

Dieses Buch stellt die durchgesehene zweite Auflage der Erstausgabe dar, die im Universitätsverlag Göttingen als freie Onlineversion 2005 veröffentlicht wurde. Wir danken dem Autor und dem Universitätsverlag Göttingen für die Zusammenarbeit.

Verlag
© Verlag Kessel 2024

alle Rechte vorbehalten
Eifelweg 37
53424 Remagen-Oberwinter

Kontakt
Tel.: 02228-493
Fax: 03212-1024877
E-Mail: webmaster@forstbuch.de

Homepage
www.forstbuch.de
www.forestrybooks.com

Druckerei
www.business-copy.com

ISBN 978-3-910611-12-2

Klaus von Gadow

Forsteinrichtung

Analyse und Entwurf
der Waldentwicklung

Verlag Kessel
www.forstbuch.de

Vorwort

Die alte Wissenschaftsdisziplin *Forsteinrichtung* hat wie kaum ein anderes Fach die Entwicklung der nachhaltigen Waldnutzung beeinflusst. Überall auf der Welt ist das forstliche Denken und Handeln noch heute durch die forstlichen Klassiker Hartig (1795), Hundeshagen (1826) und ihre Nachfolger Judeich (1871), Wagner (1928), Baader (1942), Richter (1965) und Speidel (1972) geprägt. Die Aufgabe der *Forsteinrichtung* bestand ursprünglich darin, Holzerträge zu schätzen und den Wald zur Sicherung der naturalen Nachhaltigkeit *raum-zeitlich zu ordnen*. Das Ziel der raum-zeitlichen Ordnung wurde etwa bis zum Ende des II. Weltkrieges großflächig und konsequent verfolgt. Ab Kriegsende konzentrierte sich die Forsteinrichtung, beeinflusst durch neue Entwicklungen im Bereich der Managementlehre, vermehrt darauf, Durchforstungsprogramme und Umtriebszeiten zu optimieren und die betriebliche Entwicklung zu *planen*. Die langfristig angelegten Managementprogramme und Betriebspläne erfüllten aber nicht immer die Erwartungen der Praxis.

Bedingt durch neue Anforderungen der nachhaltigen Nutzung von Waldökosystemen und mit Hilfe der verbesserten Informationstechnik erlebte die Forsteinrichtungsforschung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wieder eine wissenschaftliche Blütezeit. International wurde die Disziplin während der letzten 50 Jahre vor allem durch die Entwicklungen im Bereich der Inventurforschung, der Waldwachstumsforschung und der forstlichen Unternehmensforschung geprägt.

Zahlreichen Göttinger Studierenden, Kollegen und Kolleginnen, die zu diesem Manuskript direkt oder indirekt beigetra-

gen haben, bin ich zu großem Dank verpflichtet. Besonders erwähnenswert waren die Beiträge meiner Doktoranden. Im Bereich der Zustandserfassung haben Arne Pommerening, Janna Puumalainen, Holger Schröter, Kai Staupendahl und Christian Wiegard wertvolle Anstöße gegeben. Neue Methoden der Waldzustandsbeschreibung und Analyse verdanken wir Kai Földner, Patrick Graz, GangYing Hui, Min Thant Zin und Javier Corral Rivas. Wichtige Arbeiten zur Modellierung des Baumwachstums und forstlicher Eingriffe stammen von Matthias Albert, Sofía Sánchez Orois, František Vilčko. Bowang Chen, Lars Hinrichs, Guido Schwichtenberg und Jeong-Ho Seo haben unterschiedliche Ansätze die Pfadgenerierung und Optimierung entwickelt. Euer Engagement und Eure Freundschaft erfüllen mich mit Dankbarkeit und Freude.

Die Aufgabe der Forsteinrichtung besteht darin, die Betriebsführung über den aktuellen Waldzustand, über Zustandsveränderungen und über zukünftige Entwicklungen zu informieren. Die *Analyse* des aktuellen Zustandes und der eingriffsbedingten Waldveränderung ist eine Voraussetzung für die Sicherung der Nachhaltigkeit. Die Prognose zukünftiger Entwicklungen ist eine Voraussetzung für den mittel- und langfristigen *Entwurf* der Waldentwicklung. Um diese anspruchsvollen Aufgaben der Forsteinrichtung erfüllen zu können, ist es notwendig geworden, das Wissen der Disziplinen zu bündeln und auf der Basis der gemeinsamen Erfahrung eine wissenschaftlich begründete Steuerung der Waldentwicklung zu gewährleisten. Analyse und Entwurf bilden die theoretische Basis der Wissenschaftsdisziplin Forsteinrichtung, ein Erklärungsmodell das ihren

Auftrag und ihre Daseinberechtigung begründet.

