

P. Dietz, W. Knigge, H. Löffler

Walderschließung

Alle Rechte vorbehalten
Copyright Januar 2011
Verlag Kessel
Eifelweg 37
53424 Remagen-Oberwinter
Homepage: www.verlagkessel.de
Tel.: 02228-493
Fax: 03212-1024877
E-Mail: nkessel@web.de

Druck:
Druckerei Sieber
Rübenacher Str. 52
56220 Kaltenengers
Homepage: www.business-copy.com

Bildnachweise
Das Titelbild stammt von Pixelio:
Katrín Lübke / pixelio.de

Die Bilder der Rückseite stammen vom
Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissen-
schaft und Angewandte Informatik
Prof. Dr. Walter Warkotsch
Departement für Ökologie und Öko-
systemmanagement
Wissenschaftszentrum Weihenstephan
TU München
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2
85354 Freising

Walderschließung

Ein Lehrbuch für Studium und Praxis
unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus

Von

Dr. Peter Dietz

Ltd. Forstdirektor an der Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt und
Lehrbeauftragter für Walderschließung an der Universität Freiburg

Dr. Wolfgang Knigge

o. Professor für Forstbenutzung und Waldwegbau an der
Georg-August-Universität Göttingen

Dr. Hans Löffler

o. Professor für Forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnik
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

Mit 338 Einzeldarstellungen in 193 Abbildungen
davon 11 farbige Planungskarte und 65 Tabellen

Verlag Kessel
www.verlagkessel.de

Vorwort

Mehr als fünf Jahrzehnte sind vergangen, seit in Deutschland mit O. FABERS und A. DOLDTS „Waldstraßenbau“ letztmalig ein die Problematik der Walderschließung abhandelndes Lehrbuch erschien. Seitdem hat sich der Stand wissenschaftlicher Erkenntnis und praktischer Erfahrung grundlegend ausgeweitet und verändert. Neben Weg und Wasser sind andere Erschließungsmittel getreten. Die Motorisierung der Holzabfuhr und die ihr folgende Mechanisierung des Wegebaus haben die ökonomischen und technischen Voraussetzungen für die Walderschließung revolutioniert.

Es ist daher heute auch eine unbestrittene Erkenntnis, daß eine auf Nachhaltigkeit, Pfléglichkeit und Intensität bedachte und ökonomischen Prinzipien unterworfenen Behandlung und Nutzung des Waldes dessen sinnvolle Erschließung zur Voraussetzung hat. Dabei ist der Weg bzw. die Waldstraße das wichtigste Erschließungsmittel geblieben. Doch können Weg bzw. Waldstraße durch andere Instrumente der Walderschließung in vielfältiger Weise ergänzt werden, insbesondere durch das Seil.

Zwar ist in Mitteleuropa auf dem größeren Teil der Waldfläche und vor allem in den größeren Forstbetrieben und hier wieder bevorzugt im einfacheren Gelände eine Basiserschließung mit Fahrwegen vorhanden. Im bäuerlichen Privatwald und im Gebirge muß die Walderschließung jedoch noch als sehr lückenhaft bezeichnet werden. Außerhalb Mitteleuropas befindet sie sich sogar meist noch in den ersten Anfängen. Die zunehmenden Anforderungen an den Wald, nicht zuletzt auch das um sich greifende Waldsterben, zwingen die Forstwirtschaft andererseits zur Optimierung der Walderschließung, will sie der drohenden Gefahren Herr werden.

Dieser Zwang hat die Autoren, die das Fach Walderschließung an den Forstlichen Fakultäten Westdeutschlands vertreten, veranlaßt, sich gemeinsam der Aufgabe der Abfassung eines Lehr- und Anleitungsbuches auf dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis zu stellen. Diesem Zusammenwirken und den auch außerhalb Europas gesammelten Erfahrungen ist zuzuschreiben, daß Erschließungsmodelle für z. T. ganz unterschiedliche Wald-, Relief- und Bodenverhältnisse entwickelt werden konnten. Besonderes Augenmerk wurde dabei Planungsmethoden und Bautechniken gewidmet, mit denen eine den Bedürfnissen der Waldwirtschaft entsprechende und landschaftsschonende Erschließung gewährleistet werden kann. Als praktische Verständnishilfe bei der Lösung entsprechender Aufgaben in Entwicklungsländern ist ein dreisprachiges deutsch, englisch und französisch abgefaßtes Glossar gedacht.

Das Buch wendet sich in erster Linie an die Studierenden der Forstwissenschaft und Forstwirtschaft an Universitäten und Fachhochschulen im deutschen Sprachgebiet, ferner an die in Walderschließung und Waldwegebau tätigen Waldbesitzer, Forstamtsvorstände und Revierleiter, nicht zuletzt an Konzessionäre und Forstexperten in der Entwicklungshilfe. Der an der neueren Spezialliteratur interessierte Leser findet von dieser eine Auswahl, auf die sich auch die Darstellung vorwiegend stützt, am Ende der einzelnen Kapitel nachgewiesen. Der begrenzte Raum hat dabei dazu gezwungen, insbesondere solche neuere Arbeiten, Vorschriften und Richtlinien zu berücksichtigen, die ihrerseits ein größeres Schrifttum aufschließen oder zusammenfassen.

Bei der Abfassung ist uns vielerlei Unterstützung zuteil geworden, für die an dieser Stelle nachdrücklich gedankt sei. Herr Forstrat H. A. v. SCHULTZENDORFF hat uns bei der Zusammenstellung von Tabellen und Sachregister sowie der Erarbeitung des Glossars geholfen, dessen französischsprachiger Teil dankenswerterweise durch Herrn Dr. E.

Vorwort

BURLET, Zürich, beige-steuert wurde. Herr Dipl.-Ing. A. ROTH besorgte die umfangreichen EDV-Arbeiten in Verbindung mit dem digitalen Geländemodell in Kap. 4 sowie den digitalisierten Karten in Kap. 5. Zahlreiche anschauliche Originalzeichnungen wurden von Frau M. REINHARDT und den Herren H. RICHHARDT, W. TAMBOUR, A. TINES und Diplom-Forstwirt M. WALDSCHMIDT erarbeitet. Bei der Bewältigung der vielfältigen Schreib-, Register- und Korrekturarbeiten waren uns Fr. B. JUNGE und Frau H. LOIBL eine wichtige Hilfe. Dem Verlag Paul Parey schulden wir für das dem Vorhaben entgegengebrachte lebhaftes Interesse, eine erfreuliche Zusammenarbeit während der Herstellung und die sorgfältige Ausstattung des Buches herzlichen Dank. Dieser ist schließlich auf unsere Frauen auszudehnen, die hinnahmen, daß der Urlaub der letzten Jahre der Niederschrift und gegenseitigen Abstimmung des Buchtextes mehr oder weniger vollständig zum Opfer fiel.

