59
29	Maschinenweganlage hangparallel, flach	60
30	Maschinenweganlage hangdiagonal, steil	61
31	Mittlere Maschinenwegbaukosten	64
32	Normalprofil und Böschungswinkel	67
33	Maschinenweg kurz nach dem Bau, bergseitige «Böschung» nicht abgeflacht	67

34	Teilstück des gleichen Maschinenweges in steilerem Gelände. Bergseitige höhere Böschung zur Verminderung der Abwitterung abgeflacht	67
35	«Abweiser» und «Verleger» improvisiert für die Zeit des Holzrückens	69
36	Optisch und funktionell gut in den Waldbestand eingefügte Seillinie für einen herkömmlichen Seilkran	71
37	Mobilseilkran-Standplätze	74
38	Konkaves Profil	75
39	Konvexes Profil	75
40	Gemischtes Geländeprofil	76
41	Seillinienanlage mit zentralem Tragseilanker und Baumankern	76
42	Zentraler Betonanker für Tragseil	77
43	Direkte, sternförmige Anlage mit Übergang zu paralleler Anlage der Seillinien	79
44	Direkte, sternförmige Anlage der Seillinien	79
45	Vor- und Nachteile verschiedener Seillinienanlagen	80
46	Anlagebeispiel von Seillinien	81
47	Indirekte, sternförmige Seillinienanlage	82

Tabellen

1	Übersicht über die Geländeklassen, Feinerschliessungs- und Rückemittel	16
2	Teilarbeiten der Kartierung nach Geländeklassen	24
3	Kriterien für die Abstufung der bautechnischen Schwierigkeiten	27
4	Kartierung der Bodentragfähigkeit	30
5	Kategorien der Befahrbarkeit schlecht tragfähiger Böden	30
6	Kriterien zur Wahl des Feinerschliessungskonzeptes	34
7	Vor- und Nachteile beim Vergleich von zwei Varianten	37
8	Richtwerte für den Planungsaufwand	38
9	Rückegassenabstände bei gleichbleibendem und veränderbarem Netz in Abhängigkeit von der Holzlänge	43
10	Minimale Kurvenradien von Rückegassen in Abhängigkeit von der Holzlänge und der Rückegassenbreite	45
11	Wahl der Arbeitsverfahren in Abhängigkeit von der Maschinengrösse und der Entwicklungsstufe	47
12	Technisch maximale Rückedistanzen und Maschinenwegabstände	62
13	Beschreibung der Baugrundklassen	64
14	Wirtschaftlich optimaler Maschinenwegabstand	65

1 Grundlagen der Feinerschliessung

1.1 Ausgangslage

Durch die technische Entwicklung und die damit erfolgte Mechanisierung in der Forstwirtschaft, haben sich für die Waldbewirtschaftung und insbesondere für die Holzbringung neue Möglichkeiten eröffnet. Heute werden für das Holzurücken fast nur noch Maschinen eingesetzt, und das einst für das Rücken und den Transport des Holzes bewährte Pferdegespann ist – obschon es heute eine kleine Renaissance erlebt – weitgehend aus dem Wald verschwunden.

Trotz Mechanisierung bietet das Rücken des Holzes vom Fällort an die Abfuhrstrasse nach wie vor besonders dort Probleme, wo das Gelände nicht oder nur teilweise befahrbar ist und eine genügende Feinerschliessung fehlt. Jedes Gelände weist seine Besonderheiten auf und erfordert dementsprechend eine angepasste Feinerschliessung, die einen sicheren Einsatz von Rückemitteln und die Anwendung zweckmässiger Arbeitsverfahren erlaubt. Gelände, Erschliessung, Rückemittel und Arbeitsverfahren bilden somit eine sich ergänzende Einheit. Das Gelände ist dabei vorgegeben und nicht veränderbar. Die Feinerschliessung, die Rückemittel, die Sortimentslängen und die Arbeitsverfahren sind wählbar und müssen deshalb den jeweiligen Geländebedingungen angepasst und so aufeinander abgestimmt werden, dass eine sichere, schonende und rationelle Waldbewirtschaftung möglich ist. Nur so können die waldbaulichen und wirtschaftlichen Betriebsziele erreicht werden.

Der Schweizer Wald stockt auf sehr unterschiedlichen Standorten. Die Geländebedingungen sind vielgestaltig und die Böden von sehr ungleicher Beschaffenheit. Aus diesen Gründen bereiten Erschliessungsvorhaben unterschiedliche Probleme, für deren Lösung es kein Einheitsrezept gibt.

Auch wenn die Waldstrassen weitgehend vorhanden sind – ausgenommen im Gebirgswald – fehlt es oft noch an einer zweckmässigen Feinerschliessung der Bestände.

In einfachem, vollständig traktorbefahrbarem Gelände mit guter Bodentragfähigkeit, verursacht das Anlegen einer Feinerschliessung keine grossen Probleme, weil dort ein Rückegassennetz schematisch geplant und erstellt werden kann. Im Hügelland findet man aber häufig wechselnde Geländebedingungen vor.

Dem Betriebsleiter stellt sich hier das Problem, wie er eine vollwertige Feinerschliessung anlegen soll, wenn häufig wechselnde Geländeformationen mit unterschiedlicher Hangneigung, Quellhorizonte, vernässte Stellen und andere Hindernisse das Anlegen von Rückegassen auf der ganzen Fläche verhindern.

In nicht zu steilen, stabilen und gleichförmigen Hanglagen bestehen für den Bau von Maschinenwegen keine besonderen Schwierigkeiten. Solche günstige Verhältnisse findet man vorwiegend im Jura mit seinen Tafelhängen. Bei kleinräumig wechselnden Geländeformen mit Gräben, Mulden, Rippen, Kreten und Hangterrassen sowie unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit (Tragfähigkeit) und Hangstabilität ist es schwierig, ein noch genügendes Maschinenwegnetz erreichen zu können. Auch aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht sind dem Maschinenwegbau Grenzen gesetzt. Durchschnittliches bis schwieriges Maschinenweggelände befindet sich hauptsächlich in der Molasse und im Bündnerschiefer.

In flacheren Flyschgebieten und auf vernässten Standorten kommen Rückegassen und Maschinenwege nur in Frage, wenn dort Traktoren mit Niederdruck-Breitreifen eingesetzt werden können und damit teure Entwässerungs- und Befestigungsmassnahmen entfallen.

In Steilhanglagen und bei sehr schwierigen Strassenbauverhältnissen ist oft nur eine minimale Groberschliessung als Basis für die Feinerschliessung vorhanden. Wenn sich Grob- und Feinerschliessung aus ökologischer, wirtschaftlicher und landschaftsschützerischer Sicht für einen Traktoreinsatz nicht ergänzen lassen, muss die Feinerschliessung mit Seilstrassen für den Seilkraneneinsatz erfolgen. Je nach Verhältnissen kommen entweder der herkömmliche Seilkran oder der Mobilseilkran in Frage.

In abgelegenen, unerschlossenen Bergwaldgebieten, wo auch eine für den Seilkraneneinsatz minimal erforderliche Groberschliessung fehlt, der Waldhaltung aber erste Priorität zukommt und aus phytosanitären Gründen eine Holznutzung dringlich wird, verbleibt letztlich als Holztransportmittel der Helikopter. In der vorliegenden Arbeit werden die erforderlichen Grundbedingungen für den Einsatz des Helikopters sowie die Organisation und Durchführung des Holztransportes nicht dargestellt.

Die Vielgestaltigkeit macht es dem Betriebsleiter oft schwer, eine für seine Verhältnisse angepasste gesamte Walderschliessungslösung zu finden. Die Mechanisierung und die ungünstige Kostenentwicklung in der Forstwirtschaft – konstant steigende Kosten bei ungefähr gleichbleibenden Erlösen – erfordern heute aber mehr denn je die Feinerschliessung der Bestände, damit Maschinen und Geräte zweckmässig für die Pflege und Nutzung eingesetzt werden können. Zudem verlangt die mangelnde Attraktivität des Forstwartberufes die Verlagerung von schwerer Handarbeit zur Maschinenarbeit und zu mehr Arbeitssicherheit.

Die Bedeutung und die grossen Vorteile einer guten Feinerschliessung werden zudem oft nicht genügend erkannt. Es besteht die falsche Vorstellung, dass der Feinerschliessung viel Waldboden und Bestand zum Opfer falle und dadurch weniger Holz produziert werden könne. In Wirklichkeit beansprucht eine massvolle Feinerschliessung nur einen kleinen Teil der Produktionsfläche. Durch die Konzentration der Fahrvorgänge auf Fahrlinien kann auf der nicht befahrenen Bestandesfläche das Leistungsvermögen voll erhalten, und so der «Verlust» an Produktionsfläche kompensiert werden.

Bei Anfragen aus der Forstpraxis und bei der Bearbeitung von Feinerschliessungsproblemen zeigte sich, dass Anleitungen über die Planung und Ausführung von Feinerschliessungsanlagen weitgehend fehlen, insbesondere für schwierige Verhältnisse. Dies gab Anlass, sich eingehend mit der Problematik der Feinerschliessung auseinanderzusetzen und nach Lösungen zu suchen.

In der vorliegenden Anleitung wird neben Altbekanntem ein Planungsverfahren dargestellt, das dem Betriebsleiter eine Möglichkeit aufzeigt, wie er Feinerschliessungsprobleme in seinem Revier angehen und lösen kann.

Die Anleitung ist in fünf Teile gegliedert. Bei der Anwendung sind zuerst Teil 1 (Grundlagen) und Teil 2 (Planung) zu konsultieren, und danach die entsprechenden Teile 3 (Rückegassen), 4 (Maschinenwege) oder 5 (Seilkranlinien) zu verwenden.

1.2 Feinerschliessung als Teil der Walderschliessung

1.2.1 Aufgaben der Walderschliessung

Die Verpflichtung, die Schutz-, Wohlfahrts- und Nutzfunktion nachhaltig zu gewährleisten, erfordert die Erschliessung der Wälder. Insbesondere die Massnahmen der Holzproduktion und die Schutzwaldpflege machen den Zugang in die Waldbestände mittels Waldstrassen und Feinerschliessung notwendig.

In erster Linie erfolgt auf den Erschliessungswegen der Verkehr des Betriebspersonals, der Transport von Maschinen, Geräten, Materialien und Baustoffen für die Ausführung von Schutz-, Pflege- und Nutzungsmassnahmen und der Abtransport des Holzes vom Wald zum Verbraucher. Die Walderschliessung ermöglicht auch einen raschen Zugang bei Katastrophenfällen, zum Beispiel bei Einsätzen für die Waldbrandbekämpfung und bei Naturereignissen.

Bei einer integralen Erschliessung werden nicht nur die Bedürfnisse der Forstwirtschaft abgedeckt, sondern auch diejenigen der Landwirtschaft, der Alpwirtschaft, der Energieversorgung, des Militärs, des Tourismus und andere mehr. Die gesamte Walderschliessung ist ein echtes Erfordernis, denn sie erfüllt viele wichtige Funktionen.

«Die Waldwege sind in Wahrheit die Adern, in denen – wirtschaftlich gesprochen – das Leben des Waldes pulsiert» (BAVIER 1954).

1.2.2 Stufen der Walderschliessung

Die Groberschliessung der Waldbestände erfolgt durch ein gut abgestimmtes Netz von Waldstrassen, die an das öffentliche Strassennetz angeschlossen werden. Sie bildet die Basis für die Feinerschliessung mit Rückegassen, Maschinenwegen und Seillinien. Diese erschliessen als feingliedriges Netzwerk flächendeckend die zu pflegenden Waldbestände. Die Groberschliessung weist gegenüber der Feinerschliessung einen höheren Ausbaustandard auf. Dieser besteht hauptsächlich aus einer künstlichen Tragschicht, was den Transport schwerer Lasten erlaubt, höhere Fahrgeschwindigkeiten zulässt und besseren Fahrkomfort ermöglicht. Weil Waldstrassen höhere Baukosten verursachen und auch mehr Bestandesfläche als Feinerschliessungswege benötigen, ist es naheliegend, dass Waldungen nicht nur mit Strassen erschlossen werden können.

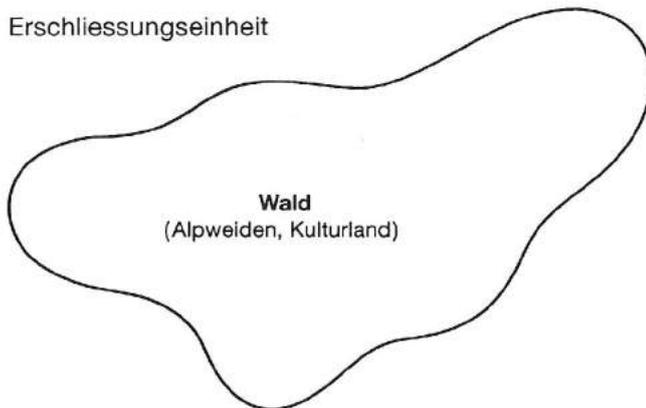
Auf dem Feinerschliessungsnetz mit Rückegassen und Maschinenwegen können nur geländegängige Fahrzeuge mit relativ leichtem Gewicht oder wenig Bodendruck verkehren, weil die Fahrten in der Regel auf unbefestigtem, nicht feinplaniertem Terrain erfolgen. In extremen Lagen, wo ein Maschinenwegbau nicht möglich ist, erfolgt das Rücken von Lasten mit dem Seilkran durch schmale Bestandesschneisen (Seillinien).

Bei der Walderschliessung werden drei Stufen unterschieden. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt den Zusammenhang zwischen den Erschliessungsstufen, deren Funktion und den Erschliessungsmitteln.

Erschliessungsstufe	Funktion	Erschliessungsmittel
Öffentliches Strassennetz	Für forstliche Zwecke nur beschränkt benützbar, Anschluss der Walderschliessung an das übergeordnete Strassennetz	Hauptstrassen Verbindungsstrassen
Groberschliessung	Aufschliessen einer Erschliessungseinheit	Lastwagenstrassen Verbindungsstrassen
Feinerschliessung	Aufschliessen einzelner Teilgebiete (Feinerschliessungseinheiten) innerhalb einer Erschliessungseinheit	Rückegassen Maschinenwege Seillinien

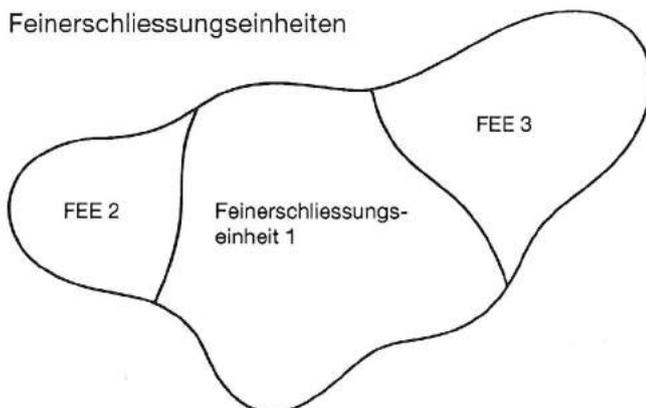
1.2.3 Erschliessungs- und Rückeeinheiten

Erschliessungseinheit



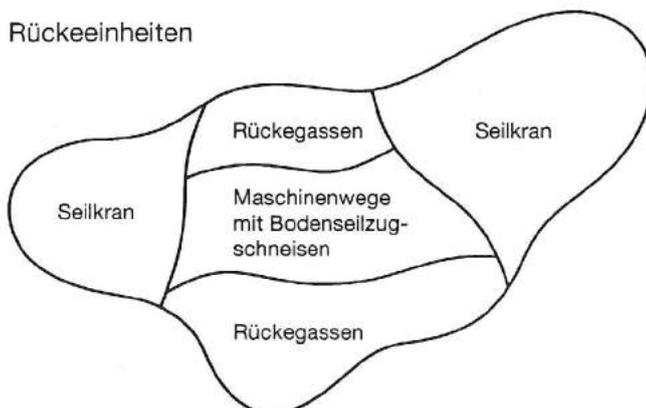
Die Erschliessungseinheit umfasst vorwiegend mit Wald bestocktes Gebiet, kann aber auch Alpweiden und Kulturland einschliessen. Sie wird geographisch durch natürliche Transportgrenzen wie Wasserscheiden, Bergkämme, Schluchten, Bäche sowie Orts- und Verbindungsstrassen abgegrenzt.

Feinerschliessungseinheiten



Die Unterteilung in Feinerschliessungseinheiten erfolgt, um übersichtliche Teilgebiete für die Planung der Feinerschliessung zu erhalten. Die Abgrenzung bilden die bestehende Groberschliessung und markante Geländeformen, die bringungstechnisch eine Transportgrenze bilden.

Rückeeinheiten



Als Rückeeinheit werden Teilgebiete einer Feinerschliessungseinheit bezeichnet, welche sich durch bestimmte einheitliche Rückeverfahren voneinander abgrenzen lassen. In uneinheitlichem Gelände müssen oft mehrere Rückeeinheiten innerhalb derselben Feinerschliessungseinheit ausgeschieden werden.

Abb. 1. Aufteilung einer Erschliessungseinheit in Feinerschliessungs- und Rückeeinheiten.

1.3 Gelände und Feinerschliessungsmittel

1.3.1 Definitionen

Unter Feinerschliessungsmitteln versteht man Rückegassen, Maschinenwege und Seillinien.

Rückegassen sind einfache, bestockungs- und hindernisfreie Bestandesschneisen in traktorbefahrbareren Gelände, die normalerweise ohne bauliche Massnahmen angelegt werden können.

Maschinenwege sind einfache, in der Regel unbefestigte Wege in nicht direkt befahrbareren Gelände (Hangneigung >30 Prozent). Auf schlecht tragfähigen, vernässten Böden können auch Befestigungs- und Entwässerungsmassnahmen notwendig sein.

Seillinien, auch Seiltrassen oder Seilschneisen genannt, sind das Mittel der Feinerschliessung in schwierigem, nicht befahrbareren Gelände (Steilheit, sehr schlechte Bodentragfähigkeit). Seillinien kommen in Frage, wenn grosse bautechnische Schwierigkeiten, hohe Wegbaukosten und negative Auswirkungen auf Natur und Landschaft einen Maschinenwegbau ausschliessen. Seiltrassen erfordern nur Bestandesausrieb und keine erdbaulichen Massnahmen.

Die Klassierung des Geländes erfolgt nach dem Feinerschliessungsmittel.

Rückegassengelände: Gelände, das aufgrund der Hangneigung, Bodenoberfläche und Bodentragfähigkeit mit Traktoren befahren werden kann.

Maschinenweggelände: Nicht direkt traktorbefahrbares Gelände. Anlage von Rückegassen nicht mehr möglich. Aufgrund von Hangneigung und/oder Boden-

verhältnissen ist der Bau von Maschinenwegen erforderlich, soweit dies die bautechnischen Geländeschwierigkeiten zulassen.

Seilkrangelände: Gelände, das aufgrund grosser bautechnischer Schwierigkeiten für die Anlage einer genügenden Grob- und Feinerschliessung für den Traktoreinsatz nicht geeignet ist.

Abgrenzung zwischen Rückegassen- und Maschinenweggelände

Rückegassen- und Maschinenweggelände sind nicht immer klar voneinander abgegrenzt. Es besteht oft ein kleinflächiger Wechsel zwischen befahrbareren und nicht befahrbareren Geländeteilen. Kennzeichnend sind steile, coupierte Stellen oder andere Hindernisse, die ein Befahren auf Rückegassen verunmöglichen, und dazwischenliegende grössere befahrbarere Stellen (Gelände- verflachungen, Hangterrassen). Die nicht befahrbareren Teile müssen deshalb mit Maschinenwegteilstücken feinerschliessen und mit den befahrbareren Teilen verbunden werden. Die Kombination von Rückegassen und Maschinenwegteilstücken erlaubt in diesen Fällen eine zweckmässige und flächendeckende Feinerschliessung.

Gelände, das die Anlage von Rückegassen, den Bau von Maschinenwegen oder Kombinationen davon zulässt, wird gelegentlich auch als Traktorgelände bezeichnet.

Tab. 1. Übersicht über die Geländeklassen, Feinerschliessungs- und Rückemittel

Geländeklassen	Feinerschliessungsmittel	Rückemittel
Rückegassengelände Ebene Hanglagen (<30%) gute Bodentragfähigkeit günstige Bodenoberfläche keine sonstigen Hindernisse	Rückegassen Kombinationen von Rückegassen und Maschinenwegen Bodenseilzugschneisen* Hilfsgassen** Stichgassen**	Pferd Traktor Knickschlepper Tragschlepper
Maschinenweggelände Hanglagen (30 bis max. 70%) gute bis mittlere Bodentragfähigkeit	Maschinenwege Bodenseilzugschneisen* Reistzüge* Schwerkraftriesen*	Traktor Knickschlepper Tragschlepper Seilwinde Mensch/Schwerkraft Schalen (Log-Line)
Seilkrangelände Steilhanglagen (>50%) schlechter Baugrund sehr coupiertes Gelände	Seillinien Reistzüge*	Mobilseilkran herkömmlicher Seilkran Mensch/Schwerkraft

*) keine eigentlichen Feinerschliessungsmittel, sondern nur Hilfsmittel.

***) zusätzliche Feinerschliessung bei Einsatz von Vollerntemaschinen

1.3.2 Beziehung zwischen Gelände, Feinerschliessung und Rückemitteln

Die Geländebeschaffenheit, insbesondere die Hangneigung, hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Feinerschliessung und der Rückemittel. Aus diesem Grund werden die Geländeklassen nach den unterschiedlichen Schwierigkeiten des Geländes ausgedehnt und dem geeigneten Erschliessungsmittel zugeordnet.

Bei leichten Hanglagen in Flyschgebieten, die wegen sehr schlechter Bodentragfähigkeit nicht mit normal bereiften Traktoren befahren werden können, kommen als Alternative Niederdruck-Niederquerschnitt-Breitreifen oder der Seilkraneinsatz in Frage.

Für den Gravitationsseilkran ist eine Hangneigung von mindestens 20 Prozent erforderlich. Mit den modernen Allterrain-Mobilseilkranen kann auch in flacherem Gelände gearbeitet werden.

Für die Holzbringung aus extrem schwierigem Gelände und abgelegenen Waldpartien, die nicht mit Seilkranlinien direkt von einer Strasse aus erschlossen werden können, kann bei Bedarf der Helikopter eingesetzt werden.

1.3.3 Fixpunkte

Positive und negative Gegebenheiten im Erschliessungsgelände werden als Fixpunkte bezeichnet. Diese beeinflussen Anlage und Linienführung der Erschliessungswege.

Positive Fixpunkte sind Stellen oder Gebiete, die mit der Feinerschliessung erreicht oder ausgenützt werden sollten, z.B.:

- flache, gut tragfähige, befahrbare Geländepartien oder bautechnisch einfaches Gelände (Hangverflachungen, trockene Geländeterrassen)
- Orte, wo immer wieder viel Holz anfällt
- bestehende Erdwege und Reistzüge
- grosse Holzlagerplätze
- gute Maschinenstandplätze

Negative Fixpunkte sind Stellen oder Geländeteile, die nicht mit Rücketrassen durchquert werden sollten, z.B.:

- vernässte und schlecht tragfähige Geländepartien
 - Gewässer, sumpfige Moorböden, Riede, Quellfassungen
 - sehr steile und coupierte Geländeteile
 - schlechter, instabiler Baugrund
 - Felspartien, Blocküberlagerungen
 - zivile und militärische Bauten und Anlagen
 - nicht benützbare Privatareal
- } bautechn. schwieriges Gelände

Die Praxis zeigt, dass bei der Anlage der Feinerschliessung oft eine Kompromisslösung zwischen Vor- und Nachteilen gefunden werden muss.

1.4 Aufgaben und Wirkungen der Feinerschliessung

1.4.1 Übersicht

Die Feinerschliessung schafft gute Voraussetzungen, um die Planung, die Organisation und den Vollzug der notwendigen Bewirtschaftungsmassnahmen effizient und sicher zu gestalten. Dabei besteht die wichtigste Aufgabe der Feinerschliessung darin, die Bringung der Forstprodukte aus dem Bestand an die lastwagenbefahrbare Waldstrasse zu gewährleisten.

Mit der Feinerschliessung werden ausserdem vielfältige Wirkungen erzielt (bzw. anderweitige Aufgaben erfüllt), wie Erleichterung von Planungsarbeiten, Schonung von Boden und Bestand, Förderung der Jungwaldpflege, Erleichterung von Forstschutz- und Holzerntearbeiten sowie Erhöhung der Arbeitssicherheit und Verminderung der Arbeitsschwere (vgl. Abb. 2).



Abb. 2. Aufgaben und Wirkungen der Feinerschliessung.

1.4.2 Erleichterung von Planungsarbeiten

Mit der Feinerschliessung wird der Zugang in die Waldbestände geschaffen und gleichzeitig ihre Gliederung in kleinflächige, überschaubare Arbeitsfelder erreicht. Damit ergeben sich gute Voraussetzungen für die Ausführung von Planungsarbeiten. Beispiele dafür sind Waldinventuren, waldbauliche Planungen, Planungen von Holzerntearbeiten sowie von Waldpflege- und Forstschutzmassnahmen.

1.4.3 Schonung von Boden und Bestand

Boden und Bestand sind die Grundlage der Holzproduktion und müssen deshalb bei der Ausführung von Bewirtschaftungsmassnahmen möglichst schonend behandelt werden. Durch eine zweckmässige Feinerschliessung lassen sich Schäden am Boden und am Bestand vermindern, indem:

- die Fahrbewegungen der Maschinen auf die Rückelinien konzentriert werden
- die Vorrückedistanzen des Holzes verkürzt werden
- durch das Rücken auf dem Seil (Seilkran) der Kontakt des Holzes mit dem Boden verhindert werden kann.

Die Feinerschliessung erlaubt es, zweckmässige und rationelle Arbeitsverfahren anzuwenden und damit Boden- und Bestandesschäden bei der Bewirtschaftung in Grenzen zu halten. Voraussetzung ist allerdings, dass die folgenden Punkte besonders beachtet werden:

1. Anpassung der Arbeitsverfahren, des Fahrzeugeinsatzes und insbesondere des Einsatzzeitpunktes an die örtlichen Verhältnisse
2. Konzentration der Fahrzeugbewegungen ausschliesslich auf die Rückelinien
3. Einsatz von qualifiziertem Personal mit Interesse, Arbeitsdisziplin und Verständnis für Massnahmen der Bestandesschonung
4. Verwendung von Hilfsmitteln, z.B. Umlenkrollen, Stammgurte, Abweisböcke beim Holzrücken.

Die positiven Auswirkungen sind:

- Konzentration unvermeidlicher Schäden auf die Ränder der Rückelinien, somit insgesamt weniger Stamm- und Wurzelverletzungen
- Erhaltung einer möglichst unbeschädigten Produktionsfläche und als Folge weniger Fäulnis und gesündere Bestände mit höherer Wuchs- und Wertleistung.



Abb. 3. Bodenzerstörung durch zielloses, undiszipliniertes Befahren bei schlechten Witterungsverhältnissen.

1.4.4 Förderung der Jungwaldpflege

Gut zugängliche Pflegeobjekte werden öfters, regelmässiger und damit auch dosierter behandelt.

Eine Aufteilung von grossflächigen, dichten, unübersichtlichen Jungwaldbeständen in Arbeitsfelder, wie sie mit Feinerschliessungslinien erfolgt, wirkt sich auf die Ausführung von Pflegemassnahmen sehr vorteilhaft aus:

- Mit Feinerschliessungslinien erhält man relativ kleine Arbeitsfelder mit klaren Begrenzungen. Damit wird die Übersicht besser.
- Gute Übersicht erhöht die Arbeitsmotivation und fördert ein gezieltes schrittweises Vorwärtkommen der Arbeitskräfte.
- Man erreicht insgesamt bessere Arbeitsergebnisse und gute Bedingungen für die Arbeitskontrolle.

Mit der Feinerschliessung werden auch für andere waldbauliche Massnahmen Vorgaben geschaffen, z.B. für die Verjüngungshiebe und Verjüngungszentren zwischen den Rückelinien, die Arbeits-, bzw. Verjüngungsrichtung und die Begrenzungen der Verjüngungsschritte. Die waldbauliche Zielsetzung hat dabei jedoch immer Vorrang und darf durch das Vorhandensein von Bringungslinien nicht nachteilig beeinflusst werden.



Abb. 4. Gelungene Naturverjüngung unter Schirm.

«Nur durch eine konsequent durchgeführte Feinerschliessung der Bestände lässt sich ein intensiver und feiner Waldbau mit der mechanisierten Holzernte ohne Nachteile verbinden» (STEINLIN 1965).

1.4.5 Erleichterung von Forstschutzarbeiten

Eine ständige Feinerschliessung erleichtert den Vollzug von Forstschutzmassnahmen wie beispielsweise:

- Waldkontrollgänge
- Ernte einzelner Zwangsnutzungen (Waldhygiene)
- Transport von Wildschutzzaun- und Verbauungsmaterial

- Schädlingsbekämpfungen verschiedenster Art
- rascher Einsatz von Personal und Maschinen bei grossen Waldschadensereignissen

Die Feinerschliessung für den Seilkran ist jedoch in dieser Hinsicht nur bedingt tauglich.

1.4.6 Erleichterung von Holzerntearbeiten

Die Feinerschliessung ermöglicht den rationellen Einsatz von Holzerntemaschinen. Damit schafft sie die Voraussetzung für die Anwendung ergonomischer, pfleglicher und leistungsstarker Arbeitsverfahren. Die Feinerschliessung hat insbesondere für das Rücken des Holzes eine grosse Bedeutung.

Rückegassen und Maschinenwege, auch in Kombination mit Bodenseilzugschneisen, ermöglichen:

- ein nahes Heranfahren zum Fällort und zum Transportgut
- die rasche Bildung und das Rücken grösserer Holzlasten
- eine relativ hohe Fahrgeschwindigkeit bei Leer- und Lastfahrt

Auf Bodenseilzugschneisen können grössere Holzlasten gebildet und diese schnell und bestandschonend zum Rückefahrzeug zugezogen werden. Der Aufwand für den Einbau von Umlenkrollen lässt sich hierdurch reduzieren.

Seillinien, bzw. der Seilkraneeinsatz ermöglichen:

- die Holznutzung aus schwierigem Gelände
- den Verzicht auf bestandsschädigendes Reisten über lange Distanzen

Insgesamt werden:

- Material, Geräte und Maschinen geschont
- im besonderen Abnutzung und Reparaturanfälligkeit von Maschinen vermindert
- die Arbeitsleistung erhöht und die Erntekosten gesenkt

1.4.7 Erhöhung der Arbeitssicherheit und Verminderung der körperlichen Belastung

Für die Arbeitskräfte im Wald müssen Arbeitsbedingungen bestehen, die das Unfallrisiko möglichst klein halten und Berufskrankheiten verhüten helfen. Auch die Feinerschliessung wirkt sich positiv auf die Arbeitssicherheit und die körperliche Belastung des Betriebspersonals aus.

Gründe:

- Die mit Rückegassen und Maschinenwegen erschlossenen Waldbestände ergeben ein überschaubares Umfeld für die Ausführung der forstlichen Arbeiten. Gefahren können schneller erkannt und das Unfallrisiko vermindert werden.
- Der Einsatz besonders sicherer und ergonomisch günstiger Arbeitsverfahren und Maschinen wird durch die Feinerschliessung in vielen Fällen überhaupt erst ermöglicht.
- Im besonderen sind die Fahrbedingungen auf den Rücketrassen besser als im nicht erschlossenen Bestand. Der Fahrzeugführer wird physisch und psychisch weniger beansprucht, indem für den Fahrer ein mühsames sich den «Weg durch den Bestand suchen» und damit verbundene gefährliche Fahrmanöver entfallen, die Fahrsicherheit generell erhöht und das Ausmass an Fahrzeuglärm und Vibration reduziert wird.
- Gefährliche und anstrengende Teilarbeiten lassen sich aus schwierigem Gelände auf Waldstrassen und Maschinenwege verlagern (z.B. Entasten).
- Feinerschlossene Bestände erleichtern die An- und Abmarschwege und ermöglichen den Transport von Lasten mittels Maschinen.

2 Ablauf der Feinerschliessungsplanung

2.1 Planungsgrundsätze

Unter Planung versteht man das Festlegen von Zielen mit Einbezug der erforderlichen Mittel und Massnahmen.

Bevor die Feinerschliessungsplanung am Objekt beginnt, muss eine klare Vorstellung über die Ziele und Aufgaben, die eine zukünftige Feinerschliessung zu erfüllen hat, bestehen. Dazu sollte von folgenden Überlegungen ausgegangen werden:

Was soll erreicht werden?	= Zielsetzung/Nutzeffekt
Was ist vorhanden?	= Gegebenheiten
Was bleibt zu tun?	= Massnahmen
Wann soll das Ziel erreicht werden?	= Zeitplan
Wie wird das Ziel erreicht?	= Ausführung
Und später:	
Wie benütze ich die Anlage?	= Erhaltung

Jede Feinerschliessung ist ein Einzelfall, der aufgrund der besonderen Verhältnisse beurteilt und gelöst werden muss. Für Feinerschliessungsprobleme gibt es deshalb keine allgemein gültigen Rezepte. Wenn die Ziele und Aufgaben der Feinerschliessung bekannt sind, die Planungsschritte eingehalten und die Planungsgrundsätze befolgt werden, wird eine zweckmässige Feinerschliessung entstehen. Das Ziel der Feinerschliessung besteht letztlich darin, aus Bedürfnissen und Gegebenheiten diejenige Erschliessungslösung zu finden, die langfristig alle Anforderungen am besten erfüllt.

Die Planung einer Erschliessungsanlage muss immer gesamthaft für eine ganze Feinerschliessungseinheit erfolgen, unabhängig von Bestandesalter, Bestockung, momentaner räumlicher Ordnung, einzelnen vorgesehenen Holzschlägen oder vorhandenen Wildschutzzäunen. Als Einheit geplant, können die einzelnen Rückelinien jedoch nach Bedarf erstellt werden.

Die einer Feinerschliessung übergeordneten, nichtforstlichen Interessen, z.B. Trinkwasser- und Energieversorgung, Natur- und Landschaftsschutz, Wegrechte und andere Benützungsansprüche, sind bei der Planung ebenfalls entsprechend zu berücksichtigen.

Die Feinerschliessung ist als permanente Anlage zu planen und sie soll den Beständen während des ganzen Lebensablaufes dienen. Die zum Teil bestehende Vorstellung «Für jeden neuen Bestand ein neues Rückegassennetz» ist nicht angebracht.

In noch gänzlich unerschlossenem Gelände, wie es oft im Gebirgswald anzutreffen ist, empfiehlt sich die gleichzeitige Planung der Grob- und Feinerschliessung. Mit einer gemeinsamen Planung können alle wesentlichen Erschliessungsfixpunkte erfasst und aufeinander abgestimmt werden (ABEGG und HÜNERWADEL 1983).

Vor längerer Zeit geplante, jedoch noch nicht gebaute Wegnetze oder Teile davon, sollten neu auf ihre heutige Zweckmässigkeit überprüft werden. Der Einsatz von neuen Maschinen und Geräten erfordert oft die Überarbeitung bestehender Planungen und neue Erschliessungskonzepte, und damit eine neue Linienführung von Strassen sowie eine entsprechende Feinerschliessung. Auch in diesem Fall sollten die Grob- und Feinerschliessung gemeinsam neu geplant und optimal aufeinander abgestimmt werden.

Falls einzelne Erdwege zur Bringung von Zwangsnutzungen vor der Erstellung der Groberschliessung angelegt werden müssen, sollten sich diese später mit vollwertigem Erschliessungseffekt in das gesamte Erschliessungs- und Holzbringungskonzept einfügen lassen.

2.2 Planungsphasen

2.2.1 Übersicht

Damit die Planung der Feinerschliessung umfassend und rationell erfolgen kann, wird ein schrittweises Vorgehen empfohlen (WÜTHRICH 1985). Die folgende Übersicht zeigt eine zweckmässige Aufteilung in Planungsphasen.

Die Anlage eines Feinerschliessungsnetzes verlangt nicht weniger Überlegung und Planung als die Gestaltung eines generellen Wegnetzes, und darf ebensowenig dem Zufall überlassen werden wie die Führung einer Weglinie (STEINLIN 1965).

Planungsphasen der Feinerschliessung		
Phase 1	Abgrenzen der Feinerschliessungseinheiten	Die Einheit begrenzende Gegebenheiten im Gelände: Bachläufe, Gewässer, Felspartien, Tobel, Kreten, Naturschutzgebiete, Bauten und Anlagen, Strassen, etc.
Phase 2	Kartieren des Geländes und der übrigen Gegebenheiten	Aufnahme bestehender Erschliessung Festhalten von positiven und negativen Fixpunkten Ausscheidung von befahrbarem Gelände Beurteilung der bautechnischen Schwierigkeiten des nicht befahrbaren Geländes
Phase 3	Beurteilung der betrieblichen Voraussetzungen	Betriebsstruktur, Personal, Finanzen, Holzernte- und Rückemaschinen Bestandes- und Nutzungsverhältnisse, ausserbetriebliche Interessen
Phase 4	Wahl der Feinerschliessungskonzepte, Entwurf der Feinerschliessungsnetze	Ausscheiden von Rückeeinheiten aufgrund der Resultate von Phase 2 und 3. Ausarbeiten von Varianten Variantenstudium, Variantenvergleich
Phase 5	Bestimmen der definitiven Feinerschliessung	Überprüfen und Markieren der Rückelinien im Gelände
Erschliessungsplan		

2.2.2 Abgrenzen der Feinerschliessungseinheiten

Eine Erschliessungseinheit wird in Feinerschliessungseinheiten unterteilt, um übersichtliche Teilgebiete für die Planung der Feinerschliessung zu erhalten (vgl. Kap. 1.2.3). Diese Teilgebiete sind auch Einheit für die Holzernteplanung.

Für das Abgrenzen der Feinerschliessungseinheit sind folgende Kriterien massgebend:

- Strassen
- Geländeformen: Tobel, Kreten, Rippen, Mulden und anderes mehr
- Bachläufe und Gewässer
- Felspartien
- obere Waldgrenze des Wirtschaftswaldes
- Naturschutzgebiete, Kiesgruben, Biotope
- Bauten und Anlagen (Eisenbahn, Militär, Industrie, Elektrizität)
- Eigentumsgränze (nur wenn keine Zusammenarbeit möglich)

Im Seilkrangelände haben nicht alle diese Abgrenzungskriterien volle Gültigkeit. Felspartien, Naturschutzgebiete, Kiesgruben, Biotope und anderes mehr sind mit dem Tragseil überspannbar und bilden deshalb nicht immer eine Grenze.

In eine Erschliessungseinheit und in die Planung der Feinerschliessung soll auch offenes Land einbezogen werden, soweit dieses an Waldpartien angrenzt und für das Rücken und die Holzlagerung benützt werden kann. Häufig bietet offenes Land die besseren Zufahrts- und Rückemöglichkeiten als der Wald.

Grundlage der Feinerschliessung ist die Groberschliessung. Eine Feinerschliessungseinheit muss deshalb zumindest eine minimale Groberschliessung aufweisen, von der ausgehend die Feinerschliessung in die Bestände eingeplant wird. Die klarste Abgrenzung erfolgt durch Strassen. In schwierigem Gelände ist oft nur eine Basisstrasse vorhanden. Die weitere Abgrenzung muss in solchen Fällen nach markanten Geländeformen, bzw. Hindernissen, die für die Holzbringung

eine feste Transportgrenze bilden, erfolgen. Diese Transportgrenze ist jedoch nicht identisch mit Transportgrenzen, die nach waldbaulichen und rücketechnischen Gesichtspunkten innerhalb der Feinerschliessungseinheit festgelegt werden, und veränderbar sind.

Die Geländebeziehungen in einer Feinerschliessungseinheit sollen nach Möglichkeit einigermaßen einheitlich sein, müssen es jedoch nicht. Die Einheit wird in vielen Fällen «Traktor»- und «Seilkrangelände» enthalten, was letztlich bei der Planung eine Unterteilung in Rückeeinheiten mit unterschiedlichen Feinerschliessungs- und Bringungsverfahren zur Folge hat. Gute Holzabsenk- und Lagerplätze an der Basiserschliessung müssen in eine Einheit einbezogen werden.

Waldbauliche Zielsetzungen und Massnahmen sind keine Kriterien für die Abgrenzung.

Die Abgrenzung der Feinerschliessungseinheit ist dann richtig, wenn kein Holz aus der betrachteten Einheit durch eine andere Einheit, oder umgekehrt, zur Strasse gerückt werden muss.

Beispiele für die Abgrenzung von Feinerschliessungseinheiten:

Eine Feinerschliessungseinheit kann bestehen aus

- einem von offenem Land und Siedlungsraum umgebenen Waldkomplex, der für die Seilbringung zumindest an einem Punkt, für die Traktorbringung auf einer Seite, mit einer forstlich benützbaren LKW-Strasse erschlossen ist
- einem grösseren Waldkomplex, der wegen baulich schwierigen Geländebeziehungen nur eine Basiserschliessung aufweist (vorwiegend Gebirgsverhältnisse)
- einem ringsum durch LKW-Strassen abgegrenzten Waldteil innerhalb eines grossen Waldkomplexes (vorwiegend im Flachland)

Abbildung 5 zeigt ein konkretes Beispiel einer Abgrenzung. Trennlinie und Basis zwischen den zwei Feinerschliessungseinheiten ist die lastwagenbefahrbare Strasse. Daneben bilden das tiefe Bachtobel und Seitengraben sowie die über offenes Land führende Geländekrete die Begrenzung.