Das vorliegende Manuskript präsentiert bewährte Ansätze und neue Wege für die Forsteinrichtungsforschung. Ein besonderes Augenmerk gilt der Entwicklung in Deutschland. Beispiele aus anderen Ländern belegen die Vielfalt der Möglichkeiten. Ergänzungen und Korrekturen sind

noch notwendig, wofür ich um Verständnis bitte. Mein besonderer Dank gilt Frau Sonja Rüdiger für die Erstellung der Grafiken und für die unermüdliche Hilfe bei der Textformatierung und meiner Frau Marga von Gadow für die Verbesserung meiner unbeholfenen Darstellungen.

Klaus v. Gadow

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
Inhaltsverzeichnis	vii
1 Einführung	1
1.1 Waldressourcen und Waldnutzung	3
1.2 Formen der Waldnutzung	4
1.21 Waldnutzung in Europa	5
1.22 Waldnutzung in Deutschland	10
Zielsetzungen im Privatwald	13
Interessenverbände	15
Institution der Forsteinrichtung	15
Qualitätssicherung der Forsteinrichtung	17
1.3 Die Wissenschaftsdisziplin Forsteinrichtung	18
1.4 Zur Gliederung dieses Buches	22
2 Erfassung und Analyse	25
2.1 Waldzustandserfassung	25
2.11 Internationale und Regionale Waldinventuren	25
Bundes- und Landeswaldinventuren in Deutschland	26
Standortkartierung	28
Betriebsinventuren	30
2.12 Bestandesinventuren	30
Strukturelle Vierergruppe	37
N-Baum-Stichprobe	40
Wertinventuren	45
Verjüngungsinventuren	49
Waldbiotopkartierungen	52
2.13 Eingriffsinventuren	54
2.14 Zusammenfassung	56
2.2 Waldzustandsanalyse	61
2.21 Dichte und Konkurrenz	62
Stammzahl	63
Grundfläche	63
Bestockungsgrad	64
Blattflächenindex	65
Stand Density Index	65
Relativer Baumabstand	69

Kronenkonkurrenzfaktor	69
Überschirmung	70
2.22 Punktdichte und Konkurrenz	74
Überlappende Einflussbereiche.	75
Distanzgewogenes BHD-Verhältnis	75
Verfügbarer Wuchsraum.	78
Weitere Beispiele zur Bestimmung der Punktdichte	79
2.23 Waldstruktur und Diversität	83
Artenvielfalt	84
Durchmesserverteilungen	85
Verteilung der Baumhöhen	92
Einheitshöhenkurven.	92
Bivariate Häufigkeitsverteilungen.	93
Abundanz und Dominanz	95
Parameter der Raumstruktur	98
Aggregation – das baumbezogene Winkelmaß	100
Artendurchmischung	104
Dimensionsdifferenzierung	105
Erwartete und beobachtete räumliche Strukturen.	107
3 Prognose	109
3.1 Datengewinnung	110
3.11 Kontrollierte Experimente.	111
3.12 Vergleichende Untersuchungen.	112
3.13 Langfristig beobachtete Dauerversuchsflächen.	112
3.14 Unechte Zeitreihen	114
3.15 Intervallflächen	116
3.2 Regionale Produktionsmodelle	119
3.21 Gesamtwuchsleistung und Zuwachs	119
3.22 Normalertragstafeln	122
3.23 Regionale Buchenertragstafeln	125
Parametrisierung der Ertragstafelmodelle	128
3.24 Mathematische Produktionsmodelle	129
Murray's DGZ_{max} -Modell.	131
Zuwachsprozente	133
3.3 Dichteabhängige Bestandeswuchsmodelle	134
3.31 Beziehungen zwischen Dichte und Wachstum.	134
3.32 Beispiele dichteabhängiger Bestandesmodelle	136
3.33 Bestandesvolumen und Sortimentverteilung	141
3.4 Wachstumsmodelle höherer Auflösung	143
3.41 Repräsentativbaum-Modelle	144
Prognose von Durchmesserverteilungen	144