Freiburg, Göttingen und München im Sommer 1984

PETER DIETZ, WOLFGANG KNIGGE, HANS LÖFFLER

Inhalt

- 1 Aufgaben, Mittel und Möglichkeiten der Walderschließung 11**
 - 1.1 Aufgaben der Walderschließung 12
 - 1.2 Stufen der Walderschließung 13
 - 1.3 Einflüsse auf Art und Dichte der Walderschließung 14
 - 1.4 Erschließungsmittel 15
 - 1.4.1 Wasser 16
 - 1.4.2 Riesen 18
 - 1.4.3 Waldeisenbahnen 18
 - 1.4.4 Wegenetze 20
 - 1.4.5 Seilanlagen 21
 - 1.4.6 Luftfahrzeuge 31
 - 1.4.7 Beurteilung 33
 - 1.5 Walderschließung durch Wege 34
 - 1.5.1 Geschichtliche Entwicklung 35
 - 1.5.2 Stand des Waldwegebaus in der Bundesrepublik Deutschland 39
 - 1.5.3 Ausgaben für den Waldwegebau 39
 - 1.5.4 Neubau und Instandhaltung 40
 - 1.5.5 Entwicklung der Wegedichte 42
 - 1.6 Wegeklassifizierung 43
 - 1.7 Literaturverzeichnis 46
- 2 Der Boden als Baugrund und Baustoff (Bodenmechanische Grundlagen) 48**
 - 2.1 Boden und Straßenbau 48
 - 2.2 Prüfverfahren und Kennwerte 50
 - 2.2.1 Boden und Wasser 50
 - 2.2.2 Dichte und Porenraum 54
 - 2.2.3 Bodenarten, Korngrößenverteilung 59
 - 2.2.4 Zustandsgrenzen, Plastizität 66
 - 2.2.5 Verdichtbarkeit 69
 - 2.2.6 Empfehlungen zur Entnahme von Bodenproben 74
 - 2.2.7 Grobbeurteilung von Böden 78
 - 2.3 Bodenfestigkeit 82
 - 2.3.1 Grundlagen 82
 - 2.3.2 Ermittlung der Bodenfestigkeit für straßenbauliche Zwecke 85
 - 2.3.3 Anforderungen an die Tragfähigkeit beim Forstwegebau 93
 - 2.4 Technische Bodenklassifikation 95
 - 2.5 Literaturverzeichnis 102
 - 2.5.1 Lehrbücher und Einzelveröffentlichungen 102
 - 2.5.2 Normen, Merkblätter, Prüfanweisungen 103
- 3 Parameter der Walderschließung 104**
 - 3.1 Technische, ökonomische und ökologische Bestimmungsgründe 104
 - 3.1.1 Grundkonzeption eines Erschließungsnetzes 104
 - 3.1.2 Technische Konzeption eines Erschließungsnetzes 105
 - 3.1.3 Ökonomische Aspekte der Walderschließung 107
 - 3.1.4 Ökologische Aspekte der Walderschließung 109
 - 3.1.5 Optimale Walderschließung als Synthese vielfältiger Bestimmungsgründe 110
 - 3.2 Basiserschließung durch Fahrwege 111
 - 3.2.1 Linienführung im Höhenplan (Längenprofil) 111
 - 3.2.2 Linienführung im Lageplan 112
 - 3.2.3 Querschnittgestaltung 113
 - 3.2.4 Einmündungen, Ausweichstellen, Wendeplätze 118
 - 3.2.5 Aufbau der Fahrbahn 120
 - 3.3 Feinerschließung der Bestände 122
 - 3.3.1 Grundkonzeption der Feinerschließung 122
 - 3.3.2 Rückegassen 125

- 3.3.3 Rückewege 127
- 3.3.4 Seiltrassen 131
- 3.3.5 Holzlagerplätze 131
- 3.4 Rechtliche Aspekte der Walderschließung 134
 - 3.4.1 Straßenrecht 135
 - 3.4.2 Verkehrsrecht 137
 - 3.4.3 Grundsätze der Benutzung von Waldwegen 139
- 3.5 Förderung des forstlichen Wirtschaftswegebbaus 140
 - 3.5.1 Allgemeine Grundsätze und gesetzliche Grundlagen der Förderung 140
 - 3.5.2 Spezielle Verfahrensvorschriften und Richtlinien 141
 - 3.5.3 Träger der Straßenbaulast, Kostenverteilung 143
 - 3.5.4 Umfang der Förderung 143
- 3.6 Literaturverzeichnis 145
 - 3.6.1 Allgemeine Literatur 145
 - 3.6.2 Gesetze, Verordnungen, Richtlinien 145
- 4 **Erschließungsplanung** 147
 - 4.1 Kennziffern zur Charakterisierung der Erschließung 147
 - 4.1.1 Charakterisierung von Wegenetzen 147
 - 4.1.2 Charakterisierung einzelner Wege 153
 - 4.2 Situationen der Erschließungsplanung 154
 - 4.3 Die optimale Wegedichte 157
 - 4.3.1 Grundlagen 157
 - 4.3.2 Beispiel 159
 - 4.4 Technik der Wegenetzplanung 163
 - 4.4.1 Planungsgrundsätze 163
 - 4.4.2 Planungsgrundlagen und Planungshilfen 164
 - 4.4.3 Erschließungsgebiete 168
 - 4.4.4 Planungsablauf 169
 - 4.4.5 Trassierungsempfehlungen 173
 - 4.5 Bewertung von Erschließungsmaßnahmen mittels Variantenvergleich 175
 - 4.5.1 Überblick über die Bewertungsmethoden 175
 - 4.5.2 Das Erschließungsgebiet „Zwingerholz“ – ein Beispiel 179
 - 4.5.3 Variantenvergleich mit Hilfe der Investitionsrechnung 183
 - 4.5.4 Variantenvergleich mit Hilfe der Nutzwertanalyse 187
 - 4.6 Literaturverzeichnis 195
- 5 **Erschließungsmodelle** 197
 - 5.1 Allgemeines 197
 - 5.2 Walderschließung im traditionellen Nachhaltsforstbetrieb Mitteleuropas 197
 - 5.2.1 Rahmenbedingungen der Walderschließung 198
 - 5.2.2 Typische Merkmale der Walderschließung 199
 - 5.2.3 Erschließungsbeispiele 200
 - 5.3 Walderschließung im hochmechanisierten Holzerntebetrieb der borealen Nadelwaldzone 204
 - 5.3.1 Rahmenbedingungen der Walderschließung 204
 - 5.3.2 Typische Merkmale der Walderschließung 205
 - 5.3.3 Erschließungsbeispiel 206
 - 5.4 Walderschließung in den Tropen 206
 - 5.4.1 Rahmenbedingungen der Walderschließung 207
 - 5.4.2 Typische Merkmale der Walderschließung 208
 - 5.4.3 Erschließungsbeispiel 211
 - 5.5 Walderschließung in außereuropäischen Gebirgswäldern 212
 - 5.5.1 Rahmenbedingungen der Walderschließung 212
 - 5.5.2 Typische Merkmale der Walderschließung 213
 - 5.5.3 Erschließungsbeispiel Nagan und Manshi R.F., Pakistan 216
 - 5.5.4 Erschließungsbeispiel Britisch Kolumbien 218
 - 5.6 Walderschließung in subtropischen Plantagen-Betrieben 222
 - 5.6.1 Fahrwege 223
 - 5.6.2 Rückewege 224
 - 5.6.3 Erschließungsbeispiel 224
 - 5.7 Literaturverzeichnis 224
- 6 **Projektplanung** 238
 - 6.1 Variantenstudium 239