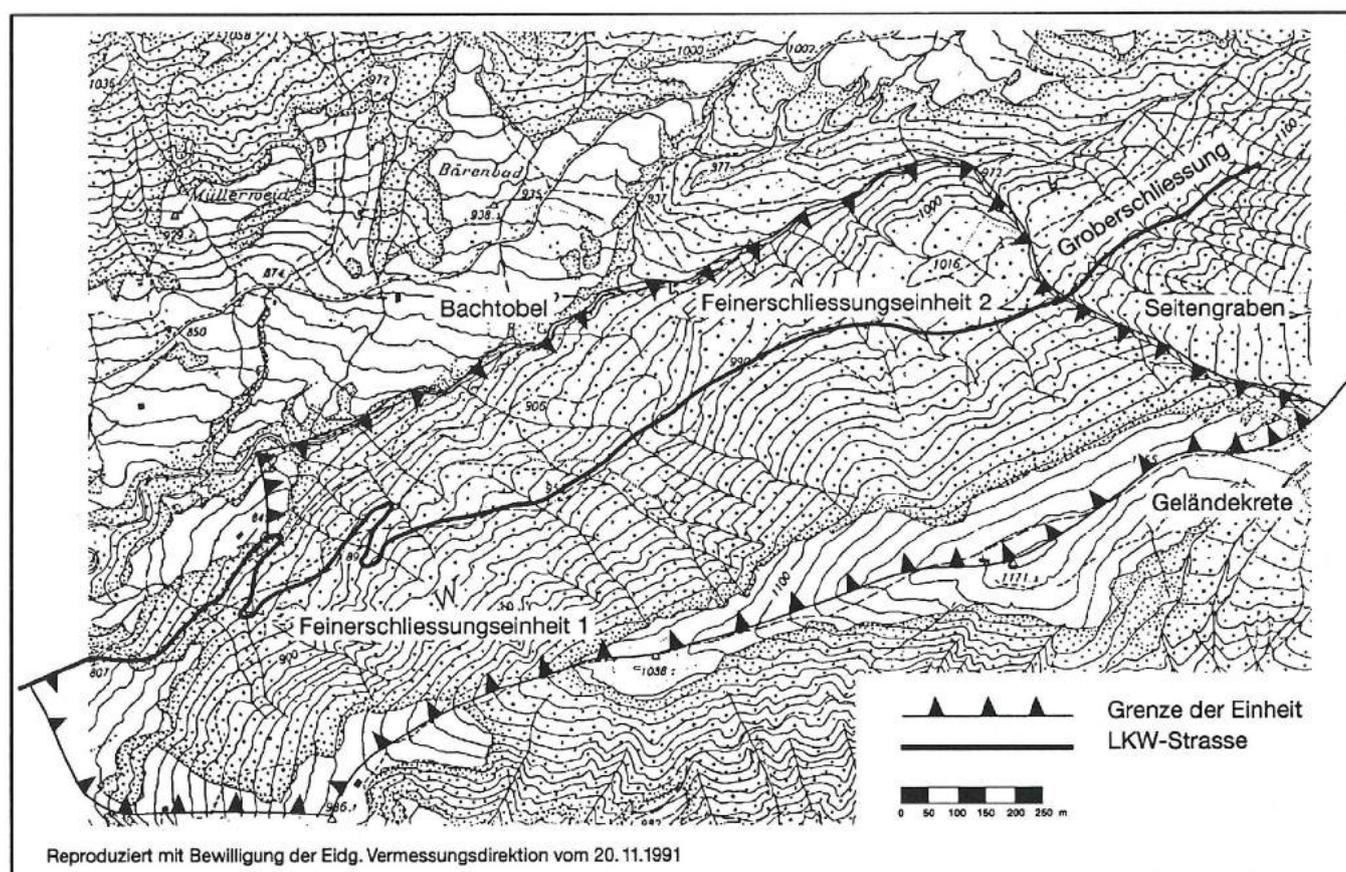


Abb. 5. Beispiel zur Abgrenzung von Feinerschliessungseinheiten.

2.2.3 Kartierung des Geländes

Kartierung als Planungsgrundlage

Je vielgestaltiger, unübersichtlicher und bautechnisch schwieriger das Erschliessungsgelände ist, desto notwendiger sind genaue Geländekenntnisse und desto grösser ist der Nutzen der Geländekartierung. Ausserdem ist das Kartieren umso wichtiger, je schlechter man eine Feinerschliessungseinheit kennt. Nur in sehr einfachen Verhältnissen kann auf die Kartierung verzichtet werden. Abklärungen über den Verlauf der Rückelinien, die Transportrichtung des Holzes und über die Holzlagermöglichkeiten sind jedoch auch in solchen Fällen notwendig.

Ergebnis der Geländekartierung ist der Grundlagenplan. Dieser erfüllt zwei sehr wichtige Aufgaben. Er ist die Grundlage für:

- die Wahl der Feinerschliessungs- und Rückekonzepte
- das Entwerfen der Feinerschliessungsvarianten.

Bei sehr unterschiedlichen und kleinflächig wechselnden Geländebeziehungen, besonders in Hang- und Berglagen, ist ohne genaue Kenntnisse der Boden- und Geländebeschaffenheit keine eindeutige Eignung für ein bestimmtes Feinerschliessungsmittel erkennbar. Eine Ausscheidung des Geländes für Traktor-, bzw. Seilkraninsatz und somit die Wahl des Rücke- und Feinerschliessungskonzeptes ist nicht ohne weiteres möglich. Bei solchen Verhältnissen stellt sich die Frage der bau- und rücketechnisch wie auch wirtschaftlich vorteilhaftesten Lösung. Hier stellt der Grundlagenplan eine gute Entscheidungshilfe für die Problemlösung dar.

Wenn das Erschliessungs- und Rückekonzept feststeht, werden auf dem Grundlagenplan die Feinerschliessungsvarianten entworfen und die einzelnen Bringungslinien geplant (Rückegassen, Maschinenwege und Seilkranlinien). Aus dem Plan ist ersichtlich, wo zum Beispiel direkt befahrbare Gelände, einfaches oder schwieriges Baugelände, Vernässungen, schwer passierbare Gelände Hindernisse, Maschinenstandplätze für Mobilseilkran und Holzlagerplätze vorhanden sind. Beim Entwerfen der Feinerschliessungslinien können dank dieser Informationen positive Gegebenheiten berücksichtigt und negative umgangen werden. Nach definitiver Varianten- und Linienwahl müssen die Rückelinien im Gelände noch im Detail auf ihre Lage und Zweckmässigkeit hin geprüft werden.

Anleitung für das Kartieren

Das Kartieren der Feinerschliessungseinheit umfasst grundsätzlich folgende Teilarbeiten:

1. Aufnahme bestehender Erschliessungseinrichtungen
2. Aufnahme positiver und negativer Fixpunkte
3. Ausscheiden von befahrbarem und nicht befahrbarem Gelände
4. Beurteilung der bautechnischen Schwierigkeiten in nicht befahrbarem Gelände.

Bei bestimmten Geländeklassen kann auf einzelne Teilarbeiten verzichtet werden.

Es folgen die für das Kartieren empfohlenen Signaturen. Nachfolgend werden die Teilarbeiten genauer erläutert. Anschliessend wird die Kartierung für die Verwendung von Breitreifen behandelt.

Den Abschluss des Kapitels bilden praktische Hinweise für die Kartierungsarbeit.

Tab. 2. Teilarbeiten der Kartierung nach Geländeklassen

Aufnahmeobjekte bei der Kartierung				
Geländeklassen	Vorhandene Erschliessungseinrichtungen	Positive und negative Fixpunkte	Befahrbarkeit	Bautechnische Schwierigkeiten
Rückegassengelände	X	X	X	0
Maschinenweggelände	X	X	X	X
Seilkrangelände	X	X	0	0
Spezialfälle				
Kombination von Rückegassen und Maschinenweggelände ¹⁾	X	X	X	0(X)
Grenzfall Seilkran- oder Maschinenweggelände	X	X	X	X
Verwendung von Breitreifen	X	X	X	0(X)

X = kartieren

0 = nicht kartieren

(X) = Bei einem grösseren Anteil Maschinenweggelände mit schlechtem Baugrund sind die bautechnischen Schwierigkeiten zu kartieren.

¹⁾ Diese Kombination ist häufig.

Signaturen für das Kartieren

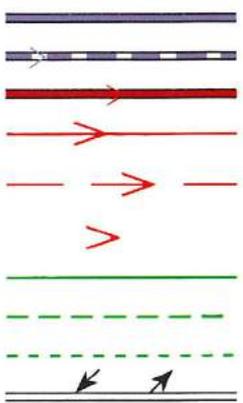
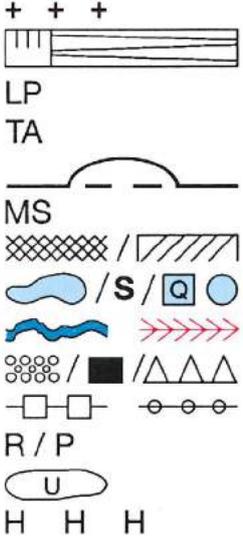
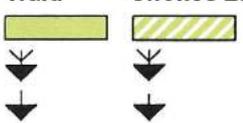
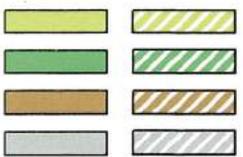
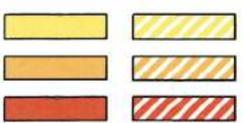
<h2>1. Vorhandene Erschliessungseinrichtungen</h2> <p>Signaturen</p>  <p>öffentliche Durchgangsstrasse forstlich nicht benützbar öffentliche Durchgangsstrasse forstlich benützbar lastwagenbefahrbare Strasse für Langholz lastwagenbefahrbare Strasse für Trämel Traktorweg/Jeepweg/ (Ausbau Lastwagenstrasse) für Trämel Holzabtransportrichtung für Langholz + Trämel Erdweg/Rückweg (Maschinenweg) für Holzerntemasch. benützbar Erdweg/Rückweg ausbaubedürftig guter Fussweg/Wanderweg nicht befahrbar Ein- und Ausfahrten in den Bestand Bleistift</p>		<p>Farbe</p> <p>violett violett rot rot rot rot grün grün grün Bleistift</p>
<h2>2. Positive und negative Fixpunkte</h2>  <p>Transportgrenze vorhandene Lagerplätze (..... m³) leicht zu erstellende Lagerplätze (..... m³) Tragseilanker vorhanden Standplatz für Mobilseilkran leicht zu erstellender Standplatz Felspartien/Stützmauern für Mobilseilkran Gewässer/S=stark vernässtes Gelände/Quellfassung/Wasserschacht schwer passierbare Bergbäche/Tobel, tiefe Strassengraben Blockschutt/Schutzhütten, Bauten Hochspannungleitung/Elektrische- und Telefonleitungen Rutschgelände/Privatbesitz unproduktive Waldfläche Konzentration von Holz</p>		<p>Bleistift Bleistift Bleistift Bleistift schwarz Bleistift schwarz blau blau/dunkelrot Bleistift Bleistift Bleistift Bleistift Bleistift Bleistift</p>
<h2>3. Befahrbarkeit des Geländes</h2> <p>Bei Einsatz von Traktoren mit Normalbereifung</p> <p>Wald offenes Land</p>  <p>befahrbar in allen Richtungen nur in Hangfallinie befahrbar bevorzugte Rückerichtung</p> <p>Bei Einsatz von Traktoren mit Spezial-Niederdruck-Breitreifen</p>  <p>Rücken in allen Richtungen möglich (Kat. 1) nur Abwärtsrücken, Leerfahrt bergwärts möglich (Kat. 2) nur Abwärtsrücken, Leerfahrt bergwärts über flacheres Gelände (Kat. 3) einzelne Fahrten abwärts möglich solange Wurzelfilz intakt (Kat. 4)</p>		<p>hellgrün Bleistift Bleistift hellgrün dunkelgrün braun grau</p>
<h2>4. Bautechnische Schwierigkeiten</h2> <p>Wald offenes Land</p>  <p>Bautechnische Schwierigkeiten des nicht befahrbaren Geländes</p> <p>klein mittel-gross sehr gross</p>		<p>gelb orange dunkelrot</p>

Abb. 6. Signaturen für das Kartieren

Aufnahme bestehender Erschliessungseinrichtungen

Ortsverbindungsstrassen: Wenn Ortsverbindungsstrassen vorhanden sind, ist abzuklären, ob das Verkehrsvolumen, das je nach Jahreszeit unterschiedlich gross sein kann, die forstliche Mitbenützung, im besonderen die Lagerung von Holz an der Strasse, zulässt. Der spätere Holzverlad und Transport muss ohne grosses Risiko erfolgen können.

Lastwagenstrassen: Diese sind aus der Sicht des Holzabtransportes (genügende Kurvenradien) zu klassieren nach

- Langholzwagen und Anhängerzügen
- Lastwagen ohne Anhänger für Trämel

Traktor- und Jeepwege: Wald- und Flurwege mit genügender Breite für Lastwagen, aber ungenügendem Unterbau (Traktorwege) sowie solche mit gutem Unterbau, jedoch ungenügender Breite und oft zu kleinen Kurvenradien (Jeepwege).

Erd- und Rückewege: Bereits bestehende alte Erd- und Rückewege sind, ausgehend von den aktuellen Anforderungen des Forstbetriebes und auch im Hinblick auf einen Einsatz von möglichen zukünftigen Holzernte- und Rückemaschinen, als «benützbar» oder «ausbaubedürftig» aufgrund folgender Kriterien zu klassieren:

- Wegbreite
- Steilheit der Wege (Gefälle und Gegensteigungen, Angabe in Prozenten)
- Wegzustand (Fahrspuren, Grobheit des Wegplans, Erosionsschäden)
- Risiko beim Befahren

Fuss- und Wanderwege: In steilem, nicht für Fahrzeuge erschlossenem Gelände erfüllen die Fusswege eine wichtige Funktion für den Anmarsch und den Materialtransport zum Arbeitsort im Falle von Seilkraneinsätzen, sie sind deshalb zu kartieren.

Einfahrten in den Bestand und Ausfahrten zur Strasse: Gute Einfahrts- und Ausfahrtmöglichkeiten sind als positive Fixpunkte zu kartieren. Kennzeichnend dafür sind:

- fliessender Übergang des Geländes zur Strasse, somit keine grossen Gefällsbrüche
- Geländestellen, die keine oder allenfalls nur kleine bauliche Massnahmen für Ein- und Ausfahrten erfordern
- Stellen, die einen genügend grossen Aktionsraum für Zugfahrzeug und Last bei der Ausfahrt aus dem Bestand aufweisen

Entwässerungsschächte am Strassenrand sind als Hindernisse für Einfahrten in den Bestand aufzunehmen.

Aufnahme positiver und negativer Fixpunkte

Transportgrenzen innerhalb der Feinerschliessungseinheit, die durch das Gelände (nicht befahrbare Hindernisse) fixiert sind, sollen kartiert werden. In sehr

einfachem Gelände, wo keine durch das Gelände vorgegebenen Transportgrenzen bestehen, sind solche provisorisch festzulegen. Sie können bei der Planung der Feinerschliessungslinien den lokalen Gegebenheiten angepasst, und zum Beispiel bei mangelnden Holzlagermöglichkeiten oder lokal schlechter Bodentragfähigkeit, bei der Planung der Rückelinien entsprechend verschoben werden. Dabei ist zu beachten: Die kürzeste Rückedistanz ist nicht immer die sicherste, schnellste und wirtschaftlichste.

Lagerplätze: Ausser den bestehenden Holzlagerplätzen sind diejenigen Geländestellen zu kartieren, die sich als Lagerplätze eignen und ohne grossen Aufwand dazu hergerichtet werden können.

Felspartien, Stützmauern: Felspartien sind grosse Hindernisse für den Bau von Erschliessungswegen. Felsen, Stützmauern und Steinkörbe im Strassenbereich verunmöglichen oder erschweren, je nach Rückeverfahren, die Holzbringung auf die Strasse.

Gewässer, vernässtes Gelände, Quellfassungen, Wasserschächte: Riedland und andere stark vernässte Stellen, die aufgrund der Geländeneigung befahren werden können, dies jedoch wegen schlechter Bodentragfähigkeit nur bei Schneelage und Frost möglich ist, sind als «befahrbar» zu kartieren und gemäss Abbildung 6 zusätzlich mit «S» zu markieren. Quellfassungen und ihre unmittelbare Umgebung sind normalerweise in Schutzzonen eingeteilt. Vor dem Planen von Feinerschliessungswegen ist unbedingt das Schutzzonenreglement einzusehen.

Hochspannungs-, Telefon- und Stromleitungen: Bei «Seilkrangelände» sind alle Freileitungen auch in der näheren Umgebung der Feinerschliessungseinheit, falls dort voraussichtlich Holzabsenkstellen und Trageisanker benützt werden, zu kartieren.

Rutschgelände: Hanganrisse, Hangbewegungen und Rutschungen sind als bautechnisch sehr schwieriges Baugelände zu kartieren und gemäss Abbildung 6 mit «R» zu bezeichnen. Hinweis über die Stabilität einer Hangpartie kann auch der Baumwuchs geben (Bogenwuchs bei Rutschungen, nicht zu verwechseln mit dem kriechschneebedingten Säbelwuchs).

Privatbesitz: Wenn sich in einer Feinerschliessungseinheit im öffentlichen Wald auch noch kleine Waldparzellen und offenes Land in Privatbesitz befinden und diese durch die Feinerschliessung tangiert werden, sind Abklärungen über Weg- und Durchgangsrechte sowie Holzlagermöglichkeiten vorzunehmen. Wenn solcher Privatbesitz miterschlossen werden kann, ist er vollständig zu kartieren. Wenn das nicht der Fall ist, sind nur Abgrenzungen (Zäune, Bauten und Anlagen) welche die Anlage der Feinerschliessung beeinflussen zu kartieren und mit «P» zu bezeichnen.

Blockschutt: Geländepartien mit Blockschuttüberlagerungen sind direkt als solche anzuschreiben und als «befahrbar» zu kartieren, wenn die Geländeneigung und die Bodentragfähigkeit nach dem Ausräumen der Hindernisse den Traktoreinsatz zulassen. Bei starker Blocküberlagerung wird nach «bautechnischen Schwierigkeiten» kartiert. Blockfelder und Karrenfelder erschweren den Beizug des Holzes, besonders bei Bodenseilzugverfahren, sehr stark. Diesem Umstand ist bei der Wahl des Erschliessungs- und Rückekonzeptes besondere Beachtung zu schenken. Es kann der Fall sein, dass Blockpartien nur für die Durchfahrt auf kurzer Strecke geöffnet werden müssen.

Bauten im Wald: Schutzhütten, militärische Bunker, Panzersperren und anderes mehr, sind als Hindernisse für die Feinerschliessung zu kartieren.

Unproduktive Waldfläche: Extremstandorte ohne Holznutzung (Vorkommen hauptsächlich im «Seilkrangelände») sind nach bautechnischen Schwierigkeiten zu kartieren und mit dem Vermerk «U = unproduktiv» zu bezeichnen. Dieser Hinweis zeigt, welche Flächen für die Holzbringung nicht erschlossen werden müssen.

Konzentration von Holz: In mit Fels durchsetzten und mit Gräben und Rippen durchfurchten Steilhängen kann das Holz beim Fällen abgleiten und sich in Tobeln und Geländekesseln sammeln, wenn es nicht vor dem Abrutschen gesichert wird. Durch ein Zureisten aus naheliegenderem Gelände kann sich eine Konzentration von Holz ergeben. Im voraus bestimmbare Sammelstellen sollen als positive Fixpunkte kartiert werden.

Beurteilen der Befahrbarkeit des Geländes

Die Befahrbarkeit des Geländes wird aufgrund der Hangneigung, der Bodentragfähigkeit und der Beschaffenheit der Bodenoberfläche (Mikrorelief) beurteilt. Dabei ist auch die Geländegängigkeit der zum Einsatz gelangenden Fahrzeuge und Maschinen zu berücksichtigen.

Die Befahrbarkeit kann kleinflächig stark variieren, so dass eine allgemein gültige Einstufung nicht ohne weiteres möglich ist.

Bei guter Bodentragfähigkeit und günstiger Bodenoberflächenbeschaffenheit kann bis zu folgenden Hangneigungen im Gelände gefahren werden:

mit Forstraktoren
bis 10 Prozent in alle Richtungen
bis 30 Prozent in der Falllinie mit Knickschlepper und Forwarder
bis 50 Prozent in der Falllinie

Auf schlecht tragfähigen Böden (z. B. Flysch) sind die Grenzwerte tiefer anzusetzen.

Zur Beurteilung der Bodentragfähigkeit können folgende Hinweise nützlich sein:

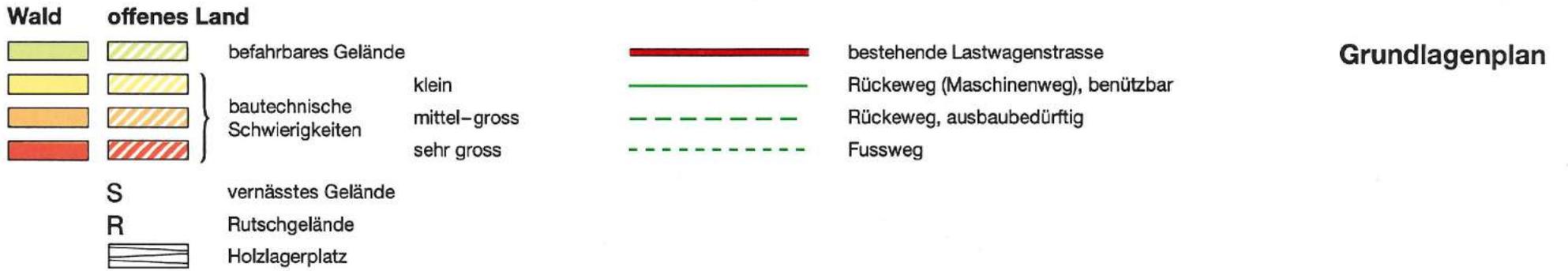
- Grobkörnige Böden mit hohem Skelettanteil und wenig Feinanteilen sind gut bis sehr gut tragfähig.
- Sandige, gut drainierte Böden sind in abgetrocknetem Zustand mittel bis gut tragfähig.
- Feinkörnige Böden mit grossem Schluff-(Silt-)anteil weisen geringe Tragfähigkeit auf und sind stark erosionsanfällig.
- Tonige, schwere Böden sind in plastischem Zustand (hoher Wassergehalt) schlecht tragfähig und deshalb nur in abgetrocknetem oder gefrorenem Zustand befahrbar.
- Vernässte, meist feinkörnige oder organische Böden (Flysch, Moore) sind sehr schlecht tragfähig und mit Normalbereifung nicht befahrbar.

Die Bodenvegetation (Zeigerpflanzen) kann nützliche Hinweise zur Bodentragfähigkeit geben.

Die Beschaffenheit der Bodenoberfläche kann in Einzelfällen ein Befahren unmöglich machen, zum Beispiel bei Blockschuttüberlagerung oder stark coupierem Gelände.

Tab. 3. Kriterien für die Abstufung der bautechnischen Schwierigkeiten

Bautechnischer Schwierigkeitsgrad	Baugrund	Hangneigung	Kleintopographie
klein	wenig bis nicht wasserempfindliche, durchlässige Böden	Hanglagen bis 50 %	gleichförmiges Gelände glatte Bodenoberfläche
mittel bis gross	feinkörnige, wasserempfindliche, lokal vernässte oder grossflächig zu Vernässung neigende Böden	Hanglagen von 50–80 %	gleichförmiges bis coupiertes Gelände nur kleine Gräben und Wasserläufe raue Bodenoberfläche, kleine Felsbarrieren, Blockschutt
sehr gross	dauernd vernässte Böden (typische Flyschgebiete)	Steilhanglagen über 80%	Gelände mit Rutsch- und Erosionsformen (Stauchungswülste) tiefe Gräben, Runsen, Bachläufe Karrenfelder, Felspartien
Zu beachten: In der Regel wird der bautechnische Schwierigkeitsgrad bereits durch ein einziges der Kriterien Baugrund, Hangneigung und Kleintopographie bestimmt.			



Grundlagenplan

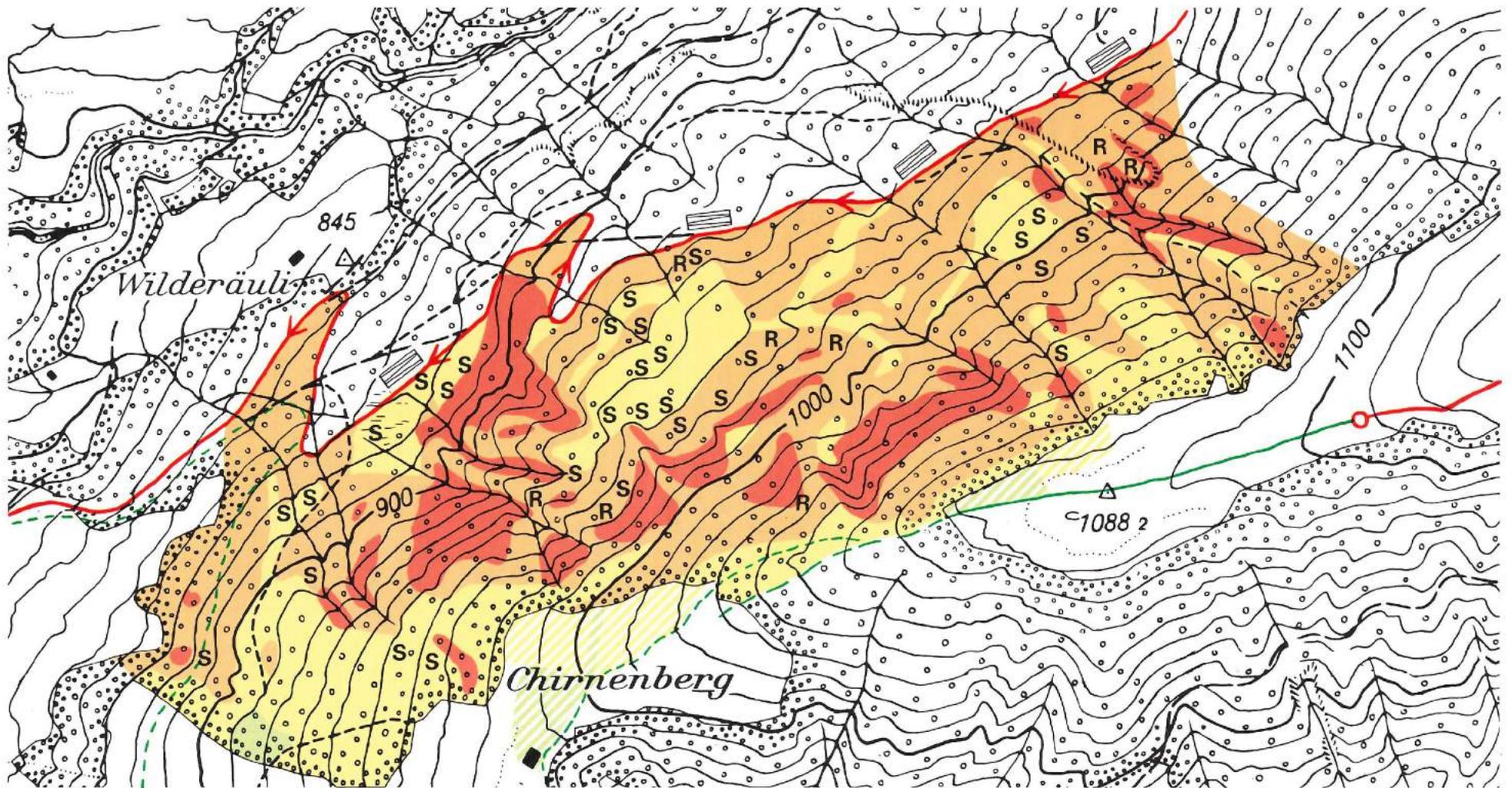


Abb. 7. Grundlagenplan, Kartierungsbeispiel für «Schwieriges Gelände». Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20.11.91.

Mst. 1:5000



Wald **offenes Land**

		befahrbares Gelände	
		bautechnische Schwierigkeiten	klein
			mittel-gross
			sehr gross

öffentliche Durchgangsstrasse, forstlich benützbar

bestehende Lastwagenstrasse

bestehender Traktorweg

Rückweg, (Maschinenweg) benützbar

Rückweg, ausbaubedürftig

bevorzugte Rückerichtung

nur Abwärtsrücken möglich

Transportgrenze

Bach/Gewässer

vorhandene Lagerplätze

LP leicht zu erstellende Lagerplätze

Grundlagenplan

Mst. 1:5000

Abb. 8. Grundlagenplan, Kartierungsbeispiel für «Einfaches Gelände». Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20.11.91.

Beurteilen der bautechnischen Schwierigkeiten

Das nicht befahrbare Gelände wird im Hinblick auf den Bau von Maschinenwegen nach zu erwartenden bautechnischen Schwierigkeiten beurteilt. Diese sind je nach geologischem Untergrund sehr verschieden. Die Beurteilung erfolgt anhand folgender Kriterien:

Baugrund	(Vernässung, Rutschgefährdung, Fels)
Hangneigung	
Kleintopographie	(Gräben und Buckel kleinflächig wechselnd, Blockschutt)

Die bautechnischen Schwierigkeiten werden zweckmässigerweise in drei verschiedene Schwierigkeitsgrade unterteilt (Tab. 3).

Die Beurteilung nach Baugrund, Hangneigung und Kleintopographie erfolgt gutachtlich. Eine Zuteilung zu einem bestimmten Schwierigkeitsgrad ist deshalb im-

mer relativ, gemessen an den örtlichen Schwierigkeiten. Die Praxis zeigt, dass im Voralpen- und Berggebiet die Schwelle, an der ein forstlicher Maschinenwegbau nicht mehr in Frage kommt, im allgemeinen etwas höher liegt als bei vergleichbaren Mittellandverhältnissen.

Bedeutung der bautechnischen Schwierigkeiten:

«klein»
problemloser, kostengünstiger Maschinenwegbau

«mittel-gross»
Maschinenwegbau möglich, durchschnittliche bis hohe Baukosten

«sehr gross»
Maschinenwegbau nur in Ausnahmefällen für kurze Strecken vertretbar. Sehr hohe Baukosten.

Tab. 4. Kartierung der Bodentragfähigkeit (AßEGG et al. 1986)

Bodentragfähigkeit	Bodenvegetation		Befahrbarkeitskategorie (Nr.) bei Hangneigung % ca.			
	Wald	offenes Land	0-5	5-15	15-25	25-35
relativ «gut»	dichter Heidelbeerteppich Erika Preiselbeere	kurzer, bürtiger Graswuchs Arnika Katzenpfötchen	1	2	2	3
«schlecht»	Farne, Adlerfarn Heidelbeere mit Moos Spierstaude Nelkenwurz	Wiesen-Spierstaude Knöterich Kohldistel	2	2	3	4
«sehr schlecht»	flächendeckende krautige Vegetation: Sumpfdotterblume weisser Hahnenfuss Schachtelhalm Torfmoose	schwammiger Boden mit Torfmoos: viel Schachtelhalm viel Seggen weisser Hahnenfuss Sumpfdotterblume Spierstaude Wollgras	(4)	4	4	-

Tab. 5. Kategorien der Befahrbarkeit schlecht tragfähiger Böden (AßEGG 1986)

Kategorie	Rückerichtung	Farbe
Nr. 1	Rücken in alle Richtungen möglich	hellgrün
Nr. 2	Nur Abwärtsrücken, Leerfahrt bergwärts möglich	dunkelgrün
Nr. 3	Nur Abwärtsrücken, Leerfahrt bergwärts über flacheres Gelände oder befestigten Weg. Eventuell Verbesserungsmaßnahmen: Astlagen, Prügellagen, Kalk, Entwässerung	braun
Nr. 4	Nur einzelne Fahrten abwärts möglich, solange Wurzelteppich nicht durchbrochen wird.	grau

Kartieren für die Verwendung von Breitreifen

Waldgebiete, die aufgrund der Hangneigung und der Kleintopographie eigentlich befahrbar wären, aber ungenügende Bodentragfähigkeit aufweisen, stellen Sonderfälle dar. Hier ist die Verwendung von Spezial-Breitreifen (vgl. Anhang) neben anderen Varianten zu prüfen. In Frage kommen beispielsweise der Einsatz eines Allterrain- oder eines Mobilseilkranes. Die Feinerschliessung muss dem Einsatz von Breitreifen angepasst werden. So sind bei der Hangneigung wesentlich tiefere Grenzwerte anzusetzen als bei guter Bodentragfähigkeit. Sie ist differenzierter zu beurteilen; hierzu gibt die Bodenvegetation relativ zuverlässige und einfache Anhaltspunkte (Tab. 4).

Praktische Hinweise für die Kartierung

Für das Kartieren sollte ein günstiger Zeitpunkt gewählt werden:

- trockene Witterung
- Vegetationsruhe

In unbelaubtem Zustand ist eine bessere Durchsicht gewährleistet und somit kann die Kleintopographie genauer erfasst werden. Ein günstiger Zeitpunkt wirkt sich auch positiv auf die Leistung beim Kartieren aus.

Die Geländekartierung ist deutlich zu trennen vom Planen der verschiedenen Feinerschliessungskonzepte. Bei der Kartierung beschränkt man sich bewusst auf das Erfassen, Beurteilen und Festhalten von Gegebenheiten. Die Planung baut in einem nächsten Schritt auf der vollständigen Kartierung auf.

Es hat sich bewährt, vorerst entlang der bestehenden Groberschliessung und Einheitsgrenzen und dann in der Einheit zu kartieren. Die Trennung ist umso wichtiger, je weniger gut man eine Feinerschliessungseinheit kennt, und je häufiger sich negative und positive Fixpunkte abwechseln. Beim Kartieren entlang

der bestehenden Groberschliessung, bzw. der Einheitsgrenze, sind folgende Gegebenheiten festzuhalten:

- vorhandene oder leicht erstellbare Ein- und Ausfahrten in die Bestände
- vorhandene oder leicht erstellbare Aufarbeitungs- und Holzlagerplätze
- vorhandene oder leicht erstellbare Maschinenstandplätze
- natürliche Verankerungsmöglichkeiten (Bäume, Felsblöcke) für den Seilkraneinsatz.

Das Kartieren in der Einheit erfolgt vorzugsweise, soweit vorhanden, nach Geländeabschnitten (abgegrenzt durch Wege, Wasserläufe, Kreten, Expositionswechsel). Innerhalb eines Geländeabschnittes fällt das Orientieren, somit die Standortsbestimmung leichter. Von einem bestimmten Standort aus wird jeweils ein gut übersehbarer Bereich kartiert und anschliessend ein neuer Standort eingenommen. Gutes Beurteilen und Interpretieren des Geländes in bezug auf die Befahrbarkeit und die bautechnischen Schwierigkeiten erfordern eine gewisse Routine, die sich jedoch rasch gewinnen lässt.

Für die Kartierung wird folgendes Material benötigt:

- Waldplan, Massstab 1: 5000 mit Höhenkurven
- Schreibunterlage
- Gefällmesser
- Höhenmesser *
- Massstab
- Farb- und Bleistifte

* bei ausgedehnten Hanglagen ohne klare Orientierungspunkte, kann für die Standortsbestimmung ein Höhenmesser gute Dienste leisten

2.2.4 Beurteilung der betrieblichen Voraussetzungen

Wenn das zu erschliessende Gelände nicht eindeutig für ein bestimmtes Feinerschliessungs- und Rückekonzept spricht, können betriebliche Gegebenheiten wie Maschinen, Geräte, Bestandes- und Nutzungsverhältnisse, Personal und die finanzielle Lage des Forstbetriebes entscheidenden Einfluss auf die Wahl des Feinerschliessungs- und Rückekonzeptes haben. Die jetzt und in Zukunft zum Einsatz gelangenden Maschinen und Geräte beeinflussen ihrerseits Anlage und Dichte des Feinerschliessungsnetzes im konkreten Fall. In erster Linie richten sich die Wahl des Feinerschliessungskonzeptes und die Anlage der Rückelinien je-

doch nach den Gegebenheiten des Geländes und nach der Groberschliessung. Erst in zweiter Linie sind die im Betrieb verfügbaren eigenen oder fremden Mittel massgebend.

Checkliste für die Beurteilung

Die nachstehende Checkliste zeigt, welche Aspekte zu beachten sind. Nur wenige sind zahlenmässig exakt bewertbar. Eine möglichst objektive Beurteilung der betrieblichen Voraussetzungen muss sich auf die Kenntnisse und Erfahrungen des Revierleiters stützen. Dazu sind keine Erhebungen im Gelände notwendig, in der Regel kennt der Betriebsleiter seinen Betrieb und dessen Umfeld genügend gut.

Beurteilungspunkte

Betriebsgrösse	keine Veränderung/Betriebsvergrösserung
Arbeitsvolumen	gleichbleibend/zunehmend
Betriebspersonal	betriebseigene Arbeitskräfte/Einsatz von Spezialisten und Fremdkräften (periodisch)
Maschinen/Geräte/Pferde	Verfügbarkeit, Einsatzbereich und Leistung eigener und mietbarer Maschinen und Pferde
Arbeitsverfahren/Sortimente	Schonende Arbeitsverfahren Aufarbeitungsgrad des Holzes im Bestand Sortimente: Vollbaum, Schaftlängen, Langholz, Trämel
Standorts-, Bestandes- und Nutzungsverhältnisse	Ertragsfähigkeit des Standortes (Bodengüte) Ertragsvermögen des Bestandes (Zuwachs) Nutzungsintervalle/Nutzungsmenge
Finanzen/Investitionen	Finanzielle Lage des Forstbetriebes Möglichkeit von Investitionen (Subventionen)
Nichtforstliche	Z.B. Trinkwasserversorgung, Energieversorgung, Ansprüche Wegrechte, Naturschutz und anderes mehr

Betriebsgrösse, Arbeitsvolumen, Betriebspersonal
Bevor in eine Feinerschliessung investiert wird, sollte die Möglichkeit allfälliger Betriebsveränderungen, wie zum Beispiel Betriebsvergrösserung durch die Bildung einer Betriebsgenossenschaft, überdacht werden. Solche betrieblichen Veränderungen beeinflussen vor allem das Arbeitsvolumen und den Personalbedarf. Sie können auch neue Arbeitsbereiche öffnen und spezielle Maschinen und Arbeitsverfahren erfordern, die bei der Wahl und Anlage der Feinerschliessung zu berücksichtigen sind. Dabei darf nicht vergessen werden, dass dies allenfalls eine Weiterausbildung des Bedienungspersonals neuer Maschinen erfordern kann.

Maschinen und Geräte, Pferde
Bei den verfügbaren Maschinen und Geräten muss Klarheit über die Eignung und die Einsatzmöglichkeiten bestehen. Die Geländegängigkeit eines Fahrzeuges bestimmt den Einsatzbereich, die Ausrüstung den Aktionsbereich. Anlage und Abstand der Rücketrassen sind von beidem abhängig. Gegebenenfalls sind auch Maschinen von Unternehmern und Mietmaschinen in die Betrachtung einzubeziehen.

In Fällen, wo für das Vorrücken von Schwachholz Pferde eingesetzt werden können, hat dies Einfluss auf den Abstand der Rückegassen. Dieser kann 2–3mal grösser sein als beim Einsatz von Maschinen.

Die Rückegassen sollen aber so angelegt werden, dass bei einem allfälligen Verzicht auf den Pferdeinsatz die Feinerschliessung ohne grössere Probleme für einen Maschineneinsatz ergänzt werden kann.

Arbeitsverfahren, Sortimente

Die gegebenen Gelände-, Erschliessungs- und Bestandesverhältnisse sowie oft auch die Holzmarktsituation bestimmen, welche Sortimente aufgerüstet werden. Je nach Sortiment kommen unterschiedliche Arbeitsverfahren zur Anwendung. Beide beeinflussen die Anlage der Feinerschliessung. Das Rücken langer Sortimente (Baumlängen, Schaftlängen, Vollbäume) ist nur vertretbar, wenn dabei nicht unverhältnismässig viele Bestandesschäden verursacht werden.

Standorts-, Bestandes- und Nutzungsverhältnisse

Die Güte eines Standortes gibt Aufschluss über die Möglichkeit der Holzproduktion (Ertragsfähigkeit). Die Bestandes-, Zuwachs- und Vorratsverhältnisse geben Hinweise, wie häufig Pflege- und Nutzungseingriffe ausgeführt werden, und in welchem Zeitraum etwa wieviel Holz bei den Nutzungen anfällt. Die Häufigkeit der Eingriffe und die zu rückende Holzmenge, somit die voraussehbare Benützungintensität der Rückewege, beeinflussen Abstand und Ausbaustandard derselben und damit auch die Höhe der Anlagekosten. Je grösser die Holzmenge ist, die gerückt werden muss, desto eher sind ein dichteres Rückewegnetz und ein guter Ausbaustandard gerechtfertigt.

Finanzen, Investitionen

Je nach finanzieller Lage eines Forstbetriebes können unterschiedlich hohe Investitionen in Maschinen, Geräte oder Erschliessungsanlagen getätigt werden. Die Investitionsmöglichkeiten müssen beurteilt, und deren Auswirkungen auf das Betriebsergebnis kalkuliert werden. Wenn allerdings Rückemaschinen wegen fehlender Feinerschliessung nicht zweckmässig eingesetzt werden können, wird sich dies negativ auf das Betriebsergebnis auswirken.

Nichtforstliche Ansprüche

Auch nichtforstliche Gegebenheiten können das Konzept und die Anlage der Feinerschliessung beeinflussen. So muss möglicherweise wegen einer Quellwasserfassung auf den Bau von Maschinenwegen verzichtet werden. Statt dessen muss der Seilkran für die Bringung des Holzes aus der Schutzzone eingesetzt werden.

2.2.5 Feinerschliessungskonzepte und Feinerschliessungsvarianten

Wahl des Feinerschliessungskonzeptes

Mit dem Kartierungsplan erhalten wir eine gute Übersicht über die Erschliessungs- und Geländebeziehungen. In einem ersten Schritt wird nun bestimmt, wo

Traktoreinsatz möglich ist, und wo nur noch der Seilkran in Frage kommt. Die Abgrenzung von Traktor- und Seilkranlagende und somit die Wahl der Feinerschliessungs- und Rückekonzepte, wird dabei hauptsächlich durch folgende Faktoren bestimmt:

- Lage und Dichte der vorhandenen Groberschliessung
- Möglichkeiten zur Ergänzung der bestehenden Groberschliessung
- Ausdehnung und Verteilung von befahrbaren Geländeteilen
- Ausdehnung und Verteilung von nicht befahrbarem Gelände, unterschieden nach bautechnischem Schwierigkeitsgrad
- negative Auswirkungen eines Maschinenwegbaus auf Hangstabilität und Landschaftsbild
- Höhe der Bau- und Unterhaltskosten für Maschinenwege
- Länge der Rückedistanzen auf Maschinenwegen
- zu rückende Holzmenge und Sortimente
- Eignung und Verfügbarkeit von Maschinen und Fahrzeugen

Grundsätzlich kommen drei Konzepte in Frage: «Rückegassen», «Maschinenwege» und «Seilkranlinien».