Einfache Durchmesserfortschreibung	146
Veränderung der relativen Grundfläche	147
Direkte Zuwachsschätzung	148
Prognose mit Weibullfunktion	151
Ein Beispiel aus Chile	153
Ein Beispiel aus Südafrika	153
Nicht-parametrische Methoden	158
Aktualisierung gespeicherter Inventurdaten	159
3.42 Positionsabhängige Einzelbaummodelle	160
3.43 Kleinflächenmodelle	164
3.44 Prognose der natürlichen Verjüngung	167
3.45 Mortalität	169
3.5 Zusammenfassung	170
4 Entwurf	171
4.1 Ziele und Präferenzen	173
4.11 Orientierungshilfen für die Planung	173
4.12 Ziele als Aufgaben	174
4.13 Ziele als Bewertungskriterien	175
4.14 Optimale Zielkombination	178
Beispiel: Zuweisung von Waldbauprogrammen in Nepal	178
Beispiel: Aufforstung in Wassereinzugsgebieten	180
Beispiel: Produktionsplanung in einem Zellstoffwerk	181
4.2 Strategische Planung	182
4.21 Waldentwicklungstypen	182
4.22 Normalwaldmodell	186
Anwendungen in der Plantagenwirtschaft	188
Nachhaltshiebsatz	189
4.23 Altersklassensimulation	191
4.24 Flächenänderungsmodelle	194
4.25 Nutzungsplanung auf der Basis von Stärkeklassen	196
4.26 Die „Bucketfill“-Methode der betrieblichen Steuerung	199
4.27 Optimierung auf Betriebsebene	200
4.3 Taktische Steuerung der Waldentwicklung	202
4.31 Klassische Waldbauplanung	204
4.32 Z-Baum orientierte Steuerung	209
4.33 Stammzahlleitkurven im Plenterwald	211
4.34 Normalgrundflächen für Mischbestände	214
4.35 Das Mehrpfadprinzip	220
4.36 Regelbasierte Methoden	223
4.37 Vielfalt der Pfade	227
4.38 Schadpotential und Risiko	234
4.39 Dynamische Programmierung	236

4.4 Simultane Steuerung: Bestand und Betrieb	239
4.41 Beispiel: Planung für einen Forstbetrieb in Russland	241
4.42 Beispiel: Planung für einen Forstbetrieb in Südafrika	241
4.43 Einbeziehung räumlicher Zielsetzungen	246
4.5 Kontrolle der Nachhaltigkeit	251
4.51 Nachhaltigkeit der Holzerzeugung	252
4.52 Nachhaltigkeit der Holzerträge	253
4.53 Vorratsnachhaltigkeit im Dauerwald	253
4.54 Gesetzliche Vorgaben	253
4.55 Forstliche Massen- und Flächenkontrollen	254
4.56 Der erweiterte Nachhaltigkeitsbegriff	256
4.57 Präventive Nachhaltigkeitskontrolle – Eingriffsanalyse	258
Literatur	262
Anhang	298
A.1 Definitionen zum Begriff „Forsteinrichtung“	298
A.2 Historische Entwicklung der Forsteinrichtung	299
Die Flächen- und Massenteilungsverfahren	299
Die Fachwerkmethode	300
Die Altersklassenmethoden	302
Summarische Einschlagsplanung/Kontrollmethoden	303
Bewertung von Waldentwicklungsszenarien	304
A. 3 Flächengliederung	304
Distrikt oder Forstort	304
Abteilung	304
Unterabteilung	305
Unterfläche	305
Hilfsfläche	306
Ideelle Teilfläche	306
A. 4 Räumliche Ordnung	306

1 Einführung

Der drohende Klimawandel und eine dramatisch wachsende Weltbevölkerung schaffen bisher ungekannte Herausforderungen für Wirtschaft und Politik zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Die Menschen müssen ausreichend mit Nahrungsmitteln und Wasser versorgt, die Lebensräume gesichert werden. Wissenschaft und Technik sind aufgefordert, sich den drängenden Themen zu stellen und Lösungen zu entwickeln, die eine nachhaltige, d.h. ökologisch, sozial und ökonomisch ausgewogene Entwicklung auch in Regionen mit hohen Bevölkerungszahlen gewährleisten.

Disziplinäre Grenzen in der Wissenschaft lösen sich auf und werden durch variable Mischbereiche ersetzt. Diese Mischbereiche werden als Forschungsbereiche mit einem bestimmten Fokus angesehen; sie umspannen oft zahlreiche komplexe Ebenen, die frische Ideen und neue Technologien hervorbringen sollen. Nach Wilson (1998) nähern wir uns einem neuen Zeitalter der Synthese, der Erprobung von Vernetzung: „Erst wenn es völlig selbstverständlich geworden ist, Erkenntnisse aus allen Disziplinen zusammenzutragen, wird sich ein klareres Bild unserer Welt ergeben“. Die wissenschaftlichen Disziplinen sind seit etwas mehr als einem Jahrhundert in einem *progressiven Differenzierungs- und Spezialisierungsprozess* begriffen. Die starke Betonung von wissenschaftlich begründeten *Einzelkenntnissen* wird nicht immer begleitet durch ein angemessenes Verständnis und den verantwortlichen Umgang mit komplexen Systemen. Diese Erkenntnis erklärt die derzeit hohe wissenschaftliche Bedeutung der Integrationsdisziplin *Forstein-*

richtung, deren Aufgabe darin besteht, das verstreute Waldwissen zu bündeln¹.