6.1.1	Aufgabe	239
6.1.2	Planungsunterlagen	240
6.1.3	Methodik	240
6.2	Trassierung	242
6.2.1	Aufgabe	242
6.2.2	Methodik	243
6.2.3	Praktisches Vorgehen im Gelände	244
6.3	Achsabsteckung	246
6.3.1	Aufgabe	246
6.3.2	Methodik	247
6.3.3	Bei der Achsabsteckung zu beachtende allgemeine Grundsätze	249
6.3.4	Praktisches Vorgehen im Gelände	250
6.3.5	Ergebnis der Achsabsteckung	252
6.3.6	Verfahren der Bogenabsteckung	252
6.4	Aufnahme und zeichnerische Darstellung der Wegachse	261
6.4.1	Allgemeines	261
6.4.2	Lageplan	261
6.4.3	Längenprofil	263
6.4.4	Querprofile	266
6.4.5	Aufnahme sonstiger Daten	268
6.5	Planerische Konstruktion des Wegs	269
6.5.1	Allgemeines	269
6.5.2	Planung der künftigen Weghöhe im Längenprofil	269
6.5.3	Darstellung des künftigen Wegkörpers in den Querprofilen	271
6.5.4	Erdmassenberechnung	273
6.5.5	Planung sonstiger Maßnahmen	274
6.6	Profilierung	276
6.7	Leistungsbeschreibung, Kostenplan	277
6.7.1	Allgemeines	277
6.7.2	Leistungsbeschreibung	278
6.7.3	Leistungsverzeichnis	281
6.7.4	Kostenplan	281
6.8	Intensität der Planung	284
6.8.1	Allgemeines	284
6.8.2	Planungsintensität	284
6.8.3	Planungsaufwand	285
6.8.4	Rationelle Wegebauplanung	287
6.9	Literaturverzeichnis	291
6.9.1	Allgemeine Literatur	291
6.9.2	Normen und Richtlinien	291
6.9.3	Handbücher und Tabellen für die Bogenabsteckung	291
7	Die Bauausführung	292
7.1	Organisation der Bauausführung	293
7.1.1	Grundsätzliches	293
7.1.2	Arbeitssystem und technische Ausrüstung	293
7.1.3	Ausschreibung und Leitung der Baumaßnahmen sowie Überwachung	294
7.1.4	Zeitplan für die Bauausführung	295
7.1.5	Abnahme, Gewährleistung und Abrechnung	295
7.2	Wegebaumaschinen	296
7.2.1	Erdbaugeräte	297
7.2.2	Bohr- und Brechgeräte	301
7.2.3	Geräte zur Bodenverbesserung	302
7.2.4	Verdichtungsgeräte	303
7.2.5	Straßenfertiger	304
7.2.6	Transportfahrzeuge	305
7.2.7	Leistungsfähigkeit der Baumaschinen	305
7.2.8	Anforderungen an den Maschinenführer	305
7.3	Ausformung des Erdkörpers	307
7.3.1	Freischlagen und Säuberung der Baustelle	307
7.3.2	Technik des Erdbaus	309
7.3.3	Technik der Arbeit im Gestein	312
7.3.4	Technik der Verdichtung	314

7.3.5	Sicherung der Böschungen	317
7.4	Wasserableitung	325
7.4.1	Gestaltung des Wegeprofils	326
7.4.2	Gräben und Rinnen	327
7.4.3	Sickerungen	328
7.4.4	Doleneinläufe	329
7.4.5	Dolen und Normdurchlässe	330
7.4.6	Großdurchlässe	332
7.4.7	Brücken	335
7.4.8	Oberirdische Wasserableitung	339
7.4.9	Überwachung der Vorflut	340
7.5	Dimensionierung	341
7.5.1	Dimensionierung der Wegebefestigung nach AASHO	341
7.5.2	Dimensionierung der Wegebefestigung mit Hilfe des Verformungsmoduls E_{v2}	347
7.6	Bodenverbesserung und Bodenverfestigung	349
7.6.1	Arbeitsverfahren	351
7.6.2	Mechanische Bodenverbesserung	351
7.6.3	Bodenverbesserung durch Kalk	352
7.6.4	Bodenverbesserung durch Zement	353
7.6.5	Bodenverbesserung mit bituminösen Bindemitteln	354
7.6.6	Bodenverbesserung durch Chemikalien	355
7.6.7	Einbau von Trennschichten	355
7.7	Oberbau	357
7.7.1	Baustoffe	358
7.7.2	Allgemeine Bestimmungen und Begriffe	366
7.7.3	Bindemittelfreie Bauweisen	368
7.7.4	Bauweisen mit bituminösen Bindemitteln	372
7.7.5	Bauweisen mit Zementbeton	377
7.7.6	Vergleichende Würdigung	379
7.8	Nebeneinrichtungen	380
7.9	Statistik der Bauausführung	382
7.9.1	Wegekarten	382
7.9.2	Wegekartei	383
7.9.3	Wegeinventur	383
7.10	Literaturverzeichnis	386
7.10.1	Allgemeine Literatur	386
7.10.2	Normen, Vorschriften, Richtlinien, Merkblätter und Empfehlungen	389
8	Die Instandhaltung	391
8.1	Grundsätzliches	391
8.2	Abnutzungserscheinungen an Waldwegen	392
8.3	Ursachen der Schäden	393
8.4	Charakteristische Schadensformen	395
8.4.1	Schäden an bindemittelfreien Bauweisen	395
8.4.2	Schäden an bituminösen Bauweisen	396
8.4.3	Schäden an hydraulischen Bauweisen	397
8.5	Organisation der Instandhaltung	398
8.6	Geräte zur Wegeinstandhaltung	399
8.7	Technik der Instandhaltung	403
8.7.1	Instandhaltung bindemittelfreier Bauweisen	403
8.7.2	Instandhaltung bituminöser Bauweisen	405
8.7.3	Instandhaltung von Bauweisen aus Zementbeton	406
8.7.4	Instandhaltung von Wasserableitungen und Kunstbauten	408
8.8	Verstärkung unzureichend tragfähiger Fahrwege	409
8.9	Beseitigung von Schäden infolge Überbeanspruchung	410
8.9.1	Bindemittelfreie Bauweisen	411
8.9.2	Bituminöse Bauweisen	411
8.9.3	Bauweisen aus Zementbeton	412
8.10	Literaturverzeichnis	412
8.10.1	Allgemeine Literatur	412
8.10.2	Verordnungen, Merkblätter und Richtlinien	414
	Glossar	415
	Sachregister	421