Für das Konzept «Rückegassen» sprechen:

- ausreichende Groberschliessung (Lage und Dichte) für die Anlage eines flächendeckenden Rückegassennetzes
- vorwiegend traktorbefahrbares Gelände mit guter Bodentragfähigkeit

Für das Konzept «Maschinenwege» sprechen:

- genügende oder ergänzungsfähige Groberschliessung
- Gelände, das nicht zu hohe Wegbau- und Unterhaltskosten verursacht
- kleiner Anteil von bautechnisch sehr schwierigem Gelände
- keine Probleme aus Sicht von Natur- und Landschaftsschutz
- verhältnismässig grosse Holznutzungsmenge
- gute Holzlagermöglichkeiten
- ausserforstliche Bedürfnisse

Für das Konzept «Seilkran» sprechen:

- minimale, schwer ergänzbare Groberschliessung
- sehr hohe Wegbau- und Unterhaltskosten
- sehr steiles und felsiges Gelände
- stark gegliederte Hänge mit Gräben, Runsen, Lawinenzügen
- instabile, vernässte Hänge (Flysch, Hanglehme) mit grosser Rutschgefahr
- schlechte Bodentragfähigkeit im flacheren Gelände (Flysch)
- rauhe, coupierte Bodenoberfläche (Blocküberlagerungen)

- keine nichtforstlichen Erschliessungsbedürfnisse
- Schutz von Natur und Landschaft
- grosses Unfallrisiko auf extrem angelegten Maschinenwegen
- eher kleiner Holzzuwachs (Nutzungsmenge)

Sind zwei Feinerschliessungskonzepte annähernd gleichwertig, ist, abgesehen von den betrieblichen Mitteln, die Wahl davon abhängig, wie stark die einzelnen Vor- und Nachteile gewichtet werden.

Eine Feinerschliessung mit Rückegassen und Maschinenwegen ist, ausser bei schlechten Witterungsbedingungen, ständig benützbar und bringt somit eine grössere Flexibilität bei der Waldbewirtschaftung. Auch in Katastrophenfällen ist ein schneller Zugang zu Schadengebieten gewährleistet.

Der Seilkran wird am gleichen Ort nur periodisch, oft in grossen Zeitabständen für die Holzbringung eingesetzt. Die Zufahrt zu den Beständen ist nur entlang der Groberschliessung möglich. Aus diesen Gründen werden Waldpflege-, Forstschutz- und andere Bewirtschaftungsmassnahmen oft nicht rechtzeitig ausgeführt. Die Waldbewirtschaftung erfolgt allgemein weniger intensiv. Das Holzrücken mit dem Seilkran ist dafür weniger witterungsabhängig. Deshalb sind Arbeitsumstellungen seltener notwendig als beim Rücken mit Traktor. Tabelle 6 dient als Entscheidungshilfe für die Wahl des Feinerschliessungskonzeptes.

Tab. 6. Kriterien zur Wahl des Feinerschliessungskonzeptes

Geländebe-fahrbarkeit	Hang-neigung	Baugrund	Bautechnische Schwierigkeiten	Feinerschlies-sungskonzept	Gestaltung der Rückegassen und Maschinenwege. Massnahmen.
befahrbar	0-10%	sehr gut/gut	klein ¹⁾	Rückegassen	In allen Richtungen befahrbar
		mittel	durchschnittl. ¹⁾	Rückegassen	Schlecht tragfähige Stellen leicht befestigt
	10-30%	sehr gut/gut	klein ¹⁾	Rückegassen	Anlage in Fallinie. Keine baulichen Trasseverbesserungen
		mittel	durchschnittl. ¹⁾	Rückegassen Maschinenwegteilstücke	Im Bereich von 30% kein systematisches Feinerschliessungsnetz möglich. Befahr-bare Geländeteile werden mit Rückegassen feinerschlossen, nicht befahrbare Teile mit Maschinenwegen. Lokal Befestigung.
nur begrenzt befahrbar	0-30%	schlecht	gross	Rückegassen Maschinenwegteilstücke	Kein systematisches Feinerschliessungsnetz möglich. Rückegassen und Maschinenweg-teilstücke, stellenweise befestigt
		sehr schlecht	sehr gross	Rückegassen Maschinenwegteilstücke Mobilseilkran	Erschliessung mit Rückegassen für Traktoren mit Niederdruckreifen. Kein systematisches Feinerschliessungsnetz, Ausnutzung von guten Geländeteilen. Stellenweise Entwässerung und Befestigung. Alternative: Mobilseilkran
nicht befahrbar	30-50%	gut bis mittel	durchschnittl.	Maschinenwege	Keine besonderen Massnahmen
		schlecht	gross	Maschinenwege Mobilseilkran	Teilweise Entwässerung und Befestigung der Maschinenwege
		sehr schlecht	sehr gross	Mobilseilkran konventioneller Seilkran	
	50-80%	gut bis mittel	durchschnittl. bis gross	Maschinenwege Mobilseilkran	Keine besonderen Massnahmen
		schlecht	gross	konventioneller Seilkran Mobilseilkran (in Ausnah-mefällen Maschinenwege)	Maschinenwege befestigt oder Traktor mit Breitreifen
		sehr schlecht	sehr gross	konventioneller Seilkran Mobilseilkran	
	>80%	gut bis mittel	sehr gross	konventioneller Seilkran Mobilseilkran	
		sehr schlecht	sehr gross	konventioneller Seilkran	

¹⁾ nur lokal

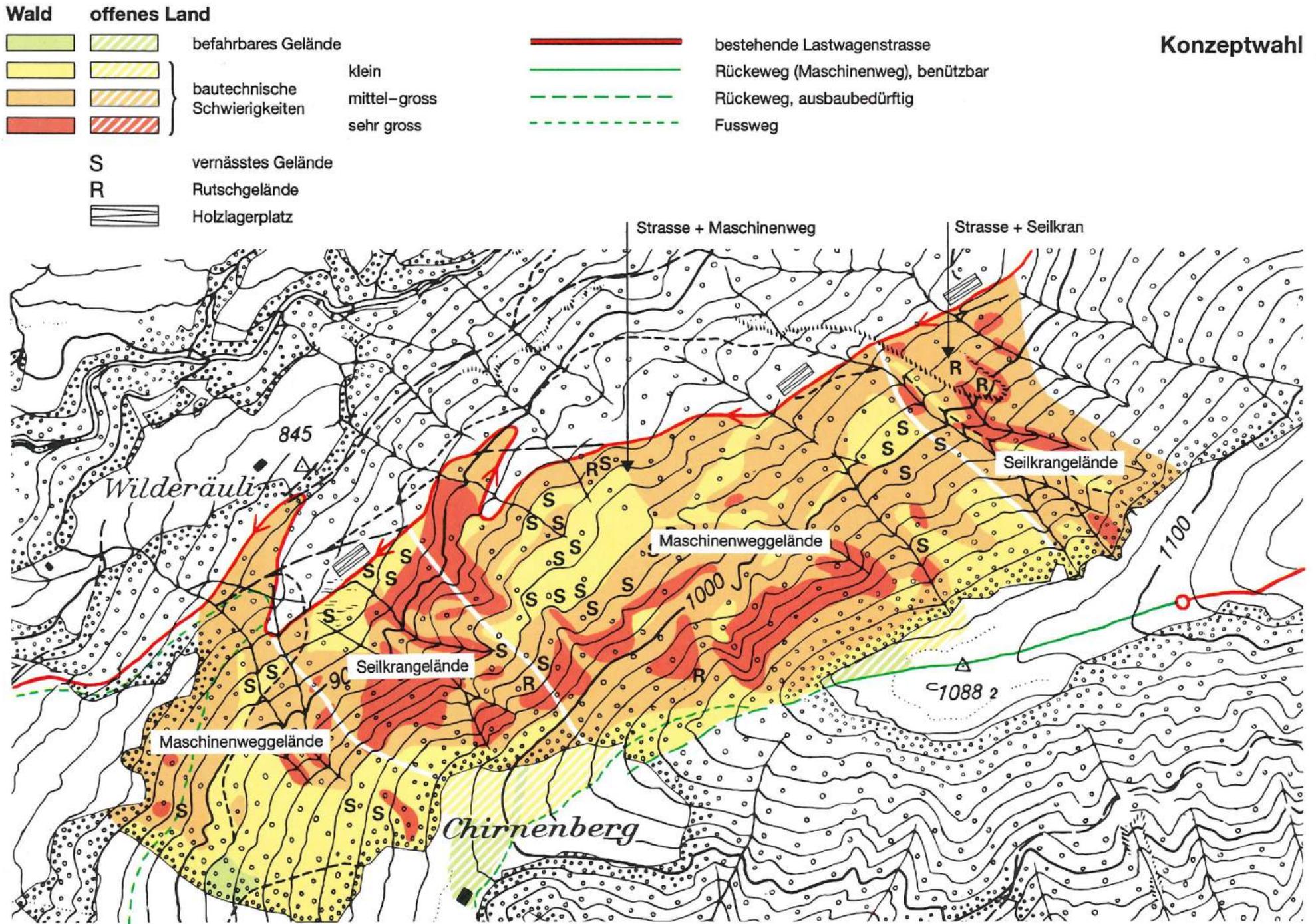


Abb. 9. Konzeptwahl. Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20.11.91.

Entwurf und Auswahl der Feinerschliessungsvarianten

In einem zweiten Schritt erfolgt die Planung der Feinerschliessungsnetze und -linien nach den vorgewählten Erschliessungs- und Rückekonzepten. Der Kartierungsplan dient dabei als Planungsgrundlage. Alle Varianten werden auf Transparentpapier oder Folien entworfen, und auf den Kartierungsplan aufgelegt. Auf diese Weise können Korrekturen vorgenommen werden, ohne dabei den Grundlagenplan zu beschädigen.

Bei einfachen Erschliessungsverhältnissen gibt es in der Regel verschiedene Möglichkeiten, ein Feinerschliessungsnetz in das Gelände zu legen. Mit zunehmenden Geländeschwierigkeiten sind immer weniger Varianten möglich. Das Anlegen der Feinerschliessung wird dadurch schwieriger.

Es lohnt sich, sorgfältig zu planen. Der vermeintlich hohe Aufwand für eine umfassende und systematisch durchgeführte Feinerschliessungsplanung ist in Wirklichkeit eine sich lohnende Investition. Unzweckmässige Erschliessungsanlagen verursachen durch erschwerte Rückebedingungen Kosten, welche die eingesparten Planungskosten um ein Vielfaches übersteigen.

Die Linienführung und der Abstand der Rücketrassen sind so zu wählen, dass die ganze Einheit vollständig erschlossen wird. Der Abstand der Rückelinien ist abhängig von den zum Einsatz gelangenden Maschinen, deren Ausrüstung und von den zur Anwendung gelangenden Arbeitsverfahren. Diese sollen rationell, sicher und bestandesschonend sein.

Gut befahrbares und bautechnisch einfaches Gelände muss optimal ausgenützt werden. Zudem sollen Gelände für Bodenseilzug, gute Maschinenstandorte, gute Verankerungsmöglichkeiten und günstige Ablegeplätze für einzelne Seilzuglasten soweit möglich erschlossen werden.

Die Feinerschliessung soll nicht nur die Anwendung rationeller Arbeitsverfahren erlauben und auf rücketechnische Belange ausgerichtet sein, sie muss auch ökologische Gesichtspunkte berücksichtigen und letztlich eine gesamtheitlich gute Lösung darstellen. Nach Möglichkeit sind deshalb verschiedene Erschliessungsvarianten auszuarbeiten und diese nach Vor- und Nachteilen zu vergleichen. Das Erkennen von positiven und negativen Punkten bei einzelnen Erschliessungslinien und das Beurteilen ganzer Varianten im gegenseitigen Vergleich erfordern gute Sachkenntnisse und auch praktische Erfahrung, insbesondere zum Bewerten nicht quantifizierbarer Aspekte.

Detailliertere Angaben zum Anlegen von Rückegassen, Maschinenwegen und Seillinien werden in den Teilen 3 (Rückegassen), 4 (Maschinenwege) und 5 (Seillinien) gemacht.

Der Vergleich verschiedener Varianten bezüglich deren Erschliessungseffekt im engeren und deren Nutzen im weiteren Sinn ist anhand folgender Kriterien vorzunehmen und zu beurteilen:

Bewertungskriterien für den Variantenvergleich bei den Feinerschliessungskonzepten «Rückegassen» und «Maschinenwege»:

Direkte Erschliessungswirkung	Länge der einzelnen Rückegassen/Maschinenwege (m) gesamte Länge aller Gassen/Wege in der Einheit (m) Wegdichte (m/ha) Abstand der Feinerschliessungslinien (m) Vorrückedistanzen zu den Rückegassen (m) Bodenseilzugdistanzen und Zureistdistanzen zu Maschinenwegen und Strassen (m) Distanzen von Leer- und Lastfahrt (m) Lage und Kapazität der Holzlagerplätze (m ³)
Nutzeffekt	Benützbarkeit der einzelnen Rückegassen/Maschinenwege (Bodentragfähigkeit, Witterungsabhängigkeit, Gefälle, Erosion) Beanspruchung der einzelnen Rückegassen/Maschinenwege (Anzahl Lastfahrten) Anteil des unumgänglichen Bergaufwärtsrückens mögliche Sortimentslängen Arbeitssicherheit und Ergonomie (Fahrsicherheit, Schwere der Seilzugarbeit) Bestandessicherheit (Einwirkungen von Wind, Schnee und Sonne auf die Weg- und Gassenränder) Natur- und Landschaftsschutz (Oekologie, Hangstabilität, ästhetische Wirkung) Anlage-, Bau- und Unterhaltskosten Zeit- und Kosteneinsparungen

Bewertungskriterien für den Variantenvergleich beim Feinerschliessungskonzept «Seilkranlinien»:

Direkte Erschliessungswirkung	Länge der einzelnen Seillinien, unterschieden nach Seillinienlänge wo Holz anfällt/nicht anfällt (m) Abstand der Seillinien (m) seitliche Zuzugsdistanzen (m) Lastfahrdistanzen (m) unterschieden nach Bergauf-/Bergabbringung, Kapazität der Holzabsenk- und Lagerplätze (m ³) Mobilseilkran-Standplätze
Nutzeffekt	Vor- und Nachteile des Seillinienverlaufes im Gelände (parallel, sternförmig, hangdiagonal, Hangfalllinie) Mast- und Trageilverankerungsmöglichkeiten Zufahrt und Fusswege für Materialbringung ins Seilgelände Holzanfall pro Seillinie und mögliche Sortimentslängen Landschaftsschutz (ästhetische Wirkungen) Arbeitssicherheit und Ergonomie (im Bestand und auf dem Absenk- und Lagerplatz) Installationsaufwand pro Seillinie Zeit- und Kosteneinsparung

Tab. 7. Vor- und Nachteile beim Vergleich von zwei Varianten. Es dürfen nur Varianten einander gegenübergestellt werden, die bezüglich Erschliessungs- und Nutzeffekt vergleichbar sind. Im folgenden werden ein relativ dichtes, gut ausgebautes Maschinenwegnetz, und ein weniger dichtes, minimal ausgebautes Netz miteinander verglichen. Im Vordergrund stehen die Vor- und Nachteile für das Holzlücken.

Normal dichtes Maschinenwegnetz mit gutem Ausbaustandard	Wenig dichtes Maschinenwegnetz mit minimalem Ausbaustandard
Vorteile	Vorteile
<p>weniger Lastfahrten pro Rückeweg kürzere Fahrdistanzen auf den Rückewegen</p> <p>kürzere Bodenseilzugdistanzen kein oder nur geringer Reistanteil auf Wegen und Strassen</p> <p>grössere Rückeleistung aufgrund kürzerer Rückedistanzen; Zeit- und Kosteneinsparung freie Kapazität für andere Arbeiten</p> <p>weniger Einschränkungen bei der Wegbenützung dank gutem Wegausbau</p> <p>bessere Voraussetzungen für kombinierte Arbeitsverfahren</p> <p>Arbeitserleichterungen, bessere Arbeitsbedingungen kürzere Auszugsdistanzen des Windenseils Verlagerung der Aufrüstarbeiten vom Bestand auf die Rückewege</p> <p>kleineres Unfallrisiko, grösserer Fahrkomfort bei gutem Ausbaustandard der Wege</p>	<p>bessere Schonung der Maschinenwege, bei schlechter Bodentragfähigkeit von besonderer Bedeutung</p> <p>kleinere effektive Bau- und Unterhaltskosten kürzere gesamte Weglänge tiefer effektive Bau- und Unterhaltskosten</p> <p>weniger Wegschneisen weniger Angriffsfläche für Wind, Schnee, Sonne, etc. kleinere Gefährdung der Bestandesstabilität</p> <p>weniger Eingriffe in Natur und Landschaft</p>
Nachteile	Nachteile
<p>höhere Bau- und Unterhaltskosten</p> <p>stärkere bauliche Eingriffe können störend auf die Natur und das Landschaftsbild wirken</p> <p>mehr Randzonen (Wegschneisen) als Angriffsfläche für Wind, Schnee, Sonne, etc.</p> <p>evtl. grössere Rutsch- und Erosionsgefahr</p>	<p>mehr Lastfahrten infolge grösserer Holzmenge pro Rückeweg längere Fahrdistanzen grössere Beanspruchung der Wege höherer Unterhaltsbedarf</p> <p>längere Bodenseilzug- und Reistdistanzen bei grösserem Wegabstand</p> <p>grösserer Zeit- und Kostenaufwand für das Rücken</p> <p>reduzierte Benützbarkeit von Wegen mit geringerem Ausbaustandard durch Witterungseinflüsse</p> <p>erhöhtes Unfallrisiko, Anteil Schwerarbeit gross</p> <p>ungünstige Voraussetzungen für kombinierte Arbeitsverfahren</p>

2.2.6 Überprüfen der Feinerschliessungsnetze im Gelände

Die zur Ausführung gelangende Feinerschliessungsvariante muss im Gelände auf ihre Realisierbarkeit überprüft werden. Oft müssen die geplanten Rückelinien noch besser an das Gelände oder an Strassenkrümmungen usw. angepasst werden. Grössere Linienverschiebungen sollten nach sorgfältiger Planung nicht mehr notwendig sein und unterlassen werden, weil sie sich ungünstig auf den Erschliessungswert der nächstliegenden Rückelinien auswirken. Falls ausnahmsweise grössere Linienverschiebungen unumgänglich sind, muss abgeklärt werden, ob nicht eine andere Variante günstiger wäre.

Die geplanten Rückegassen- und Maschinenweglinien werden zur Überprüfung provisorisch mit Bändern markiert. Erst wenn das ganze Feinerschliessungsnetz im Detail überprüft und definitiv festgelegt ist, sollen die Rückelinien mit dauerhafter Farbe bezeichnet werden.

Bei Seilkranlinien werden aufgrund der Anlageart nochmals der Erschliessungs- und Nutzeffekt überprüft. Für das Abstecken und Projektieren der Seilkranlinien empfiehlt sich der Gebrauch der Anleitung «Seilkran-Detailplanung» (AGGELER 1989).

2.3. Planungsaufwand

Je schwieriger die Geländebeziehungen sind, desto grösser wird der Aufwand für das Planen der Feinerschliessung, da mehr Abklärungen im Gelände notwendig sind. Es ist etwa mit folgendem Aufwand zu rechnen:

Kartieren

- in einfachem, übersichtlichem Gelände mit wenig Wechsel bezüglich Befahrbarkeit und bei ausgeglichenen Baugrundverhältnissen:
(1) –2 Tage für 100 Hektaren zu erschliessende Fläche.
- in uneinheitlichem, schwierigem Gelände mit kleinflächigem Wechsel der Befahrbarkeit und der bautechnischen Schwierigkeiten:
2–3 Tage für 100 Hektaren zu erschliessende Fläche.
- bei nur nach Hangneigung beurteilt vorwiegend befahrbarem Gelände, dessen Boden jedoch allgemein eine schlechte Tragfähigkeit aufweist (siehe Abb. 6, Spezial-Niederdruck-Breitreifen), rund 4 Tage für 100 Hektaren zu erschliessende Fläche.

Ausarbeiten von Varianten, Überprüfen und Kennzeichnen im Gelände

Der Aufwand für das Planen der Rückelinien sowie das Überprüfen und Kennzeichnen derselben im Gelände, ist von der Art und Dichte der Feinerschliessung und von den örtlichen Geländebeziehungen abhängig. In

der Regel erfordert ein dichtes Rückegassennetz einen etwas grösseren Planungsaufwand als die eher weitmaschigen Maschinenweg- und Seilkranliniennetze. Der Aufwand allein für das Ausarbeiten von Varianten beträgt rund 0,5–1 Tag für 100 Hektaren zu erschliessende Fläche.

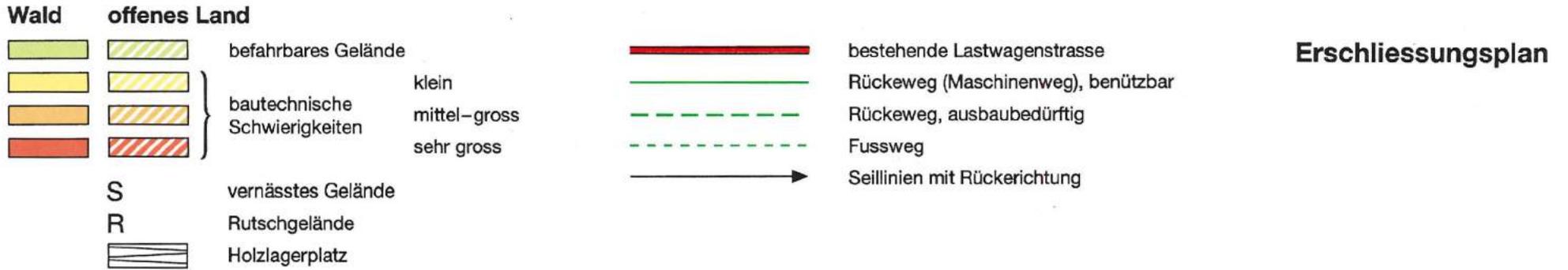
Das Überprüfen der Rückelinien bezüglich Lage und Nutzeffekt sowie das provisorische Markieren im Gelände, erfordern je nach örtlichen Verhältnissen und Schwierigkeiten weitere 1–3 Tage für 100 Hektaren zu erschliessende Fläche.

In diesem Aufwand ist das genaue Abstecken der Achsen bei Seilkranlinien und gegebenenfalls bei Rückegassen mit dem Kompass, sowie das Aushauen von Visierlinien in dichten Beständen nicht enthalten. Das Abstecken, Projektieren und Markieren von Seilkranlinien erfolgt erst unmittelbar vor der Holznutzung.

Je nach örtlichen Verhältnissen, besonders nach den geländebedingten Schwierigkeiten, beträgt somit der gesamte Planungsaufwand für die genannten Arbeiten 2,5 bis 8 Tage für 100 Hektaren zu erschliessende Fläche. Dieser relativ grosse Aufwand ist im Hinblick auf die zu erwartenden Einsparungen und Arbeitserleichterungen, aufgrund einer zweckmässigen Feinerschliessung, durchaus gerechtfertigt.

Tab. 8. Richtwerte für den Planungsaufwand (Kartieren, Ausarbeiten von Varianten, Überprüfen und Kennzeichnen im Gelände)

Geländebeziehungen	Feinerschliessung	Planungsaufwand (Tage) für 100 Hektaren
relativ einfaches, übersichtliches Gelände	Rückegassen	3,5
	Maschinenwege	3,0
	Seilkranlinien	2,5
uneinheitliches, schwieriges Gelände	Rückegassen	5,0
	Kombinationen von Rückegassen und Maschinenwegteilstücken	6,0
	Maschinenwege	4,5
	Seilkranlinien	4,5
Spezialfall Breitreifeneinsatz	Kombination von Rückegassen und Maschinenwegteilstücken	8,0



Erschliessungsplan

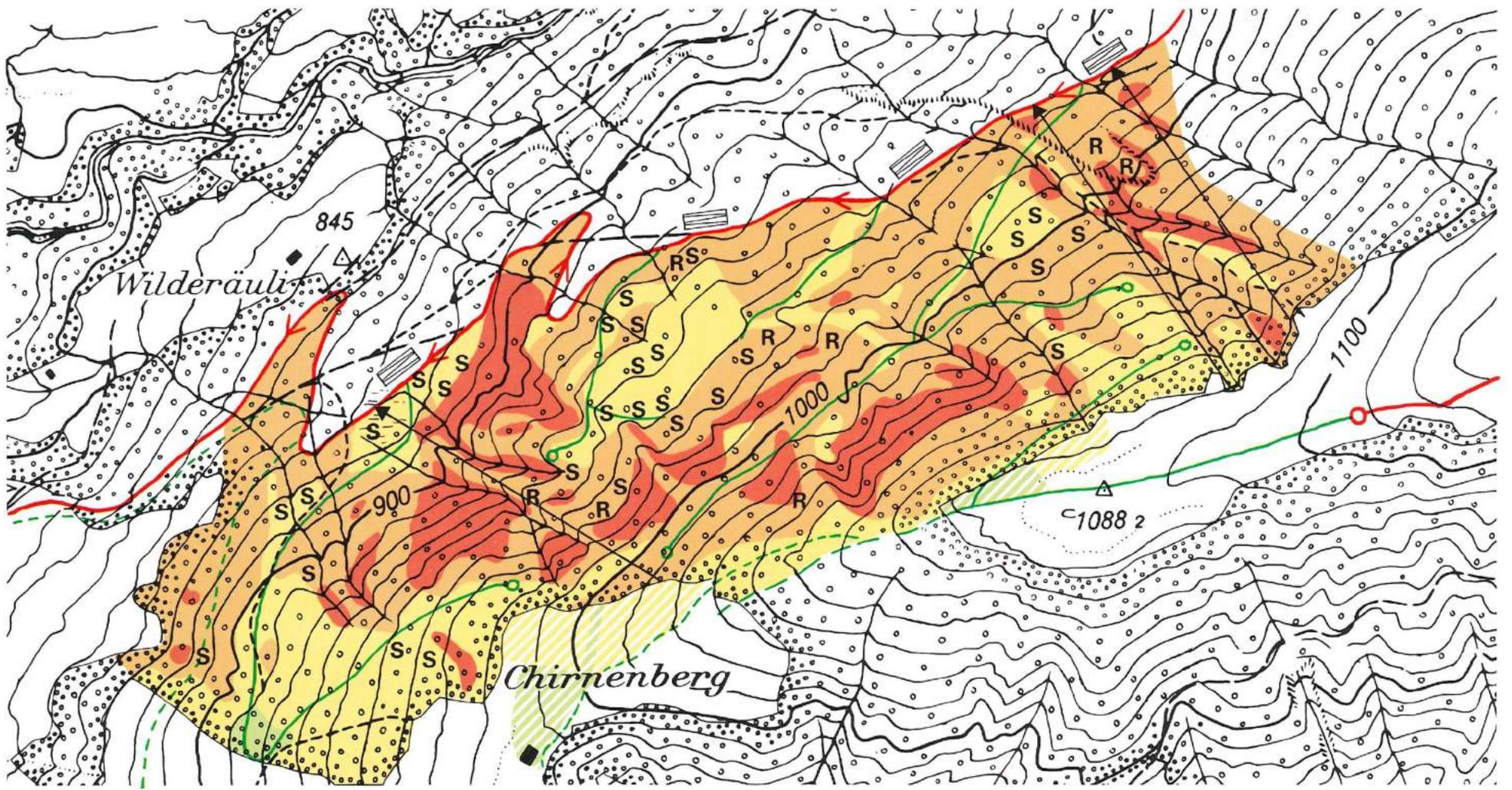


Abb. 10. Erschliessungsplan. Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20.11.91.

3 Die Detailplanung von Rückegassen

Als Grundlage für die Detailplanung von Rückegassen dienen die Geländekartierung und die Betriebsanalyse (siehe Kap. 2.2.3 und 2.2.4).

3.1 Anlage der Rückegassen

Von den bestehenden Waldstrassen ausgehend, sollen die Rückegassen unter Ausnützung positiver Geländegegebenheiten (Fixpunkte) den Bestand durch ein gleichmässiges Netz erschliessen. Bestehende Erd- und Fahrwege werden in dieses Netz übernommen, sofern sie in das Anlagesystem passen. Zur Überbrückung lokaler Hindernisse (Gräben, Böschungen, vernässte Stellen, Einfahrt in den Bestand) sind manchmal einfache bauliche Massnahmen notwendig.

In windexponierten Lagen ist bei der Anlage wegen der Bestandessicherheit die Windrichtung mitzubeherrschenden (Rückegassen nicht quer zu dieser anlegen). Im weiteren muss angestrebt werden, die Rückegassen optisch günstig in das Gelände zu legen, damit diese nicht den Eindruck einer Waldzerstückelung erwecken. Im besonderen können die Einmündungen in die Strasse mit einer leichten Kurve diesen Eindruck vermindern, weil damit nicht die ganze Gassenlänge einzusehen ist.

In schwierigen Geländebeziehungen darf der angestrebte Abstand der Rückegassen nicht zu allzu schematischen Netzen verleiten. Je schwieriger das Gelände, desto besser muss der Abstand der Rückegassen der Kleintopographie und den Bodenbeziehungen angepasst werden. Nötigenfalls sind nicht befahrbare Stellen mit Maschinenwegestücken zu überbrücken.

Die Erfahrung zeigt, dass bei der Anlage der Feinerschliessung oft eine Kompromisslösung zwischen Vor- und Nachteilen gefunden werden muss.

3.1.1 Linienführung

Die Rückegassen sollen so angelegt werden, dass das Holz ohne Beschädigung wirtschaftlich, mit geringem Unfallrisiko, geringer körperlicher Belastung des Personals und unter Schonung von Waldboden und Bestand gefällt und gerückt werden kann. Um dieses umfassende Ziel zu erreichen, sollen die Rückegassen:

- gerade verlaufen; wo dies nicht möglich ist, sollen sie der Lastlänge angepasste Kurvenradien aufweisen
- in der Falllinie verlaufen (bei Hangneigung über 10%)
- nicht steiler als 30 Prozent sein (Erosion, Unfallgefahr)
- möglichst direkt zur Strasse führen
- genügend grosse Einmündungswinkel oder -radien aufweisen
- dort an Strassen angeschlossen werden, wo genügend Holzlagermöglichkeiten vorhanden sind oder geschaffen werden können
- Rundfahrten ermöglichen
- möglichst wenig bauliche Massnahmen erfordern.

Dazu einige Erläuterungen:

Gerade Gassen

In uneinheitlichem Gelände mit Buckeln, Rippen, Senken, Mulden, Löchern, Blöcken, vernässten Stellen usw. können die Rückegassen unter Ausnützung von gut befahrbaren und gut tragfähigen Geländeteilen nicht immer gerade angelegt werden. Schwieriges Gelände beeinflusst auch die Wahl des Holzernteverfahrens und der Sortimentslängen. Wo Kurzholz manuell an die Rückegassen vorgerückt werden soll, sind diese so anzulegen, dass das Vorrücken möglichst abwärts in Senken und Mulden erfolgen kann, sofern dort die Bodentragfähigkeit zum Befahren ausreichend ist. In solchen Verhältnissen wird die Linienführung der Rückegassen letztendlich eine Kompromisslösung sein zwischen möglichst geradem Gassenverlauf, günstigen Bedingungen für das Vorrücken, genügender Bodentragfähigkeit und angemessenem Rückegassenabstand.

Keine Querneigung

Auf Rückegassen mit Querneigung wird der Boden bei der Hangschrägfahrt talseitig stärker belastet und es kann sich rasch eine Fahrspur bilden, in der sich Wasser sammelt. Der Boden wird aufgeweicht und die Querneigung wird bei weiterem Befahren laufend grösser. Das Rücken wird dadurch erschwert und das Unfallrisiko durch die zunehmende Kippgefahr des Fahrzeuges immer grösser.

Aufwärtsrücken

Hangaufwärts soll nur in Ausnahmefällen gerückt werden. Dabei sind 10 Prozent Steigung für Forstraktoren und 20 Prozent für Knickschlepper als oberste Grenzen zu betrachten. Beim Bergaufwärts reduziert sich das Lastvolumen mit zunehmender Steigung überproportional. Das Rückefahrzeug und die Fahrpiste werden übermässig beansprucht, weil infolge geringerer Griffigkeit mehr Schlupf entsteht. Bei leicht verletzbaren Böden wird beim Durchdrehen der Räder die oberste Bodenschicht schnell zerstört und es bilden sich Fahrspuren, die durch den Abfluss von Oberflächenwasser leicht zu Erosionsrillen werden können. Die Rückegassen werden bald unbenützbar.

Abwärtsrücken

Beim Abwärtsrücken von schweren Lasten und bei vereisten Trassen besteht erhöhte Unfallgefahr. Durch die Schubwirkung der Last kann die Kontrolle über das Fahrzeug verloren gehen. Die Steilheit der Rückegassen wird begrenzt durch die Bodenbeschaffenheit und die Art der eingesetzten Fahrzeuge. Die Arbeitssicherheit ist auf jeden Fall in den Vordergrund zu stellen.

Holzlagerplätze

Gute Holzlagermöglichkeiten müssen ausgenützt und die Rückegassen darauf ausgerichtet werden, soweit dadurch keine ungünstigen Rückegassenabstände entstehen.

Rundfahrten

Die Rückegassen sollen so angelegt werden, dass sie durchgehend befahren werden können. Eine Anlage mit Sackgassen ist möglichst zu vermeiden. Diese bedingen Rückwärtsfahrten oder Wendemanöver und erschweren damit insbesondere den Einsatz von Tragschleppern. Rundfahrten dagegen ermöglichen einen flüssigen und störungsfreien Fahrverkehr und erhöhen die Arbeitsleistung und die Arbeitssicherheit.

In Hanglagen ist anzustreben, die Leerfahrten über möglichst wenig geneigte Trassen auszuführen, auch wenn das eine längere Fahrstrecke als über das kürzeste Trasse zur Folge hat. Damit werden Boden und Fahrzeug geschont. Es ist deshalb ein in sich geschlossenes System von Rückegassen und Strassen anzustreben.

Fahrpistenverbesserungen

Bauliche Fahrpistenverbesserungen an Rückegassen erfordern Zeit- und Kostenaufwand. Sie lassen sich deshalb nur rechtfertigen, wenn sonst der Erschliessungswert der Anlage beeinträchtigt und die Benützbarkeit und die Fahrsicherheit stark reduziert würden.

Sammelgassen

Oft können einzelne Geländeabschnitte einer Feinerschliessungseinheit (Rückeeinheit) nicht direkt mit Rückegassen an die Strasse angeschlossen werden. In solchen Fällen muss die Verbindung zur Abfuhrstrasse mit einer sogenannten «Sammelgasse» hergestellt werden. Diese soll derart angelegt werden, dass sie ausser der Zubringerfunktion zur Abfuhrstrasse noch einen möglichst vollwertigen Erschliessungseffekt aufweist. Um der grösseren Belastung standzuhalten, müssen Sammelgassen meistens leicht befestigt werden. Oft kann das Anlagekonzept der Rückegassen so gewählt werden, dass alte, einfache, gut befahrbare Wege als Sammelgasse in die Erschliessung integriert werden können.

Ein alter, bestehender Erdweg wurde in die Feinerschliessung integriert (Abb. 11). Wegen schlechter Bodentragfähigkeit wurde dieser leicht befestigt und dient nun als «Sammelgasse» und «Zubringer» zur Stichstrasse. Bei dieser Anlage entfallen auf die einzelnen Rückegassen nur wenig Lastfahrten, der leicht verletzbare Boden wird weniger beansprucht. Die Stichstrasse wurde neu gebaut, weil das Holz nicht auf dem

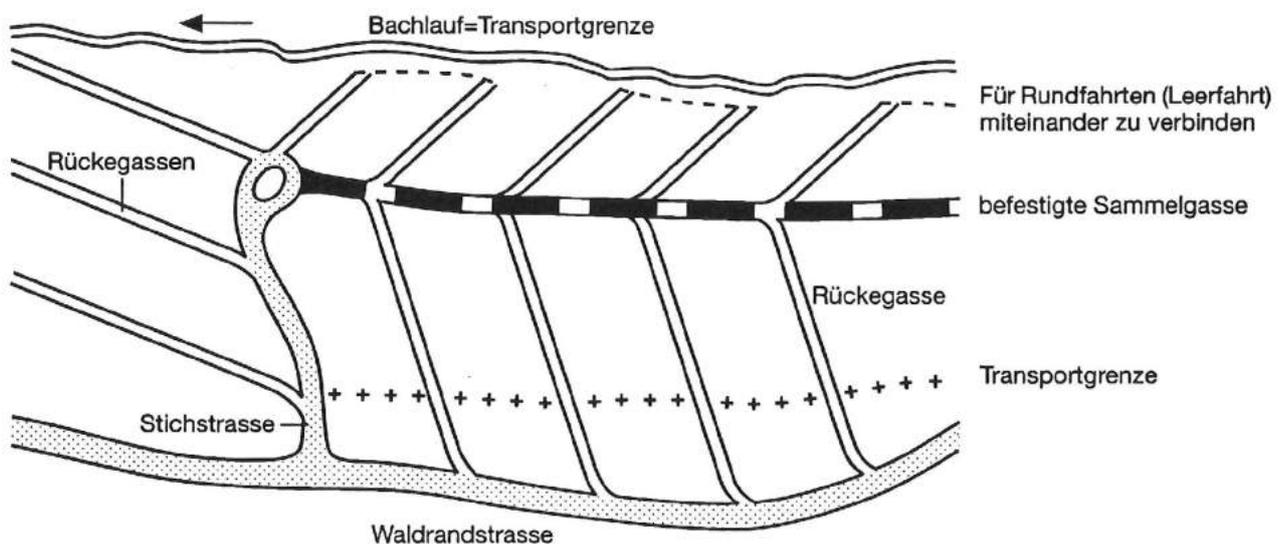


Abb. 11. Rückegassenanlage mit Sammelgasse.

offenen Land gelagert werden konnte, am Waldrand keine Lagermöglichkeiten bestanden und der Waldmantel nicht für neue Lagerplätze aufgerissen werden durfte.

3.1.2 Abstand

Der Abstand der Rückegassen muss jeweils den örtlichen Verhältnissen angepasst werden. Er richtet sich nach folgenden Gegebenheiten:

- den Geländeverhältnissen
- den Arbeitsverfahren und den zum Einsatz gelangenden Maschinen (Geländegängigkeit, Aktionsbereich)
- der Baumartenzusammensetzung und den Sortimenten
- den von Hand, mit Pferd oder mit Kleinseilwinde an die Rückegasse vorzurückenden Sortimentsanteilen.

Die Feinerschliessung soll nicht zu engmaschig, sondern so weitmaschig wie möglich angelegt werden, jedoch so, dass alles Holz ohne Befahren der Bestandesfläche erreicht werden kann. Zu grosse Abstände führen dazu, dass die Rückegassen immer wieder verlassen werden, wodurch vermehrt Boden- und Bestandesschäden entstehen. In Fällen, wo häufig kleinräumlich Geländebehindernisse umgangen werden müssen und deshalb kein regelmässiger Rückegassenabstand eingehalten werden kann, empfiehlt sich ein permanent gleichbleibender Abstand, unabhängig vom Bestandesalter. Die Empfehlung, in älteren Beständen nur noch jede zweite Rückegasse zu benützen, kann nur bei sehr systematisch angelegten Rückegassennetzen in einfachem Gelände und für langes Holz in Betracht gezogen werden. Im besonderen ist das der

Fall, wenn in jungen Nadelholzbeständen Vollerntemaschinen und Tragschlepper für die Aufarbeitung und das Rücken von Kurzholz (Kranlängen) eingesetzt werden, und später Langholz mit den herkömmlichen Verfahren aufgearbeitet und mit Traktoren gerückt wird.

Arbeitsverfahren und Feinerschliessung für den Einsatz von Vollerntemaschinen sind in Kapitel 2 beschrieben.

Tabelle 9 gibt Aufschluss über die anzustrebenden Rückegassenabstände.

Als Faustregel gilt: Rückegassenabstand = 1,5 Baum-längen.

Die angeführten Abstände gelten unter der Voraussetzung, dass die richtige Fällrichtung eingehalten wird. Der Fällwinkel zur Rückegasse hängt von der Entfernung zu dieser ab. Wird langes Holz ausgehalten, soll er in Gassennähe spitz sein und mit zunehmender Entfernung stumpfer werden. Bei kurzen Sortimenten kann durch senkrechtcs Fällen zur Rückegasse die Vorrückedistanz verkleinert werden.

Auswirkungen des Abstandes auf Rückeschäden

MENG (1978) hat folgenden Einfluss des Rückegassenabstandes auf die Rückeschäden festgestellt: Beim Rücken von langem Holz ergibt ein Rückegassenabstand von rund 40 Metern ein Minimum an Rückeschäden. Da die Rückekosten jedoch für einen kleineren Abstand sprechen, kann auch bis auf 30 Meter hinunter gegangen werden. Das Kurzholzverfahren mit Tragschlepper (Kranlängen sind vorgerückt) hat keine Zunahme der Schadenhäufigkeit zur Folge, auch wenn dazu ein dichteres Rückegassennetz mit mehr schadengefährdeten Randzonen benötigt wird.

Tab. 9. Rückegassenabstände bei gleichbleibendem und veränderbarem Netz in Abhängigkeit von der Holzlänge (ohne Einsatz von Vollerntemaschinen).

Holzlänge, Arbeitsverfahren	Rückegassenabstand (rechtwinklig gemessen)				
	bei systematischer Anlage und veränderbarem Netz		bei unregelmässiger Anlage und gleichbleibendem Netz		
<i>kurzes Holz</i> (Kranlängen) Sortimentsverfahren «kurz» (Tragschlepper, Rückezüge)	ohne oder mit händisch Vorrücken	Nadel- und Laubholz	25–30 m	Nadel- und Laubholz	25–30 m
	Vorrücken mit Pferd oder Kleinseilwinde		50–60 m		50–60 m
<i>langes Holz</i> Sortimentsverfahren «lang»		Nadelholz	50–60 m	Nadelholz	35–45 m
	Stammverfahren Vollbaumverfahren (Forstraktor und Seilwinde)	Laubholz /Mischwald	50 m	Laubholz /Mischwald	30–40 m

3.1.3 Einmündungswinkel

Die Rückegassen sollten in einem Winkel von 40–60 Grad auf die Strasse geführt werden. Der Einmündungswinkel ist von den Geländebeziehungen im Einmündungsbereich und von den Sortimentenlängen abhängig. Ein ungenügender Einmündungswinkel verursacht aufwendige Einschwenkmanöver und unnötige Rückschäden.