Der Begriff Forsteinrichtung entstand in der Mitte des 18. Jahrhunderts in Mitteleuropa². Heute versteht man unter *Forsteinrichtung* die *Inventur* des aktuellen Waldzustandes, sowie den mittel- und langfristigen *Entwurf* und die *Analyse* der Waldentwicklung. Die Waldinventur hat sich in Kombination mit der Fernerkundung vielerorts zu einer eigenständigen Disziplin entwickelt. Somit bilden der zielgerichtete *Entwurf* und die *Analyse* der Waldentwicklung die zwei wichtigsten Schwerpunkte der Forsteinrichtungsforschung (Abb. 1-1).

Jeder Bestand in einer räumlich gegliederten Waldlandschaft bietet eine Vielfalt möglicher Entwicklungen („Pfade“). Ein Pfad ist durch eine bestimmte Abfolge forstlicher Eingriffe definiert, und die Aufgabe der Forsteinrichtung besteht darin, die zahlreichen möglichen Handlungspfade mit Hilfe des verfügbaren Wissens der verschiedenen Disziplinen zu beurteilen.

1 Aufgrund einer Analyse der letzten Ausgaben der derzeit führenden forstwissenschaftlichen Fachzeitschriften mit ISI impact factor (Annals For. Sci.; Can. J. For. Res.; For. Sci.; For. Ecol. Mgmt.; Scand. J. For. Res.; Silva Fennica; Forstw. Cbl.; AFJZ) waren von 254 Veröffentlichungen 61 (24%) unmittelbar dem Bereich Waldwachstum/Forsteinrichtung zuzurechnen.

2 s. Beckmann (1759); Oettelt (1768); Moser (1793). Zur Geschichte der Forsteinrichtung s. auch Mantel (1965); Richter (1963); Speidel (1972); Kurth (1994) und Härtel (2004). Im englischen Sprachraum üblich sind die entsprechenden Begriffe *Forest Management* bzw. *Forest Planning*. Die spanischen Entsprechungen sind *Manejo Forestal* (Lateinamerika) bzw. *Ordenación de Montes* (Spanien). Zu den Klassikern der Forsteinrichtungsliteratur zählen vor allem die Arbeiten von Hartig (1795), Cotta (1804), Hundsdoerfer (1826) und Bolley (1920).

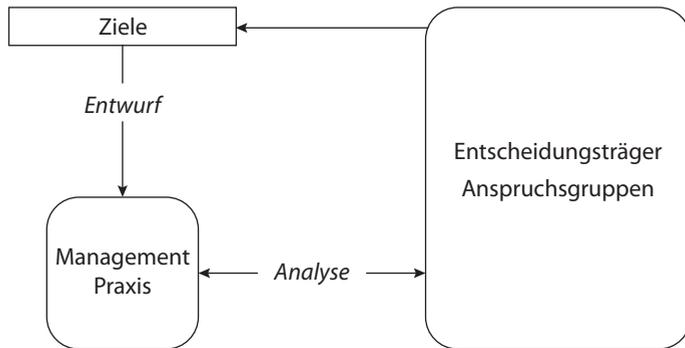


Abbildung 1-1. Die Aufgaben der Forsteinrichtung umfassen den mittelfristigen Entwurf und die Analyse der Waldentwicklung.

Die Vernetzung der Disziplinen erfolgt mit Hilfe quantitativer Beziehungen, deren Koeffizienten disziplinspezifisches Wissen repräsentieren. Die optimale Kombination der Handlungspfade wird als „Entwurf“ bezeichnet. Der Entwurf einer Waldlandschaft ist ein Planungsvorschlag an den Waldeigentümer.

Unabhängig von dem jeweils aktuellen Nutzen strebt die Waldforschung nach allgemeingültigen Erkenntnissen über die vielfachen Reaktionen der Waldökosysteme auf forstliche Nutzungseingriffe und über die Wechselbeziehungen zwischen den im Wald lebenden Organismen und deren anorganischer Umgebung. Zu diesem Zweck steht u.a. das Instrumentarium der Modellforschung in Kombination mit technischen Hilfsmitteln der Informatik zur Verfügung.

Leitidee der Forsteinrichtung ist die Nachhaltigkeit. Das Prinzip der forstlichen Nachhaltigkeit ist seit etwa drei Jahrhunderten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen und mit unterschiedlicher Intensität geführter politischer Diskurse. In der jüngeren Vergangenheit hat eine neue Welle