1 Aufgaben, Mittel und Möglichkeiten der Walderschließung

Innerhalb des Systems der Forstwissenschaft ist die Behandlung der Probleme einer biologisch, technisch und ökonomisch sinnvollen Erschließung von Wäldern und Forsten dem Forschungs-, Wissens- und Lehrgebiet der *Walderschließung* zugeordnet. Natur- wie Wirtschaftswälder können nicht geschützt, genutzt und vor allem nicht bewirtschaftet werden, ohne zunächst in forstlichen Bedürfnissen entsprechender Weise erschlossen worden zu sein. Die Elemente der Walderschließung, die insgesamt einen wesentlichen Teil der Infrastruktur unserer Forsten beisteuern, will das nachstehende Lehrbuch einschließlich ihrer sinnvollen Anwendung veranschaulichen. Es ist nützlich, sich hierzu ihrer Position im Ordnungsrahmen der Forstwissenschaft zu vergewissern.

Abb. 1 nimmt diese Einordnung vor. Aus ihr wird deutlich, daß die Walderschließung innerhalb des Systems der Forstwissenschaft zwar auf dem ingenieur-, natur- und geisteswissenschaftlichen Grundwissen aufbaut, als Glied der Produktionslehre aber dem technischen Bereich des forstwissenschaftlichen Gebäudes zugerechnet werden muß. Der Walderschließung folgen innerhalb der *Produktionslehre* darum sinnvollerweise die Disziplinen Naturschutz, Forstschutz und Landespflege, vor allem aber alle Maßnahmen des Waldbaus und der Forstnutzung. Wie noch zu zeigen ist, unterliegt sie der wirtschaftlichen Orientierung und Kontrolle, die durch die sogenannte *Betriebslehre* vermittelt wird, d. h. durch die Vorgaben der Betriebswirtschaftslehre, der Forsteinrichtung und der diese beiden Instrumente nutzenden Forstverwaltung. Wie alle Technik und Wirtschaft vermag sie sich nur im Anhalt an vernünftige politische und vor allem *forstpolitische Entscheidungen* voll zu entfalten.

Die Anfang des 19. Jahrhunderts begründete einschlägige Lehre ging zunächst von den Möglichkeiten aus, das Holz angesichts seiner Schwimmfähigkeit auf Wasserwegen seiner Verwendung zuzuführen, d. h. durch *Trift* oder *Flößerei*. Daneben fand die Holzbringung durch *Riesen* und auf *Schlittenwegen* Aufmerksamkeit, insbesondere an Lehrstätten, die sich der Forstwirtschaft im Mittel- und Hochgebirge besonders verpflichtet fühlten. Aber auch der *Waldwegebau* für den Verkehr mit pferdegezogenen Wagen entwickelte sich seit der groben Ordnung des forstwissenschaftlichen Stoffes durch die forstlichen Klassiker des vergangenen Jahrhunderts zu einer bald systematisierten Disziplin (vgl. Ziff. 1.5.1).

Die Erfindung der *Eisenbahn* schien in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und im ersten Dezennium des 20. auch die Groberschließung der Wälder zu erleichtern. Doch zwang die zunehmende Motorisierung den gesamten forstlichen Wirtschaftsverkehr nach dem Ende des ersten Weltkriegs in Mitteleuropa bald wieder auf das Wegenetz zurück. In jüngster Zeit konnten für die Walderschließung zur Lösung von Spezialaufgaben neue Entwicklungen im Bereich der *Seilanlagen* sowie spezieller *Luftfahrzeuge* mit Vorteil genutzt werden.

In wenigen Bereichen der Forstwissenschaft und Forstwirtschaft waren darum in den letzten zwei Jahrhunderten gleich einschneidende Veränderungen biologischer, technischer und ökonomischer Prämissen zu beobachten. Das letzte in Deutschland publizierte Lehrbuch der Walderschließung und des Waldwegebaus, nämlich das 1932 in Karlsruhe erschienene und zu seiner Zeit richtungweisende von FABER und DOLDT, ist inzwischen 50 Jahre alt geworden. Die weit moderneren Buchbeiträge von HAFNER (1964 und 1971) und PESTAL (1961) aus Wien sind bevorzugt der Walderschließung im Gebirge gewidmet, das erst während der Drucklegung dieses Buches erschienene, ausgezeichnete von KUONEN (1983), Zürich, vornehmlich dem Wald- und Güterstraßenbau in der Schweiz. Damit verblieb das Bedürfnis, sich mit diesem Stoff auf der Grundlage der im

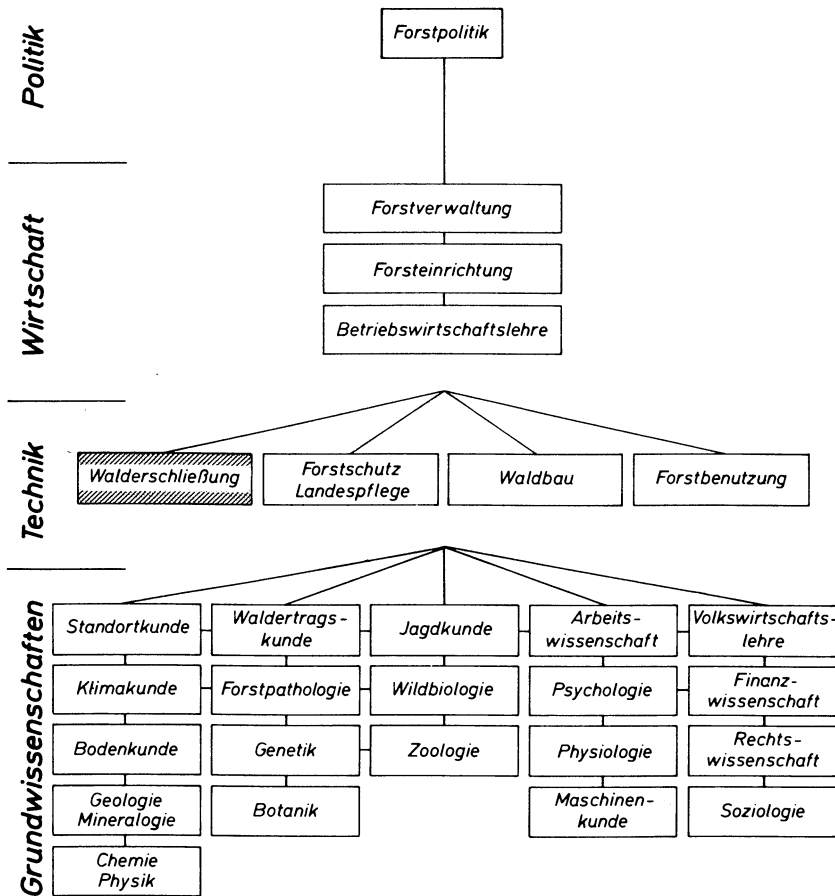


Abb. 1. Die Stellung der Walderschließung innerhalb des Systems der Forstwissenschaft.