Erfahrungsgemäss fällt eine längere Fahrdistanz bei einer diagonalen Anlage der Rückegassen zeit- und kostenmässig weniger stark ins Gewicht als Einschwenkmanöver als Folge zu kleiner Einmündungsradien bei senkrechter Anlage der Rückegassen.



Abb. 12. Spitzwinklige Einmündung der Rückegasse in die Strasse.

Rechtwinklige Anlage

Die rechtwinklige oder senkrechte Anlage zur Abfuhrstrasse hat im wesentlichen folgende Vorteile:

- kleinstmögliche Länge der Rückegassen
- kleinstmögliche Rückedistanz

- geringer Holzanfall, gemessen an der Gassenlänge wenig Fahrzeugbewegungen pro Gasse, folglich geringere Beanspruchung der Fahrpiste (wichtig bei schlecht befahrbaren und wenig tragfähigen Böden).

Eine rechtwinklige Anlage setzt voraus, dass im Einmündungsbereich genügend Aktionsraum vorhanden ist, um problemlos mit der Last in die Strasse einfahren zu können. Wo lange Sortimente gerückt werden, muss von der senkrechten Anlage abgesehen werden, oder die Rückegassen müssen mit genügend grossen Kurven in die Strasse eingeführt werden. Einmündungen mit einer Kurve wirken optisch besser als ein gerader Verlauf. Die Rückegassen können so nicht in ihrer ganzen Länge eingesehen werden. Rechtwinkliges Einmünden ist notwendig, wenn steile Wegböschungen oder tiefe Strassengräben ohne bauliche Massnahmen überwunden werden müssen. Bei Hanglagen und Strassenböschungen, die nur in der Fallinie befahrbar sind, ist der Einmündungswinkel durch den Verlauf der Strasse vorgegeben. Wo dieser Winkel für die Einfahrt vorgesehener Lastlängen nicht ausreicht, müssen bauliche Anpassungen vorgenommen werden (Einlenker).

Diagonale Anlage

Damit Langholz ohne Probleme auf die Strasse gerückt werden kann, ist eine diagonale Anlage der Rückegassen vorteilhaft. Nachteilig im Vergleich zu einer rechtwinkligen Anlage sind:

- längere Rückegassen und folglich längere Rückedistanzen
- stärkere Beanspruchung der Fahrpiste, bedingt durch eine grössere Anzahl Lastfahrten pro Rückegasse
- mehr überschlossene Fläche in der Strassenrandzone

Zur Überwindung von Strassenböschungen sind meist bauliche Massnahmen erforderlich, um gefährliche Schrägfahrten zu vermeiden.

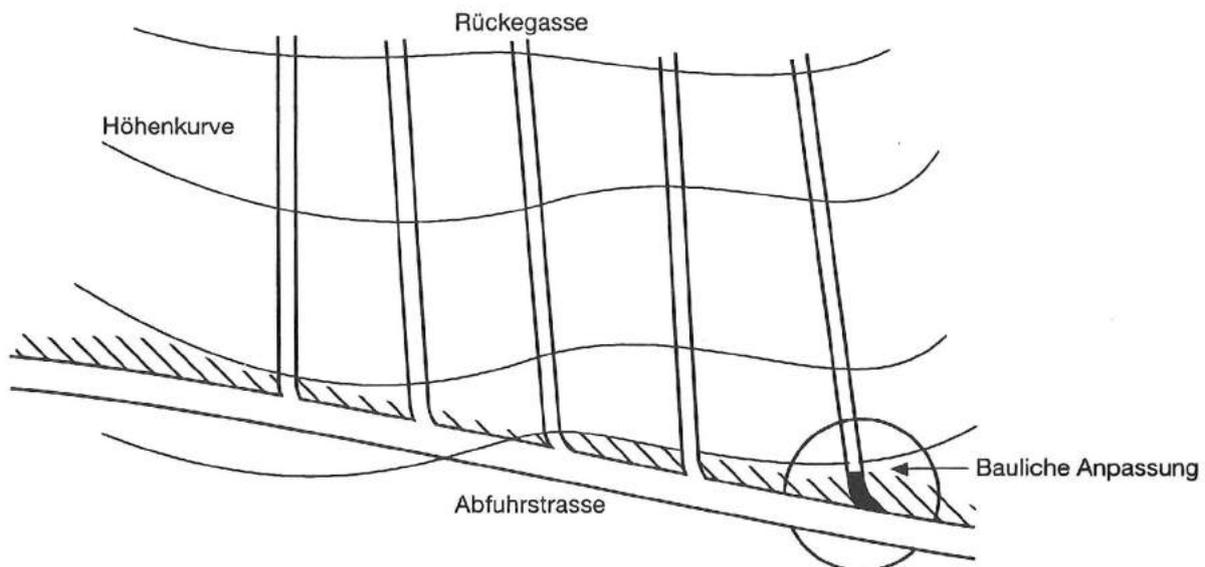


Abb. 13. Bauliche Anpassung der Rückegasse an die Strassenböschung für die Vergrösserung des Einmündungsradius.

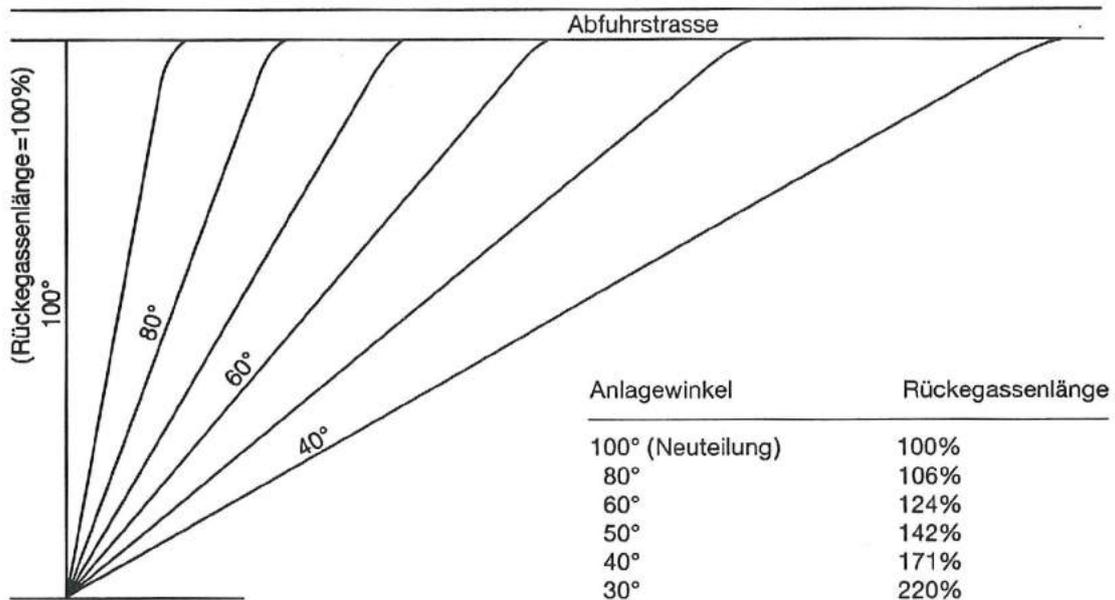


Abb. 14. Einfluss des Anlagewinkels auf die Länge der Rückegassen.

Welche Anlageart bevorzugt werden soll, ist von den örtlichen Gegebenheiten und Bedingungen abhängig. Die Frage muss im Einzelfall geprüft und entschieden werden.

3.1.4 Breite der Rückegassen

Die Breite der Rückegassen richtet sich nach den verfügbaren Rückemitteln. Als Richtgrösse gilt:
 Fahrzeugbreite + mindestens 1 Meter
 Das erfordert normalerweise Rückegassenbreiten von 3–3,5 Meter.

Zu schmale Rückegassen engen den Manövrierraum für die Rückefahrzeuge ein, behindern das Rücken und führen zu vermehrten Wurzel- und Stammfussbeschädigungen an den Randbäumen. Beim Befahren kleiner Bodenunebenheiten und leichter Querneigungen besteht die Gefahr, dass das Rückefahrzeug (Kabinenrahmen) Randbäume touchiert oder sogar eingeklemmt wird.

Verletzungen an den Randbäumen sind auch bei genügend breiten Gassen und sorgfältiger Arbeitsweise nicht ganz vermeidbar. Rückegassenrandbäume sollten deshalb nie als Zukunfts- oder Auslesebäume bestimmt werden. Verletzte Bäume am Rückegassenrand, die als Abweiser zum Schutz nebenstehender Bäume dienen, werden nicht gefällt, sondern für spätere Einsätze stehen gelassen. Falls aus Gründen der Bestandesstabilität und der Waldhygiene die Entfernung stark beschädigter Bäume notwendig wird, sollte mindestens der Stumpf als Abweiser belassen werden.

3.1.5 Kurvenradius

Der Kurvenradius ist abhängig von der Länge des zu transportierenden Stammes und der Weg-, bzw. Rückegassenbreite. Als Richtwerte können die Angaben im Schweizerischen Forstkalender (1979) verwendet werden.

$$\text{Kurvenradius} = \frac{\text{Stammlänge} \times \text{Stammlänge}}{4 \times \text{Rückegassenbreite}}$$

Beispiel: Stammlänge 25,0 m
 Gassenbreite 3,5 m

Rechnung: $(25 \times 25) : 4 \times 3,5 = 45,0$ m Kurvenradius

Tab. 10. Minimale Kurvenradien von Rückegassen in Abhängigkeit von der Holzlänge und der Rückegassenbreite (gilt auch für Maschinenwege)

Stammlänge (m)	Minimaler Kurvenradius (m) bei einer Trassenbreite von		
	3,0 m	3,5 m	4,0 m
10	8,0	7,0	6,0
15	19,0	16,0	14,0
20	33,0	29,0	25,0
25	52,0	45,0	39,0
30	75,0	64,0	56,0

Der örtlich notwendige Kurvenradius wird in den meisten Fällen nach persönlicher Erfahrung und ohne Zuhilfenahme einer Tabelle oder einer Berechnungs-

formel bestimmt. Es wird an Ort und Stelle unter Berücksichtigung der Holzlänge festgelegt, welche Bäume für eine angemessene Einmündung der Rückegassen in die Strasse entfernt werden müssen. Mit einer Trasseverbreiterung im Einmündungsbereich kann der Kurvenradius kleiner gehalten werden. Oft lässt sich eine Rückegasseneinmündung so an die Bestandesverhältnisse anpassen, dass nur wenig Bäume ausgehauen werden müssen.

3.2 Feinerschliessung für den Einsatz von Vollernte-Maschinen

3.2.1 Allgemeines

Vermehrt werden in traktorbefahrbarem Gelände für die Pflege von Nadelhölzern der Entwicklungsstufen starkes Stangenholz bis mittleres Baumholz auch Vollerntemaschinen (Harvester) eingesetzt. Die Grösse und die Leistungsfähigkeit einer solchen Maschine müssen auf die Entwicklungsstufe der zu pflegenden Bestände abgestimmt sein. Es gibt kleine, mittlere und grosse Vollernter. Sie unterscheiden sich nach:

Gewicht	4,50 bis 16,00 Tonnen
Länge	3,75 bis 7,17 Meter
Breite	1,80 bis 2,88 Meter
Kranreichweite	5,00 bis 10,20 Meter

Die Vollernter eignen sich in erster Linie für die Aushaltung von Kurzholz (Trämelängen). Dieses wird in der Regel mit dem Tragschlepper (Forwarder) an die Abfuhrstrasse gerückt. In Fällen, in denen die Feinerschliessung für den Einsatz von Vollerntern und Tragschleppern noch nicht besteht und neu angelegt wird, müssen bei der Planung unbedingt auch die weitere Bestandesentwicklung, die zukünftige

Sortimentsbildung und die Rückeverfahren mitberücksichtigt werden. Die Zeitspanne, in welcher der Tragschlepper zum Einsatz kommt, endet dann, wenn Langholz- und Starkholzsortimente anfallen. Die bestehende Feinerschliessung sollte nun auch für das Rücken dieser Sortimente noch tauglich sein. Daher müssen von Anfang an genügend grosse Einmündungswinkel oder -radien in die Strasse gewählt werden, auch wenn vorerst für den Forwardereinsatz senkrechte Einmündungen genügen würden. Anpassungen der Feinerschliessung an die zu rückenden Sortimente, die Maschinen und die Rückeverfahren sollten später nicht mehr vorgenommen werden müssen.

Vollerntemaschinen können in verschiedenen Arbeitsverfahren eingesetzt werden. Diese sind zum Teil abhängig von der Maschinengrösse und der Entwicklungsstufe. Nachfolgend werden die Arbeitsverfahren kurz beschrieben.

3.2.2 Beschreibung der Arbeitsverfahren mit zugehöriger Feinerschliessung

Verfahren A (Vorrücken)

Die Maschine bearbeitet von der Rückegasse aus die Kranzone (Reichweite des Kranes). In der für den Kran nicht erreichbaren Zwischenzone – diese entsteht bei einem Rückegassenabstand von mehr als zweifacher Kranreichweite – werden die Bäume motormanuell gefällt und dickkörtig an die Rückegassen vorgerückt. Der Rückegassenabstand kann bei diesem Verfahren beliebig gewählt werden. Je grösser der Abstand ist, desto grösser wird jedoch die Zwischenzone.

Vorteile: Kein Befahren der Bestandesfläche zwischen den Rückegassen, keine Bodenverdichtung, Erhaltung des vollen Produktionsvermögens.

Nachteile: Das Verfahren erfordert zwei getrennte Arbeitsphasen mit entsprechend hohem Organisations-

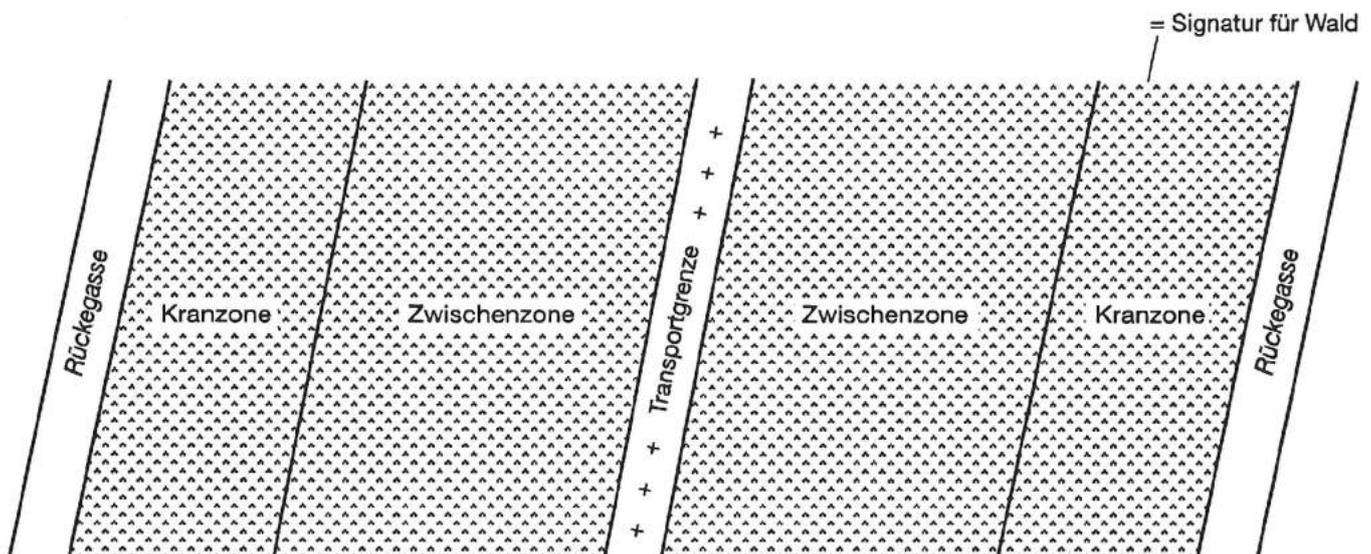


Abb. 15. Rückegassen- und Zonenverteilung bei Arbeitsverfahren A.

aufwand und zusätzlichem Personal und Geräten für das Vorrücken. Das motormanuelle Fällen und Vorrücken ist gegenüber reinem Vollerntereinsatz teurer.

Verfahren B (Hilfsgassen)

Die Maschine bearbeitet zuerst die Kranzonen von den Rückegassen aus. Sie verschiebt sich anschliessend in den Bestand, wo sie auf zwei schmalen Hilfsgassen arbeitet. Sie entnimmt die Bäume bis zur Transportgrenze und legt das fertig aufgearbeitete Holz in den Kranbereich des später folgenden Rückezuges ab.

Dieses Verfahren eignet sich nur für kleine Maschinen. Der Abstand der Rückegassen wird durch die

Reichweite des Kranes beeinflusst. Bei 5 Meter Reichweite darf der Abstand maximal 30 Meter betragen. Die Breite der Rückegassen richtet sich nach der Breite des Rückefahrzeuges und die Breite der Hilfsgassen nach der Breite des Vollernters. Die Hilfsgassen werden durch das Rückefahrzeug nicht befahren.

Vorteile: Reine Vollernterarbeit ist aus Sicht von Arbeitssicherheit und Ergonomie vorteilhaft, indem gefährliche und schwere Handarbeit entfällt. Zudem ist das Verfahren rationell und wirtschaftlich.

Nachteile: Es wird mehr Bestandesfläche für die Feinerschliessung benötigt als bei Verfahren A und der Anteil an befahrener Fläche ist grösser.

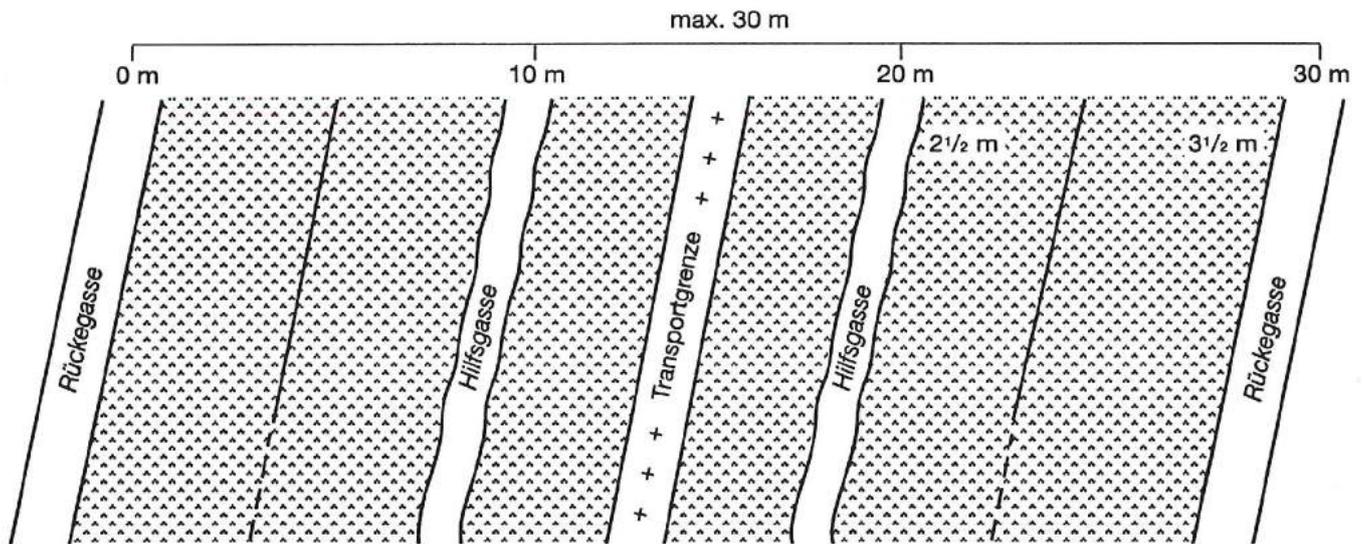


Abb. 16. Feinerschliessung mit Rücke- und Hilfsgassen bei Arbeitsverfahren B.

Verfahren C (Stichgassen)

Die Maschine bearbeitet auf der Rückegasse die Kranzonen und verschiebt sich fortlaufend auf seitlichen Stichgassen in den Bestand hinein, wo sie die Bäume im Kranbereich aufarbeitet. Der Abstand der Rückegassen kann rund 30 m betragen. Je grösser der Abstand ist, desto länger müssen die Stichgassen

sein. Der Abstand der Stichgassen richtet sich nach der Kranreichweite, sie werden versetzt in einem Winkel von 50 Grad angelegt.

Vorteile: Die ganze Fläche kann mit dem Vollernter abgedeckt und bearbeitet werden. Die Stichgassen können bei richtiger Anlage für das spätere Rücken von Langholz benützt werden.

Tab. 11. Wahl der Arbeitsverfahren in Abhängigkeit von der Maschinengrösse und der Entwicklungsstufe

Maschinen-Kategorie	Entwicklungsstufe	Einsatzbereich			Arbeitsverfahren	Feinerschliessungsmittel
		min.	BHD (cm) optimal	max.		
«klein»	mittleres bis starkes Stangenholz	6	14–20 16	30	A Vorrücken B Hilfsgassen	Rückegassen Rücke- und Hilfsgassen
«mittel»	starkes Stangenholz schwaches Baumholz	8	20–26 22	40	A Vorrücken C Stichgassen D Kranzone	Rückegassen Rücke- und Stichgassen Rückegassen
«gross»	schwaches bis mittleres Baumholz	10	26–30 28	50	A Vorrücken D Kranzone	Rückegassen Rückegassen

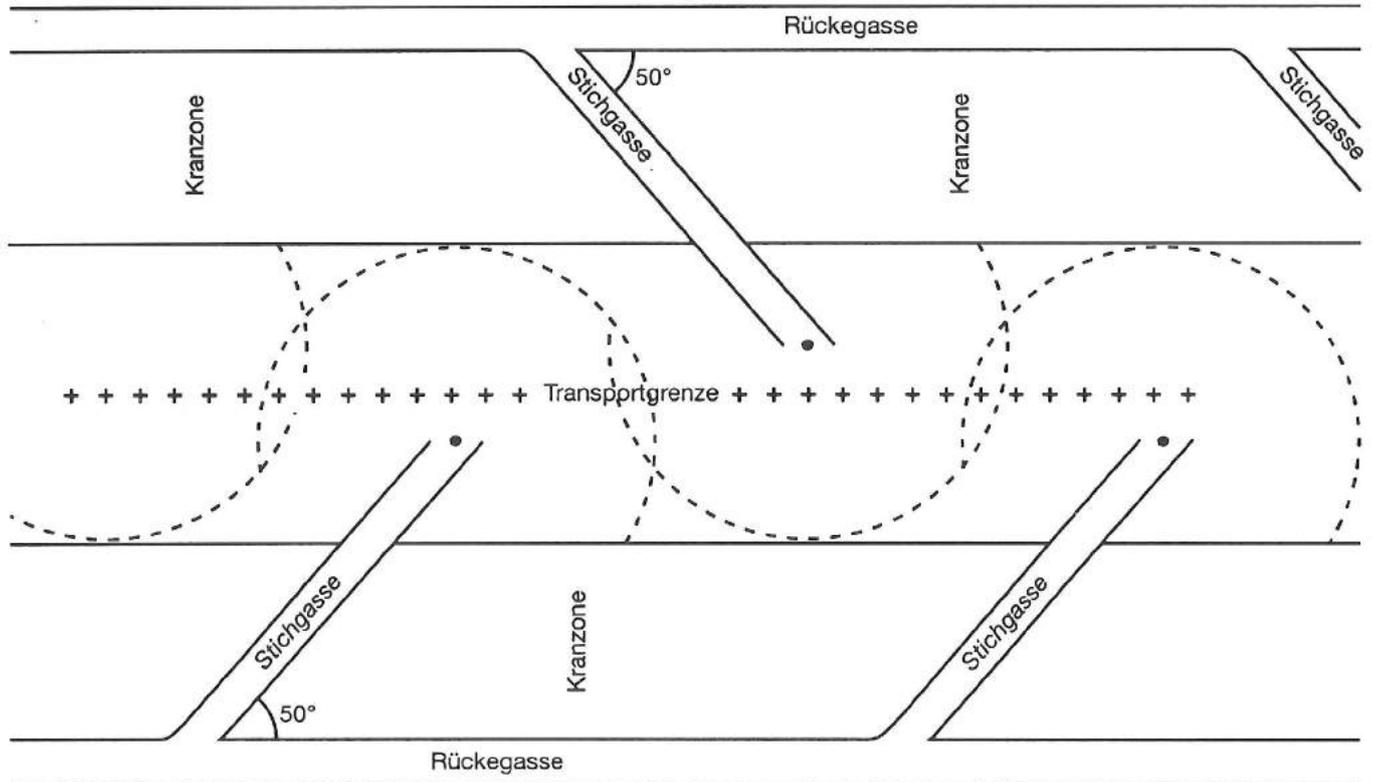


Abb. 17. Rückegassen- und Stichgassenanlage bei Arbeitsverfahren C.

Nachteile: Der Bedarf an Bestandesfläche für die gesamte Feinerschliessung ist relativ gross. Die Bestandesstabilität kann durch den Gassenaushieb gefährdet werden. Ein möglicher Ertragsverlust ist nicht auszuschliessen. Ein schonendes Befahren der Stichgassen ist nur mit sehr wendigen Maschinen möglich.

Verfahren D (Kranzone)

Die Maschine arbeitet nur auf den Rückegassen, es sind keine Hilfs- und Stichgassen erforderlich. Der Rückegassenabstand wird so gewählt, dass keine Zwischenzone entsteht. Damit entfällt das Fällen und Vorrücken. Der Rückegassenabstand darf die doppelte Kranreichweite nicht übersteigen.

Vorteile: Bei konsequenter Einhaltung des Verfahrens wird ausser den Rückegassen keine weitere Bestandesfläche befahren. Das Arbeitsverfahren ist sehr rationell.

Nachteile: Die Rückegassen nehmen einen hohen Anteil von der Produktionsfläche ein. Die Bestandesstabilität kann je nach Gassenrichtung (Wind) erheblich gefährdet sein. Optisch ergibt sich das Bild einer Bestandeszerstückelung. Die Gefahr besteht, dass mit dem Vorderteil der Maschine seitlich in den Bestand hineingefahren wird. Die effektiv befahrene Bestandesfläche beträgt in diesem Fall wesentlich mehr als nur die vorgegebene Rückegassenfläche.

3.3 Beispiele von Rückegassenanlagen

Oft ist aufgrund der Flächenform, der Steilheit des Geländes und der Lage der Strassen das Anlagekonzept der Rückegassen vorgegeben.

Eine rechtwinklige Anlage der Rückegassen zur Strasse ergibt minimale Gassenlängen und somit kurze Rückedistanzen. Mit kurzen Rückegassen wird jedoch nicht immer zum vornherein auch die gesamthaft kürzeste Gassenlänge einer ganzen Feinerschliessungs- oder Rückeeinheit erzielt.

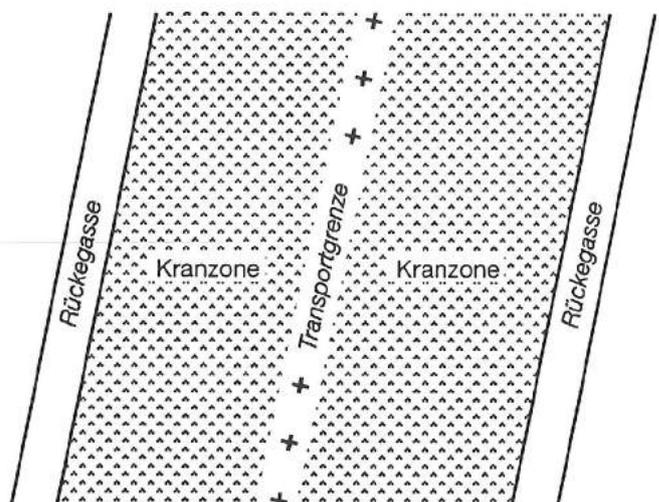


Abb. 18. Rückegassen und Kranzonen bei Arbeitsverfahren D.

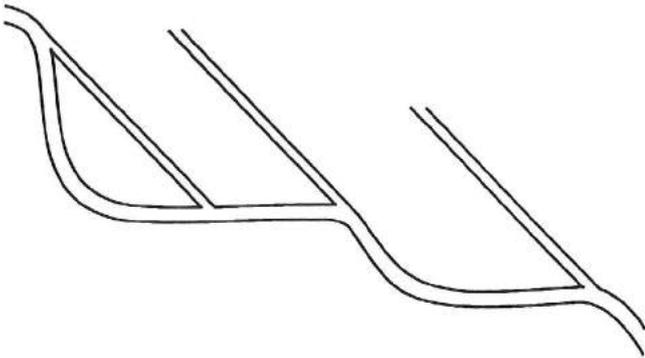


Abb. 19. Ausnützung von Strassenkurven und -krümmungen.

Grundsätzlich sind Strassenkreuzungen, Strassenverzweigungen und Strassenkrümmungen bei der Anlage der Rückgassen auszunützen. Der Abstand der Gassen darf sich dabei jedoch nicht so stark verändern, dass eine Einbusse am Erschliessungswert entsteht.

Mit den nachfolgenden Beispielen soll der Einfluss der Rückgassenanlage auf die gesamte Rückgassenlänge, die Anzahl Gassen und Einmündungen sowie den Erschliessungseffekt (Übererschliessung) bei ungefähr gleichem Abstand aufgezeigt werden.

3.3.1 Ebenes Gelände

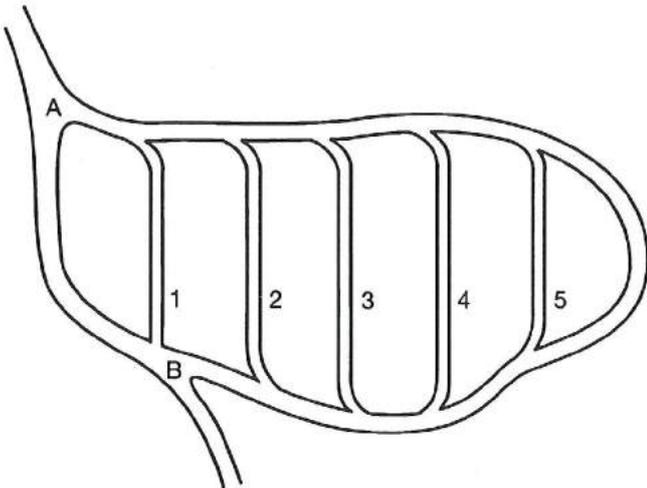


Abb. 20a. Senkrechte, parallele Anlage mit 5 Gassen.

Werden die Rückgassen senkrecht angelegt, kann die Strassenverzweigung A nicht ausgenützt werden. Die Rückgasse 1 ist auf die Strassenverzweigung B hin orientiert und kann ohne Einmündungskurve benützt werden. Die Rückgassen 2–5 müssen, je nach Strassenlage, mit Kurven in die Strasse eingeleitet werden. Die Übererschliessung im Strassenbereich ist klein.

Für den Vergleich mit den folgenden Beispielen wird die gesamte Rückgassenlänge dieser Anlage mit 100% angenommen.

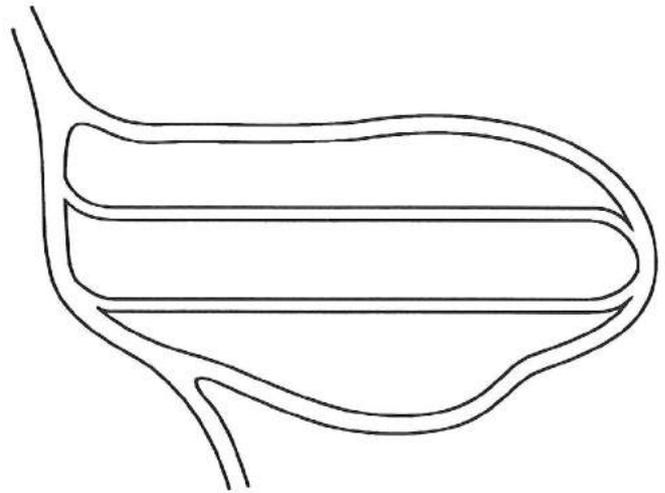


Abb. 20b. Längs-parallele Anlage mit 2 Gassen.

Rückgassen sollten grundsätzlich nicht über längere Distanzen parallel zur Abfuhrstrasse verlaufen, auch wenn so weniger Rückgassen notwendig sind. Die langen Rückedistanzen mit starker Beanspruchung der Gassen wirken sich insbesondere auf schlecht tragfähigen Böden nachteilig aus. Die Anlage längs zur Strasse ist ausnahmsweise vertretbar, wenn möglichst wenig Gasseneinmündungen entstehen sollen, oder wenn die Windrichtung berücksichtigt werden muss. Sehr gute Bodentragfähigkeit und genügend Holzlagermöglichkeiten beim Einmündungsbereich sind allerdings Voraussetzung. Die gesamte Gassenlänge beträgt in diesem Beispiel 92 Prozent.

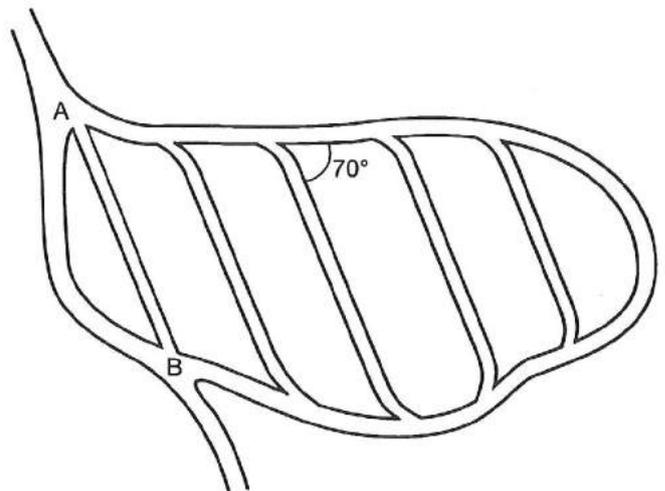


Abb. 20c. Leicht diagonale Anlage mit 5 Gassen.

Mit leicht diagonalen Gassenanlage von rund 70 Grad werden die Strassenverzweigungen A und B ausgenützt. Dabei entsteht jedoch ein zu kleiner Gassenabstand zur Strasse, was eine Übererschliessung zur Folge hat. Die gesamte Rückgassenlänge beträgt 107 Prozent.

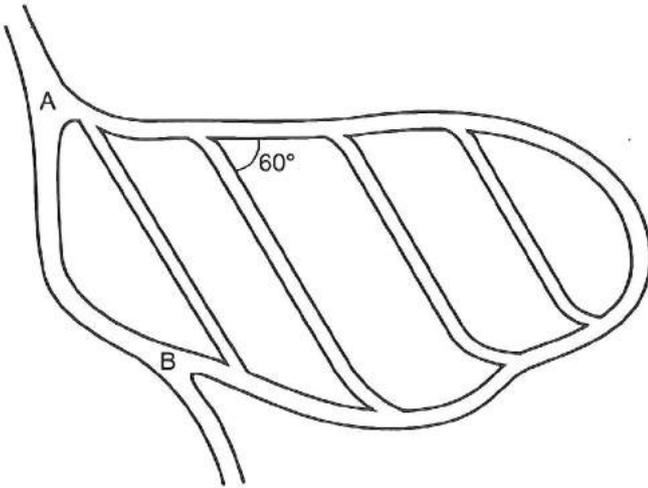


Abb. 20d. Diagonale Anlage mit 4 Gassen.

Mit einer diagonalen Gassenanlage von rund 60 Grad kann die Strassengabelung B nicht mehr ausgenützt werden. Dagegen kann die ganze Fläche mit vier Rückegassen erschlossen werden. Ein ungünstiger Strassenverlauf, bzw. die Waldflächenform erfordern auch hier einige Einmündungskurven. Die Übererschliessung ist geringer als bei Abb. 20c. Die gesamte Länge entspricht mit 102 Prozent annähernd der senkrechten Anlage (Abb. 20a).

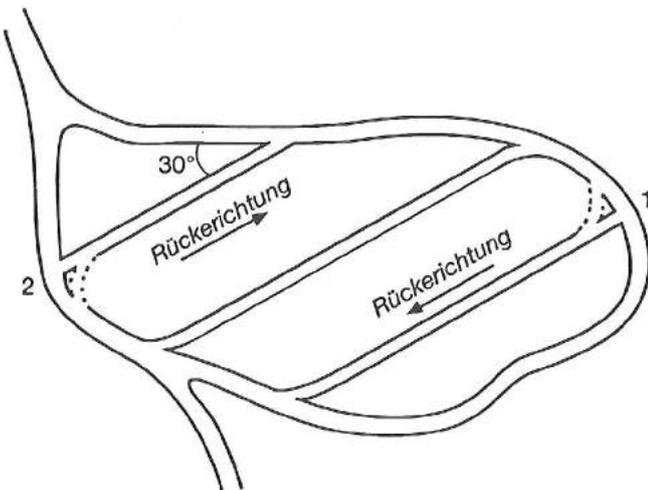


Abb. 20e. Diagonale Anlage mit 3 Gassen.

Hier handelt es sich um eine ausgesprochen diagonale Gassenanlage von ca. 30 Grad. Die Fläche lässt sich mit drei Gassen erschliessen. Bei den Punkten 1 und 2 entsteht eine rechtwinklige Einmündung. Die Gassen sind dort nur für die Leerfahrt in den Bestand zu gestalten, denn kleine Kurvenradien sind für das Rücken von langen Sortimenten nicht ausreichend. Mit grossen Radien wird die Übererschliessung in Strassennähe relativ gross. Die Lastfahrt in nur einer Richtung hat grosse Rückedistanzen und hohe Beanspru-

chung der Gassen zur Folge. Bei den Gassenausfahrten sind grosse Lagerplätze notwendig. Die gesamte Gassenlänge beträgt 85 Prozent.

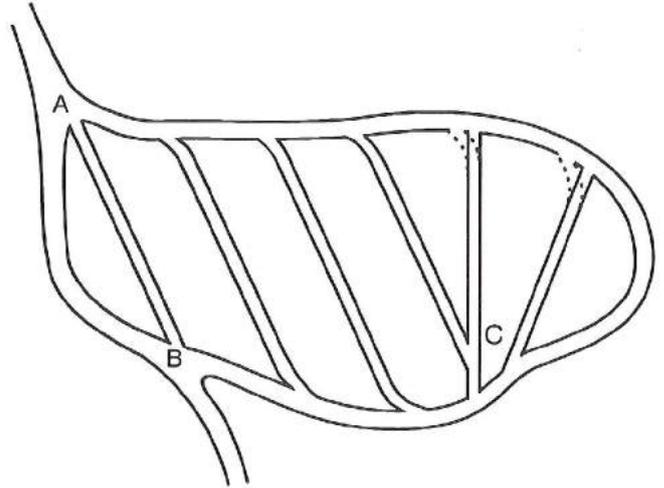


Abb. 20f. Kombinierte Anlage mit 6 Gassen.

Der Wechsel von der parallelen Anlage zur V-förmigen Anlage, welche eine bessere Ausnützung der Strassenkrümmung C erlaubt, lohnt sich nicht. Es entsteht eine starke Übererschliessung bei C. Die gesamte Gassenlänge beträgt 129 Prozent.

3.3.2 Leichte Hanglage

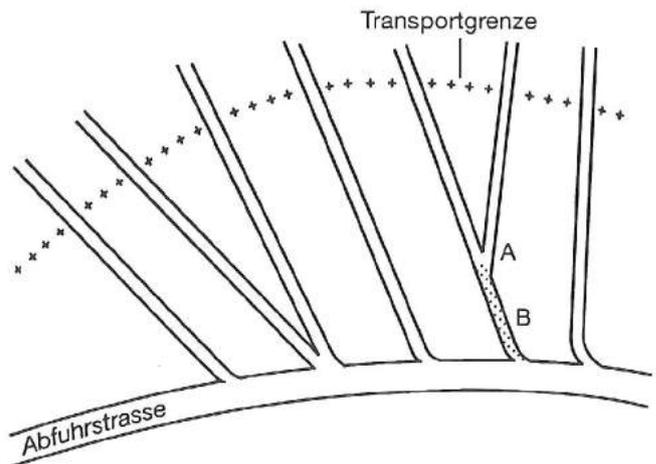


Abb. 21. Leichte Hanglage mit V-förmiger Anlage.

Damit die Hangfalllinie eingehalten werden kann (Vermeidung gefährlicher Schrägfahrten), ist eine Anpassung der Rückegassen an das Gelände mit V-förmiger Rückegassenanlage notwendig. Dabei sollten Rückegassen nur in eine andere Gasse eingeführt werden (A), wenn keine andere Lösung möglich ist. Das stark belastetes Teilstück B muss bei empfindlichen Böden

befestigt werden. Eine gewisse Übererschliessung ist bei dieser Anlageart in Kauf zu nehmen, weil die Arbeitssicherheit Vorrang hat.

3.3.3 Steile Hanglage

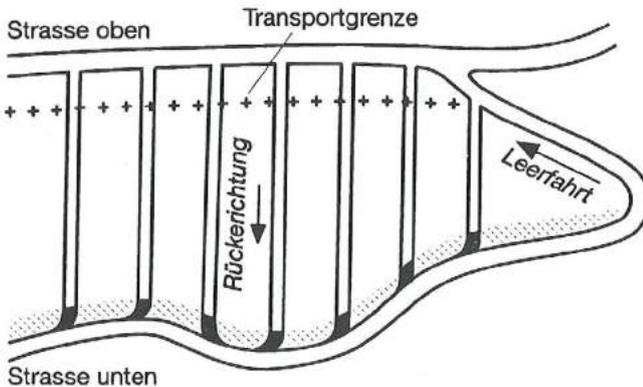


Abb. 22. Rückengassenanlage in Hangfalllinie mit baulichen Anpassungen im Bereich der Strassenböschung unten.

Der steile Hang ist mit Last nur abwärts befahrbar. Die Einfahrt über die Strassenböschung in die Strasse erfordert bauliche Anpassungen in Form von Maschinenwegstücken mit genügendem Kurvenradius. Oben kann die Einfahrt in den Bestand senkrecht ab der Strasse erfolgen. Bauliche Massnahmen sind dort nicht nötig. Zur Schonung der Rückegassen sollte die Leerfahrt (Bergfahrt) über die Strasse erfolgen. Das Holz oberhalb der Transportgrenze wird im Bodenseilzug direkt auf die Strasse gezogen.