internationaler Debatten, Konferenzen und Schriften mit dem Thema „Nachhaltigkeit“ die Umweltwissenschaften und die Politik beflügelt. Im Juni 1992 initiierte die Umwelt- und Entwicklungskonferenz der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro einen weltweiten Prozess der Vermittlung mit dem Ziel, das nachhaltige Management der Waldressourcen zu sichern. Obwohl das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung fast uneingeschränkte Unterstützung findet, gibt es weder ein kohärentes Verständnis menschlicher Wertvorstellungen, das für viele Generationen und Kulturen Gültigkeit besitzt, noch generell akzeptierte Indikatoren für eine nachhaltige Waldnutzung, die den Vergleich einer gegebenen mit einer erstrebenswerten Situation ermöglichen. In einer von der Forstplanungsabteilung der FAO herausgegebenen Schrift stellen Ljungman et al. (1999) fest, dass die Waldressourcen stetig abnehmen; dass gleichzeitig aber die noch verbliebenen Wälder eine immer größere Bandbreite an Gütern und Dienstleistungen produzieren sollen; dass nachhaltige Waldnutzung zwar profitabel

sein kann, dass aber häufig nicht-nachhaltige Praktiken kurzfristig attraktiver sind; dass die Aufrufe zur nachhaltigen Waldnutzung wirkungslos bleiben, wenn unerwünschte Nutzungspraktiken nicht sicher und überzeugend kontrolliert werden können.

Ein wesentliches Element nachhaltiger Entwicklung ist die effektive Nutzung nachwachsender Rohstoffe und regenerativer Energieträger. Dabei ist in vorderer Linie das Holz als Energie-, Baustoff-, Werkstoff-, Wirkstoff- und Nährstofflieferant zu nennen. Die Nutzung von Wäldern als Erholungs- und Schutzraum kann nur in engem Bezug zu gesellschaftlichen Prozessen sinnvoll gestaltet werden. Dies setzt die Analyse sozialer und wirtschaftlicher Systeme in deren politischem Umfeld voraus, einschließlich des menschlichen Verhaltens und der technischen Entwicklung. Der Bezug zur Nutzung erfordert gemeinsame Problemlösungsansätze der naturwissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen.

1.1 Waldressourcen und Waldnutzung

Die Waldfläche der Erde beträgt nach den Angaben der FAO (2002) insgesamt etwa 3,4 Milliarden ha. Davon befindet sich der größte Flächenanteil in Südamerika und im Gebiet der ehemaligen UdSSR. Die Waldflächen in Afrika, Asien (einschließlich Ozeanien) und Nord- und Zentralamerika belaufen sich auf jeweils mehr als 500 Millionen ha.

Unter natürlichen Bedingungen wäre der größte Teil der Erdoberfläche bewaldet. Folch und Camarasa (2000) beschreiben sieben natürliche Waldökosystemtypen:

1. Die *tropischen Regenwälder* der afrikanischen, amerikanischen, asiatischen und

indo-pazifischen Regionen. Sie bilden ein diskontinuierliches Ökosystem mit einer großen Vielfalt von Ausprägungen.

2. Die *Monsunwälder* in Südostasien, Australien, Madagaskar, Mittelamerika und in der Karibik; sie zeichnen sich aus durch einen charakteristischen Wechsel zwischen der Monsun-Regenzeit und einer Trockenzeit.
3. Die *Waldsavannen*, vertreten durch den Cerrado, die Llanos, den Pantanal und den Chaco in Südamerika, sowie durch das Miombo Woodland, die Grass-Savanne und das Mixed Bushveld in Africa sind gekennzeichnet durch Nährstoff- und Wassermangel und das sporadische Auftreten von Buschfeuern.
4. Die *mediterranen Wälder* sind an trockene Sommer und feuchte Winter adaptiert. Es gibt kleinflächige, isolierte und artenreiche Vorkommen dieses Typs im Mittelmeerraum, in Kalifornien, in Chile, in der Kapprovinz in Südafrika und im Süden und Südwesten Australiens.
5. Die *gemäßigten Regenwälder* enthalten ebenfalls in der Regel eine große Anzahl von Baumarten. Sie kommen an der Westküste von Nord- und Südamerika, in Australien und Neuseeland, auf den Kanarischen Inseln, an der Ostküste des Schwarzen Meeres, im Südosten von Nordamerika und Südamerika, an der Ostküste Südchinas und im südlichen Japan vor.
6. Die Regionen der *Laubmischwälder* zeichnen sich aus durch eine deutliche Vegetationszeit, sie kommen im Osten von Nordamerika und Asien und in weiten Teilen Europas vor. Ein schmaler werdendes Band zieht sich durch Osteuropa bis hin zum Ural. Dieser Waldtyp kommt ebenfalls an der Südküste des

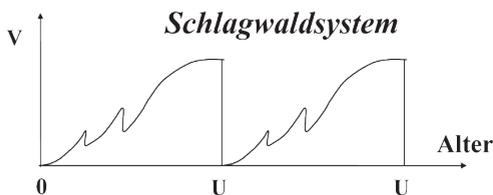
Schwarzen Meeres, im Kaukasus und im Nordiran vor.