Fig. 1. The position of Forest Opening within the system of Forest Science.

letzten Jahrzehnt gewonnenen deutschen und internationalen Einsichten auseinanderzusetzen.

1.1 Aufgaben der Walderschließung

Unter dem Begriff der Walderschließung faßt man die Summe aller Einrichtungen und Maßnahmen zusammen, die dazu dienen,

- den *Zugang* zu den einzelnen Waldflächen,
- die *Zuführung* von Betriebsmitteln und schließlich
- den *Abtransport* der erzeugten Forstprodukte

unter möglicher Vermeidung von Schäden an Boden, Bestockung und Landschaft zu ermöglichen bzw. zu erleichtern. Wichtigstes Ziel der Walderschließung ist es, bessere Voraussetzungen für die Behandlung des Waldes und für die Nutzung seiner wirtschaftlichen und sozialen Leistungen zu schaffen. Die Walderschließung ist darum in ihrer Gesamtheit eine wesentliche Voraussetzung für die Planung, Durchführung und Kontrolle jeder forstlichen Produktion. Dies gilt sowohl für die *primäre*, d. h. die biologische, als auch die *sekundäre*, d. h. die technische, und schließlich die *tertiäre*, d. h. die durch

Dienstleistungen verschiedener Art gekennzeichnete Produktion. Im *Exploitationsbetrieb* wird die Erschließung überwiegend oder ausschließlich von der Holzernte her gesehen und gelöst. Vor allem in den bislang oft noch unberührten Naturwäldern verschiedener Kontinente wird sie meist als eine kurzfristige Maßnahme mit dem überwiegenden oder ausschließlichen Ziel der Kostenminimierung von Holzernte und -transport konzipiert. Im *Nachhaltsbetrieb* treten dagegen die Forderungen der biologischen Produktion gleichberechtigt neben die der Holzernte. Jede nachhaltige Forstwirtschaft erfordert darum auch eine nachhaltige Walderschließung.

Diese angestrebte permanente Erschließung schafft nämlich erst die Voraussetzungen für eine moderne Forstwirtschaft, so u. a. durch die *Gliederung der Waldfläche*, d. h. die Schaffung von kleinflächigen Beständen, von leicht greifbaren Reserven für eine flexible Ertragsregelung, von Angriffslinien für Verjüngungen und Bestandespflege und damit von entscheidenden Voraussetzungen für den modernen Waldbau. Als Folge dieser Gliederung kann, wie bereits erwähnt, der Forstschutz durch die Heranführung von Maschinen aller Art, z. B. auch von Löschfahrzeugen, sichergestellt oder es können Meliorationsmaßnahmen wie die der Düngung geplant und innerhalb fester Grenzen durchgeführt werden. Die überlegte Erschließung erleichtert die Abwehr von Schäden an stehendem und geerntetem Holz, die Trennung von Wald und Feld und die Öffnung des Waldes für Erholungsuchende. Im Gebirge vermittelt sie den Zugang zu Quellen, aber auch zu den Baustellen der Gewässer- und Lawinenverbauung sowie zu den kritischen Bereichen der oberen Waldgrenze.

In dünn besiedelten Gebieten kann die Walderschließung wichtiger Bestandteil der *Infrastruktur* eines ganzen Gebietes sein, oft sogar der Pionier der allgemeinen örtlichen Erschließung mit allen damit verbundenen positiven und negativen Folgen. Die Walderschließung hat daher auch alle *Funktionen* des Waldes zu berücksichtigen und in eine integrale Erschließung mit dem höchsten möglichen Nettonutzen einmünden zu lassen.

1.2 Stufen der Walderschließung

Angesichts der mannigfachen Funktionen der Walderschließung gilt es, die Besonderheiten der Produktion des Waldes zu bedenken, ehe dieser die angemessene Erschließung folgt. Jede forstliche Produktion ist ausgeprägt eine *Flächenproduktion*, denn sie ist meist mehr oder weniger gleichmäßig auf die gesamte Waldfläche verteilt. Auch der Arbeits- und Ernteanfall ist in den nachhaltig bewirtschafteten Wäldern auf allen Teilflächen annähernd gleich groß. Mit meist nur wenigen Einschränkungen gilt dies sogar für die erbrachten Dienstleistungen. Ausnahmen wie Pflanzgärten, Baumschulen, Steinbruchbetriebe, zentrale Aufarbeitungsplätze, Erholungsschwerpunkte und Quellfassungen bestätigen nur diese Regel.

Die Walderschließung muß darum auch als *Flächenerschließung* konzipiert werden. Da ein Verkehr auf der ganzen bewirtschafteten Fläche, z. B. durch entsprechend ausgelegte Forstmaschinen, ungünstig und in stärker gegliedertem Gelände sogar unmöglich wäre, hat die Flächenerschließung Einrichtungen vorzusehen, die den größten Teil des Verkehrs zur Teilfläche hin und von der Teilfläche aus auf bestimmte Linien hin konzentrieren. Dies läßt sich durch drei *Erschließungsstufen* erwirken. Es sind dies

Stufe 1: Der *Anschluß* des Waldes an das öffentliche Verkehrsnetz;

Stufe 2: Der *Zugang* zu den einzelnen Waldteilen durch Verkehrsanlagen im Walde selbst, und

Stufe 3: Der Anschluß der einzelnen Teilflächen an die *Hauptverkehrslinien* im Walde. Diese Stufenfolge bewirkt ein Charakteristikum der Walderschließung als Flächenerschließung, nämlich eine zunehmende Konzentration des Verkehrs aus der Fläche und

eine abnehmende Konzentration des Verkehrs in die Fläche. Je größer die Verkehrsdichte pro Flächeneinheit ist, um so lohnender werden leistungsfähige und entsprechend teurere Verkehrseinrichtungen. Der *Ausbaustandard* variiert im allgemeinen. Häufig nimmt er zur Grenze des Erschließungsgebietes hin ab. So kann die Grunderschließung durch einen Waldweg mit ausgesprochenem Fahrwegcharakter beginnen, von dem aus Rückewege zur feineren Erschließung wegführen, während die Feinsterschließung z. T. durch Seillinien erfolgt.

Dagegen sind die öffentlichen Verkehrswege in der Regel Verbindungen zwischen *Punkten*, wie z. B. Siedlungen. Anders als bei der Flächenerschließung ist die Verkehrsdichte auf der ganzen öffentlichen Verbindungslinie meist gleich hoch. Eine *Verkehrsanalyse*, ein sinnvolles Instrument für jede Erschließungsmaßnahme, macht daher folgendes deutlich:

Die Walderschließung ist charakterisiert durch *geringe Verkehrsdichte*, durch die zunehmende Bedeutung des *Personenverkehrs* im Nachhaltbetrieb, verglichen mit der überwiegenden Bedeutung des *Lastverkehrs* im Exploitationsbetrieb, und durch den Zwang, mit den auf öffentlichen Straßen zulässigen *Maximallasten* befahrbar zu sein. Schließlich ist die *Verkehrsentfernung* innerhalb der Waldfläche meist viel geringer als die Verkehrsentfernung zwischen Wald und Zielort. Deshalb ist die *Verkehrsgeschwindigkeit* im Wald von untergeordneter Bedeutung, außerhalb dagegen von hoher.