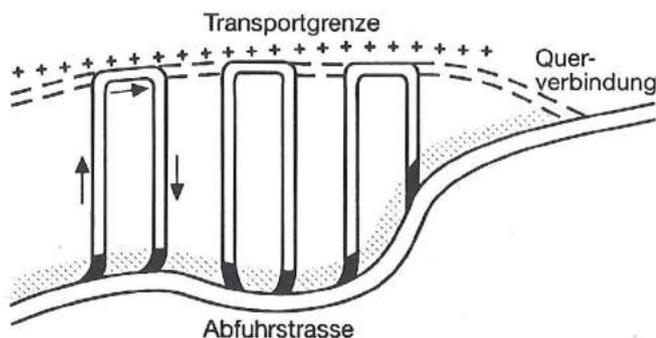


Abb. 23. Gassenanlage in Hangfalllinie mit Querverbindung für Rundfahrten.

Falls nur talseitig eine Strasse vorhanden ist, sollen immer 2 Rückegassen an der Transportgrenze miteinander verbunden werden, so dass Rundfahrten möglich sind. Unter Umständen ist es zweckmässig, oben eine durchgehende Querverbindung zu erstellen (Leerfahrt, zusätzliche Erschliessung).

3.4 Erstellen von Rückegassen

3.4.1 Abstecken

Parallel-Verschiebung

In einfachem Gelände mit guter Bestandesdurchsicht kann bei paralleler Rückegassenanlage wie folgt vorgegangen werden:

- Linienverlauf (Achse) der ersten Rückegasse aufgrund der gewählten Anlagevariante bestimmen und im Gelände markieren
- rechtwinklig von der ersten Achse den gewählten Gassenabstand zur zweiten Gasse abmessen (zwei Punkte zum Einvisieren)
- Einvisieren und zweite Gassenachse markieren (Markierband)
- jede folgende Rückegasse auf gleiche Weise abmessen, einvisieren und markieren.

Visieren mit Kompass

Bei ungenügender Bestandesdurchsicht, z.B. in dicht geschlossenen Nadelholzbeständen (Dickungen), kommt das Verfahren «Visieren mit dem Kompass» zur Anwendung:

- Azimut der ersten Gasse bestimmen
- Kompass an der Einfahrt zur ersten Gasse fixieren
- fortlaufend die Visierlinie aushauen (Gertel)
- Zwischenkontrolle mit Messband zur ersten, bzw. vorherigen Rückegasse, Visierlinie gegebenenfalls korrigieren
- jede folgende Gasse mit gleichem Azimut und Vorgehen in den Bestand einlegen

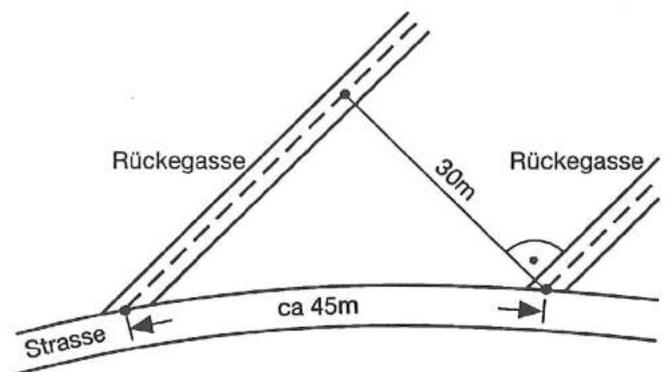


Abb. 24. Abmessen des senkrechten Rückegassenabstandes.

Vorsicht: Bei Anlage der Rückegassen diagonal zur Strassenachse darf der gewählte Rückegassenabstand nicht fälschlicherweise auf der Strassenachse abgemessen werden. Sonst entsteht ein kleinerer Gassenabstand als vorgesehen. Das richtige Vorgehen ist in obenstehender Skizze dargestellt.

Die Absteckung der Rückegassen soll, je nach örtlichen Verhältnissen, während der Vegetationsruhe in unbelaubtem Zustand zwecks besserer Durchsicht der Bestände erfolgen.

Das Abstecken und den Aushieb der Visierlinie besorgen zwei Mann, in der Regel der Förster und ein Gehilfe. Dazu wird folgendes Material benötigt:

Grundlagenplan mit gewählter Erschliessungsvariante
Jalons
Kompass
Messband
Markierbänder
Gertel, Axt, leichte Motorsäge

In unübersichtlichen Beständen können als Folge ungenauen Absteckens der Rückegassen Linienkorrekturen notwendig werden. Damit nicht breitere Gassen entstehen als anfänglich vorgesehen, ist vorerst nur eine schmale Schneise auszuheuen und erst nach dem Überprüfen der Linie die volle Gassenbreite. Zu breite Rückegassen sind oft Anlass zu Kritik und Argumenten gegen die Feinerschliessung, zum Beispiel Verlust an Holzproduktionsfläche und Bestandesgefährdung durch Wind, Schnee und Käferbefall. Diese Einwände sind insofern zu relativieren, als erst Rückegassennetze mit Abständen von rund 20 Metern und 4 Meter breiten Gassen, hinsichtlich eines Ertragsverlustes und herabgesetzter Bestandessicherheit als kritisch zu beurteilen sind. (Quelle: Waldschonende Holzernte. Tagungsführer; Ruhpolding, Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, 1985.)

3.4.2 Zeitpunkt des Anlegens

Wegen der Übersicht ist es vorteilhaft, die Rückegassen im Jungwuchs- oder Dickungsstadium anzulegen. Das gilt vor allem bei sich später dicht schliessenden Nadelholzbeständen.

Rückegassen werden spätestens vor dem ersten Eingriff, bei dem verwertbares Holz anfällt, angelegt. Grundsätzlich sollten sie so früh angelegt werden, dass keine labilen Bestandesränder entstehen.

Falls Rückegassen erst in jungen, dicht stehenden Durchforstungsbeständen angelegt werden, ist der Bestandesstabilität ganz besonders Beachtung zu schenken. In Wind- und Nassschneelagen besteht grosse Gefahr von Folgeschäden durch eine Freistellung. In solchen Fällen hat es sich bewährt, den Aushieb für die Rückegassen ein bis zwei Jahre vor dem Pflegeeingriff im Bestand auszuführen.

Bei einer Bestandesbegründung mittels Pflanzung, stellt sich die Frage, ob die Rückegassen ausgepflanzt werden sollen oder nicht. In Fällen, wo konsequent von der Transportgrenze ausgehend verjüngt wird, können Gassen ausgepflanzt werden, falls sie nicht für Rundfahrten beim Holzrücken gebraucht werden. Um Rück-

gegassen kenntlich zu machen, können diese mit anderen Baumarten ausgepflanzt werden. Ein späteres Abstecken ist dann nicht mehr notwendig.

3.4.3 Vor- und Nachteile der Auspflanzung

Das Bepflanzen von Rückegassen bei der Bestandesbegründung hat folgende Vorteile:

- homogenere Verjüngungsfläche mit günstigem Binnenklima
- keine Qualitätseinbusse
- das spätere Aufasten von Randbäumen entfällt
- keine Traufbildung, weniger Vernässung, weniger Unkraut,
- weniger Schädlinge (Mäuse), weniger Windeinfall bis zum Zeitpunkt des Gassenaushiebes
- evtl. kleine Vornutzung von Weihnachtsbäumen (Gassenaushieb)

Den aufgeführten Vorteilen stehen folgende Nachteile gegenüber:

- höhere Pflanz- und Pflegekosten
- fehlende Flächengliederung (Übersicht, Zugänglichkeit)
- relativ grosser Aufwand für späteren Gassenaushieb
- labile Bestandesränder, Gefährdung durch Schnee und Wind bei zu spätem Aushieb

In unbepflanzten Rückegassen entwickelt sich eine bessere Bodenvegetation. Das höhere Äsungsangebot für das Rehwild hilft mit, Verbissschäden zu vermindern. Bei eingezäunten Jungwaldflächen dienen die Rückegassen als Wildwechsel, sofern sie dafür offen gehalten werden.

3.4.4 Ausführung

In der Regel erfordert das Anlegen von Rückegassen in einfachem Gelände keine baulichen Massnahmen. Der Waldboden soll nicht unnötig verletzt werden, weil dadurch die Bodentragfähigkeit reduziert wird. Unbedeutende Bodenunebenheiten werden deshalb nicht ausgeebnet. Im allgemeinen genügt es, beim Schneisenaushieb die Bäume möglichst bodeneben abzusägen und vorhandene Wurzelanläufe anzuschragen. Wurzelstöcke sollten nur ausnahmsweise gesprengt werden. Durch das Sprengen entstehen Trichter mit zerstörtem Bodengefüge, in denen sich das Wasser sammelt, so dass sich beim Befahren Senkungen und «Schlaglöcher» bilden, die fast nicht mehr behoben werden können.

In wechselnd schwierigem Gelände sind teilweise bauliche Massnahmen erforderlich, damit ein lückenloses Feinerschliessungsnetz geschaffen werden kann. Kleine Gräben und Wasserläufe müssen passierbar gemacht werden. Zur provisorischen Überbrückung

genügt es, Holz und Astmaterial einzulegen und mit Erde zu überdecken. Eine dauerhafte Lösung kann durch Eindolen erzielt werden.

Schlecht tragfähige Stellen können durch Einbau von Holzprügellagen befahrbar gemacht werden. Diese zu Unrecht in Vergessenheit geratene bauliche Massnahme hat sich gut bewährt und hat den Vorteil, dass das benötigte Baumaterial meistens direkt am Verwendungsort vorhanden ist. Anderes Befestigungsmaterial, z.B. guter Bauschutt, sollte nur in Ausnahmefällen antransportiert werden.

Vernässte Stellen infolge von Wasseraustritt sind zu entwässern. Bei Erdarbeiten auftretendes Wasser muss gefasst und abgeleitet werden. Oft genügen dafür einfache «Senklöcher» mit Querabschlägen aus soliden Astpackungen (Abb. 25). In jedem Fall muss verhindert werden, dass die Rückepiste selbst zur Entwässerungsanlage wird, Schaden nimmt und ihren Zweck nicht mehr erfüllen kann.

Rückegassen, die ausnahmsweise eine Querneigung aufweisen, werden beim Befahren einseitig belastet. Dadurch vergrössert sich die Querneigung lau-

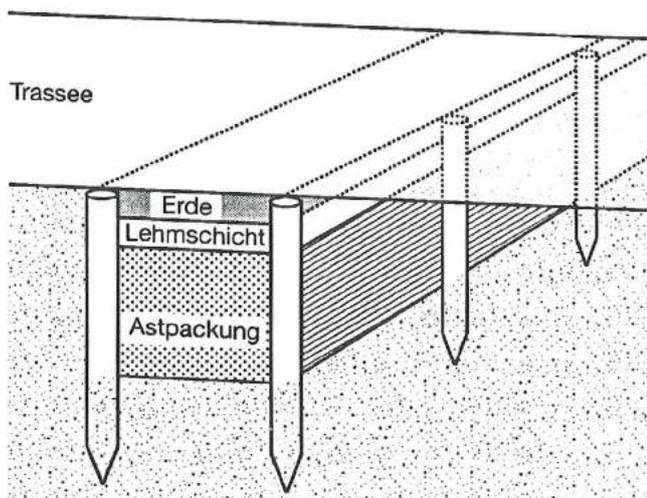


Abb. 25. «Durchlass» aus Ästen.

fund. Das Rücken wird erschwert und das Unfallrisiko erhöht. Querneigungen sind deshalb behelfsmässig auszugleichen, indem talseits Nadelholzstangen eingelegt und diese mit Ast- und Erdmaterial hinterfüllt werden. Damit die Fahrbahn nicht verletzt wird, ist das Erdmaterial ausserhalb der Gasse zu beziehen.

Umfangreichere bauliche Massnahmen können notwendig werden, um isolierte, befahrbare Geländeterrassen an das Rückegassennetz anzuschliessen sowie zur Überwindung von Strassenböschungen (Ein- und Ausfahrten) und zur Durchquerung coupiertes, mit Blockschutt überlagerter Geländeteile. Möglicherweise erfordert auch die Gestaltung von Lagerplätzen bauliche Massnahmen.

Unumgängliche Pistenverbesserungen müssen frühzeitig ausgeführt werden, damit vor der Benützung der Rückewege möglichst noch eine natürliche Ver-

festigung und Begrünung erfolgen kann. Bauliche Massnahmen sind bei guter Witterung auszuführen. Bei ausnahmsweise grösserem Bauvolumen ist der zeitliche und materielle Aufwand zu kalkulieren. Der An- und Abtransport von Baumaschinen (Trax, Bagger) darf dabei nicht vergessen werden. Eventuell kann ein Maschineneinsatz mit anderen Bauarbeiten koordiniert werden.

3.4.5 Benützung und Unterhalt

Werden Rückegassen sachgemäss benützt und unterhalten, können sie dauernd in gutem Zustand erhalten werden. Durch unsachgemässe, unüberlegte Benützung können sie innert kurzer Zeit beschädigt, zerstört und unbrauchbar gemacht werden. Im Sinne eines vorbeugenden Unterhaltes sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

Grossen Einfluss auf die Beständigkeit der Rücketrassen haben die Witterungsverhältnisse. Bei Regen, Nassschneefall und Tauwetter sollte deshalb nicht Holz gerückt werden. Nach Niederschlägen müssen die Trassen genügend abtrocknen können, bevor sie wieder benützt werden. Perioden mit gefrorenem Boden, kalter trockener Schneeeauflage und Trockenheit sind auszunützen. Die Benützung steiler Rückegassen bleibt auf Trockenperioden beschränkt, ausgenommen bei sehr guter Bodentragfähigkeit. Die Grenze der Befahrbarkeit soll bei schnee- und eisfreier Fahrpiste in der Regel nicht durch die Verwendung von Gleitschutzketten künstlich angehoben werden. Durch längeren Gebrauch von Ketten würde die Fahrpiste übermässig beansprucht und schnell zerstört. Eine sorgfältige Arbeitsweise schont die Rückepisten und die Maschinen. Das Lastvolumen und die Fahrgeschwindigkeit sind den Verhältnissen anzupassen und das Rückemittel nicht dauernd an der Grenze der Leistungsfähigkeit zu beanspruchen. Ein Durchdrehen der Antriebsräder muss



Abb. 26. Wirkung einer Astauflage.

möglichst vermieden und das Holz am Fahrzeug aufgesattelt werden, damit es nicht auf der Piste «bohrt» und so die Fahrbahn beschädigt. In steilem Gelände soll die Bergfahrt (= Leerfahrt) nach Möglichkeit über flachere Geländepartien führen, wenn dies nicht eine wesentlich längere Fahrdistanz zur Folge hat.

Allfällig auftretende Schäden an der Rückepiste sind immer im Anfangsstadium zu beheben. Wurzelstöcke, welche durch die Bodenbeanspruchung freigelegt werden, müssen bodeneben nachgesägt werden. Besondere Aufmerksamkeit erfordern Fahrspuren, in denen sich Oberflächenwasser sammelt. Der Boden wird aufgeweicht und die Fahrspuren immer tiefer. Vorerst ist dafür zu sorgen, dass das Wasser abfließen kann. Aufgeweichte Stellen lassen sich mit ungelöschtem Kalk vorübergehend verbessern. Eine gute Wirkung kann auch mit Astauflagen erreicht werden.

In der Regel erfordern Rückegassen keinen laufenden Unterhalt. Nach Beendigung der Rückearbeit müssen sie jedoch kontrolliert, und schadhafte Stellen instand gestellt werden. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei dem Ableiten von Oberflächenwasser zu schenken.

Ein besonderes Problem stellt der Missbrauch von Rückegassen zum Reiten dar. Die Rückegassen können bei empfindlichen Böden stark beschädigt werden. Dem Problem ist am besten in Zusammenarbeit mit den Reitvereinen und Reitställen beizukommen (Bezeichnen von speziellen Reitwegen).

3.5 Bedeutung und Einsatz von Breitreifen

Ein beachtlicher Teil des Schweizer Waldes stockt auf Standorten, die von der Hangneigung her befahrbar wären, jedoch eine ungenügende Bodentragfähigkeit aufweisen. Grössere Flächen schlecht tragfähiger Böden befinden sich im Flyschgebiet der Voralpen. Auch im Mittelland gibt es sehr empfindliche, meist hochproduktive Böden, die nur mit Breitreifen befahren werden sollten. Beim Holzurücken mit normal bereiften Traktoren wird der Wurzelteppich rasch durchbrochen, und es entstehen tiefe, erosionsanfällige Fahrspuren. Der Boden wird seitlich ausgequetscht und viele Wurzeln verletzt. Auf empfindlichen Böden mit schlechter Tragfähigkeit müssen deshalb das Rückefahrzeug und die Bereifung den Bodeneigenschaften angepasst werden, um übermässige Krafteinwirkungen auf den Boden zu verhindern. Sehr entscheidend ist die Fahrzeugbereifung. Eine Doppelbereifung der Hinterräder vermindert den Bodendruck gegenüber einfacher Bereifung wesentlich, die Wirkung ist auf sehr empfindlichen Böden aber noch ungenügend. Hier sollten Breitreifen (Niederquerschnitt-Niederdruck-Breitreifen) eingesetzt werden, die speziell für das Befahren von Weichböden konstruiert sind. Sie zeichnen sich durch flexiblen Aufbau, grosses Luftvolumen, niedrigen Rei-

fendruck und eine grosse Auflagefläche aus.

Fahrzeuge mit Breitreifen haben gute Fahreigenschaften. Sicherheit und Fahrkomfort werden verbessert, weil Bodenunebenheiten und Schläge durch die sehr weichen Reifen aufgefangen werden. Breitreifen dürfen nicht dazu verleiten, bei ungünstigen Witterungsverhältnissen zu arbeiten, weil dann unvermeidlich Schäden entstehen. Der Waldbestand darf auch nicht kreuz und quer, sondern nur auf Rückegassen befahren werden.

Die Einsatzmöglichkeiten von Breitreifen sind nicht auf das Rückegassengelände beschränkt. Auch im Maschinenweggelände lässt sich der Einsatz von Breitreifen auf feinkörnigen oder vernässten Böden rechtfertigen. Die Maschinenwege können dann ohne kostspielige Verbesserung der Tragfähigkeit (Befestigung) befahren werden, ohne dass dabei grosse Fahrspuren entstehen. Dadurch entfällt der Wegunterhalt weitgehend. Die Frage des Unterhalts ist von besonderer Bedeutung, wenn bei kleinflächigem Privatwaldbesitz der gleiche Maschinenweg von mehreren Eigentümern benützt wird. Ein Nachteil der Breitreifen ist die insgesamt grössere Fahrzeugbreite, die dementsprechend auch eine grössere Baubreite der Maschinenwege erfordert.

Was für normale Bodenverhältnisse schon gilt, ist für Weichböden besonders zu beachten: während und unmittelbar nach Niederschlägen sowie bei Tauwetter dürfen sie nicht befahren werden. Schnelles Fahren, grosse Lasten und Aufwärtsrücken führen zu Überbeanspruchung und Zerstörung der obersten Bodenschicht. Wenn der tragende Wurzelteppich einmal durchbrochen ist, sinkt auch ein Fahrzeug mit Breitreifen ein. Neben ökologischen Auswirkungen entstehen dann auch wirtschaftliche Verluste. Breitreifen ermöglichen überhaupt erst das Rücken auf schlecht tragfähigen, leicht verletzbaren Böden. Diese Böden sollen jedoch nicht durch unzweckmässige Einsätze leichtfertig zerstört werden.

Breitreifen sind wohl teurer als Normalreifen, haben jedoch eine wesentliche längere Lebensdauer. Eine gute Auslastung kann allenfalls durch überbetriebliche Zusammenarbeit erreicht werden.

Die Kartierung des Geländes im Hinblick auf den Einsatz von Rückefahrzeugen mit Breitreifen, muss detaillierter erfolgen als für Rückefahrzeuge mit Standardbereifung. Die Besonderheiten bei der Kartierung werden in Kapitel 2.2.3 behandelt.

Angaben zu Niederquerschnitt-Niederdruck-Breitreifen für den Einsatz im Forst

Reifenfabrikate	Good Year: Trelleborg: Nokia: Michelin:	Super Terra Grip Twin Forestry Forestier
Ply-Rating (PR)	Mass für die Elastizität/Steifigkeit der Reifen. Empfehlenswert 8–12 PR.	
Reifenbreite	Mindestens (50 bis) 60cm. Grössere Breiten sind wirkungsvoller – Problem Fahrzeugbreite.	
Reifenprofil	Nicht zu aggressive, sondern flache, nicht scharfkantige Stollen. Maschinentyp, Einsatzort und Anteil Strassenfahrten haben auch Einfluss auf die Wahl des Profiltyps.	
Reifendruck	Je nach Fabrikat 0,5–1,0 bar. Reifendruck auf harter Fahrbahn erhöhen, um übermässige Abnützung zu verhindern.	
Lebensdauer	Gegenüber einer Normalbereifung 2–3mal längere Lebensdauer. Sie ist abhängig von der Reifenpflege (Luftdruck) und den Einsatzbedingungen (Sorgfalt). Empfehlungen der Reifen-Hersteller beachten.	
Anschaffungskosten	Komplette Ausrüstung (inkl. Spezialfelgen) 30–50% teurer als Standard-Ausrüstung.	
Betriebskosten	Als Folge der längeren Lebensdauer bis 30% tiefere Betriebskosten, trotz höherer Anschaffungskosten.	
Vor- und Nachteile	<p>von Breitreifen gegenüber Normalreifen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – bodenschonenderes Rücken – geringere Spurbildung (ästhetischer Vorteil) – höherer Fahrkomfort (Ergonomie) – geringere Betriebskosten <p>Nachteilig kann sich die grössere Fahrzeugbreite auswirken (breitere Rückegassen, Verkehrszulassung) Breitreifen sind nicht anfälliger auf Verletzungen als Normalreifen.</p>	

4 Die Detailplanung von Maschinenwegen

Die Grundlagen und Begriffe zum vorliegenden Teil 4 sind in den Teilen 1 und 2 behandelt.

4.1 Grundsätze

Maschinenwege zeichnen sich durch geringen Projektionsaufwand und niedrigen Ausbaustandard aus. Sie werden in der Regel nur mit geländegängigen Fahrzeugen befahren. Im Gegensatz zu Lastwagenstrassen darf das Längenprofil beträchtliche Neigungswechsel und auch Gegensteigungen aufweisen, wenn dadurch Hindernisse umgangen werden können. Je schwieriger die Geländeverhältnisse, desto schwieriger wird es, eine regelmässige Anlage der Wege einzuhalten. Letztlich geht es darum, mit vernünftigem baulichem Aufwand und ohne übermässige Eingriffe in Natur und Landschaft eine möglichst zweckmässige Erschliessung zu realisieren. Auch beim Maschinenwegbau gewinnen Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes gegenüber rein wirtschaftlichen Überlegungen an Bedeutung, und müssen entsprechend berücksichtigt werden. Folgende Punkte sind dabei besonders zu beachten und zu bedenken:

- gut sichtbare Wegschneisen und Hanganschnitte mit hohen Böschungen stören das Landschaftsbild insbesondere in Laubholzgebieten nach dem Blattfall
- die einheimische Fauna und Flora können durch den Wegbau und den späteren Fahrverkehr gestört werden
- Hanganschnitte können den Wasserhaushalt eines Gebietes merklich verändern (Austrocknung, beschleunigter Wasserabfluss)
- in Quellwassergebieten wird durch das Schutzzonenglement bestimmt, wo ein Maschinenwegbau noch möglich ist

Der Bau von Maschinenwegen ist bei Hangneigungen über 50 bis 60 Prozent aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen nur noch begrenzt vertretbar, auf sehr gutem Baugrund liegt die Grenze bei rund 70 Prozent. Rutschgefährdete Hänge und Gebiete mit sehr schlechter Bodentragfähigkeit eignen sich nicht für den Maschinenwegbau.

Grundsätzlich sollten in den Bau von Maschinenwegen nicht mehr Mittel investiert werden, als damit durch eine rationellere Bewirtschaftung eingespart werden können. Besonders wertvoll ist derjenige Erschliessungseffekt, der eine regelmässige Waldbewirtschaftung überhaupt erst möglich macht.

Am Ausbau von Maschinenwegen soll nie in einem Ausmass gespart werden, dass die Rückemaschinen nicht mehr sicher und zweckmässig eingesetzt werden können. Andernfalls soll beim Bau kein Luxus betrieben werden. Die Trassees sollen lediglich einen Ausbaustandard aufweisen, der noch ein sicheres Befahren ermöglicht, damit das Unfallrisiko klein bleibt.

4.2 Die wirtschaftliche Bedeutung der Maschinenwege

Maschinenwege sollen ihre Aufgaben über einen langen Zeitraum erfüllen können. Sie sind deshalb nicht nur als kurzfristig benützbare Feinerschliessungswege auf die gegenwärtige Bestockung auszurichten, sondern als permanente Anlage zu planen. Durch neue Rückemittel wie zum Beispiel den Mobilseilkran, verlieren Maschinenwege ihre Funktion nicht. In erster Linie löst der Mobilseilkran den Kurz- und Mittelstreckenseilkran ab. Ferner wird der Mobilseilkran in Gebieten eingesetzt, wo das Gelände die Anlage von Maschinenwegen aus bautechnischen und wirtschaftlichen Gründen ausschliesst. Damit verbleibt für die Maschinenwegerschliessung weiterhin das Gelände, in dem der Maschinenwegbau eher geringe bautechnische Schwierigkeiten verursacht.

Maschinenwege sind eine über lange Zeit amortisierbare Investition. Es kann mit Amortisationszeiten von 30–60 Jahren gerechnet werden. Dies entspricht – je nach Wuchsgebiet und Bestandesentwicklung – etwa 2 bis 3 Nutzungs- und Pflegeeingriffen. Bei sehr günstigen Verhältnissen dürften sich die Anlagekosten für einen Maschinenweg durch Einsparungen beim Holzurücken und den übrigen Bewirtschaftungsmassnahmen bereits mit einem einzigen Eingriff bezahlt machen. Mit 2 bis 3 Eingriffen lässt sich dieses Ziel in den meisten Fällen erreichen.

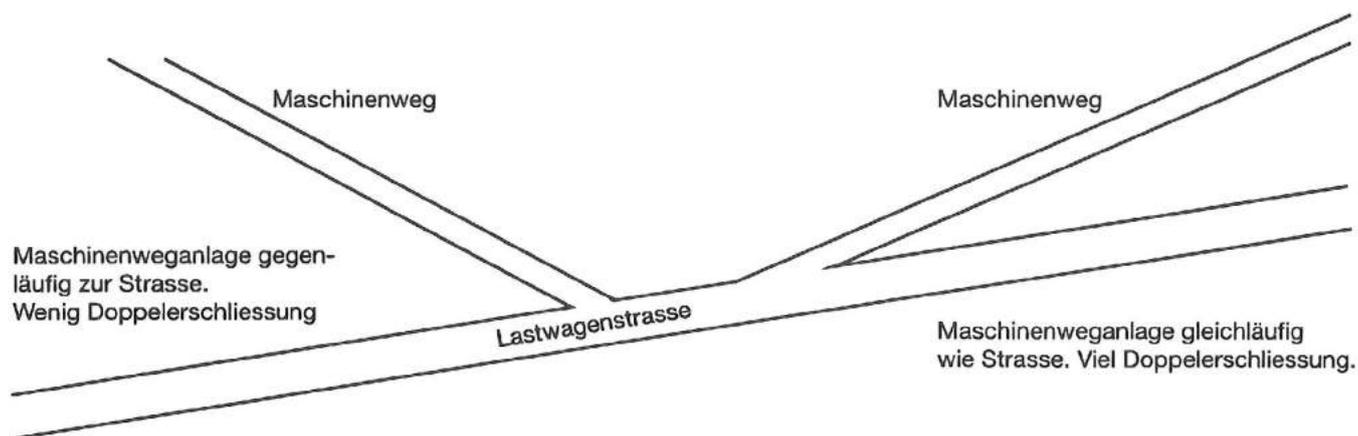


Abb. 27. Maschinenweganlagewinkel zur Strasse.

Je höher die Baukosten für Maschinenwege und je kleiner die nutzbare Holzmenge, desto fraglicher wird die Wirtschaftlichkeit einer Erschliessung mit Maschinenwegen. Bei Grenzfällen zwischen Maschinenweg und Seilkranserschliessung kann ausschlaggebend sein, dass Maschinenwege für die Gesamtbewirtschaftung Vorteile bringen (Zugänglichkeit der Bestände), wogegen der Seilkran nur dem Holzrücken dient. Einen entscheidenden Einfluss können auch die ausserforstlichen Bedürfnisse haben.

Maschinenwege in Kombination mit Bodenseilzuglinien (siehe Kap. 4.3.2) erlauben bei sorgfältiger Arbeitsweise eine weitgehend bestandesschonende Holzbringung, dies im Gegensatz zu einem Reisten über längere Distanz ohne Gleitbahn, wo gravierende Bestandesschäden mit wirtschaftlichen Folgen entstehen können.

4.3 Anlage und Linienführung von Maschinenwegen

4.3.1 Linienführung

Von den bestehenden Waldstrassen ausgehend, sollen die Maschinenwege den Bestand durch ein möglichst gleichmässiges Wegnetz erschliessen. Dabei wird bau- und erschliessungstechnisch günstiges Gelände so gut wie möglich ausgenützt. Die Maschinenwege sollen aufgrund der Geländekartierung folgendermassen geplant und angelegt werden:

- in bautechnisch einfachem Gelände
- auf Geländeterrassen und flacheren Geländeteilen, sofern diese nicht vernässt sind
- am unteren Rand von traktorbefahrbarem Gelände als Auffanglinie

Maschinenwege sollen weitere positive Fixpunkte erschliessen:

- gute Standplätze für Rückfahrzeuge, günstiges Zuzugsgelände und Ablegeplätze für zugezogene Lasten bei Bodenseilzugverfahren

- Stellen, auf welchen sich durch Zureisten oder Rücken aus direkt befahrbarem Gelände viel Holz für das Weiterücken sammelt.

Es ist aber auch abzuklären, ob Stellen, an denen regelmässig sehr viel Holz zusammenkommt, nicht besser mit einem zusätzlichen Strassenstück erschlossen werden, sofern Steigung und Baugelände dies zulassen und Holzlagermöglichkeiten bestehen.

Maschinenwege sind wo möglich beidseitig mit Strassen zu verbinden. Nicht beidseitig angeschlossene Wege erfordern eine gute Wendemöglichkeit.

Natur und Landschaft sind durch optimales Einpassen der Maschinenwege ins Gelände möglichst zu schonen.

Maschinenwege sollen gegenläufig von ansteigenden Strassen abgehen, damit die unvermeidbare Doppelschliessung in Strassennähe minimal gehalten werden kann (Abb. 27).

Hohe Strassenböschungen sind für Maschinenwegeinfahrten ungünstig. Aus Muldenlagen kann meistens ohne grössere Gefällsübergänge in die Abfuhrstrasse eingefahren werden, so dass auch Langholzsortimente gerückt werden können. Voraussetzung ist, dass das Holz in langer Form überhaupt auf den Maschinenweg gebracht werden kann. Die Maschinenwege sollen zu guten Holzlager- und Aufarbeitungsplätzen hinführen.

4.3.2 Seilzugschneisen für Bodenseilzug in Hanglagen

Seilzugschneisen sind das feinste Glied eines Erschliessungsnetzes in Hanglagen. In Verbindung mit den Maschinenwegen und den Forststrassen erschliessen sie die Bestandesfläche. Zwischen zwei Erschliessungswegen wird das Holz mehrheitlich über etwa zwei Drittel der Distanz aufgezogen und aus dem untersten Drittel, je nach Hangneigung, Geländebeschaffenheit und Weiterückedistanz, abwärts zugezogen oder gereistet. Die Zuzugsdistanzen werden begrenzt durch

die Länge des Windenseiles sowie durch die Kleintopographie und die Beschaffenheit der Bodenoberfläche. Zuzugsdistanzen über 100 m aufwärts sind in der Regel nicht mehr wirtschaftlich (Tab. 12).

Der Abstand zwischen den Bodenseilzugschneisen wird in erster Linie durch die Geländeform beeinflusst. Ebenfalls von Bedeutung ist die Bestandesdichte. Je lockerer die Bestockung ist, desto grössere Abstände sind möglich. In aufgelichteten Altholzbeständen sind Seilzugschneisen oft nicht mehr notwendig.

Der Abstand der Seilzugschneisen soll je nach Verhältnissen zwischen 12 und 20 Metern variieren, die Schneisenbreite etwa 1,5 Meter betragen.

Gleichförmige Hänge, flache Mulden und alte, günstig verlaufende Reistzüge eignen sich besonders gut für den Bodenseilzug. Seilzugschneisen sollen möglichst ein ausgeglichenes Längenprofil aufweisen. Felsabsätze, Geländerverflachungen wechselnd mit Steilstufen sind ungünstig, weil durch Anstossen der

Last ein flüssiges Zuziehen des Holzes zum Rückefahrzeug verhindert wird. Tief eingefurchte und vernässte Gräben sind ebenfalls ungünstig.

Die Seilzugschneisen müssen auf gute Verankerungsmöglichkeiten für Umlenkrollen bergseits des Maschinenweges und besonders bei direktem Zuzug auf Wegverbreiterungen ausgerichtet werden, damit die Stämme möglichst problemlos aus dem Hang auf den Weg gezogen werden können.

Seilzugschneisen verlaufen immer in der Hangfalllinie, seitlich schräge Zuzüge verursachen grosse Rückeschäden. Diesem Umstand ist besonders auch beim Einsatz von leichten, traktormontierten Seilgeräten (Hochschleppverfahren) Rechnung zu tragen.

Die Fällrichtung, die Stammlänge und der Aufarbeitungsgrad des Holzes müssen den örtlichen Bestandesverhältnissen und Zuzugsbedingungen angepasst werden. Die Sortimentslänge wird oft auch durch die Kurvenradien der Maschinenwege begrenzt.

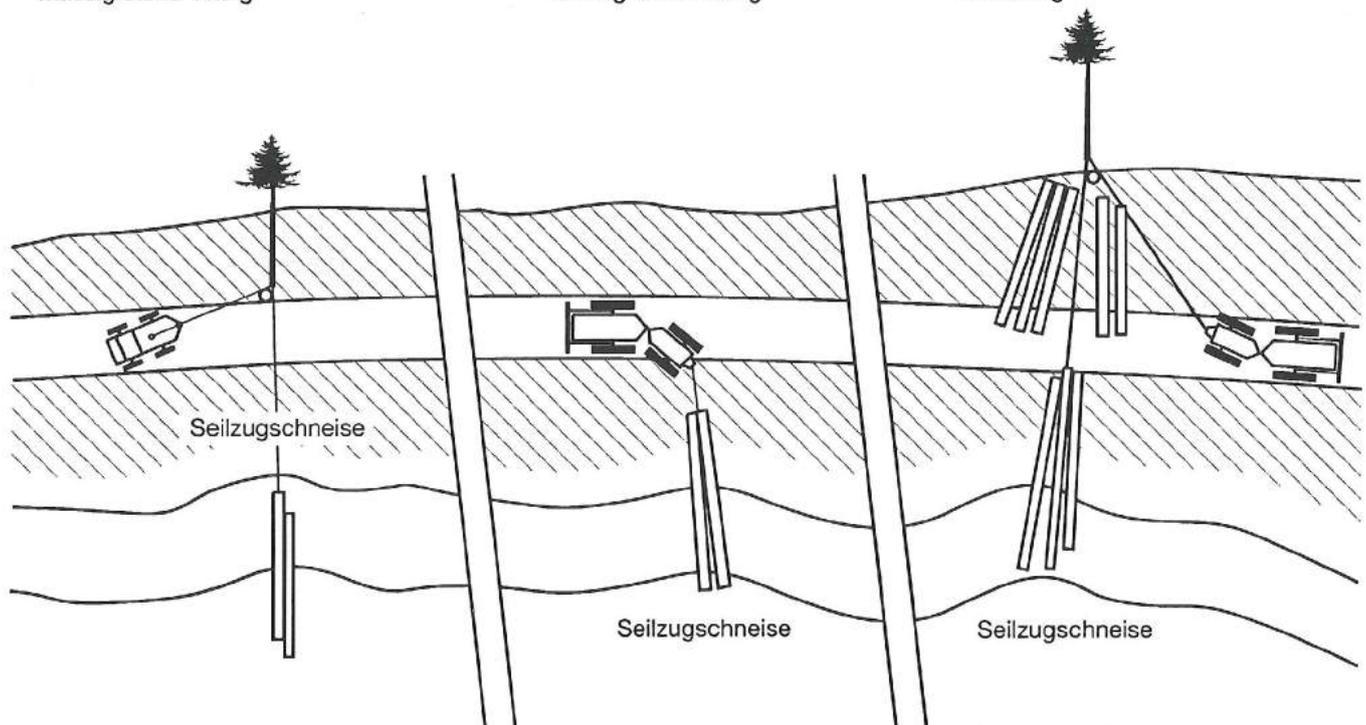
Bodenseilzug aus Hanglagen auf Maschinenwege

Variante:

a) leichtes Fahrzeug,
mässig steiler Hang

b) schweres Fahrzeug,
mässig steiler Hang

c) leichtes oder schweres Fahrzeug,
Steilhang



Zuzug der Stämme über eine am Wegrand montierte, gut verankerte, starkbelastbare Umlenkrolle. Das Risiko, dass das Fahrzeug umkippt, ist ausgeschaltet. Die talseitigen Geländebedingungen müssen so beschaffen sein, dass die Stämme beim Öffnen der Umlenkrolle nicht abgleiten.

Direkter Zuzug der Stämme. Massgebend für die Arbeitssicherheit sind Fahrzeuggewicht und nicht zu grosser Lastwiderstand beim Zuzug.

Zuzug der Stämme über eine oberhalb des Maschinenweges verankerte Umlenkrolle. Gute Arbeitssicherheit.

Jeder einzelne «Seilzug» muss laufend auf den Maschinenweg gebracht, vorgerückt und bei Wegverbreiterungen deponiert werden, bis genügend Holz für eine Lastfahrt vorhanden ist. Damit das Holz auf den Maschinenweg gebracht werden kann, muss genügend Einschwenkraum vorhanden sein. Die Randbäume können sonst beim Einziehen der Stämme auf den Weg beschädigt werden.

Es kann genügend Holz für eine Lastfahrt aufgezogen werden, ohne dass dieses auf den Maschinenweg vorgezogen und ein Zwischendepot erstellt werden muss.

Abb. 28. Bodenseilzugverfahren aus Hanglagen auf Maschinenwege.

Anlage der Maschinenwege

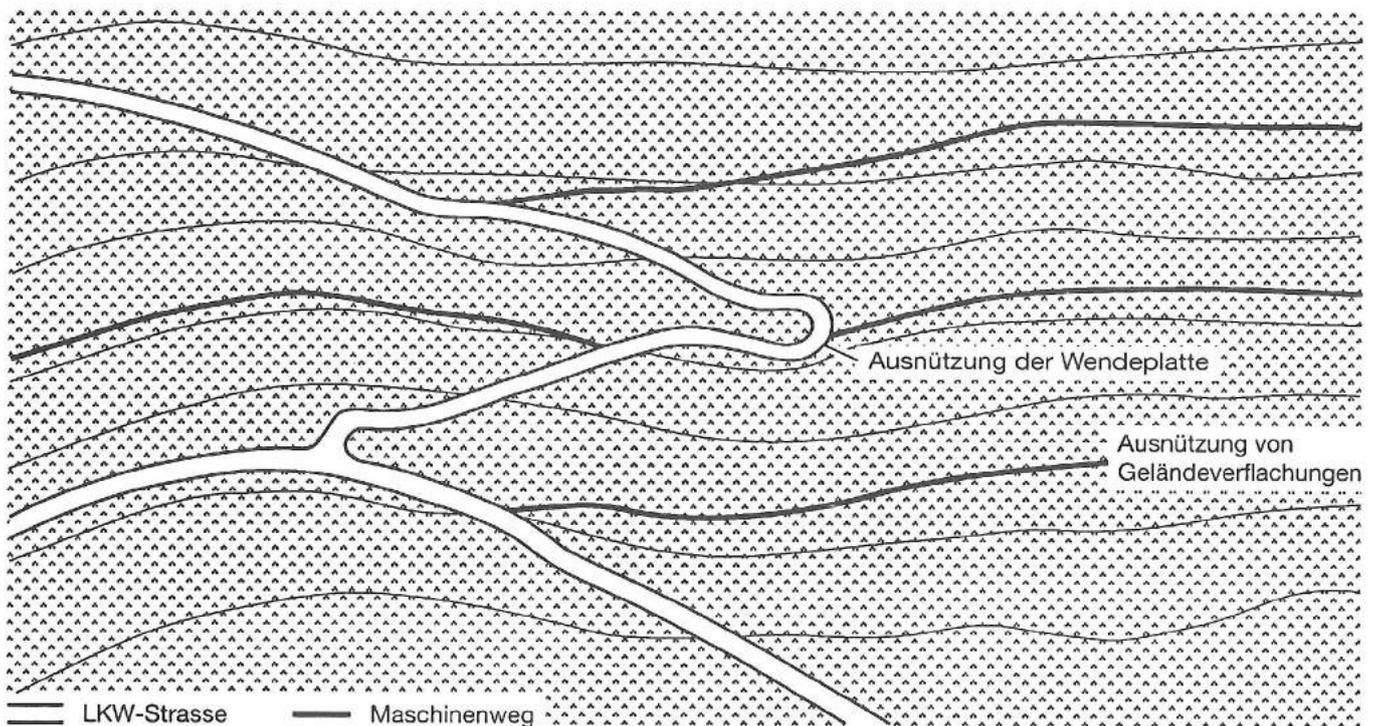


Abb. 29. Maschinenweganlage hangparallel, flach. Gegenläufige Anlage der Maschinenwege zur Strasse – wenig Doppelerreichung in Strassennähe.