- Der *boreale Wald* umfasst die Nadelwälder der Eurasischen und Nordamerikanischen Taiga und kommt in den Bergregionen von Zentral- und Westeuropa, im Kaukasus, in Zentralasien, im Himalaya, in China und in den Rocky Mountains in den USA vor.

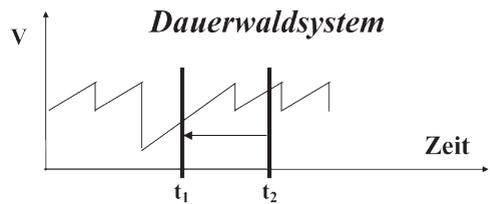
Wegen der unscharfen Grenzen zwischen den unterschiedlichen Waldtypen ist es nicht möglich, die jeweilige geographische Verbreitung genau zu bestimmen. Diese Feststellung gilt besonders für die Laubmischwaldzone und die vielfältigen Übergänge zum borealen Wald, zum gemäßigten Regenwald und zu den mediterranen Wäldern.

1.2 Formen der Waldnutzung

Die überwiegende Form der Waldnutzung auf der Erde ist der schlagweise Betrieb. Im schlagweisen Betrieb wird die gesamte Bestandesentwicklung von der Pflanzung bis zur Endnutzung als System konzipiert. Zu den wichtigsten Steuerungs- und Orientierungsgrößen im schlagweisen System zählen die häufig mit Hilfe ökonomischer Zielvariablen optimierte Umtriebszeit, der durchschnittliche Gesamtmassenzuwachs im Alter der Umtriebszeit und der Normalvorrat. Durch diese aus der Ertragstafel hergeleiteten Größen wird das Normal- bzw. Zielwaldmodell definiert (Kurth, 1991).



Durch Pflanzung begründete Wälder mit intensiven Waldbauprogrammen finden sich vor allem in den Ländern der südlichen Hemisphäre (Chile, Südafrika, Australien, Neuseeland), im Südosten der USA, in zahlreichen Regionen Asiens und in Südeuropa. Die Managementsysteme der Hochleistungsplantagen zeichnen sich aus durch kurze Umtriebszeiten und intensive Begründungs-, Durchforstungs-, Düngungs- und Ästungsprogramme. Der Anteil der Erntekosten an den Gesamtproduktionskosten ist vergleichsweise gering. Höhere Waldbau-Investitionen können vor allem dort getätigt werden, wo die Transportkosten niedrig sind. Durch Pflanzung begründete Wälder mit extensiven Waldbauprogrammen finden sich vor allem in schwer zugänglichen Regionen der borealen Zone und in Tropenwaldgebieten.

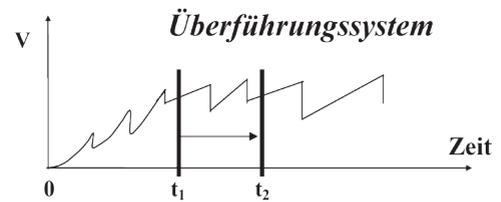


Eine alternative Form der Waldnutzung sind die sog. Dauerwaldsysteme (engl. *Continuous Cover Forestry*, – *CCF-Systeme*), die sich durch eine große Vielfalt unterschiedlicher Nutzungsformen, von kleinflächiger bis selektiver Einzelbaumnutzung, auszeichnen. Der Unterschied zum Schlagwaldsystem besteht darin, dass großflächige Kahlschläge vermieden werden. Dauerwaldsysteme finden sich in Europa, in Nord- und Südamerika und in den Tropen. Ein Beispiel aus dem Nordwesten der USA sind die *Variable Retention* Systeme, die durch eine große Bandbreite möglicher

Residualbestockungen nach der Ernte³ gekennzeichnet sind. Wie bereits erwähnt, besteht die Gemeinsamkeit darin, dass keine Großkahlschläge durchgeführt werden. Im Dauerwaldsystem ist das Bestandesalter undefiniert. Die zyklische Folge von Endnutzung und Verjüngung entfällt. Stattdessen entspricht die Entwicklung einer Oszillation des Vorrats über die Zeit. Die nachhaltige Nutzung wird in der Rückschau kontrolliert.

Die Dauerwaldnutzung hat eine lange Tradition, aber spezielle Methoden der Nachhaltsplanung und -kontrolle finden sich bisher nur in einigen Tropenwäldern (Laughton, 1937; Breitenbach, 1974; Seydack et al., 1995), in einigen nordamerikanischen Laub- und Nadelwäldern (Leak, 1964, 1965; Hansen, 1987; Guldin, 1991) und in europäischen Plenterwäldern (Biolley, 1980; Meyer, 1933; Susmel, 1980; Schütz, 1994; Virgiliotti u. Buongiorno, 1997). Die Forsteinrichtungsmethoden sind nicht generell anwendbar, sondern gelten jeweils nur für einen ganz spezifischen Waldtyp. Im Plenterwald zum Beispiel ergibt sich die Nutzung in jeder Durchmesserklasse durch die Vorgabe einer idealen Stammzahlkurve, in artenreichen Mischwäldern durch die Definition einer Grundflächennorm für unterschiedliche Baumklassen. In der Theorie erscheint die Vorgabe von Idealstrukturen zunächst einleuchtend. Tatsächlich findet sich aber selbst in Plenterwäldern eine große Vielfalt unterschiedlicher Mischungsformen und Durchmesserverteilungen, die als stabil bezeichnet werden können (Mitscherlich, 1952). Wie in Kap. 5 ausgeführt, ist der Nutzen der Plenterkurven und Grund-