Aus dieser Charakteristik der Walderschließung ergeben sich zwingende Konsequenzen bezüglich der Linienführung, des Ausbaustandards und der Leistungsfähigkeit des Walderschließungsnetzes (vgl. Kap. 3).

1.3 Einflüsse auf Art und Dichte der Walderschließung

Die Walderschließung kann im übrigen nach der Art der dafür eingesetzten technischen Mittel wie nach der Dichte des Erschließungsnetzes sehr verschieden gestaltet werden. Diese beiden Komponenten einer zu treffenden komplexen Entscheidung werden vornehmlich durch folgende Faktoren beeinflusst:

Die *Anforderungen*, die an den Wald gestellt werden, spielen hier eine ebenso entscheidende Rolle wie die obwaltenden *Wirtschaftsgrundsätze*. Schutzwaldungen bedürfen keiner aufwendigen Erschließung, nachhaltig und intensiv bewirtschaftete Forsten dagegen sehr. Der *technische Entwicklungsstand* der betreffenden Volkswirtschaft im allgemeinen und der des Forstbetriebes im besonderen ist hier ebenso von Belang wie das regionale *Niveau von Kosten und Erlösen*, insbesondere der Personalkosten, der Kosten der Transportmittel und die Höhe des Holzpreises. Gleichfalls wirken sich aus der *Umfang* und nicht zuletzt die *Dimensionen* des zu erntenden Holzes pro Flächen- und Zeiteinheit, ferner die *Größe* des Forstbetriebes und dessen Flächenstruktur. Schließlich gehen von *Topographie, Boden* und den *klimatischen Verhältnissen* wichtige Einflüsse auf Art und Dichte der Erschließung aus.

Umgekehrt begrenzen *Art und Dichte* der Erschließung jedoch auch die Möglichkeiten der Bewirtschaftung eines Forstbetriebes. Über längere Zeiträume hinweg passen sich infolge der Wechselwirkungen zwischen Erschließung und Waldbewirtschaftung das waldbauliche Vorgehen und das Waldbild an die Struktur des Erschließungsnetzes an.

Im übrigen ändern sich die beeinflussenden Faktoren und deren Kombination meist mit der Zeit. Das ist der Grund dafür, daß es in der Regel keine über längere Zeiträume hinweg konstante, optimale ökonomische Lösung eines bestimmten Erschließungsproblems gibt. Dies gilt auch für Forstbetriebe, die nach heutigen Maßstäben als gut erschlossen gelten, z. B. durch ein optimal konzipiertes und ausgebautes Wegenetz. Als *Beispiele* für diese Erfahrungen mögen gelten:

Die vor 60 Jahren noch für Gespannfahrzeuge bemessenen *Bogenradien* für den Langholztransport sind für die moderne motorisierte Langholzabfuhr meist nicht mehr ausreichend. Andererseits erlauben die neuzeitlichen Motorfahrzeuge größere *Steigungen* als früher, unter bestimmten Umständen auch Gegensteigungen. *Holzlagerplätze*, noch vor 30 Jahren nach dem Abtropfprinzip und daher oberhalb des Waldwegs angelegt, werden den verbesserten Möglichkeiten der Holzverladung mit Winden und insbesondere Lkw-montierten Ladekränen nicht mehr oder nur zum Teil gerecht. Die für Gespannfahrzeuge ausgelegte *Wege- und Fahrbahnbreite* noch der 50er Jahre reicht für den Einsatz moderner Holzabfuhrfahrzeuge meist nicht mehr aus. Wege mit überwiegender Erholungsfunktion verlangen häufig eine andere Linienführung als die nach rein forstbetrieblichen Gesichtspunkten konzipierten.

Schließlich spielen auch *wirtschaftliche Alterungsfaktoren* eine Rolle. Soweit es sich bei den Erschließungsmitteln um solche mit relativ rascher Abnutzung und einem damit verbundenen kurzen Amortisationszeitraum handelt, bereitet eine Anpassung an neue Faktorenkombinationen keine wesentlichen Schwierigkeiten. Anders ist dies bei Wegen mit in der Regel hoher Lebensdauer. Die unterschiedlichen Konzeptionen für den Wegebau der letzten 60 Jahre machen andererseits deutlich, wie schnell auch ein Waldwegenetz technisch veralten kann. Dabei ist der technische Veralterungszeitraum meist kürzer als der für die tatsächliche technische Abnutzung, auf die in den Kap. 7 und 8 näher eingegangen wird. Aus diesem Grunde empfehlen sich für alle Erschließungsplanungen die folgenden Gesichtspunkte:

- Klare Definition der *Wirtschaftsziele*, danach
- Formulierung der sich aus diesen Zielen und etwaigen zusätzlichen infrastrukturellen Gesichtspunkten ergebenden *Anforderungen* an die Walderschließung; darauf aufbauend die Prüfung,
- welche der für die jeweiligen Standortsverhältnisse verfügbaren *Erschließungsmittel* den gestellten Anforderungen angesichts der gegebenen betriebswirtschaftlichen Situation am besten gerecht werden können.

Im Wege des Variantenstudiums erfolgt schließlich die Auswahl der *ökonomisch optimalen Lösung* unter bestmöglicher Berücksichtigung künftiger Entwicklungen (vgl. Kap. 4).

Dabei bleibt zu berücksichtigen, daß eine Anpassung an Änderungen der determinierenden Faktoren bei den Erschließungsmitteln mit hohem Investitionsaufwand größere Schwierigkeiten bereitet denn bei billigeren. Weiter ist es unerlässlich, auch sogenannte permanente Erschließungsmittel wie Waldwege innerhalb angemessener Zeiträume abzuschreiben.

Die in der Mehrzahl der Fälle günstigste Lösung besteht wohl in der Vorhaltung eines relativ grobmaschigen Netzes permanenter Erschließungslinien, wie sie die meisten *Fahrwege* (Hauptwege, Zubringerwege) darstellen, und dessen Verdichtung durch austauschbare *Feinerschließungslinien* (Rückelinien, Seillinien) als ein immer wieder aufs neue zu überprüfender Kompromiß. Die Walderschließung stellt sich daher auch in gut und nachhaltig bewirtschafteten Forsten als eine permanente biologische, ökologische, technische und betriebswirtschaftliche Aufgabe.