4.3.3 Anlagevarianten

Grundsätzlich werden zwei Anlagearten für Maschinenwege unterschieden:

- die hangparallele, flache Anlage
- die hangdiagonale, steile Anlage

Die Anlageart wird weitgehend durch folgende Gegebenheiten bestimmt:

- Lage und Dichte der Groberschliessung
- Lage und Verteilung günstiger Geländepartien
- Form der zu erschliessenden Fläche

Oft ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten eine Kombination von hangparallel und hangdiagonal angelegten Maschinenwegen zweckmässig.

Die hangparallele Anlage

Die hangparallele Anlage von Maschinenwegen setzt diagonal zum Hang verlaufende Abfuhrstrassen voraus (Abb. 29).

Flach im Hang liegende Wegtrassen sind nicht erosionsgefährdet, sie neigen dagegen, je nach Bodenverhältnissen und Niederschlagsmengen, bei ungenügender Wasserableitung zu Vernässung. Die Maschinenwege müssen deshalb in der Längsrichtung ein Gefälle von mindestens 3 Prozent aufweisen.

Je grösser die Hangneigung ist, desto höher wird bei flacher Anlage die bergseitige Wegböschung. Wenn Holz auf den Maschinenweg gereistet werden soll,

müssen die Böschungen eventuell etwas abgeflacht werden. Das Zuziehen des Holzes in Bodenzug erfolgt senkrecht zum Maschinenweg in der Fallinie. Rechtwinkliger Zuzug und hohe Wegböschungen erschweren das Einschwenken des Holzes auf den Maschinenweg, sofern dieses nicht auf die bergseitige Wegböschung aufgezo-gen werden kann (Abb. 28, c).

Hangparallel verlaufende Maschinenwege stören das Landschaftsbild weniger als diagonal steile Wege, besonders wenn sie auf flachen Geländeterrassen verlaufen.

Die hangparallele Anlage erlaubt schnellere Leerfahrten, dagegen erfordert die Lastfahrt auf flachen Wegen mehr Energieaufwand als auf abfallenden Maschinenwegen. Empfindliche Böden werden dabei wesentlich stärker beansprucht (Bildung von Fahrspuren).

Bei hangparalleler Anlage der Maschinenwege sind die Möglichkeiten, diese beidseitig an Strassen anzuschliessen, nicht so häufig wie bei diagonaler Anlage. Es ergeben sich in der Regel grössere Weglängen, grössere Fahrdistanzen und mehr Holzanfall pro Wegeinheit. Beim Rücken wird folglich durch die grössere Anzahl Fahrten das Wegtrasse stärker beansprucht, was insbesondere bei schlecht tragfähigen Böden zu beachten ist. Wenn die Maschinenwege als Verbindung zwischen zwei Strassen angelegt werden können, halbiert sich die Rückedistanz. Das Holz kann ohne Bergaufücken an eine Strasse gebracht werden.

Die hangdiagonale, steile Anlage

Bei dieser Anlageart können die Maschinenwege meistens durchgehend von Strasse zu Strasse angelegt werden. Dadurch verkürzt sich allerdings die Rückedistanz nicht, weil grundsätzlich nur abwärts gerückt werden soll. Bei steilen Maschinenwegen und solchen auf schlecht tragfähigen und erosionsgefährdeten Böden, erfolgen die Leerfahrten bergwärts mit Vorteil auf den Waldstrassen. Für einen solchen Rundverkehr müssen die Maschinenwege frei gehalten werden – an sie vorgerücktes Holz muss somit am Wegrand deponiert werden.

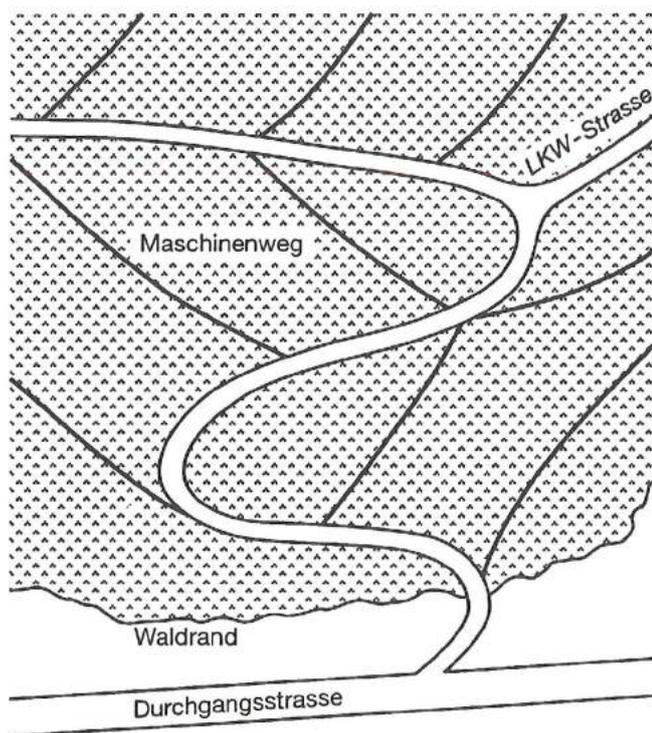


Abb. 30. Maschinenweganlage hangdiagonal, steil.

4.3.4 Längenprofil

Um einen flüssigen Fahrverkehr sicherzustellen, sollen Maschinenwege soweit möglich ein ausgeglichenes Längenprofil aufweisen. Gefällsbrüche und Gegensteigungen sind zugelassen, wenn dadurch Hindernisse umgangen und Baukosten eingespart werden können. Es dürfen jedoch keine ins Gewicht fallenden Nachteile für die Holzbringung in Kauf genommen werden. Gegensteigungen von mehr als 10% erschweren das Rücken auf den betroffenen Abschnitten und verlangen eine entsprechende Anpassung der Lastgrösse. Falls eine unumgängliche Gegensteigung so gross ist, dass sie nicht mehr mit voller Last überwunden werden kann, bieten sich zwei Möglichkeiten:

- die Last wird vor der steilen Stelle abgesenkt, das Rückfahrzeug vorgefahren und das Holz nachgeseilt
- es werden Teillasten über das steile Wegstück gerückt und für
- die weitere Fahrt zu einer vollen Last zusammengefasst

Die Längsneigung muss den örtlichen Boden- und Baugrundverhältnissen angepasst werden. Auf feinkörnigen, erosionsgefährdeten Böden sollten 15% nicht überschritten werden, während bei skelettreichen, durchlässigen Böden mit geringer Erosionsgefahr bis 25 Prozent und bei felsigem Untergrund (z.B. Jurakalk) noch grössere Neigungen möglich sind. Über kurze Distanzen dürfen ausnahmsweise auch grössere Steigungen gewählt werden, wenn dadurch der Maschinenweg dem Gelände besser angepasst oder wesentlich an Weglänge eingespart werden kann. Die Fahrsicherheit darf dabei jedoch nicht ausser acht gelassen werden. Auf sehr steilen Trassen wird diese durch die Schubwirkung des Holzes beeinträchtigt. Die psychische Belastung des Fahrzeugführers steigt, Ermüdung und Unfallrisiko nehmen zu.

In Gebieten mit hohen Niederschlägen und dort wo Gefahr besteht, dass Maschinenwege durch Hangwasseraustritte vernässen (Molasse, Bündnerschiefer), sollte im Längenprofil ein minimales Weggefälle von 3 bis 5 Prozent eingehalten werden, damit das Wasser nicht im Wegtrasse liegen bleibt, dieses aufweicht und schliesslich unbenutzbar macht.

4.3.5 Maschinenweglänge und Rückedistanz

Grundsätzlich sollten möglichst kurze Seilzug- und Fahrdistanzen angestrebt werden. Durch eine Verkürzung der Zuzugsdistanz kann eine erheblich grössere Arbeitszeiteinsparung erzielt werden als durch eine Verkürzung der Fahrdistanzen. Diese Tatsache darf jedoch nicht dazu führen, dass zu dichte, wirtschaftlich nicht mehr vertretbare Wegnetze gebaut werden.

Folgende Werte gelten als Richtgrössen für Rückedistanzen auf Maschinenwegen:

- bis 300 m
in bautechnisch einfachem Gelände, bei tiefen Baukosten und dichtem Strassen- und Maschinenwegnetz
- bis 500 m
in bautechnisch durchschnittlichem Gelände, bei mittleren Baukosten und einem mässig dichten Strassen- und Maschinenwegnetz
- bis 800 m
in bautechnisch schwierigem Gelände, bei hohen Baukosten und eher minimaler Strassen- und Maschinenwegdichte

Bei Rückedistanzen von im Durchschnitt mehr als 800 Meter ist das Konzept «Strasse und Mobilseilkran» dem Konzept «Strasse und Maschinenweg» aus wirtschaftlichen Gründen vorzuziehen. Nur wenn kein Mobilseilkran zur Verfügung steht (Einsatz durch Unternehmer) sollten längere Distanzen als 800 Meter für das Rücken mit dem Traktor in Kauf genommen werden.

4.4 Abstand der Maschinenwege

4.4.1 Der rücketechnische Maschinenwegabstand

Damit alles Holz auf eine Strasse, einen Maschinenweg oder auf befahrbare Geländeteile gerückt werden kann, darf ein bestimmter Maschinenwegabstand nicht überschritten werden. Dieser wird als «rücketechnischer Maschinenwegabstand» bezeichnet. Der rücketechnisch erforderliche Maschinenwegabstand lässt sich anhand der folgenden Fragen bestimmen:

- welche Rückeverfahren eignen sich aufgrund des Geländes und der Bodenoberfläche?
- welche Rückemittel können eingesetzt werden (auch zukünftig) und welche Rückeverfahren sind somit möglich?
- wie gross ist die Rückekapazität bei den einzelnen Verfahren, welche Rückedistanzen können bewältigt werden (Reichweite des Windenseiles)?
- kann ein Teil des Holzes gereistet werden, ohne dabei viele Bestandesschäden zu verursachen?
- wie sind die einzelnen Arbeitsverfahren bezüglich Arbeitssicherheit (Unfallrisiko) und ergonomischer Belastung zu beurteilen?

Nachfolgend werden die Arbeitsverfahren «Bodenseilzug» und «Reisten» detaillierter betrachtet. Sie haben einen grossen Einfluss auf den Maschinenwegabstand (ABEGG und HÜNERWADEL 1983).

Bodenseilzug

Das Holz wird vom Fällort mittels Winde und Seil aufwärts oder abwärts auf die Fahrwege oder auf befahrbare Geländeteile gezogen. Der dazu erforderliche Aufwand nimmt mit zunehmender Distanz stark zu. Zudem wird das Ausziehen der Drahtseile auf Längen über 100 m zu kaum mehr zumutbarer Schwerarbeit. Abwärts sollte aus diesem Grund sogar nur bis maximal 50 m zugezogen werden, weil die Seile bergauf ausgezogen werden müssen.

Reisten

In Hanglagen über etwa 40% Neigung tritt an Stelle des Bodenseilzuges abwärts das Reisten. Die Reistdistanz sollte auf 100 bis maximal 150 Meter begrenzt werden. Falls nicht nur in Reistzügen, sondern auf der ganzen Fläche gereistet wird, entstehen mit zunehmender Di-

stanz unverhältnismässig viele Schäden am verbleibenden Bestand. Eine rauhe Bodenoberfläche, viele Unebenheiten und Terrassen erschweren das Reisten und die vertretbaren Distanzen verkürzen sich. Bei Blockschuttüberlagerung ist Reisten kaum möglich. Es ist zu beachten, dass nur Trämelängen gereistet werden sollten.

In Tabelle 12 werden die maximalen Rückedistanzen für Bodenseilzug und Reisten und die zugehörigen Maschinenwegabstände dargestellt.

Tab. 12. Technisch maximale Rückedistanzen und Maschinenwegabstände

Hangneigung in Prozent	maximale Rückedistanzen		Maschinenwegabstand (schräg gemessen)	
	Bodenseilzug (m) aufwärts	Reisten (m) abwärts	maximal (m)	empfehlenswert (m)
unter 40	100	50	150	100–120
über 40 Reisten nicht möglich	100	30	130	100–120
über 40 Reisten möglich	100	–	150	150–200

4.4.2 Der wirtschaftliche Maschinenwegabstand

Die Produktivität eines Standortes, die geländebedingten technischen Schwierigkeiten beim Bau von Maschinenwegen und die Höhe der Baukosten haben einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Je nach örtlicher Situation ist deshalb ein mehr oder weniger dichtes Maschinenwegnetz, bzw. ein grösserer oder kleinerer Maschinenwegabstand wirtschaftlich. Der wirtschaftlich optimale Maschinenwegabstand kann nach ABEGG (1988) ermittelt werden. Dazu müssen die nachfolgenden Abklärungen gemacht werden. Mit den dabei erhaltenen Werten (Eingangsgrössen) kann aus Tabelle 14 der optimale Wegabstand herausgelesen werden.

Bestimmen der Eingangsgrössen für Tabelle 14 anhand eines Beispiels

1. Jährliche Holznutzung

Massgebend ist die voraussichtliche Nutzung in den nächsten 50 Jahren, die sich aufgrund des Zuwachses abschätzen lässt.

Die jährlich nutzbare Holzmenge wird auf die gesamte zu erschliessende Fläche bezogen (m^3/ha und Jahr). Umfasst eine Feinerschliessungseinheit auch offenes Land, so ist der Zuwachs anteilmässig zu reduzieren.

Beispiel:	Waldfläche	75%
	offenes Land	25%
	Zuwachs	6,0 m^3 pro ha und Jahr

massgebende Nutzung pro Hektar und Jahr: 4,5 m^3
 $6,0 \times 0,75 = 4,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ und Jahr

2. Baugrundklasse

Weil für die Bestimmung des wirtschaftlichen Maschinenwegabstandes nicht der bautechnische Schwierigkeitsgrad, sondern die Baugrundklasse als Eingangsgrösse Verwendung findet, werden aus den bautechnischen Schwierigkeitsgraden (Tab. 3) bestimmte Baugrundklassen gebildet (Tab.13).

Welche Baugrundklasse ergibt sich aufgrund der durchschnittlichen Baugrundverhältnisse des zu erschliessenden Gebietes? «schlecht».

3. Mittlere Hangneigung

Welche mittlere Hangneigung ergibt sich im Gebiet, in dem die Maschinenwege verlaufen (Wald und offenes Land)? 60%

4. Dem Forstbetrieb verbleibende Maschinenwegbaukosten

Wie hohe Baukosten pro Laufmeter sind zu erwarten? Werden diese subventioniert? Zahlen eventuell Mitbenützer der Maschinenwege an die Baukosten?

Welche Kosten verbleiben letztlich dem Forstbetrieb? Fr. 35.–

5. Baukostenniveau

Aus Abbildung 31 sind die mittleren Baukosten unter der oben ermittelten Baugrundklasse und Hangneigung herauszulesen Fr. 75.–

Das Verhältnis zwischen den dem Forstbetrieb verbleibenden Baukosten und den mittleren Baukosten gemäss Abbildung 31 ergibt das Baukostenniveau «tief» (Ziffer 4 geteilt durch Ziffer 5)

Baukostenniveau:	25% =	sehr tief
	50% =	tief
	100% =	mittel
	200% =	hoch

Zusammenstellung der Eingangsgrössen:

1. Holznutzung (massgebende, pro Jahr und Hektar)	4,5 m^3
2. Baugrundklasse (gut bis sehr gut, mittel, schlecht, sehr schlecht)	«schlecht»
3. Hangneigung (mittlere, für Wald und offenes Land)	60 %
4. Baukosten (dem Forstbetrieb verbleibende)	Fr. 35.–
5. Baukostenniveau (mittlere Baukosten gemäss Abb. 31)	Fr. 75.–
Baukostenniveau ($35 : 75 = 0,47$)	47 % (tief)

Mit diesen Werten wird nun in die Tabelle 14 eingegangen. Als wirtschaftlich optimaler Maschinenwegabstand ergibt sich

für Nadelholzgebiete 169*
 für Laubholzgebiete 0

Was zeigen diese Werte?

* bedeutet: Es ist nur noch derjenige Wegabstand wirtschaftlich, der benötigt wird, um alles Holz durch Bodenseilzug oder Reisten bringen zu können; 169 m sind somit der minimal erforderliche Wegabstand. Kleinere Wegabstände sind nicht mehr wirtschaftlich.

0 bedeutet: Das Konzept «Strasse und Maschinenweg» ist nicht wirtschaftlich, folglich sollte das Konzept «Strasse und Seilkran» gewählt werden.

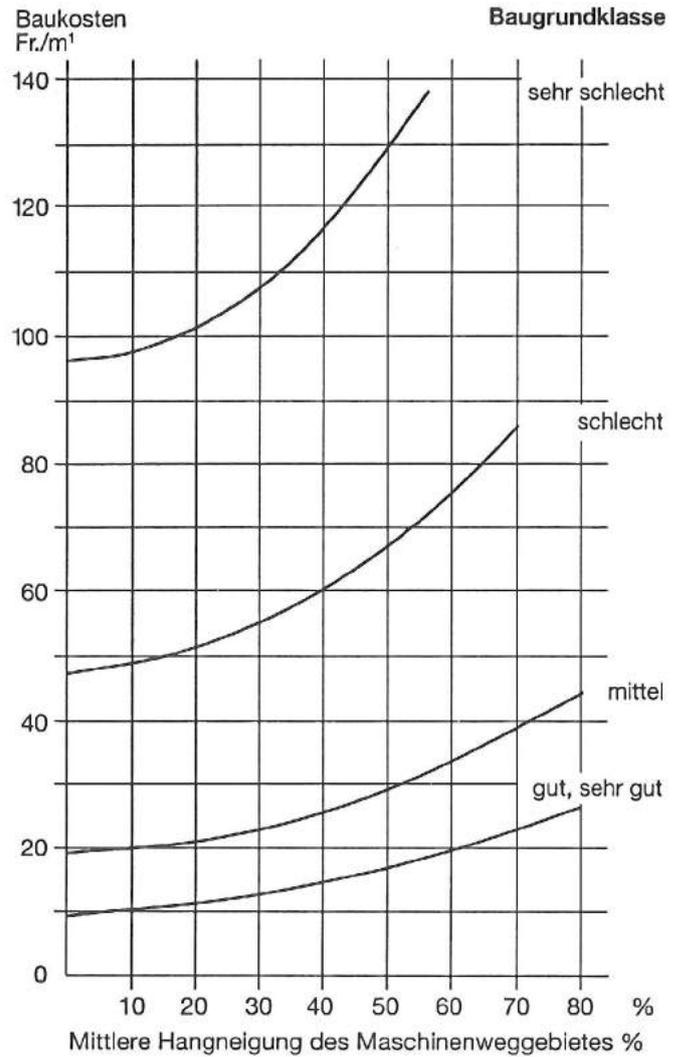


Abb. 31. Mittlere Maschinenwegbaukosten, Kostenbasis 1986 (ABEGG 1988).

Die dargestellten Baukosten dienen als Richtwerte. Es sind mittlere Kosten, die aufgrund vieler Baukostenabrechnungen erhoben wurden. Das Baukostenniveau entspricht gemäss Index dem Jahr 1986. Die zur Zeit der Verwendung der Tabelle massgebenden Baukosten sind entsprechend der Teuerung, nach eigenen Erfahrungen oder nach dem Landesindex der Konsumentenpreise auf das Basisjahr 1986 umzurechnen.

25% = sehr tief Vergleichsbasis für erwartete Bau-
 50% = tief bzw. Restkosten (Baukosten
 100% = mittel 100% = mittel, entspricht den
 200% = hoch Baukosten gemäss Abb. 31)

Tab. 13. Beschreibung der Baugrundklassen (ABEGG 1988)

Bautechnischer Schwierigkeitsgrad	Baugrundklasse	Beschreibung
klein	gut bis sehr gut	Vorwiegend wasserunempfindliche, gut durchlässige Böden, z.B. Kalkschutt und Kristallin. Generell wenig Feinanteil und wenig Tonanteil, z.B. trockene Stellen der sandstein- und nagelfluhreichen Molasse.
mittel bis gross	mittel	Feinkörnige, wasserempfindliche Böden, z.B. der Molasse und des Bündnerschiefers. Höchstens lokal vernässte Stellen, z.B. Hangterrassen. Minimale Rutschgefahr.
	schlecht	Sehr feinkörnige, wasserempfindliche, zu Vernässung neigende Böden, z.B. vernässte Gebiete in der Molasse und bei Moränenschutt. Trockenerer Teile im Flysch. Leicht instabile Hänge. Lokal stärkere Vernässungen.
sehr gross	sehr schlecht	Feinkörnige Böden mit viel Tonanteil. Ungünstiger Schichtenverlauf in lockerem Gestein (Schiefer). Sehr grosse Rutschgefahr. Stark vernässte Böden (Flysch).

Tab. 14. Wirtschaftlich optimaler Maschinenwegabstand (Horizontalabstand) in Nadelholzgebieten (1. Zahl) und in Laubholzgebieten (2. Zahl). * Minimal erforderlicher Wegabstand, 0 = das Konzept «Maschinenwege» ist nicht wirtschaftlich, Seilkraneinsatz ist vorzuziehen.

Bau- bzw. Restkostenniveau der Maschinenwege		Holznutzung (m ³ pro Jahr und ha)		Baugrund sehr gut					Baugrund gut					Baugrund mittel					Baugrund schlecht					Baugrund sehr schlecht								
				Hangneigung (%)																												
				30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70				
sehr tief = 25%	10	Ndlh.	70	72	72	71	71	78	80	80	80	79	91	93	93	93	93	96*	114	115	115	116	96*	135*	141	143	145	96*	135*	141	143	145
		Lbh.	61	64	65	66	68	66	70	71	73	74	76	81	83	86	87	94	100	103	106	109	96*	123	128	132	137	96*	123	128	132	137
	7	Ndlh.	78	80	81	81	81	87	90	91	91	91	96*	106	106	107	108	96*	130	133	134	136	96*	135*	159*	168	169*	96*	135*	159*	168	169*
		Lbh.	70	74	76	77	79	76	81	83	85	88	89	94	98	101	103	96*	118	122	126	131	96*	135*	153	159	0	96*	135*	153	159	0
	4,5	Ndlh.	90	95	96	97	98	96*	106	108	109	110	96*	125	128	130	131	96*	135*	159*	165	169	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	169*	0
		Lbh.	83	89	91	94	97	91	98	101	105	108	96*	115	120	125	129	96*	135*	152	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
	2,5	Ndlh.	96*	121	124	127	129	96*	135*	139	142	145	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	159*	0	0
		Lbh.	96*	115	120	125	130	96*	128	134	139	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	0	0	0	0
tief = 50%	10	Ndlh.	76	79	80	81	81	84	87	88	88	89	96*	104	105	106	107	96*	134	137	139	141	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	169*	169*
		Lbh.	68	72	75	77	79	73	78	80	82	85	87	93	96	100	103	96*	122	127	132	137	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	169*	0
	7	Ndlh.	86	90	92	93	94	95	99	100	102	103	96*	119	121	123	125	96*	135*	159*	164	168	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	169*	0
		Lbh.	79	84	87	90	93	84	90	94	97	101	96*	109	114	118	123	96*	135*	151	158	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	159*	0	0
	4,5	Ndlh.	96*	108	110	113	115	96*	118	121	123	126	96*	135	148	151	155	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	159*	0	0
		Lbh.	95	102	106	111	115	96*	110	115	120	125	96*	134	140	147	154	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
	2,5	Ndlh.	96*	135*	145	149	154	96*	135*	158	163	168	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
		Lbh.	96*	133	140	148	0	96*	135*	152	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	0	0	0	0	96*	0	0	0	0	96*	0	0	0	0
mittel = 100%	10	Ndlh.	88	93	95	97	99	95	100	102	103	105	96*	123	126	128	131	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	169*	0
		Lbh.	81	87	90	94	98	85	91	95	99	103	96*	113	118	123	129	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
	7	Ndlh.	96*	107	111	113	116	96*	115	118	121	124	96*	135*	148	152	156	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	159*	0	0
		Lbh.	94	101	106	111	117	96*	107	112	117	123	96*	133	140	147	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
	4,5	Ndlh.	96*	130	135	140	145	96*	135*	144	149	154	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
		Lbh.	96*	124	131	138	146	96*	131	138	146	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
	2,5	Ndlh.	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
		Lbh.	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
hoch = 200%	10	Ndlh.	96*	116	120	124	128	96*	121	126	129	133	96*	135*	159*	166	169*	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	159*	0	0
		Lbh.	96*	110	116	122	129	96*	113	120	126	133	96*	135*	153*	162	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	0	0	0	0
	7	Ndlh.	96*	135*	142	147	153	96*	135*	148	154	159	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
		Lbh.	96*	129	137	146	155	96*	134	142	151	0	96*	135*	159*	0	0	96*	0	0	0	0	96*	0	0	0	0	96*	0	0	0	0
	4,5	Ndlh.	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	169*	169*	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
		Lbh.	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
	2,5	Ndlh.	96*	135*	159*	169*	0	96*	135*	159*	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0
		Lbh.	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0	96*	135*	0	0	0

4.5 Das Querprofil

Wie beim Längenprofil soll auch beim Querprofil keine Baukosmetik betrieben werden. Das Wegplanum muss jedoch so bemessen und gestaltet sein, dass ein optimaler Einsatz der Maschinen ermöglicht wird, und eine gute Fahrsicherheit gewährleistet ist. Ebenso sind der Erosionsgefahr und dem Wegunterhalt Rechnung zu tragen.

Ein universelles Einheitsprofil gibt es nicht. Die Gestaltung des Wegplanums und der Wegböschungen muss unter Berücksichtigung der örtlichen Gegeben-

heiten erfolgen. Bestimmend sind besonders die Hangneigung und die Baugrundverhältnisse, die Niederschlagsmenge und die zum Einsatz gelangenden Fahrzeuge und Rückemaschinen.

In steilem Gelände muss aus Sicherheitsgründen das Querprofil vollständig im Abtrag liegen, das heisst, im «gewachsenen Boden» verlaufen. Dadurch entsteht bergseitig eine hohe «Böschung».

In relativ flachem Gelände und auf stabilem Baugrund ist ein gemischtes Querprofil mit Abtrag und Auftrag möglich. Eine minimale Abtragsbreite wird dabei durch die Breite der Baumaschine vorgegeben.

4.5.1 Wegbreite

Die befahrbare Breite eines Maschinenweges sollte im Minimum 2,5 Meter, wo möglich aber besser 3 Meter betragen. Wo auf schlecht tragfähigem Baugrund anstelle einer einfachen Trassebefestigung der Einsatz von Niederdruck-Breitreifen vorgesehen wird, sind mindestens 3,5 Meter Breite notwendig (Breitreifen siehe Kap. 4.5).

4.5.2 Querneigung der Fahrbahn

Empfehlungen über Querneigungen sind sehr unterschiedlich, sie reichen von «Neigung talwärts» über «horizontal» bis «Neigung bergwärts». Für alle drei Möglichkeiten gibt es gute Argumente.

Neigung talwärts (4–5%) gewährleistet einen guten Wasserabfluss, beeinträchtigt jedoch die Fahrsicherheit. Auf steilen Wegen mit Auswärtsneigung besteht die Gefahr, dass Maschine und Holz gegen die talseitige Böschung abgetrieben werden (erhöhtes Unfallrisiko).

Eine horizontale Fahrbahn gewährleistet gute Fahrsicherheit. Durch Verwitterung und Nachrutschen von bergseitigem Böschungsmaterial kann das Trasse eine talseitige Neigung erhalten. Dieses sollte deshalb beim Bau leicht einwärts geneigt werden. Falls das Querprofil nicht vollständig im Abtrag liegt, ist dem nachträglichen Absetzen des Auftragsmaterials Rechnung zu tragen.

In nicht erosionsgefährdetem Baugrund wird starke Neigung bergwärts (10–15%) empfohlen, die der Entwässerung und der Erhöhung der Fahrsicherheit dient, da das Holz nicht über die Böschungskante rutscht. Dem Wasserabfluss muss jedoch auch bei günstigen Verhältnissen genügend Beachtung geschenkt werden.

Anstelle starker Neigung nach innen, die aufwendige Massnahmen für die Ableitung des Oberflächenwassers erfordern kann, ist es oft zweckmässiger, das Trasse horizontal anzulegen. Damit das Holz beim Rücken nicht über den talseitigen Wegrand abrutscht und Schäden an den Randbäumen und an der Wegkante verursacht, wird am äusseren Rand ein kleiner Erdwall aufgeschüttet, bzw. belassen. Bei stabilem Baugrund und relativ flachen Wegen genügen für die Ableitung des Oberflächenwassers einfache Querabschläge in Form kleiner Mulden, welche schräg abwärts gegen den Erdwall verlaufen und diesen durchbrechen.

Bei erosionsanfälligen, steilen Wegen genügt diese Massnahme allein oft nicht, weil die Mulden rasch aufgefüllt sind. In diesem Fall können Querhölzer parallel zum unteren Muldenrand so montiert werden, dass sie das Fahrbahnniveau vollständig überragen. Diese zusätzliche «Muldenvertiefung» hat den Nachteil, dass die Hölzer vor dem Holzrücken entfernt und danach wieder eingelegt werden müssen. Auf vorgefertigte

Querabschläge, wie sie im Strassenbau verwendet werden, wird verzichtet. Sie sind teurer und müssen laufend kontrolliert und gereinigt werden. Der Abstand der Querabschläge variiert je nach Längsneigung des Weges und nach erwarteter Abflussmenge zwischen 15 und 50 Meter.

4.5.3 Böschungen

Die Gestaltung der Böschung erfolgt je nach Baugrund, Anschnitthöhe und Baumaschine.

Bei stabilem Baugrund und kleinen Hanganschnitten wird in der Regel darauf verzichtet, eine saubere Böschung herzustellen, insbesondere wenn der Trasseaushub mit dem für Böschungsplanien ungeeigneten Raupentrax hergestellt wird. Es ist einfacher und billiger, vor jeder Benützung das eventuell nachgerutschte oder durch Abwitterung auf dem Weg liegende Material mit dem Polterschild des Rückfahrzeuges wegzuräumen (Abb. 33).

Bei unstabilem Baugrund und grossen Hanganschnitten (in steilem Gelände) empfiehlt sich die Herstellung einer durchwegs stabilen Böschung. Wenn mit dem Bagger gearbeitet wird, kann mit diesem ohne grosse Mehrkosten eine saubere Böschung erstellt und dadurch grosse Nachrutschungen verhindert werden. Das Abflachen von grossen Hanganschnitten kann auch notwendig werden, um das Holz besser auf den Weg bringen zu können.

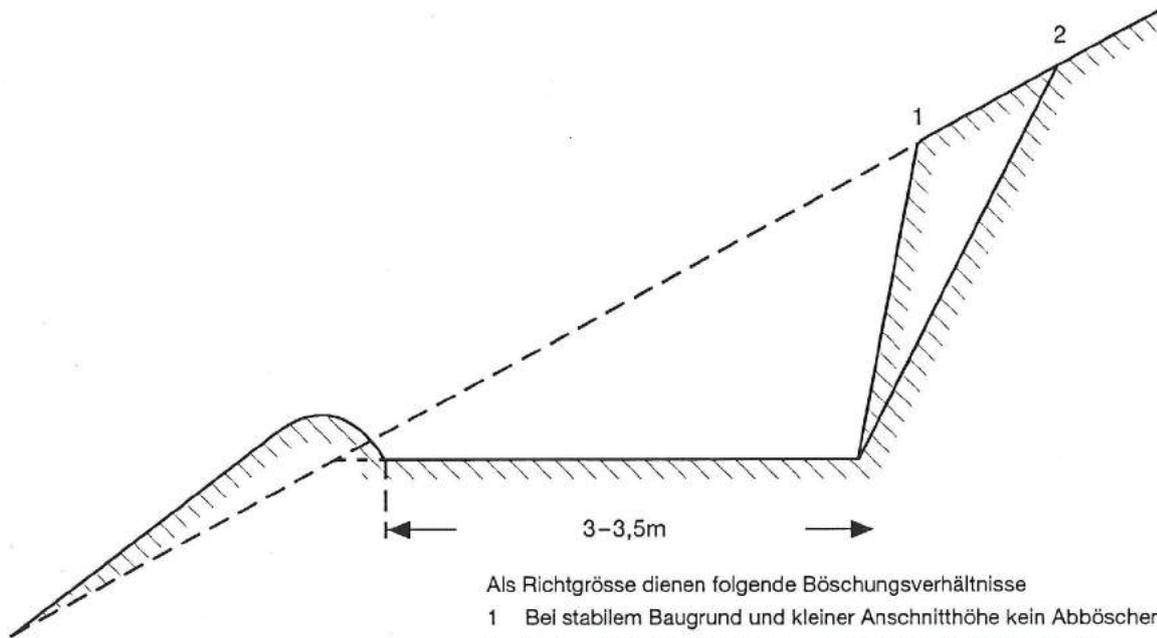


Abb. 32. Normalprofil und Böschungswinkel.



Abb. 33. Maschinenweg kurz nach dem Bau – bergseitige «Böschung» nicht abgeflacht.



Abb. 34. Teilstück des gleichen Maschinenweges in steilerem Gelände. Bergseitige höhere Böschung zur Verminderung der Abwitterung abgeflacht.

4.6 Hinweise zum Bau von Maschinenwegen

Zur Beurteilung der Auswirkungen eines Maschinenwegbaus und als Grundlage zur Erstellung von Kostenvoranschlägen sind bestimmte Kenntnisse über die technische Ausführung von Maschinenwegen notwendig. Die folgenden Hinweise dienen einzig der Planung und sind nicht als Bauanleitung zu verstehen.

4.6.1 Aushieb des Wegtrasses

Durch den Trasseeaushieb soll möglichst keine Bestandesgefährdung entstehen. In dicht geschlossenen Beständen und generell in wind- und schneeexponierten Lagen, muss deshalb der Bestandesstabilität besondere Beachtung geschenkt werden. In solchen Fällen ist der Trasseeaushieb möglichst schmal zu bemessen. Es muss jedoch ein ungehindertes Arbeiten mit den Baumaschinen möglich sein. Die minimale Aushiebsbreite ergibt sich aus der Breite des Wegtrasses und der bergseitigen Böschung. Talseits soll der Böschungsbereich nicht geräumt werden. Nur die unmittelbar am Traseerand stehenden Bäume werden entfernt. Die Stöcke sind so hoch zu belassen, dass sie das Fahrbahnniveau genügend überragen, um beim Rücken als Abweiser zu dienen. In sehr steilem Gelände können zudem hohe Stöcke als Widerlager für das Hinterlegen von Holz aus dem Trasseeaushieb dienen, damit das Abrutschen von Aufschüttmaterial und das Abrollen von Steinen oder Felsbrocken verhindert wird. Weglinienholz, das nicht für den Bau der Maschinenwege verwendet wird (Schwellen, Zangen, Leithölzer oder Prügellagen), soll talseits ausserhalb des Baubereiches zwischengelagert werden. Es wird nach dem Erstellen des Trasses, jedoch noch vor dem Abtransport der Baumaschinen, gerückt. So kann allenfalls das Trasse nach dem Rücken noch maschinell nachplaniert werden.

4.6.2 Bauarbeiten

Allgemeines

Die Bauarbeiten müssen gut vorbereitet und organisiert werden, so dass eine rationelle Ausführung gewährleistet ist. Der Aufwand für Vorbereitungs- und Organisationsarbeiten hängt stark von den baulichen Erfordernissen und Massnahmen ab sowie auch davon, wieweit die Bausausführung mit betriebseigenen Mitteln erfolgt.

Die Maschinenwege sollten etwa 2 Jahre vor der ersten Benützung gebaut werden, so dass eine natürliche Verfestigung von Trasse und Erdschüttung erfolgen kann. Oft sind die Fahrbahn und die Böschungen bereits wieder bewachsen.

Rechtzeitig vor dem Baubeginn muss abgeklärt werden, wo welche Baumaterialien in welcher Menge

benötigt werden und wie diese zum Verwendungsort transportiert werden. Der Materialbedarf muss deshalb für jedes einzelne Wegstück an Ort und Stelle erhoben werden.

Wenn der Bau von Maschinenwegen besondere Massnahmen erfordert (Wasserableitungen, Trassebefestigungen, Kunstbauten), müssen Kosten und Nutzen besonders gut gegeneinander abgewogen werden. Um einen Kostenvoranschlag zu erstellen – speziell für Erschliessungen bei Waldzusammenlegungen – ist der gesamte Bauaufwand grob abzuschätzen und die Materialkosten nach gängigen Richtpreisen zu ermitteln.

Gewisse Schäden am benachbarten Bestand sind beim Bau von Maschinenwegen nicht vermeidbar. Sie können jedoch durch angepasste, sorgfältige Arbeitsweise in tolerierbaren Grenzen gehalten werden. Schäden werden unter anderem durch Sprengarbeiten und abrollendes Material in steilem Gelände verursacht. Um abrollendes Material zurückzuhalten, wird mit minderwertigen Holzsortimenten und Astmaterial vom Trasseeaushieb talseitig ein «Schutzwall» errichtet. Nötigenfalls müssen auch umfangreichere Schutzmassnahmen getroffen werden.

Erd- und Felsabtrag

Der Erdabtrag (in Kubikmetern) wird aufgrund des durchschnittlichen Abtrags pro Laufmeter Wegstrecke (Normalprofil, Hangneigung) geschätzt. Wegstrecken mit unterschiedlichem Abtragsvolumen sind auszuscheiden und separat zu berechnen. Der Abtrag auf Ausbaustrecken ist auch zu berücksichtigen.

Bei Teilstücken mit Fels ist zu unterscheiden zwischen lockerem Fels (Pickelfels), der maschinell abgebaut werden kann, und kompaktem Fels, der gesprengt werden muss. In diesem Fall ist abzuklären, wer die Sprengarbeiten ausführt.

Wasserableitung

Die Massnahmen zur Wasserableitung sollen sich auf das absolut Notwendige beschränken.

- Anzahl, Länge und Durchmesser von Durchlässen für Wasserläufe und Rinnsale; Durchmesser gross genug wählen (Verstopfung, Reinigung)
- Trockenlegen ständig vernässter Stellen
- Ableitung von Oberflächenwasser
- Ableitung von Hangdruckwasser (kommt evtl. erst beim Bau zum Vorschein).

Trassebefestigung und Böschungssicherung

Ungenügend tragfähige Stellen in einem Maschinenwegtrasse und nicht stabile Wegböschungen werden behelfsmässig befestigt. Stellen mit schlechter Bodentragfähigkeit treten oft erst beim Erdabtrag zu Tage. Als Mittel zur Verbesserung der Bodentragfähigkeit eignen sich Ast- oder Prügellagen, Kalk, Kies oder guter Bauschutt. Es ist abzuklären, wo das benötigte Material bezogen und wie es zum Verwendungsort transportiert werden kann.

Lokal instabile Böschungen können mit künstlicher Begrünung, Faschinen, Holz und Weidenstecklingen befestigt werden.

4.6.3 Baumaschinen

Die Hangneigung und die Baugrundverhältnisse sowie der Umfang der einzelnen Teilarbeiten (abtragen, deponieren, evtl. verschieben von Erd- und Felsmaterial, Böschungskanten brechen, Entwässerungsgräben ausheben), beeinflussen die Wahl der Baumaschinen:

- in steilem Gelände hat sich der Einsatz eines Hydraulikbaggers ab 80 PS, auf 2,5 Meter breitem Raupenfahrwerk bewährt. Der Bagger ist aufgrund seiner Arbeitsweise in der Lage, Hanganschnitte möglichst klein zu halten und das abgetragene Material (auch Stöcke und Felsblöcke) talseits wieder einzubauen.

Er ist besonders geeignet für:

- grobe Vortrassierung
- Umgraben und Ausheben von Baumstrünken anstelle aufwendiger Sprengarbeit
- Aushub für Entwässerungsanlagen
- Herrichten der Böschungen

- In einfachem, nicht sehr steilem Baugelände, wo das Abtragsmaterial ohne Gefahr des Abrollens geschoben und geschüttet werden kann, bewährt sich der Raupentrax (Kettenlader) weiterhin für die Wegtrassierung.

Er ist besonders geeignet für:

- Ausstossen des Planums
- evtl. Transport von Abtrags- und Befestigungsmaterial (nur kleine Mengen über kurze Distanzen)
- Aufreissen und Abtragen von lockerem Fels, sofern dazu ausgerüstet

Die Baumaschinen müssen genügend stark und leistungsfähig sein (80 bis 120 PS). Wenn der Raupentrax zum Einsatz kommt, sollte wenn möglich bergabwärts gearbeitet werden, um eine hohe Leistung zu erzielen.

Hie und da ist es zweckmässig, Trax und Bagger auf der gleichen Baustelle einzusetzen. Je nach Bedarf wird die besser geeignete Maschine von ein und demselben Maschinisten eingesetzt.

4.7 Benützung und Unterhalt

Da die Maschinenwege gut dem Gelände angepasst werden, entstehen oft sehr kurvenreiche Wege mit engen Kurvenradien. Beim Durchqueren von Geländeeinbuchtungen besteht dann die Gefahr, dass die Holzlast talwärts vom Wegtrasse abgeleitet und dabei die Randbäume und die Wegböschung beschädigt. Oft kann sie nur mit viel Zeit- und Energieaufwand wieder auf den Weg gebracht werden. Das Verbreitern der Kurven und Strecken der Wegachse können teure bauliche Massnahmen (Stützmauern, Steinkörbe, Holzkasten) erfordern. Wenn möglich sollten kostengünstigere Lösungen getroffen werden. Als gute, zweckmässige Massnahmen gegen das Abgleiten der Stämme haben sich das Anbringen von Abweisern und das Verlegen von Stämmen, die mit wenigen Holzpfählen gesichert werden, erwiesen (Abb. 35). «Abweiser» und «Verleger» werden am Schluss der Rückarbeit wieder



Abb. 35. «Abweiser» und «Verleger» improvisiert, für die Zeit des Holzurückens.

entfernt und das Holz genutzt. Als permanente «Abweiser» können an exponierten Stellen schon beim Bau der Maschinenwege alte, noch gut erhaltene Eisenbahnschwellen verwendet werden. Sie werden am talseitigen Wegrand senkrecht eingebaut, so dass sie das Trasseeniveau genügend überragen. Auf diese Weise kann mit wenig Aufwand eine gute Wirkung erzielt werden.