flächennormen daher sehr eingeschränkt. Oftmals werden die starren Vorgaben sogar negativ bewertet.



Durch großflächige Störungen entstehen immer wieder „abnormale“ Ausgangsbedingungen. Außerdem haben erfahrungsgemäß selbst langfristig angelegte waldbauliche Ziele i.d.R. nur eine begrenzte Lebensdauer. Daher ist das forstliche Management durch vielfältige Formen der Überführung geprägt. Besonders anspruchsvoll erscheint die Umstellung von der schlagweisen zur selektiven Nutzung in Mitteleuropa (Hanewinkel, 1997). Entsprechend muss sich die Forsteinrichtung immer wieder auf veränderte Situationen einstellen. Dabei ist der Wald ein träges System, das selbst viele Jahrzehnte nach der Umstellung auf neue strategische Ziele noch durch frühere Formen der Nutzung geprägt ist. Überführung kann daher als Daueraufgabe bezeichnet werden. Die besondere Herausforderung für die Forsteinrichtung besteht darin, unter Beachtung zahlreicher Beschränkungen mögliche Wege zur Erreichung vorgegebener Zielbestockungen aufzuzeigen und eine konstruktive Management-Kontrollfunktion auszuüben.

1.21 Waldnutzung in Europa

Während der letzten zwei Jahrzehnte haben die Menschen in Europa entscheidende soziale und politische Veränderungen erlebt. Der dramatische Untergang des Kommu-

³ Beispiele für die verwendeten Begriffe: *Group Retention, Uniform Shelterwood, Strip Shelterwood, Group Selection, Irregular Shelterwood.*

nismus in Osteuropa und die Erweiterung der Europäischen Union sind messbare Ereignisse. Die Veränderung der Wertvorstellungen und der Wechsel von der ursprünglichen agrar- zur industriellen und schließlich zur urbanen Gesellschaft sind vielleicht weniger offensichtlich, aber nicht minder einschneidend. Die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die Wälder und die Waldnutzung in Europa sind vielfältig. Der Holzverarbeitende Sektor wird beeinflusst durch das Ende der ehemaligen UdSSR. Umweltpolitische Entwicklungen prägen die Waldnutzung, vor allem im öffentlichen Wald. Groß angelegte, vernetzte Naturschutzgebiete sind entstanden. Gleichzeitig haben erneuerbare Energien zunehmende Bedeutung erlangt. In den meisten Europäischen Ländern haben sich die Zielsetzungen gewandelt. Das primäre Ziel der Waldnutzung ist nicht mehr die nachhaltige Produktion von Rohstoffen, sondern das nachhaltige Management von Waldökosystemen. Was früher eine Beschränkung war – der Erhalt der Waldfläche zum Nutzen zukünftiger Produktion – ist plötzlich das Hauptziel geworden. Auch in der Wissenschaft ist das Management von Waldökosystemen ein akzeptiertes Paradigma, nicht zuletzt auch in Übereinstimmung mit den Zielen der MCPFE (*Ministerial Conference for the Protection of Forests in Europe*). Bisher wurden die Wälder als nationale strategische Ressource angesehen, die Forstpolitik befasste sich mit nationalen Interessen. In Europa bildet die MCPFE inzwischen eine gemeinsame forstpolitische Basis für die Länder der Europäischen Union (s. <http://www.mcpfe.org>). Die Entwicklung der gemeinsam verfassten Resolu-

tionen⁴ zeigt die zunehmende Internationalisierung der Waldnutzung.

Die Waldfläche Europas beträgt ungefähr 146 Millionen ha; davon sind 91% als forstlich nutzbar (*exploitable*) eingestuft (Schuck et al., 2003). 18% der forstlich nutzbaren Waldfläche und 28% des Holzvorrates befinden sich in Mitteleuropa, einer der neun nach Kuusela (1994) unterschiedenen ökologischen Regionen. Diese zentrale Region ist mit 169 Einwohnern pro km² besonders dicht besiedelt. Die Waldfläche beträgt 0.17 ha pro Kopf. Drei Viertel der Waldfläche befindet sich in öffentlichem Besitz (vgl. auch BDF 1995, S. 22). Zu den Besonderheiten der zentral-europäischen Region zählen die bisher noch vergleichsweise geringe Produktionskapazität der Zellstoffindustrie⁵, die große Vielfalt der Waldstrukturen und -mischungsformen und die zunehmende Einbindung der Wälder in die urbane Kulturlandschaft (Abb. 1-2).