1.4 Erschließungsmittel

Als Erschließungsmittel können alle von Natur aus gegebenen oder künstlich geschaffenen Einrichtungen gelten, die die in den Abschnitten 1.1–1.3 beschriebenen Aufgaben zu erfüllen vermögen. Im einzelnen sind dies das *Wasser* zur Trift und Flößerei, die *Waldeisenbahn*, die *Riesen*, auch Loiten genannt, verschiedenartige *Seilanlagen*, die *Waldwege* aller Kategorien und schließlich neuerdings einige *Luftfahrzeuge*. Mit Ausnahme der *Waldwege* sind sie alle zugleich Transportmittel.

Natürlich umfassen diese Transportmittel auch solche, die aus der Sicht der Holzernte zu den *Rückemitteln* gerechnet werden. Eine scharfe Trennung zwischen beiden ist deshalb nicht immer möglich, weil es im Bereich der kurzen Transportdistanzen zu Überschneidungen zwischen Erschließungs- und Rückemitteln kommen kann.

Im allgemeinen wird eine Erschließungsaufgabe am besten durch die *Kombination mehrerer Erschließungsmittel* gelöst, wobei jeder einzelnen Erschließungsstufe ein anderes Erschließungsmittel dient. Gängige Kombinationen solcher Art sind z. B. die Feinerschließung durch einen Kurzstreckenseilkran und die Groberschließung durch Fahrwege mit Anschluß an das öffentliche Straßennetz oder die Feinerschließung durch unbefestigte Rückewege mit Groberschließung durch einen Flußlauf, der seinerseits die Verbindung zu einem öffentlichen Transportnetz auf Straßen und Eisenbahnen sicherstellt, wie dies aus Skandinavien, Sibirien und Nordamerika bekannt ist.

Die einzelnen Erschließungsmittel seien im folgenden kurz charakterisiert.

1.4.1 Wasser

Bis in das 19. Jahrhundert hinein war das Wasser das wichtigste Erschließungsmittel überhaupt. Auch heute noch ist es in den Wirtschafts- und Naturwäldern Nordeuropas, Nordasiens und Nordamerikas, aber auch im äquatorialen Afrika von erheblicher, wenngleich rückläufiger Bedeutung. Je nachdem, ob die Stämme einzeln oder zu Gebinden zusammengefaßt transportiert werden, unterscheidet man zwischen der *Trift* einerseits und der *Flößerei* andererseits (vgl. Abb. 2).

Gab es in den Anfängen des Wassertransports allein die Wildwassertrift oder die Wildwasserflößerei, so folgten dieser später Flößerei und Trift auf speziell für diese Zwecke hergerichteten Wasserläufen. Diese verlangten dann auch besondere Einrichtungen wie den Schutz der Ufer, die Entfernung aller der Holzförderung im Wege stehenden Hindernisse, besondere Staustufen und

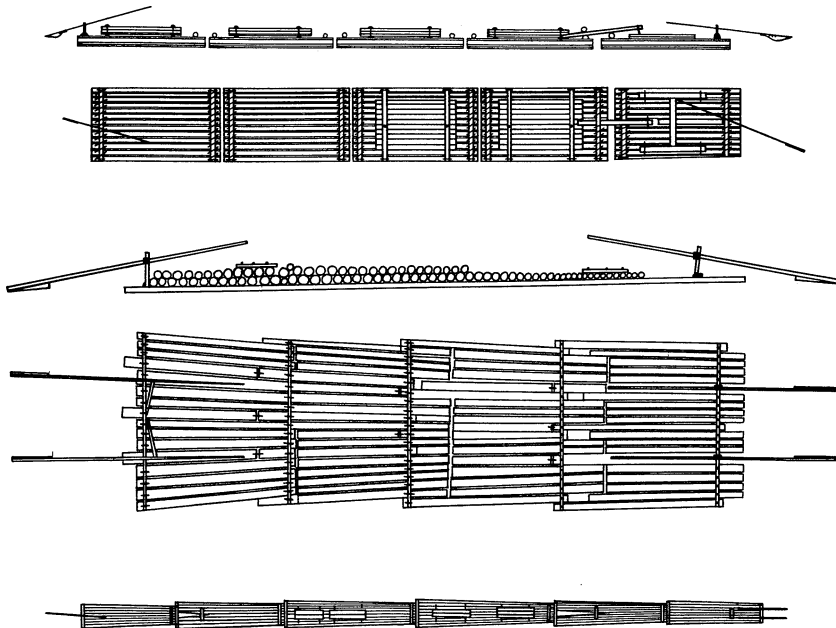


Abb. 2. Zusammensetzung, Auflast und Steuerung verschiedener Flöße aus Rund- und Schnittholz (nach EBNER 1912).

Fig. 2. Construction of different types of rafts from roundwood or lumber.

Wehre zur Wasserregulierung, Umgehungswege von Kraftwerksanlagen durch Kanäle und Schleusen sowie umfangreiche Sortieranlagen. Für den Wassertransport über große Seen hinweg, über die Hochsee und schließlich auf Schiffen waren und sind geeignete Hafenanlagen meist unerlässlich.

Die *Vorteile* des Wassertransports liegen in der Möglichkeit, große Gebiete mit vergleichsweise geringem Aufwand an Investitionen zu nutzen. Auch können auf den Wasserwegen große Holzmengen transportiert werden, darunter hochseetüchtige Flöße.

Dem Waldbesitzer wird zudem nicht die Beschaffung teurer Transportmittel auferlegt, denn das Wasser fördert meist selbst und benötigt dann nicht einmal zusätzliche Energie. Schließlich gestalten sich die Lagerung, die Sortierung und die Verladung des Rundholzes am und im Wasser meist relativ einfach. Seetüchtige Spezialschiffe nehmen ihre auf dem Wasser schwimmende Fracht z. T. durch horizontale Kippung des ganzen Schiffskörpers auf.

Diesen Vorzügen stehen erhebliche *Nachteile* gegenüber. Wassertransport ist im allgemeinen nur Abtransport und nur in Ausnahmefällen als Zubringer geeignet. Allein auf wenigen tropischen, skandinavischen, kanadischen oder sibirischen Flußläufen können Arbeitskräfte und Maschinen auf Booten und Fähren zum Hiebsort transportiert werden. Deshalb ist der Wassertransport meist durch Straßenbau zu ergänzen. Da aber die Vorlieferung des Rundholzes bis zur Wasserstraße mit Hilfe anderer Erschließungs- und Transportmittel erfolgt, wird der gesamte Transportvorgang am Ufer gebrochen.