Da Maschinenwege meist nur temporär benützt werden, soll sich deren Unterhalt auf das Allernötigste beschränken. Vor allem in den ersten Jahren nach dem Bau wird die bergseitige Böschung infolge Abwitterung und kleinen Rutschungen gewisse Unterhaltsarbeiten erfordern. Sofern der Weg nicht dauernd benützt wird, werden diese Arbeiten erst vor dem nächsten Holzschlag ausgeführt. Ein Schlepper mit Polterschild ist dafür das billigste Mittel; ein Trax ist nur für grössere

Räumungsarbeiten einzusetzen. Nach Beendigung der Rückarbeiten ist vor allem die Wasserableitung wieder sicherzustellen. Mit einem Polterschild oder eventuell einem Heckschild kann das Trassee wieder egalisiert werden (PFEIFFER ET AL.1974). Das Öffnen von Wasserableitungen (Querabschläge) erfolgt anschliessend von Hand.

Wo Maschinenwege durch Weidegebiet führen, besteht bei empfindlichen Böden die Gefahr, dass durch Viehtritt das Wegtrassee beschädigt wird. Das ist besonders bei neuen, noch nicht verfestigten und nicht bewachsenen Trassen der Fall. In Trittlöchern sammelt sich Wasser und beeinträchtigt eine natürliche Wegverfestigung. Um den Zutritt des Viehs auf die Wege zu verhindern, müssen diese abgezäunt werden.

Weitere Massnahmen für Benützung und Unterhalt sind in Kapitel 3.4.5 aufgeführt.

5 Die Detailplanung von Seilkranlinien

Die nachfolgenden Ausführungen gelten sowohl für den herkömmlichen Seilkran mit Schlittenwinde, als auch für den Mobilseilkran. Die Grundlagen für den vorliegenden Teil 5 sind in den Teilen 1 und 2 behandelt. Die Detailplanung von Seillinien besteht aus zwei Phasen. In der ersten Phase werden die Seillinien in das Gelände eingeplant und in der zweiten Phase projektiert (Abstecken, Profil aufnehmen, Projekt ausarbeiten). Im folgenden wird nur die erste Phase der Detailplanung behandelt. Für die Projektierung wird auf die Seilkran-Detailplanung von AGGELER (1989), verwiesen.

5.1 Zielsetzung

Im Gelände, wo eine Feinerschliessung mit Maschinenwegen aus bautechnischen, wirtschaftlichen und ökologischen Gründen nicht in Frage kommt, wird für die Holzbringung hauptsächlich der Seilkran eingesetzt. Die generelle Detailplanung von Seillinien stellt in bezug auf die Linienführung, die Trassenwahl und den Seillinienabstand grundsätzlich die gleichen Probleme, wie die Planung eines Maschinenwegnetzes.

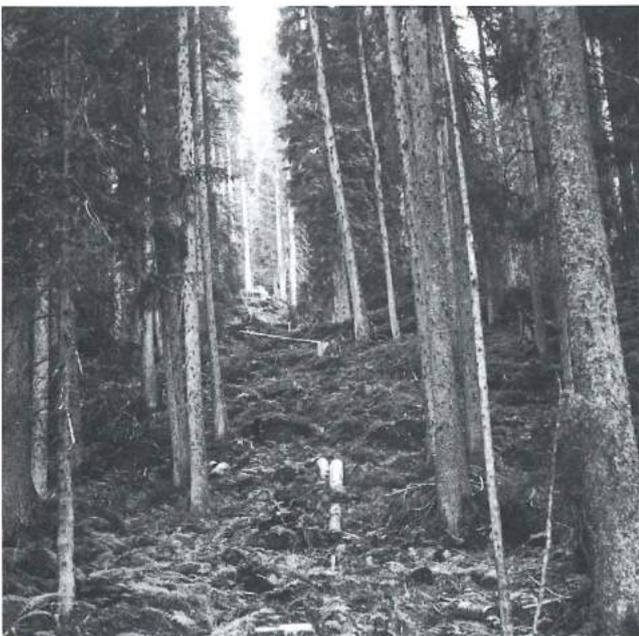


Abb. 36. Optisch und funktionell gut in den Waldbestand eingefügte Seillinie für einen herkömmlichen Seilkran.

Bei der Detailplanung von Seillinien werden für einen grösseren Waldkomplex die Anlagemöglichkeiten und die Verteilung der Seillinien im Gelände aufgrund des Kartierungsplanes (Kap. 2.2.3) abgeklärt und festgelegt. Bei der Detailplanung besteht das Ziel darin, die ganze produktive und nutzbare Waldfläche mit möglichst optimal angelegten Seillinien vollständig zu erschliessen, und die Seilbringung rationell, wirtschaftlich, landschaftsschonend und ohne grosses Unfallrisiko ausführen zu können (siehe Abb. 36). Damit dieses umfassende Ziel erreicht wird, müssen ausser Grundkenntnissen über das Anlegen von Seillinien im Gelände auch solche über die Funktion, den Aufbau und den Betrieb einer Seilanlage vorhanden sein.

5.2 Der Seilkran als Rückemittel

Der Seilkran hat gegenüber der Wegerschliessung den Vorteil der grösseren Geländeunabhängigkeit. Grosse Geländehindernisse und Höhenunterschiede können problemlos überwunden werden.

In steilem, felsigem und coupiertem Gelände kann die Holzbringung mit dem Seilkran technisch einfacher und sicherer erfolgen als mit Traktoreinsatz auf Maschinenwegen.

Mit dem Seilkran kann im Bereich des Trassees an jeder beliebigen Stelle Holz aufgenommen, gerückt und abgesenkt werden. Bei sorgfältigem Vorgehen lässt sich boden- und bestandschonend arbeiten. In der Regel erhöht sich jedoch mit zunehmenden Geländeschwierigkeiten der Aufwand für den Auf- und Abbau der Seilanlage, die Bildung der Holzlasten im Bestand und den Zuzug der Holzlasten zum Trageil.

5.2.1 Einsatzbereich der Seilanlage

Die Eignung und die Leistungsfähigkeit der zum Einsatz kommenden Seilanlage sind bei der Planung der Seillinien zu berücksichtigen. Je nach Anlagekategorie und Typ werden Mobilseilkranne für Einsatzdistanzen von ca. 150–800 m eingesetzt, Seilkrananlagen mit Schlittenwinden für Distanzen von etwa 300–1800 m. Der Einsatzbereich einer Seilanlage hängt von folgenden Faktoren ab:

- Einsatzdistanz
- Eignung für das Rücken bergaufwärts, bergabwärts, horizontal
- Nutzlast der Anlage
- Länge, Breite, beim Mobilseilkran auch Höhe und Gewicht der Seilanlage (Zufahrt zum Einsatzgebiet)
- für Mobilseilkran: Maschinenstandplätze

5.2.2 Minimale Tragseilneigung

Für den Einsatz des herkömmlichen Langstrecken-seilkranes (Gravitationsseilkran) sind im Längenprofil bezüglich der Tragseilneigung Mindestwerte einzuhalten. Innerhalb eines Spannungsfeldes, zum Beispiel zwischen zwei Tragseilstützen, muss eine minimale Höhendifferenz vorhanden sein, damit der Laufwagen sich mit der Schwerkraft fortzubewegen vermag. Gegensteigungen in der Sehne des Tragseiles sind beim Gravitationsseilkran ausgeschlossen.

Das minimal erforderliche Gefälle (Sehnenneigung) beträgt nach PESTAL (1961): 13% + je 1% pro 100 m Seilspannweite

Bei Rundlauf- und Mehrseilsystemen (Allterrain, 3- und 4-Seilsysteme bei Mobilseilkranen) entfällt das Problem der minimalen Neigung.

5.2.3 Bergauf- und Bergabbringung

Für die Planung der Seillinien müssen die Möglichkeiten, sowie die Vor- und Nachteile der Bergauf- und Bergabbringung bekannt sein.

Häufig ist die Rückerichtung durch die Lage der Groberschliessung gegeben. Falls die Seillinie zwischen zwei Strassen liegt, bietet sich die Möglichkeit der Bergauf- oder Bergabbringung. Massgebend für die Rückerichtung sind in diesem Fall die Absenk- und Lagerplatzverhältnisse, sowie beim Mobilseilkran Maschinenstandplätze und Verankerungsmöglichkeiten für die Mastabspannseile. Wenn beidseitig Lagerplätze vorhanden sind, kann die zu seilende Holzmenge aufgeteilt und nach oben und unten geseilt werden. Im folgenden werden wichtige Gesichtspunkte zur Bergauf- und Bergabbringung dargestellt.

Bergaufbringung

- technisch relativ einfaches Seilsystem mit Tragseil und Zugseil.
- Der Laufwagen fährt mittels Schwerkraft talwärts und wird mit
- dem Zugseil bergwärts gezogen.
- Seilen von Langholz und Vollbäumen ist im Kopfhochverfahren möglich. Grosser Stückinhalt ergibt eine hohe Seilleistung. Dieses Verfahren ist jedoch nur unter folgenden Voraussetzungen anwendbar:

- bestandschonender Zuzug des Holzes möglich
- kein Auslösen von Steinschlag, keine Bodenschürfungen im Seiltrassee, wenn Erosionsgefahr besteht
- genügend grosser Holzabsenkplatz

Bergabbringung mit herkömmlichem Seilkran

- Seilsystem wie bei Bergaufbringung
- Holzlast freihängend am Tragseil (Schwerkraft), Tragseil bzw. Tragseilstützen aus diesem Grund höher als bei Kopfhochverfahren, folglich höherer Montageaufwand
- höhere Fahrgeschwindigkeit möglich als bei Bergaufbringung

Bergabbringung mit Mobilseilkran

- bei bergseitiger Maschinenaufstellung Seilsystem wie bei Bergaufbringung
- bei talseitiger Maschinenaufstellung ist ein Mehrseilsystem (Rundlauf) notwendig. Nebst Trag- und Zugseil wird ein Rückholseil, und je nach Laufwagenkonstruktion noch ein Hilfsseil zum Ausspulen des Lasthakens benötigt
- Mehrseilsysteme verursachen verhältnismässig grosse Montageaufwände

Mit Rundlaufsystemen kann auch im Kopfhochverfahren gearbeitet werden. Dabei gelten die gleichen Kriterien wie bei der Bergaufbringung (bestandschonendes Zuziehen und Rücken auf dem Tragseil, keine Steinschlag- und Erosionsgefahr, grosse Absenk- und Lagerplätze).

Für die Bergabbringung spricht, dass das geseilte Holz nicht über lange Distanzen mit dem Lastwagen zu Tal transportiert werden muss (Strassenunterhalt).

Leichte Mobilseilkranen eignen sich in erster Linie für das Bergaufseilen. Abwärtsseilen kommt eher in Ausnahmefällen in Frage, z.B. wenn der Mobilseilkran oberhalb des Holzschlages auf einem Maschinenweg aufgestellt, und das Holz abwärts auf eine Abfuhrstrasse geseilt werden kann.

5.2.4 Der Aufbau der Seilanlage

Der Aufbau (Montage) der Seilanlage erfordert folgende Bauelemente:

- Tragseilstützen
- Tragseil-Endmasten
- Tragseilanker
- Schlittenwindenpodest (Windenbock)
- evtl. Seilumlenkungen und Flugsicherungs-massnahmen

Künstliche Stützen, Endmasten und Tragseilanker finden nur Verwendung, wenn natürliche fehlen.

5.3 Die Seillinien als Feinerschliessungsmittel

Seillinien, in der Folge auch Seiltrassees oder Seilschneisen genannt, sind in sehr schwierigem Gelände das Mittel der Feinerschliessung in Form von 2–4 Meter breiten Bestandesschneisen. Seillinien sollen ihre Funktionen über einen langen Zeitraum möglichst optimal erfüllen. Die Seillinienplanung muss deshalb vorausschauend, umfassend und sorgfältig ausgeführt werden. Eine mangelhafte Planung hat negative Auswirkungen auf die waldpfleglichen, arbeitstechnischen und wirtschaftlichen Aspekte der Seilbringung.

Die Seilschneisen gewährleisten das Einziehen und das Spannen des Tragseiles, die Leerfahrt des Laufwagens in den Bestand sowie die Lastfahrt mit Holz zurück zum Absenkplatz. Seiltrassen erfordern nur Bestandesausrieb. Gegebenenfalls müssen Steine und Blöcke, die durch die Seilarbeit gelöst werden könnten, vor dem Abrollen gesichert werden.

Seillinien müssen womöglich immer direkt zu einer Strasse führen, damit ein gebrochener Transport des Holzes vermieden wird. Nur in Sonderfällen und als Übergangslösung, zum Beispiel wenn die Groberschliessung noch nicht vollständig erstellt ist, darf eine Seillinie anstatt auf eine Strasse auf einen Maschinenweg oder zu einer anderen Seillinie geführt, und damit ein gebrochener Transport in Kauf genommen werden. Zudem ist das Weiterücken des geseilten Holzes auf einem Maschinenweg witterungsabhängig.

Gebrochener Transport

Durch einen Wechsel der Rückemittel bei der Bringung des Holzes vom Schlagort an die lastwagenbefahrbar Strasse, entsteht zwangsläufig ein gebrochener Rückevorgang. Getrennte Rückephasen, verbunden mit aufwendigem Abhängen und Wiederanhängen des Holzes an ein anderes Rücke- oder Transportmittel, sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

Sonderfall

Um nicht mit Strassen erschlossene Bergwaldgebiete mit dem Seilkran flächendeckend nutzen zu können, sind oft Zubringer- oder Nebenseillinien zu einer Hauptlinie notwendig.

Hauptlinie

Die Hauptlinie verbindet zwei Basispunkte miteinander. Sie führt in der Regel von der Talbasis (Strasse) in ein nicht groberschlossenes Waldgebiet. Ihr bergseitiges Ende ist Ausgangspunkt für Nebenlinien (Zubringerlinien). Die Hauptlinie dient dem Weitertransport des Holzes, das von den Nebenlinien zum Basispunkt herangeseilt wurde. Auf der Hauptlinie wird das Holz mit einem Seilkran oder einer Seilbahn weitertransportiert. Die Hauptlinie ist in diesem Fall Transportanlage, der Seilkran oder die Seilbahn ein Transportmittel.

Nebenlinien (Zubringerlinien)

Nebenlinien sind Seillinien, die von der Bergstation (Basispunkt) einer Hauptlinie ausgehend das angrenzende Gebiet für die Holzbringung mit dem Seilkran erschliessen. Nebenlinien erfüllen die Funktion des Holzurückens. In diesem Fall ist der Seilkran ein Rückemittel.

5.4 Wichtige Einflüsse auf das Anlegen der Seillinien

Der Einsatz von Seilanlagen ist nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich:

- Groberschliessung als Basis für die Seilbringung
- Holzabsenk- und Holzlagerplätze
- Mobilseilkran- und Schlittenwindenstandorte mit Verankerungsmöglichkeiten
- Verankerungsmöglichkeiten für das Tragseil

5.4.1 Einfluss der Groberschliessung

Grundlage der Seillinienplanung ist das lastwagenbefahrbar Strassennetz mit ausreichenden Holzlagerplätzen. Lage und Dichte der Groberschliessung sind massgebend für die Anlage und die Länge der Seillinien. Je dichter eine Erschliessungseinheit mit Strassen erschlossen ist, desto kürzer können die Seillinien gehalten werden. Sie lassen sich dadurch oft günstiger in das Gelände einlegen. Heute werden vorwiegend im Kurz- und Mittelstreckenbereich, an Stelle des herkömmlichen Seilkranes, Mobilseilkranen und Hebeschleifzüge eingesetzt. Bevor die Seillinienplanung erfolgt, muss abgeklärt werden, wieweit die Groberschliessung allenfalls für den Einsatz dieser Mittel ergänzt werden kann. Mit dem Ausbau von Jeep- und Traktorenwegen und dem Neubau von kurzen Strassenstücken (z. B. Stichstrassen) ist oft ohne grosse Kosten eine wesentliche Ausdehnung der Einsatzmöglichkeiten und auch eine Verbesserung der Einsatzbedingungen für den Seilkran zu erreichen. Gute Einsatzbedingungen fördern unter anderem auch kürzere Einsatzintervalle und somit rechtzeitige Pflege- und Nutzungseingriffe.

5.4.2 Absenk- und Holzlagerplätze

Eine rationelle Seilkranarbeit erfordert ausreichend grosse Absenk- und Lagerplätze. Seillinien für den herkömmlichen Seilkran lassen sich oft so anlegen, dass das Holz direkt auf einen Lagerplatz abgesenkt werden kann. Beim Mobilseilkraneneinsatz bietet sich diese Möglichkeit seltener. Bei den häufig anzutreffenden engen Platzverhältnissen verbleibt nur wenig Absenkplatz, weil die Maschine selbst einen Teil des Platzes beansprucht. In solchen Fällen muss das Holz laufend vom

Absenkplatz zu den Lagerplätzen weitergerückt werden. In der Regel wird heute für das Sortieren und Lagern ein Rucke- oder Kranfahrzeug eingesetzt. Wenn Grösse und Neigung der Lagerplätze es erlauben, kann das geseilte Holz von Hand fortlaufend sortiert und gelagert werden. Die Absenkstelle muss sich in solchen Fällen an der höchsten Stelle des Lagerplatzes befinden, damit das Holz von dort abgerollt werden kann. Falls die Lagerung über Fliessgewässern erfolgt, schliesst das eine chemische Schutzbehandlung des geseilten Holzes aus. Im Einzelfall muss geprüft werden, wieweit durch den Bau oder Ausbau von Absenk- und Lagerplätzen Verbesserungen erreicht werden können.

5.4.3 Maschinenstandplätze für Mobilseilkran

Häufig fehlen entlang den Strassen genügende Platzverhältnisse, um die Maschine und das heranzuseilende Holz aufzunehmen. Wenn der Mobilseilkran wiederholt im gleichen Raum zum Einsatz kommt, lohnt es sich, gute Maschinenstandplätze anzulegen. Dies erfolgt mit Vorteil bereits zusammen mit einem allfälligen Ausbau des Strassennetzes für den Mobilseilkraneneinsatz.

Als gute Maschinenstandplätze für den Mobilseilkran eignen sich:

Ausstellplätze, Strassenverzweigungen, Wendepunkten und deren näherer Bereich, Strassenverbreiterungen, tragfeste Holzlagerplätze.

Vorteilhaft sind zudem:

- Gelände ohne extreme Gefällswechsel im Bereich des Maschinenstandortes, im besonderen keine Felsen auf der Verankerungsseite
- gute Verankerungsmöglichkeiten
- bei Maschinenstandort auf Strassen kein oder nur unwesentlicher Fahrzeugverkehr

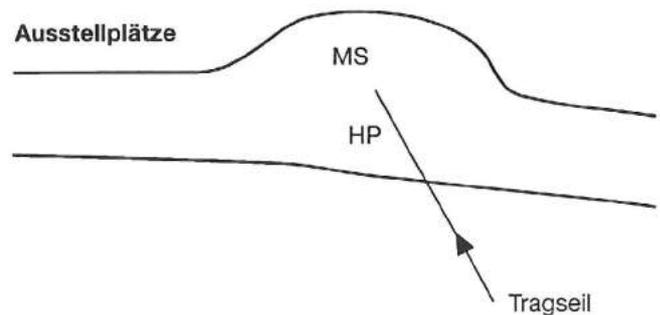
5.4.4 Die Gelände- und Flächenformen

Die Gelände- und Flächenformen der mit Seillinien zu erschliessenden Waldteile sind oft ungünstig für das Anlegen von Seillinien. Besitzesgrenzen können zusätzlich eine ungünstige Ausgangslage schaffen, wenn fremdes Eigentum nicht in die Seilerschliessung einbezogen werden kann. Mit der bestmöglichen Ausnutzung der Gelände- und Flächenformen soll bei der Anlage der Seillinien folgendes erreicht werden:

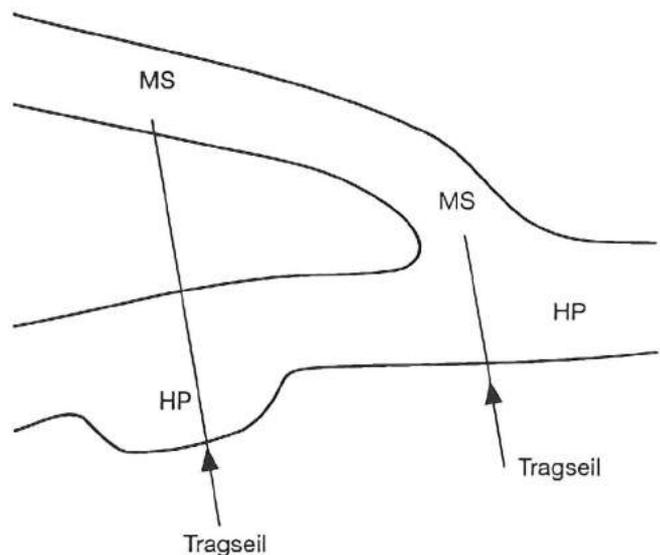
Möglichst hoher Erschliessungs- und Nutzungseffekt:

- wenig Doppelschliessung, also möglichst parallele Anlage der Seillinien
- möglichst kleiner Anteil Seillienlänge ohne Holzanzfall (offenes Land und unproduktive Flächen)

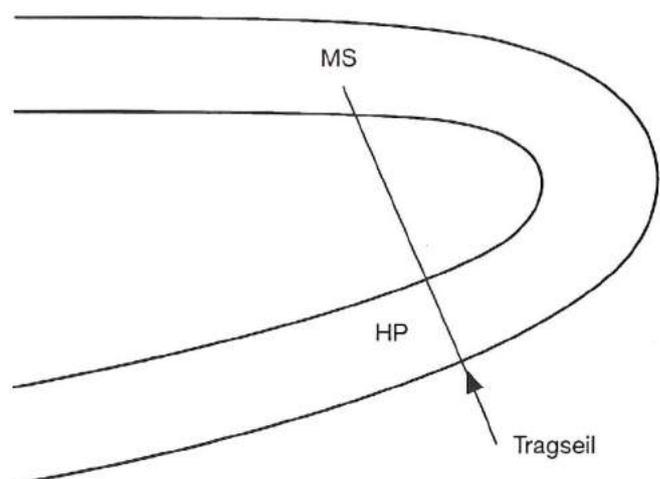
Beispiele von Mobilseilkran-Standplätzen



Strassenverzweigungen



Wendepunkten



MS = Maschinenstandort

HP = Absenk- bzw. Holzlagerplatz

↑ = Rückrichtung

Abb. 37. Mobilseilkran-Standplätze.

- mit dem Tragseil kein mit Maschinenwegen erschlossenes Gelände überspannen, um Doppeler-schliessung zu vermeiden. Ausnahmen: Klar erkennbare Verminderung des Installationsaufwandes durch das Überspannen oder Änderung des ganzen Erschliessungs- und Rückekonzeptes, aufgrund des Einsatzes neuer wirtschaftlicher Maschinen und Arbeitsverfahren, z.B. des Mobilseilkran
- mit dem Tragseil Geländeteile erschliessen, wo sich viel Holz befindet

Seillinien sind deshalb über Tobel zu führen, wenn sich dort viel Holz, das aus Steilhangpartien abgeglitten ist, angesammelt hat. Breite Mulden werden vorteilhaft direkt mit dem Tragseil überspannt. Wenn das zu seilende Holz an den Flanken einer Geländerippe liegt, ist es vorteilhaft, die Seillinie über der Rippe selbst zu führen, um günstige Zuzugsverhältnisse zu erhalten. Die Lastfahrt des Holzes muss in diesem Fall freihängend auf dem Tragseil erfolgen, damit kein seitliches Abgleiten der Stämme erfolgt und viele Bestandsschäden entlang des Seiltrassees verursacht werden.

Gute Lastbildungsverhältnisse und Zuzugsbedingungen:

- Ausziehen des Lasthakens und des Zugseils in steilen Lagen möglichst nicht bergaufwärts und quer zum Hang
- bestandschonendes und technisch günstiges Rücken des Holzes zum Tragseil mit der Möglichkeit, den Zuzugswinkel und die Zuzugsdistanz den Bestandesverhältnissen, der Rauheit der Bodenoberfläche und dem Geländere relief anzupassen und damit Hindernisse zu umgehen
- Zuzug des Holzes zum Tragseil möglichst bergwärts

5.4.5 Einfluss des Geländeprofiles

Das Längenprofil eines Seiltrassees hat Einfluss auf die Grösse des Montageaufwandes beim Aufbau einer Seilanlage. Bei einem konkaven Geländeprofil (Abb. 38) werden weniger Bauelemente benötigt, als bei einem konvexen Profil (Abb. 39).

Grundsätzlich ist ein möglichst kleiner Installationsaufwand anzustreben. Deshalb sind die Geländegegebenheiten möglichst gut auszunützen, so dass die einzelnen Seillinien wenig Bauelemente erfordern. Zudem sind gute Verankerungsmöglichkeiten für Tragseil und Kippmast auszunützen. Dort wo es möglich ist, sind Mulden und Täler zu überspannen, so dass wenig Masten und Stützen erforderlich sind. Das Tragseil soll am auslaufenden Hangfuss oder im Gegenhang verankert werden. Der Mobilseilkran benötigt in diesem Fall bei talseitiger Maschinen aufstellung eine Erschliessungsstrasse.

Das Einsparen von Endmasten und Stützen darf jedoch nicht zusätzliche Teilarbeiten bei der Montage zur Folge haben, die mehr Zeit erfordern, als eingespart werden kann. Es ist unzweckmässig, das Tragseil so hoch im Gegenhang zu verankern, dass:

- die Seillinie als Luftfahrthindernis gemeldet werden muss (Tragseil mehr als 25 m über Boden, Projekt ausarbeiten)
- Flugsicherungsmassnahmen mit Ballonseil notwendig werden (Tragseilhöhe 70 m über Boden).
- für den Seilbetrieb extreme Aufzugs- und Absenk-höhen für die Holzlast entstehen.

Geländere relief (Profil)

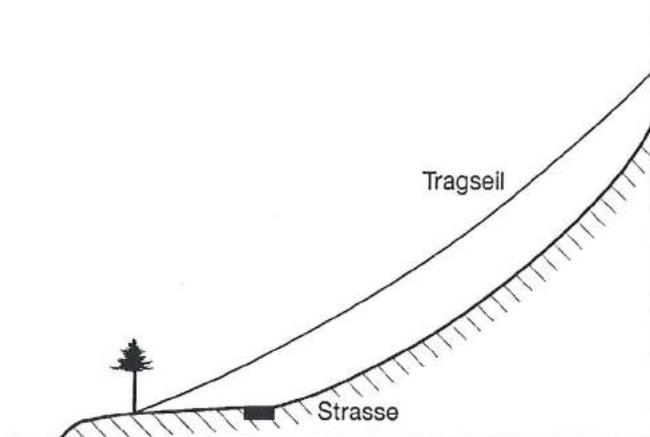


Abb. 38. Konkaves Profil (Wannenprofil).

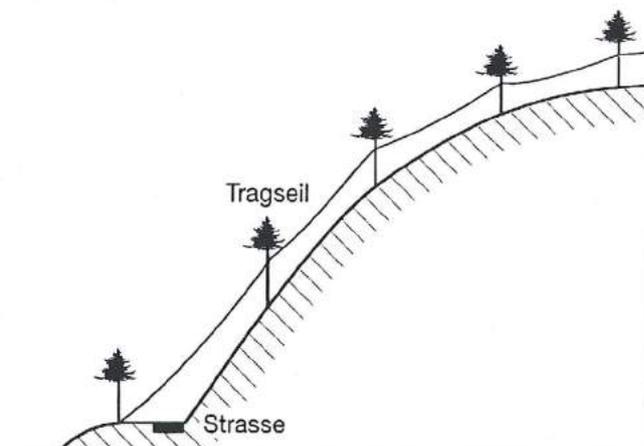


Abb. 39. Konvexes Profil (Buckelprofil).

Es ist vorteilhaft, wenn zumindest eine der beiden Tragseilankerstellen gut zugänglich ist, damit das Tragseil (inklusive Spannvorrichtung) antransportiert und mit einer Fahrzeugseilwinde gespannt werden kann.

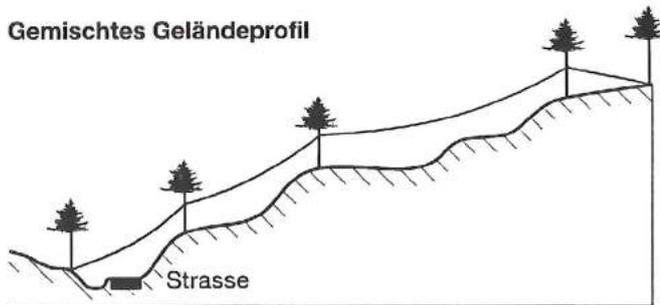


Abb. 40. Gemischtes Geländeprofil.

Wenn bei stark zergliederten Hängen die Seillinien, anstatt mehr oder weniger dem Geländeverlauf folgend, quer über Kreten, Rippen, Mulden und Gräben angelegt werden, ergibt das ein ungünstiges Profil, welches in der Regel viele Tragseilstützen erfordert. Solch uneinheitliches Gelände mit häufigem Expositionswechsel führt auch zu Erschwernissen beim Begehen und beim Aufbau und Betrieb der Seilanlage, z.B. beim Einziehen von Zug- und Tragseil in das Trasse und der Bildung der Holzlasten beim Seilen.

Die Höhe des Tragseiles über Boden hat Auswirkungen auf den Montageaufwand, die Sortimentslängen, den seitlichen Zuzug und die Bringungsrichtung auf dem Tragseil (AGGELER 1989).

Tragseilverlauf vorwiegend unterhalb der Baumkronen

- nur bei Bergtransport möglich (Kopfhochverfahren)
- wenig hohe Stützen, daher wenig baulicher Aufwand beim Stützenbau
- kein oder seltenes Aufasten von Bäumen entlang der Seillinie
- Zuzüge erschwert, weil Last spät vom Boden abhebt, folglich eher kleine Nutzungsbreite
- Seillinie vom Gegenhang wenig sichtbar

Tragseilverlauf vorwiegend im Kronenbereich

- Behinderung der Lastfahrt durch Äste
- Störungen und Defekte am Laufwagen durch Äste
- Aufasten oder Fällen der Bäume bringt breite, gut sichtbare Schneisen

Tragseilverlauf vorwiegend oberhalb der Baumkronen

- ideal für freihängenden Taltransport von Holz
- grosse Nutzungsbreite möglich
- beim Zuzug hebt die Last sofort vom Boden ab
- Seilschneisen von aussen wenig sichtbar

5.4.6 Tragseilverankerung

Wo möglich sind immer natürliche Anker für das Tragseil und die Abspannungen des Mobilseilkranmastes zu benützen.

Wenn mehrere Seillinien an einem zentralen Punkt auf offenem Gelände zusammenlaufen, und dort natürliche Verankerungsmöglichkeiten fehlen, ist es vorteilhaft, einen permanenten Anker zu erstellen (Wyssen-Anker mit drehbarem Kopf, Betonanker). Die Ankerstelle muss so gewählt werden, dass mit den Seillinien der Absenk-, bzw. Lagerplatz, überspannt wird. Der zentrale Ankerpunkt sollte sich nicht im voll geschlossenen Waldbestand befinden. Wenn dies der Fall ist, entsteht dort durch die Konzentration der Seillinien ein «Kahlschlag» und eine Übererschliessung mit Seillinien. Je weiter der Tragseilanker vom Waldbestand entfernt ist, desto grösser wird jedoch der Anteil Seillinienlänge ohne Holznutzung.

Bei einer Einzellinie oder bei V-förmiger Anlage von zwei Seillinien, wird als künstlicher Anker in der Regel ein «Toter-Mann-Anker» verwendet.

Zum Abschätzen der Eignung eines Baumes als Tragseilanker gilt folgende Faustregel:

$$T = \frac{D^2}{3}$$

T = maximale Belastung (Spannung, Zugkraft) in Tonnen (1000 kg)

D = Durchmesser des Baumes am Stammfuss in Dezimeter

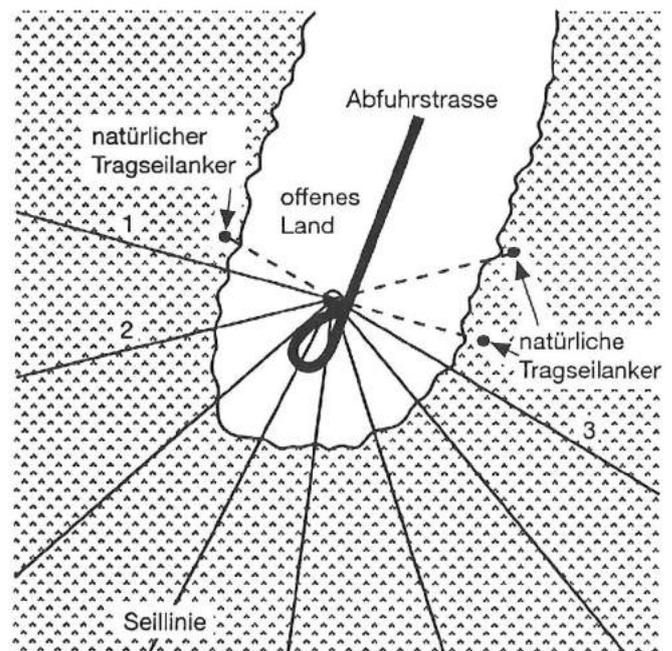
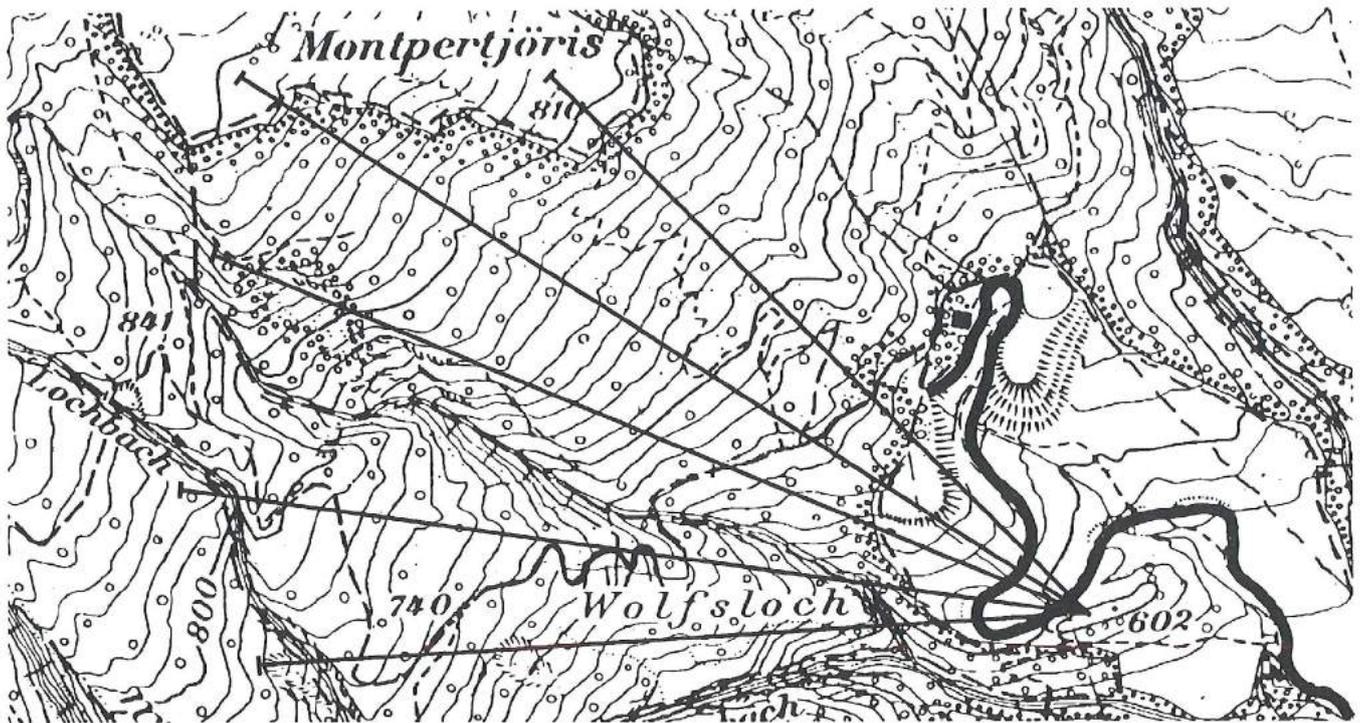


Abb. 41. Seillinienanlage mit zentralem Tragseilanker und Baumankern.



Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20.11.1991

Abb. 42. Zentraler Betonanker für Tragseil. Die erhöhte Lage des zentralen Betonankers erübrigt den Bau von Endmasten beim Absenkplatz.

Beispiele:

Wenn die Distanz vom zentralen Absenkplatz auf offenem Land bis zum Waldrand nicht zu gross ist (Mobilseilkran max. 100 m), kann das Tragseil, bzw. der Mast, dort verankert werden.

5.4.7 Abstand der Seillinien und seitliche Zuzugsdistanz

Der Abstand der Seillinien wird wesentlich durch den Zeitaufwand für den Auf- und Abbau der Seilanlage, die pro Flächeneinheit zu rückende Holzmenge, sowie durch die Bestandesdichte und die Bestandesqualität beeinflusst. Je kleiner die Holzmenge ist, desto stärker wird ein Kubikmeter Holz durch den Installationsaufwand belastet. Das kann im Extremfall zu einem Missverhältnis zwischen dem Aufwand für das Seilen des Holzes und dem Aufwand für die Installation führen. Dieser Umstand darf jedoch nicht dazu verleiten, die Holzmenge mit waldbaulich zu starken Pflegeeingriffen zu erhöhen.

Für kleinen Seillinienabstand sprechen:

- geringe Montage- und Demontagekosten für die einzelnen Seillinien, bedingt durch:
 - gute Zufahrten in das Seilgelände
 - einfache Geländebedingungen
 - keinen, wenig und oder günstigen Stützen- und Endmastbau.
 - gute Tragseilankermöglichkeiten

Der Installationsaufwand ist zudem vom Seilkran- und der Anlageart der Seillinien abhängig. Der Mobilseilkran hat gegenüber dem herkömmlichen Seilkran den Vorteil, dass hauptsächlich bei Seillinien mit Bergaufbringung (einfaches 2-Seil-System) die Montagezeit beträchtlich kürzer ist.

- grosse zu seilende Holzmenge aufgrund guter Produktivität und grossen Holzanfalls entlang der ganzen Seillinie
- Bestandesstruktur und Bestandesqualität
In jungen, dicht geschlossenen und qualitativ guten Zukunftsbeständen ist die schonende Pflege und Nutzung besonders wichtig. Mit kurzen seitlichen Zuzügen des Holzes zum Tragseil können die Rückschäden in Grenzen gehalten werden.
Die Zuzugsdistanz des Holzes zum Tragseil hängt, ausser vom Seillinienabstand, auch von der Fällrichtung und vom Zuzugswinkel ab. Durch das Fällen des Holzes gegen das Tragseil wird die Zuzugsdistanz verkürzt. Vorrang hat in jedem Fall ein bestandschonendes Zuziehen des Holzes zum Tragseil mit entsprechender Fällrichtung.

Für grossen Seillinienabstand sprechen:

- grosser Montage- und Demontageaufwand pro Seillinie, verursacht durch:
 - aufwendige Materialtransporte in das Seilgelände infolge fehlender Zufahrten
 - schwieriges, uneinheitliches Gelände, das viele

Tragseilstützen und auch Endmasten erfordert erschwertes Einziehen und Spannen des Tragseiles
künstliche Anker für das Tragseil (Toter-Mann, Betonanker)

- kleiner Holzanfall entlang der Seillinie bedingt durch nicht sehr produktive Standorte, Jungwuchsflächen und offenes Land
- günstige Bestandesstruktur und Geländebeschaffenheit, die relativ lange Zuzüge erlauben, ohne dabei untragbare Bestandesschäden zu verursachen. Der Zuzug des Holzes wird auch durch die Tragseilhöhe beeinflusst. Je höher das Tragseil über dem Boden verläuft, desto früher wird die Holzlast kopfseitig angehoben und läuft leichter über Hindernisse hinweg.

Faustregel: Tragseilhöhe \times 1,5 = Zuzugsdistanz (rechtwinklig)

Richtgrößen für Seillinienabstand

Mobil-Seilkran

Anlagekategorie «leicht» für Schwachholz-

Durchforstungen (1t Nutzlast) Abstand 30–40 m

Anlagekategorie «mittel»

(2 t Nutzlast) Abstand 40–70 m

Herkömmlicher Seilkran Abstand 60–100 m

5.4.8 Landschaftsschutz

Weithin gut sichtbare Seiltrassees wirken auf den Betrachter ungünstig. Je nach dem Umfeld (Kurgebiet, Touristenorte, sensibilisierte Bevölkerung) lösen Seilschneisen aus diesem Grund Kritik aus. Diesem Umstand ist bei der Seillinienplanung nach Möglichkeit Rechnung zu tragen:

- Seillinien nicht auf exponierte Zentren hin in das Gelände legen
- Tragseilverlauf nicht im Kronenbereich der Bäume
- Seillinien genau abstecken, um Linienkorrekturen und damit breite Schneisen zu vermeiden

Schräg im Hang liegende Seiltrassees sind im allgemeinen weniger gut einsehbar als senkrecht angelegte.

5.4.9 Arbeitssicherheit und Ergonomie

Bereits bei der generellen Seillinienplanung muss auf günstige Arbeitsbedingungen für die später folgenden Seilarbeiten geachtet werden. Mit einer guten Linienwahl und Lage der Seiltrassees im Gelände, können gute Voraussetzungen für den Aufbau und Betrieb der Seilanlage geschaffen werden.

Wo die Bestandesverhältnisse es erlauben und schwierige Geländebedingungen sogar erfordern, sind unfallträchtige Arbeiten vom Waldbestand an einen sicheren Arbeitsplatz (Strasse, Lagerplatz) zu verlegen. Z.B. beidseitiges Entasten der Bäume im Steilhang. Bei fehlenden Zufahrtswegen und sehr schwierigen Geländebedingungen kann für Materialtransporte, insbesondere für den Transport der Seilwinde, der Helikopter eingesetzt werden.

Gute Bedingungen für die Seilarbeit verkürzen die Einsatzzeit. Das Unfallrisiko und der Anteil körperlich anstrengender Arbeiten für das Betriebspersonal werden vermindert. Wirtschaftlichkeit und Arbeitssicherheit bei der Seilarbeit ergänzen sich damit vorteilhaft.

Für den Betrieb von Seilkrananlagen sind die Richtlinien der SUVA (Form. 2136) zu beachten.