Kleinere Wasserläufe wiederum verursachen durch den erheblichen *Personalkostenanteil* hohe Trift- und Flößereikosten, so daß die Tendenz vorherrscht, das Transportgut bis zu den Hauptwasserstraßen vorzuliefern. Weiter sind nicht alle Holzarten transportierbar, da schwere und frische Stämme absinken. Auch ist der Transport von der Jahreszeit abhängig, denn Frost, Schneeschmelze und tropische Regenzeit können die Transportdauer wesentlich verlängern. Schließlich gibt es Verluste durch Sinkhölzer, Beschädigungen bei Hochwasser und bei Strandung. Bei der Trift ist ein *Individualverkehr* unmöglich; auf den großen Flußläufen wiederum wird Holz aller Sorten und Eigentümer miteinander vermengt, so daß am Ende jeder Trift große *Sortieranlagen* nötig sind. Die zunehmende Nutzung der Wasserkraft zur Energiegewinnung hat Trift und Flößerei von den deutschen Flüssen inzwischen so gut wie vollständig verdrängt. Auf den Bächen hat der Stau des Wassers in Klausen und dessen Freigabe durch plötzliche Flut, zusammen mit der Eigenenergie des eingeworfenen Holzes, Erosionsschäden wesentlich begünstigt.

Bezüglich der *Kostenstruktur* des Wassertransports hat man es mit einer ausgesprochenen Fixkostenstruktur zu tun. Der Ausbau und die Unterhaltung der Wasserläufe und Sortieranlagen, etwas weniger die Nachreinigung der Ufer von hängengebliebenem Holz, verursachen fast konstante Kosten. Darum lohnen sich Trift wie Flößerei nur bei großen transportierten Mengen. Gehen die Mengen zurück, steigen die Kosten pro Mengeneinheit stark an. Der Wassertransport wird vor allem dann uninteressant, wenn ein Teil der eingeschlagenen Sorten ohnehin bereits über eine Straße abgefahren werden kann. Hinzu kommt die komplizierte Abrechnung der Kosten bei Beteiligung mehrerer Waldbesitzer, Konzessionäre oder Verbraucher.

Darum ist die *Kostenentwicklung* der letzten Jahrzehnte bei der herkömmlichen Trift und Flößerei eine deutlich ungünstigere gewesen als im Straßentransport. Dafür war neben den stark gestiegenen Personalkosten pro Zeiteinheit vor allem der – verglichen mit dem Wege- und Straßenbau – nur mäßige Produktivitätszuwachs verantwortlich. Hinzu kamen steigende Nebenkosten, denn die Sinkverluste fielen mit wachsendem Holzwert immer stärker ins Gewicht. Auch verfrucht sich die lange Transportdauer immer schlechter mit dem zuweilen erheblich angestiegenen Zinsfuß für alle Kredite. Ferner wurden nach der Nutzung der leichter zugänglichen Bestände immer längere Zubringerwege erforderlich. In Finnland, einem klassischen Land des Holztransports durch Wasser, ging darum auch der Anteil des geflößten Holzes an den bei der Industrie angeliefer-

ten Sorten von ca. 50 % im Jahre 1950 auf ca. 22 % im Jahre 1980 zurück. Es bleibt abzuwarten, inwieweit die gestiegenen Energiekosten diese Entwicklung bremsen oder sogar umkehren, denn der moderne Wassertransport in Großflößen, die i. d. R. durch Zugboote bewegt werden, bleibt in verschiedenen Erdteilen konkurrenzlos billig.

1.4.2 Riesen

Ein traditionsreiches Transport- und Rückemittel von gleichfalls rückläufiger Bedeutung für die Forstwirtschaft sind die sogenannten Riesen oder *Loiten*. Die klassische *Stammholzriese*, d. h. eine aus sechs bis zwölf von einem Joch getragenen Rundhölzern gezimmerte Gleitrinne, diente bereits im 7. Jahrhundert v. Chr. König Nebukadnezar II. zum Transport von Zedernholz aus dem Libanon. In der Folge haben sich in aller Welt neben den Stammholzriesen *Stangenriesen*, *Bretterriesen*, *Metall- und Kunststoffriesen*, schließlich auch *Naßriesen*, *Schneeriesen*, *Eisriesen*, *Wasserriesen* und *Schwemmkanaäle* als geeignet erwiesen, Rundholz schnell und hinreichend sicher über begrenzte Distanzen zu fördern (vgl. Abb. 3). Auf der Bergseite wurde und wird das Holz im sogenannten *Riesmund* in die Riese eingebracht. Durch seine Schwerkraft gleitet es dann bis zum sogenannten *Rieswurf*, wo es entweder in ein Gewässer geschleudert oder zur Sortierung und Abfuhr auf Wegen oder Straßen bereitgestellt wird.

Um das Holz in selbständigem und stetigem Gleiten zu halten, wurden an Konstruktion und Trassenführung höchste Anforderungen gestellt. Nur innerhalb enger Grenzen konnte die Transportgeschwindigkeit durch Erhöhung bzw. Reduzierung der *Gleitreibung* beeinflusst werden. Dies geschah im ersten Fall durch Wasser- oder Ölzugabe, im letzteren durch Einwurf von Sand oder durch Einbau sogenannter *Wölfe*, d. h. von oben in die Riesrinne hängende Rundhölzer.

Der *Vorteil* der Erschließung von Waldarealen durch Riesen lag in einer Zeit niedriger Personalkosten in der Tatsache, daß das Baumaterial durch die im Riesverlauf stockenden Nadelhölzer meist leicht greifbar war. Der Transport erfolgte weiter durch die eigene Schwerkraft, und zwar auch über erhebliche topographische Hindernisse hinweg. Die Gleitgeschwindigkeit übertraf zudem bei weitem die anderer Transporteinrichtungen.

Nachteilig wirkte sich dagegen der Zwang zu sorgfältigster Kalkulation von Längsneigung, Gleitwiderständen und bewegten Massen aus, mehr noch der zur Unterstützung der Rinne durch z. T. hochgebaute *Joche*, wo die Riesen Geländeeinschnitte zu überwinden hatten. Schließlich waren alle Holzriesen nur durch außergewöhnlich geschickte und darum kostspielig gewordene Waldarbeit in Zimmermannsqualität zu erstellen. Dazu traten die Notwendigkeit des Bruchs des Transportvorgangs, und zwar sowohl an Riesmund als auch Rieswurf, der Ausschluß jeder Möglichkeit des Individualverkehrs, die geringe Mobilität und begrenzte Transportkapazität der Anlage, schließlich die Begrenzung der Einsetzbarkeit auf die Forsten im Mittel- und Hochgebirge. Die in Mitteleuropa heute noch eingesetzten und leichter verlegbaren *Loiten* aus Stahlblech, Aluminium und Kunststoff übernehmen praktisch nur noch Rückeaufgaben.

Aus der Sicht der Kosten auch hier eine ausgeprägte bis extreme Fixkostenstruktur, die selbst dadurch nicht wesentlich gemindert wird, daß die Holzriesen beim Abbau von der Bergseite her sich gleichsam selbst zu Tale fördern und nur die leere Trasse hinterlassen.

1.4.3 Waldeisenbahnen

Ein bewährtes Erschließungsmittel und die erste Form mechanisierten Holztransportes überhaupt war dagegen in Europa für die Dauer fast eines Jahrhunderts die *Waldeisenbahn*. In Teilen Osteuropas, Nord- und Südamerikas, Afrikas und Asiens hat sie bis zum