5.5 Zusammenfassung der Anlagekriterien

Wie erläutert, wird die Anlage der Seillinien weitgehend durch die Groberschliessung, die Holzabsenk- und Lagerplatzmöglichkeiten, die Verankerungsmöglichkeiten für Tragseil und Kippmast, die Maschinenstandplätze, die Gelände- und Flächenformen sowie das Gelände- und Erschliessungsverhältnisse, die alle Anforderungen der Seilbringung optimal auf sich vereinigen, dürften in der Praxis eher die Ausnahme sein. Wie bei einer jeden anderen Feinerschliessungsart, sind auch bei der Seillinienplanung jeweils die bestehenden Vor- und Nachteile einer bestimmten Anlageart zu ermitteln, gegeneinander abzuwägen und dabei Prioritäten zu setzen. Aus möglichen Anlagevarianten sollte letztlich diejenige Anlage verwirklicht werden, die sich aus Sicht des Erschliessungswertes, des Installationsaufwandes, der Lastbildungs- und Rückeverhältnisse, des Landschaftsschutzes, der Arbeitssicherheit und der körperlichen Belastung des Betriebspersonals als voraussichtlich beste Lösung erweist.

5.6 Das Anlegen der Seillinien

Je nach den örtlichen Gegebenheiten können Seillinien auf verschiedene Arten angelegt werden:

parallel, in Hangfalllinie (Abb. 43, 46)

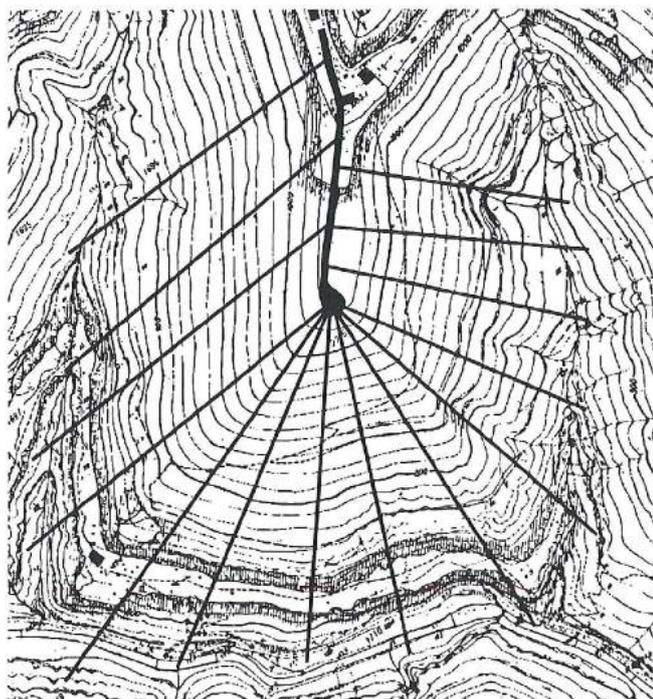
parallel, schräg zum Hang (diagonal) (Abb. 43, 46)

direkt, fächer- oder sternförmig (Abb. 44)

indirekt, fächer- oder sternförmig (Abb. 41, 47)

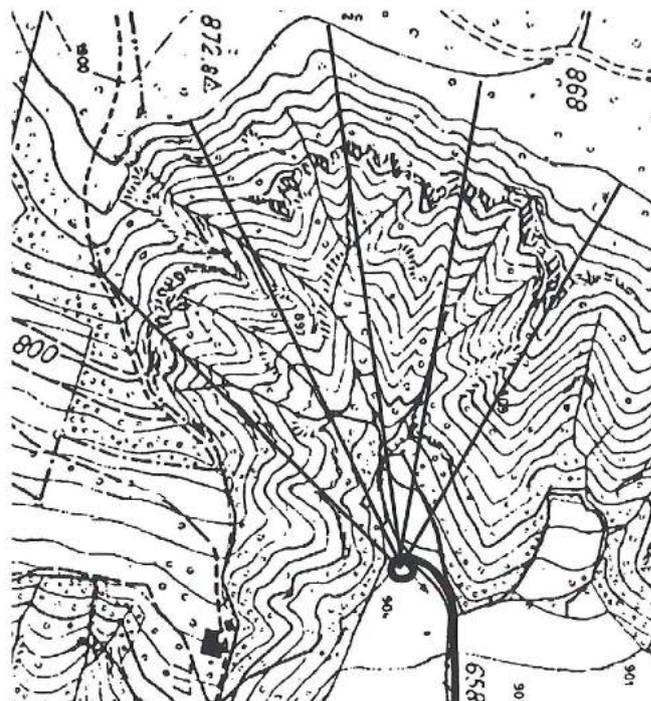
Eine einheitliche geometrische Anlage innerhalb derselben Feinerschliessungs- oder Rückeeinheit wird in

Die Geländeform bestimmt die Anlage der Seillinien



Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20. 11. 1991

Abb. 43. Direkte, sternförmige Anlage mit Übergang zu paralleler Anlage der Seillinien. Kegelförmige Geländeform als Abschluss einer Krete. Mit Stichstrasse erschlossen. Am Ende der Strasse zentraler Trageanker mit Seilwinden-Bergstation und Holzlagerplatz.



Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20. 11. 1991

Abb. 44. Direkte, sternförmige Anlage der Seillinien. Geländekessel (Mulde) von der Talstrasse aus mit Stichstrasse erschlossen. Zentraler Absenk- und Holzlagerplatz. Künstlicher Trageanker.

der Praxis nicht immer möglich sein, weil die örtlichen Verhältnisse häufig ein Abweichen von einer bestimmten Anlageart erfordern.

Die Beispiele (Abb. 43, 44) zeigen zwei verschiedene Anlagearten von Seillinien:

5.6.1 Sternförmige Anlage der Seillinien

Bei der *direkten, sternförmigen Seillinienanlage* laufen alle Seillinien an einem zentralen Ankerpunkt – meist beim Lagerplatz – zusammen. In der Regel wird dort ein Endmast notwendig.

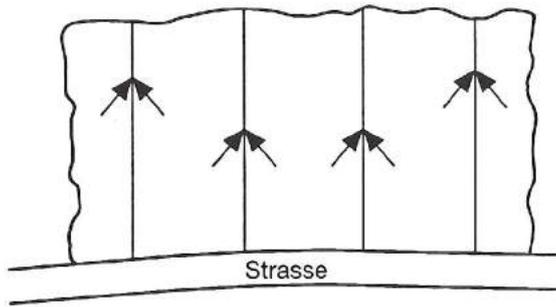
Bei der *indirekten, sternförmigen Anlage* überqueren die Seillinien auf verschiedenen Achsen den Lagerplatz auf dessen ganzer Breite und werden in einiger Distanz zu diesem verankert (Abb. 47). Voraussetzung ist, dass natürliche Verankerungsmöglichkeiten (Bauanker) vorhanden sind. Die Vorteile dieser Anlageart liegen darin, dass der Lagerplatz, ohne das Holz zu verschieben, optimal ausgenützt werden kann, und dass gegebenenfalls durch günstige Topographie das Trageseil so hoch über den Lagerplatz geführt werden kann, dass sich dort Endmasten erübrigen. Wenn die genannten Bedingungen nicht erfüllt sind, muss auf diese Anlageart verzichtet werden.

Für beide Anlagearten ergibt sich eine Ballung von Seillinien auf kleiner Fläche. Der Lagerplatz soll sich also auf offenem Land und nicht in einem geschlossenen Waldbestand befinden, damit durch die Konzentration der Seillinien nicht ein «Kahlschlag» entsteht.

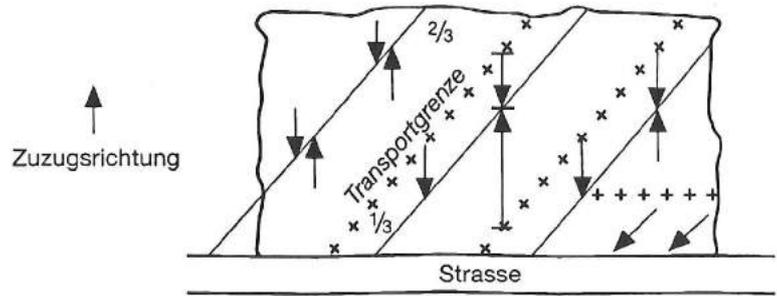
5.6.2 Parallele Anlage der Seillinien (in der Hangfallinie oder schräg dazu)

Grundsätzlich ist die parallele Anlage der Seillinien den andern Anlagearten vorzuziehen, weil damit keine Übererschliessung entsteht. Für eine systematische parallele Anlage eignen sich Tafelhänge besonders gut. Dabei können die Seillinien in der Hangfallinie oder schräg dazu angelegt werden. Beide Varianten haben ihre Vor- und Nachteile (Abb. 45).

Seillinien in der Falllinie



Seillinien schräg zur Falllinie



Seillinienlänge, Erschliessungseffekt

Die senkrechte Anlage erfordert bei gleicher Flächengrösse mehr, dafür kürzere Seillinien. Die Fläche wird gleichmässiger erschlossen.

Die schräge Anlage erlaubt grösseren Seillinienabstand und weniger Seillinien, was zu einem insgesamt geringeren Installationsaufwand führen kann. Die Länge aller Seillinien zusammen ist annähernd gleich wie bei senkrechter Anlage.

Die Erschliessung ist weniger flächendeckend

Rückedistanz, Zuzugsdistanz

Die Rückedistanz auf dem Seil ist insgesamt kürzer, die Zuzugsdistanz vom Fäll- und Zuzugswinkel abhängig.

Zuzugs- und Lastfahrtdistanzen sind generell grösser.

Holzanfall, Lagerplätze

Pro Seillinie fällt weniger Holz an. Die Holzmenge verteilt sich auf mehr Lagerplätze, sofern solche bei jeder SL vorhanden sind, oder das Holz nicht laufend zu einem zentralen Aufarbeitungs- und Lagerplatz gerückt wird.

Der Holzanfall pro Seillinie ist grösser, die Lagerplatzkapazität muss ebenfalls grösser sein, wenn das Holz nicht laufend zu einem zentralen Aufarbeitungsplatz weiter gerückt wird.

Rückeschäden

Je steiler der Hang ist, desto mehr Rückeschäden entstehen am Bestand durch den schrägen Zuzug des Holzes zum Tragsseil.

Der Zuzug des Holzes erfolgt in der Falllinie. Damit lässt sich trotz talseitig längeren Zuzügen bestandschonend arbeiten. Bergseitig kann das Holz unter das Tragsseil gereistet werden. Die Seillinie wird so angelegt, dass 2/3 des Holzes zugezogen und 1/3 zugereistet werden können.

Kopfhochrücken, Erosionsschäden

Hochschleppverfahren verursachen im Seiltrassee Bodenschürfungen, die durch grosse Niederschlagsmengen bei empfindlichen Böden (Flysch) zu Erosionsrillen führen.

Durch Hochschleppverfahren entstehen entlang der Seiltrassees viele Stammverletzungen. Ohne Schutzmassnahmen (Astpakete, Bäume verlegen) darf dieses Verfahren nicht angewendet werden.

Gefährdung Personal und Maschinen

Bei talseitigen Absenk- und Lagerplätzen stellen allenfalls abgleitende Stämme und Steine eine Gefährdung für das dort arbeitende Personal dar.

In steilem Gelände wird durch schräg angelegte Seillinien diese Gefährdung vermindert. Die Gefahr, dass talseitig aufgestellte Mobilseilkräne beschädigt werden wird ebenfalls vermindert.

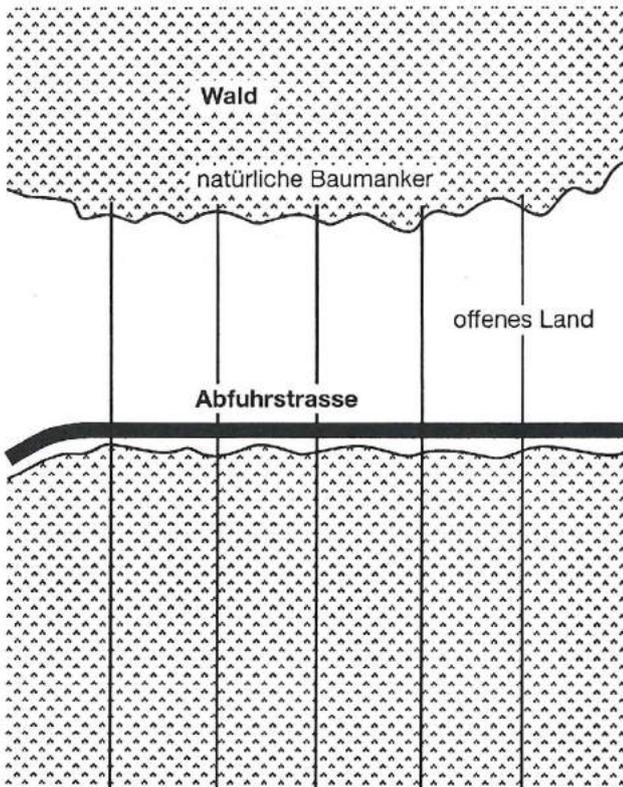
Abb. 45. Vor- und Nachteile verschiedener Seillinienanlagen.

Anlage der Seillinien

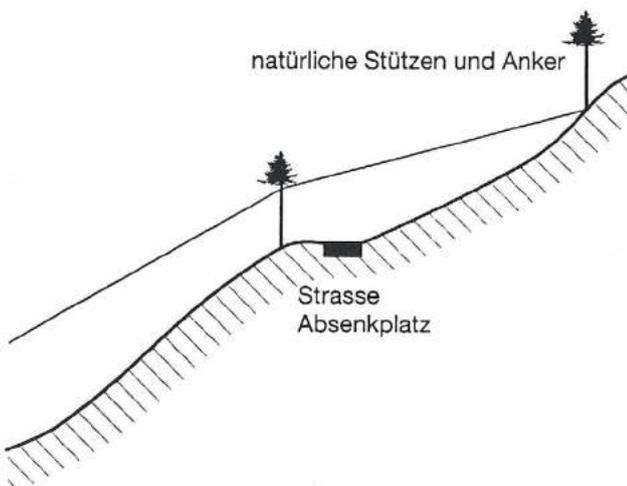
Geländeprofil: günstig

- Parallele Seillinienanlage
- Strasse im Hang
- guter Erschliessungseffekt

Situation



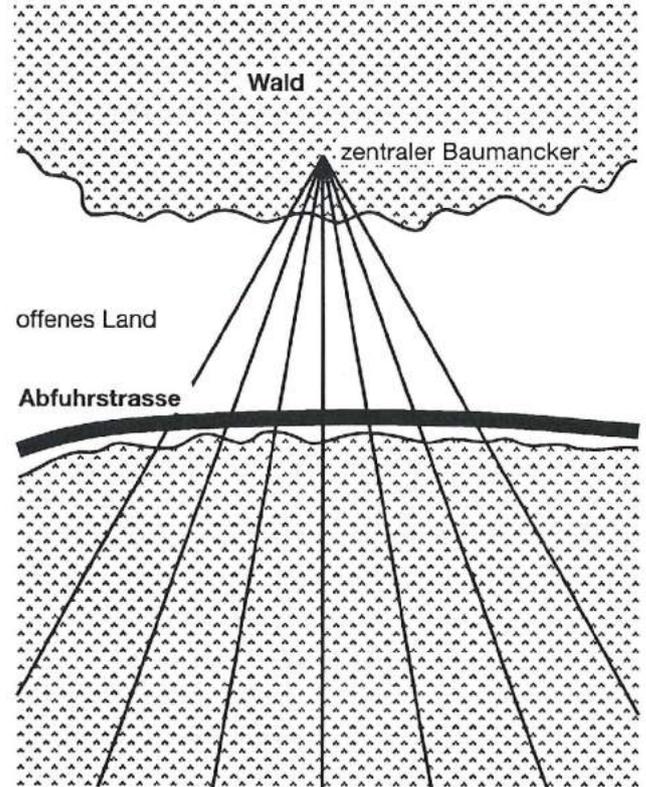
Profil



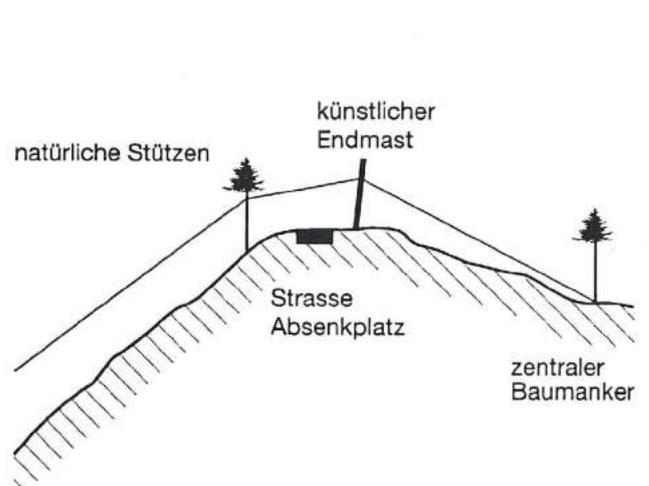
Geländeprofil: ungünstig

- Sternförmige Linienanlage
- Strasse auf Krete
- künstliche Erdmasten, grosser Installationsaufwand
- Erschliessungseffekt nicht optimal

Situation

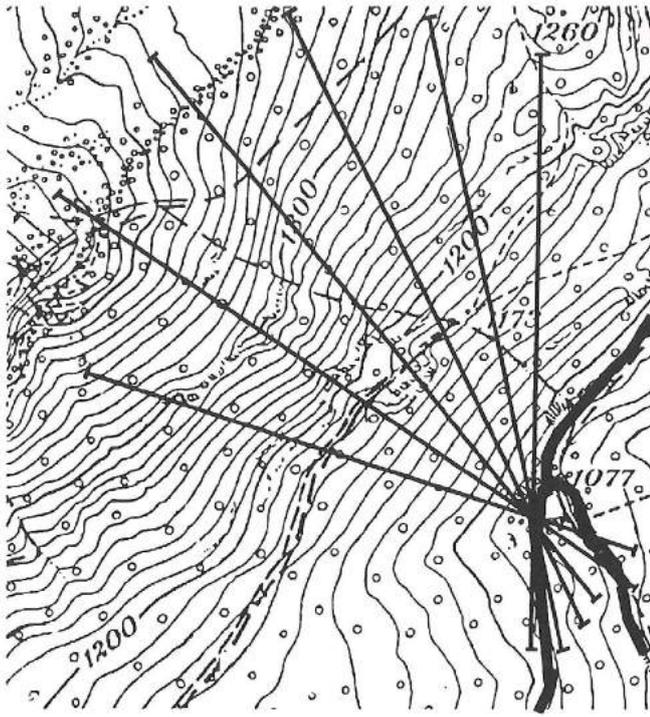


Profil



Bei dieser Situation kann der Mobilseilkran den künstlichen Endmast ersetzen.

Abb. 46. Anlagebeispiele von Seillinien.



Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Vermessungsdirektion vom 20. 11. 1991

Abb. 47. Indirekte, sternförmige Seillinienanlage.

6 Zusammenfassung

Die Feinerschliessung von Waldbeständen – ein Leitfaden für das Planen, Anlegen und Benützen von Feinerschliessungsnetzen.

Die zunehmende Mechanisierung und die ungünstige Kostenentwicklung in der Forstwirtschaft, insbesondere bei den Waldpflege- und Holzbringungsarbeiten, verlangen nach einem rationellen Einsatz der Forstmaschinen. Voraussetzung dazu ist eine ausreichende Walderschliessung sowohl mit Strassen, als auch mit Feinerschliessungsanlagen. Hauptsächlich die Feinerschliessung ermöglicht den Zugang in die Waldbestände, verschafft dort Übersicht und fördert damit ein zielstrebiges und bestandschonendes Arbeiten. Die verbesserten Arbeitsbedingungen helfen mit, die Unfallgefahr und die körperliche Belastung zu vermindern. Die häufig kleinflächig wechselnden Standorts- und Geländebeziehungen, sowie die unterschiedlichen betrieblichen Mittel machen es dem Betriebsleiter nicht leicht, die für seine Verhältnisse angepasste, wirtschaftliche Feinerschliessung zu finden. Zudem wird oft die zentrale Bedeutung der Feinerschliessung für eine rationelle und pflegliche Bewirtschaftung des Waldes zu wenig erkannt, und es bestehen Bedenken, die Feinerschliessung beanspruche viel Holzproduktionsfläche und schmälere letztlich den Ertrag.

Mit einem systematischen Vorgehen bei der Planung der Feinerschliessung wird gezeigt, wo die Planungsarbeiten beginnen, und mit welchen Schritten das Planungsziel erreicht werden kann. Anschliessend an eine praxisgerechte Abgrenzung der Feinerschliessungseinheiten werden die Planungsgrundlagen im Gelände kartiert, insbesondere die negativen und positiven Fixpunkte, die Befahrbarkeit des Geländes und die bautechnischen Schwierigkeiten. Eine weitere wichtige Grundlage bilden die Betriebsstruktur und die zur Verfügung stehenden Mittel. Aufgrund dieser Planungselemente kann das Feinerschliessungs- und Rückekonzept bestimmt werden, z.B. «Strasse und

Maschinenweg» oder «Strasse und Seilkran». Innerhalb eines Konzeptes werden, je nach Situation, verschiedene Anlagevarianten von Feinerschliessungsnetzen entworfen, nach Vor- und Nachteilen miteinander verglichen, und daraus die definitive Feinerschliessungsanlage bestimmt. Dabei stehen die Ausnützung des Geländes und das Erreichen eines bestmöglichen Erschliessungs- und Nutzeffektes im Vordergrund.

Aus den Bedürfnissen und Gegebenheiten des Forstbetriebes sowie aus geländebedingten Besonderheiten ist dasjenige Gesamtkonzept herauszuarbeiten, das unter Berücksichtigung von Kosten und Nutzen den örtlichen Verhältnissen am besten entspricht. Dabei sind waldbauliche, betriebswirtschaftliche, ökologische, ergonomische und unfallverhütende Gesichtspunkte einzubeziehen. Ein grosser Stellenwert kommt auch den Belangen des Natur- und Landschaftschutzes zu. Das geplante Feinerschliessungsnetz wird hinsichtlich seiner Realisierung linienweise im Gelände überprüft. Wo nötig werden Anpassungen bei der Linienführung vorgenommen, bevor diese definitiv gekennzeichnet wird.

Die Feinerschliessungsmittel Rückegassen, Maschinenwege und Seilkranlinien werden in dieser Arbeit ausführlich behandelt, und mit Beispielen von Anlagemöglichkeiten ergänzt. In die Planung der Rückegassen wird auch der Einsatz von Traktoren mit Niederdruck-Breitreifen und von Vollerntemaschinen mit einbezogen.

Richtig benützt und unterhalten erfüllen Rückegassen und Maschinenwege über lange Zeit ihre Funktion, und haben – wie die Praxis zeigt – als permanente, stets benützbare Anlagen bestimmte Vorteile gegenüber Seilkranlinien. Allerdings sind sie bei der Benützung stärker von der Witterung abhängig als der Seilkran.

Die vorliegende Anleitung ist hauptsächlich als Ausbildungsunterlage gedacht; dem Betriebsleiter soll sie zur Lösung von Feinerschliessungsproblemen dienen.

Résumé

La desserte fine en forêt – Un guide pour vos travaux de planification, d'installation et d'exploitation

L'intensification de la mécanisation et l'évolution défavorable des coûts de la foresterie, notamment ceux des soins apportés aux forêts et ceux du débardage, nécessitent une utilisation rationnelle des machines forestières. Cette condition ne sera remplie que si la forêt possède un bon réseau de dévestiture, aménagé de chemins et d'installations favorisant la desserte fine. En effet, c'est la desserte fine qui ouvre le mieux l'accès aux peuplements et améliore l'accessibilité, ce qui permet d'effectuer un travail ciblé tout en protégeant la forêt. En améliorant les conditions de travail, il est aussi possible de diminuer les risques d'accidents et d'atténuer la fatigue physique. Les conditions changeantes des stations et du terrain, de dimensions souvent restreintes, ainsi que la diversité des moyens d'exploitation, ne facilitent pas la tâche du gestionnaire forestier qui doit chercher une solution économique et adaptée à la situation. De plus, on oublie trop souvent l'importance majeure de la desserte fine, l'outil d'une exploitation rationnelle et soignée de la forêt. A cela s'ajoutent certaines réticences issues de l'idée que la desserte fine empiète sur le territoire réservé à la production ligneuse et qu'elle amenuise ainsi le rendement. Grâce à une méthode systématique de planification, il est possible de déterminer les travaux à entreprendre et les diverses étapes à franchir. Après avoir délimité les unités de la desserte fine d'une manière équitable pour la pratique, on se rend sur place afin de relever les bases de planification. On y inscrit spécialement les points fixes positifs et négatifs, la viabilité du terrain et les difficultés techniques de construction. Une autre base importante de planification réside dans la connaissance de la structure de l'entreprise et des moyens dont elle dispose. Sur la base de tous ces éléments, il est possible d'établir le schéma directeur de la desserte fine et du débardage, ce qui consiste à prévoir par exemple les «chemins et pistes de débardage», ou les «chemins et grue à câble».

Si la situation l'exige, tout projet peut encore être étoffé de diverses variantes de réseaux. On compare ensuite les avantages et les inconvénients et on détermine l'aménagement définitif. Il importe de considérer avant tout l'utilisation du terrain tout en cherchant à créer une desserte d'une parfaite efficacité. Les besoins et réalités de l'exploitation forestière, les particularités du terrain et le rapport coût-avantage sont des facteurs qui dicteront les lignes du schéma directeur. Il est indispensable aussi de prendre en considération les points de vue émis en matière de foresterie, rentabilité, écologie, ergonomie et prévention des accidents. L'importance de la protection de la nature et du paysage n'est pas des moindres non plus. Avant de concrétiser la planification, on se rend sur le terrain afin de vérifier, ligne par ligne, le réseau de desserte qui vient d'être conçu. Il est parfois nécessaire de modifier le tracé des lignes avant de les déterminer de manière définitive. Les divers moyens de desserte fine tels que les layons de débardage, les pistes de débardage et les lignes de câblage sont amplement traités dans ce travail. On y trouve aussi certains exemples d'aménagements. Le chapitre de la planification des layons de débardage traite entre autres les questions relatives à l'utilisation des récolteuses et des tracteurs munis de pneus larges à basse pression.

Utilisés à bon escient et bien entretenus, les layons et pistes de débardage remplissent longtemps leur fonction. Et comme le montrent les exemples pratiques, ces chemins de dévestiture, disponibles en permanence, présentent certains avantages par rapport aux lignes pour grues à câbles. Mais il faut reconnaître par contre que ces dernières sont plus facilement utilisables en cas de mauvais temps.

Ce manuel est avant tout un ouvrage didactique. Il doit aussi aider le gestionnaire forestier à trouver une solution aux problèmes de la desserte fine.

Traduction Monique Dousse

Riassunto

L'allacciamento capillare di soprassuoli boschivi – una guida per la pianificazione, la realizzazione e l'utilizzazione di reti d'allacciamento secondarie

La crescente meccanizzazione e la sfavorevole evoluzione dei costi nell'economia forestale, in special modo dei costi degli interventi selvicolturali e di trasporto del legname, esigono un impiego sempre più razionale dei macchinari forestali. Gli operatori del settore possono tuttavia gestire il patrimonio forestale in modo efficiente soltanto se dispongono di infrastrutture di allacciamento sufficienti; la rete stradale principale deve cioè essere integrata da una rete di allacciamento secondaria, più capillare. Facilitando l'accesso ai soprassuoli boschivi e migliorando la visione d'insieme dei problemi, con una rete di allacciamento secondaria si creano i presupposti per lavorare in modo efficace e comunque rigoroso nei confronti del patrimonio boschivo. Il miglioramento delle condizioni di lavoro contribuisce inoltre a limitare i rischi di infortunio e a ridurre gli sforzi fisici cui la manodopera è sottoposta. Le diversità stazionali e topografiche dei comprensori boschivi ed i mezzi a disposizione, generalmente limitati, non facilitano certo il compito di chi deve scegliere soluzioni d'allacciamento economicamente razionali e adatte alle situazioni locali. Molto spesso si sottovalutano i benefici che una rete d'esbosco capillare porta alla gestione dei boschi e si tende anzi ad attribuire un'importanza esagerata agli svantaggi dovuti alla perdita di superficie produttiva.

Descrivendo le basi di partenza, le fasi successive e le finalità, viene presentato un procedimento di pianificazione di reti capillari d'esbosco caratterizzato da un approccio sistematico. Dopo aver delimitato, con un metodo facilmente praticabile, le unità territoriali che verranno allacciate in modo capillare, si procede al rilevamento in bosco e alla cartografia di alcuni elementi significativi: punti fissi positivi e negativi, condizioni di percorribilità del terreno e impedimenti di tipo tecnico-costruttivo. Altre importanti informazioni di base sono costituite dalle strutture aziendali presenti e dai mezzi disponibili. Sulla scorta di questi elementi è possibile scegliere il metodo di allacciamento capillare più adatto ed il sistema d'esbosco corrispondente: ad esempio «strade combinate con piste per trattori» o «strade abbinate a teleferiche forestali». Una volta scelto il sistema d'esbosco ritenuto ottimale vengono quindi

ipotizzate e valutate diverse varianti di reti d'allacciamento capillare. Confrontando vantaggi e svantaggi delle diverse varianti si giunge poi a determinare la definitiva rete d'allacciamento. Lo sfruttamento delle situazioni territoriali favorevoli e l'ottenimento di un allacciamento il più efficace ed utile possibile assumono in questo ambito un ruolo decisivo. Sulla base delle esigenze legate alla gestione forestale, delle strutture su cui l'azienda può contare, nonché delle caratteristiche legate al territorio, si procederà infine all'affinamento del concetto globale che dal punto di vista dei costi e dell'utilità meglio si addice alle condizioni locali. La selvicoltura, le strutture aziendali, le condizioni ecologiche, le conseguenze ergonomiche nonché la prevenzione degli infortuni costituiscono ulteriori aspetti da considerare in questo contesto. Particolare attenzione deve inoltre essere prestata agli aspetti ed ai contenuti naturalistici e paesaggistici. I tracciati, componenti essenziali della rete capillare d'esbosco prescelta, dovranno poi essere oggetto di attento esame allo scopo di verificarne in campo la realizzabilità pratica. Prima della scelta finale si procederà, se necessario, alla modifica o all'adattamento dei tracciati non soddisfacenti.

Le diverse componenti di una rete d'esbosco secondaria (sentieroni d'esbosco, piste per trattori e linee di teleferiche) vengono qui descritte in maniera dettagliata all'esempio di applicazioni concrete. Nella trattazione dei sentieroni d'esbosco viene inoltre descritto l'impiego di trattori provvisti di pneumatici larghi a bassa pressione e di speciali macchine allestitrici, in grado di raccogliere alberi interi (Prozessor).

Se utilizzati correttamente e mantenuti in buono stato i sentieroni d'esbosco e le piste per trattori conservano a lungo la loro piena funzionalità ed inoltre, come confermato dalla pratica corrente, rispetto alle linee di impianti a fune hanno il vantaggio di essere utilizzabili in permanenza. A questo vantaggio è comunque da contrapporre una maggiore sensibilità a eventi climatici sfavorevoli.

La presente pubblicazione vuole principalmente costituire uno strumento didattico ausiliario. Essa può comunque essere utilizzata anche da operatori della pratica confrontati con la problematica delle reti d'allacciamento secondarie.

Traduzione: Fulvio Giudici

Summary

Minor Transport Networks in Forest Stands. A Guide to Planning, Installation, and Use

Increasing mechanisation and unfavourable cost-efficiency trends in forestry, especially in tending and logging, are rendering the efficient use of logging machines more and more important. The prerequisite for this is a well-planned, appropriate access network, not only of truck roads but also of minor transport facilities. It is the latter which allows access to individual stands for logging and observation and thus permits silvicultural aims to be achieved with the least damage. It also improves working conditions, reducing physical labour and the risk of injury. As terrain and site conditions often vary within small distances, and as any enterprise has only limited means, it is not easy for the manager to find an economical solution for his particular case. Furthermore, the crucial importance of networks for minor transport methods for efficient tending and harvesting with the least damage is frequently unrecognised, and many fear that minor transport networks may stress timber producing areas and reduce the overall yield. This study presents a systematic procedure showing where planning should start and through what steps the final aim can be achieved. After discriminating the limits of the units of minor transport networks in practical terms, the basic plan is mapped, the main focus being on the positive and negative fixed points, the trafficability of the terrain, and the engineering difficulties. Another important type basic information is data on the structure and means of the enterprise

concerned. These elements can then be taken as a basis for the general concept, e.g., "truck road and skidding road" or "truck road and cable crane". Depending on the given conditions, different possibilities within the basic plan can be examined, their advantages and disadvantages compared, and a final decision taken. Here, the main focus is on how best to exploit the lie of the land and achieve the greatest efficiency. The most cost-efficient concept for the given circumstances – aims, terrain, means – can then be elaborated. Here, silviculture, finance, ecology, ergonomics, and accident prevention all have to be considered, as well as nature and landscape conservation. The feasibility of each variant is checked in the field and any necessary adaptations are made before the final decision is taken. This study discusses the potentials of the minor transport means skid trails, skid roads, and cable cranes and presents examples of their implementation. In planning skid trails, the use of tractors with low-pressure broad tyres and of harvesters is taken into consideration. As long as they are properly used and maintained, skid trails and skid roads maintain their efficiency over long periods and, as experience shows, have definite advantages over cable cranes in that they constitute standing, permanently usable means, although their implementation is more dependent on weather conditions. While the present study is mainly meant for training, it may also assist enterprise managers in planning access development.

Translation Margaret J. Sieber

7 Literatur

- ABEGG, B.; HÜNERWADEL, D., 1983: Zur Methode der Walderschliessungsplanung – ein Erfahrungsbericht. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 252: 43 S.
- ABEGG, B.; NIPKOW, F.; WÜTHRICH, W., 1986: Erschliessungsplanung in Gebieten mit schlecht tragfähigen Böden unter Berücksichtigung des Einsatzes von Rückefahrzeugen mit Terra-Reifen. Interner Bericht: Birmensdorf, Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch., 11 S. (nicht publ.).
- ABEGG, B., 1988: Wirtschaftliche Erschliessung von Wäldern in Hanglagen – Entscheidungsgrundlagen zur Beurteilung von Erschliessungsvarianten. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 302: 176 S.
- AGGELER, R., 1989: Seilkran-Detailplanung. Schulunterlagen: Maienfeld, Interkantonale. 50 S.
- BAVIER, B., 1954: Der Wald und wie wir ihn pflegen. 5. Aufl., Aarau, Wirz & Cie. 112 S.
- BUTORA, A.; SCHWAGER, G., 1986: Holzernteschäden in Durchforstungsbeständen. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 288: 51 S.
- MENG, W., 1978: Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte. Ausmass und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schr.reihe Landesforstverwalt. Baden-Württ., 53: 3–159.
- PESTAL, E., 1961: Seilbahnen und Seilkrane für Holz- und Materialtransport. Wien/München, Georg Fromme. 544 S.
- PFEIFFER, K.; KUHN, P.; LITSCHER, R., 1974: Bau und Kosten von Maschinenwegen. Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch. 122: 24 S.
- Schweizerischer Forstkalender, 1979: Berechnung des Minimalradius einer Wegkurve. Frauenfeld, Huber. 320 S.
- STEINLIN, H., 1965: Holztransport im Bestand. HESPA-Mitt., 15, 1: 1–24.
- WÜTHRICH, W., 1985: Anlage und Benützung von Rückegassen. Schweiz. Förster, 121, 6: 341–349.

Anhang 1 und 2

Anhang 1

Grundregeln zur Verminderung von Bodenschäden durch Befahren mit Rückefahrzeugen

Anteil der befahrenen Fläche möglichst klein halten

- Bestandesfläche nicht befahren
- konsequente Feinerschliessung – permanentes Rückegassennetz
- angepasste Arbeitsverfahren wählen
- Fällrichtung einhalten
- Holz mit Seilwinde zuziehen statt heranfahren
- Vorrücken von Schwachholz an die Rückegasse z.B. mit Pferd oder Kleinseilwinde
- Verzicht auf maschinelle Schlagräumung

Optimal ausgerüstete Rückefahrzeuge einsetzen

- Allrad-Antrieb und ausreichende Motorleistung sind wichtig
- Breitreifen (min. 500 mm) mit niedrigem Reifendruck verwenden
- optimale Lastgrössen bilden – Kompromiss zwischen Achslast und Anzahl Überfahrten
- zweckmässige Seilwinde einsetzen

Befahrbarkeit der Fahrlinien erhalten

- Reisig auflegen zur Erhöhung der Tragfähigkeit
- Verzicht auf Befahren während Niederschlägen und bei Tauwetter (kritischer Zustand des Bodens)
- Wasser aus den Fahrspuren ableiten
- evtl. behelfsmässige «Stabilisierung» mit Kalk

Merke: Die Vorteile von Breitreifen sind unbestritten, sie dürfen jedoch nicht dazu verleiten, auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen zu arbeiten und immer schwerere Maschinen einzusetzen.

Letztendlich entscheiden Motivation und Ausbildungsstand des Personals über Erfolg oder Misserfolg des Maschineneinsatzes, auch bei guter und zweckmässiger Ausrüstung.

Anhang 2

Boden- und Bestandsschäden aufgrund des Einsatzes von Rückemaschinen

Stammschäden	Bodenschäden	Wurzelschäden
<p>(Fäll-) und Rückeschäden</p> <p>Pilzbefall</p> <p>Fäulnis</p> <p>Verlust an Holzwert</p> <p>Holzernteschäden siehe BUTORA und SCHWAGER (1986)</p>	<p>Bodenverdichtung und Spurbildung</p> <p>Veränderung/Zerstörung des Bodengefüges, insbesondere des Grobporensystems</p> <p>Absterben der Wurzeln</p> <p>ungenügende Sauerstoffversorgung für Wurzelwachstum</p> <p>geringere Wasserleitfähigkeit (Stauäссе)</p> <p>Durchwurzelungsprobleme</p> <p>Spurbildung durch Zusammenpressen und/oder seitliches Ausquetschen der obersten Bodenschichten</p> <p>erhöhte Erosionsgefahr, u.a. in den Spuren</p> <p>Veränderung der Bodenvegetation</p>	<p>Wurzelaabbriss, Wurzelbruch, Wurzelquetschung, Rindenverletzungen etc.</p> <p>Pilzbefall</p> <p>Wurzelfäule</p> <p>Schädigung des Feinwurzelsystems</p>



Zuwachsverluste und Destabilisierung der Bestände/geringere Erträge

Verzeichnis der letzten Nummern der Schriftenreihe: Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Berichte.

- 315 GREMINGER, P.; LIENERT, P.; BRASCHLER, U.; LINDER, W.; LÄTT, N., 1989: Synthesebericht der Programmkoordination. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984–1987, Teilprogramm Nr. 1. 68 Seiten.
- 316 FRUTIG, F.; TRÜMPI, D., 1990: Holzbringung mit Mobilseilkran. Ergebnisse der Versuchseinsätze mit dem KOLLER K-600. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984–1987, Teilprogramm Nr. 7. 54 Seiten.
- 317 OESTER, B.; RASCHLE, P.; GAUTSCHI, H.; SCHERRER, H.U.; SCHWARZENBACH, F.H., 1990: Das Sanasilva-Teilprogramm Waldzustandserfassung mit Infrarot-Luftbildern. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984–1987, Teilprogramm Nr. 3. 32 Seiten.
- 318 SCHERRER, H.U.; GAUTSCHI, H.; HAUENSTEIN, P., 1990: Waldzustandserfassung mit Infrarot-Luftbildern. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984–1987, Teilprogramm Nr. 3. 102 Seiten.
- 319 KUHN, N., 1990: Veränderungen von Waldstandorten. Ergebnisse, Erfahrungen und Konsequenzen mit einem Konzept für die Dauerbeobachtung von Waldbeständen. Schlussberichte Programm Sanasilva 1984–1987, Teilprogramm Nr. 6. 47 Seiten.
- 320 BEDA, G.; HOFFMANN, CH.; CHATELAIN, F., 1989: Aufforstungsaufwand und -erfolg mit Pflugbermengraben auf vernässten Standorten (Moräne und Flysch). 40 Seiten.
- 321 SCHIESS, H., 1989: Schilfbestände als Habitatinseln von Vögeln. 48 Seiten.
- 322 DEMARMELS, J., 1990: Trockenstandorte als Habitatinseln für Schmetterlinge und Heuschrecken. 57 Seiten.
- 323 WULLSCHLEGER, E. 1990: Forstliche Erlasse der Obrigkeit im ehemals vorderösterreichischen Fricktal. Ein Beitrag zur aargauischen Forstgeschichte. 509 Seiten.
- 324 THEE, P.; ZELLER, J.; HÄGELI, M., 1990: Wildbachverbau: Photogrammetrische Geländeauswertungen. 44 Seiten.
- 325 SCHÖNENBERGER, W.; FREY, W.; LEUENBERGER, F., 1990: Ökologie und Technik der Aufforstung im Gebirge – Anregungen für die Praxis. 60 Seiten.
- 326 KEMPF, A. (Red.) 1990: Register der Berichte, Nr. 1 bis Nr. 326, 1968–1990. Mit Anhang: Verzeichnis zu weiteren Reihen der Forschungsanstalt. 145 Seiten.

Verzeichnis der Nummern der Schriftenreihe: Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.

- 327 BACHMANN, P., 1990: Produktionssteigerung im Wald durch vermehrte Berücksichtigung des Wertzuwachses. 73 Seiten.
- 328 KIENAST, F.; FRANK, C.; LEU, R., 1991: Analyse raum-zeitlicher Daten mit einem Geographischen Informationssystem. 36 Seiten.
- 329 DIEZ, C.; BÜRGI, A., 1991: Wuchsleistung und Qualität von Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* [Mirbel] Franco), Riesen-Lebensbaum (*Thuja plicata* Donn) und Roteiche (*Quercus rubra* L.) in der Schweiz. 46 Seiten.
- 330 RÖTHLISBERGER, G., 1991: Chronik der Unwetterschäden in der Schweiz. 124 Seiten.
- 331 LENZ, O.; NOGLER, P.; SCHÄR, E., 1991: L'élagage et la qualité des bois d'Epicéa (*Picea abies* Karst.) et de Sapin blanc (*Abies alba* Mill.) de peuplements réguliers du Plateau suisse. 52 Seiten.