Die im Frühjahr 2002 ins Leben gerufene „COST Action E27 – PROFOR“⁶ hat zum Ziel, die Zusammen-

4 Straßburg 1990: *data exchange and scientific cooperation*; Helsinki 1993: *sustainable forest management, the conservation of biodiversity, climate change and co-operation with countries with economies in transition*; Lissabon 1998: *forestry and society*; Wien 2003: *The Living Forests Summit*.

5 In Deutschland, wo das Sulfatverfahren nicht zugelassen ist, gab es vor der Errichtung der Sten-dalwerke in Thüringen sechs Zellstoffwerke mit einer Gesamtkapazität von 750 000 bis 800 000 t Zellstoff pro Jahr. Auch im Nachbarland Polen existieren nur kleinere Zellstoffwerke. Frankreich, Portugal (2,4 Mill. t) und Nordwest-Spanien verfügen über eine etwas größere Kapazität. Hauptproduzenten von Zellstoff sind die skandinavischen Länder (FAO, 1997). Die Investitionen der schwedischen Holzverarbeitenden Industrie betragen 1996 12 Mrd. Kronen, der Exportüberschuss (Export- minus Importvolumen) war mit 65 Mrd. Kronen höher als der Exportüberschuss der schwedischen Autoindustrie.

6 Protected forest areas in Europe – analysis and

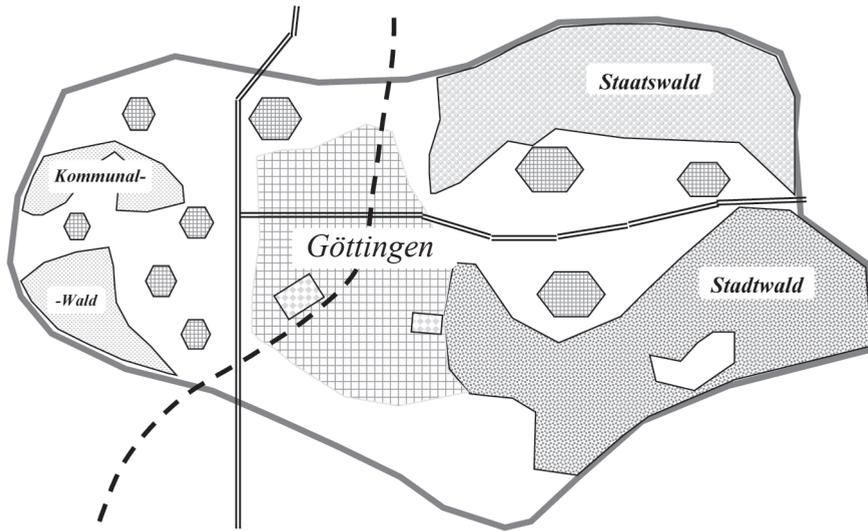


Abbildung 1-2. Wald als integraler Bestandteil der urbanen Kulturlandschaft; ein typisches Beispiel ist die Stadt Göttingen mit stadtnahem Stadtwald, Staatswald und Kommunalwald.

arbeit im Bereich Waldnaturschutz zu verbessern. Im Rahmen von PROFOR sollen Informationen zu Waldschutzgebieten international zugänglich gemacht und die europäische Zusammenarbeit im Naturschutz verbessert werden.

Zur Förderung einer nachhaltigen Waldnutzung wurden während der 3. Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, die vom 2.-4. Juni 1998 in Lissabon stattfand, die folgenden pan-europäischen Leitlinien ausgearbeitet (Schneider, 1998):

1. Kriterium:

Erhaltung und angemessene Verbesserung der forstlichen Ressourcen

- Die Waldbewirtschaftungsplanung soll danach streben, den Wald und andere Gehölzflächen zu erhalten oder zu vergrößern und die Qualität des ökonomischen, ökologischen, kulturellen und sozialen Nutzens der forstlichen

Ressourcen, wozu auch der Boden und das Wasser gehören, zu verbessern. Dabei sollen davon berührte Dienststellen in den Bereichen der Bodennutzungsplanung und des Naturschutzes voll in Anspruch genommen werden.

- Die Inventur und Kartierung der forstlichen Ressourcen sollen im Einklang mit den lokalen und nationalen Bedingungen und in Übereinstimmung mit den in diesen Leitlinien beschriebenen Themen eingeführt und aufrechterhalten werden.
- Bewirtschaftungspläne oder entsprechende Pläne sollen der Größe und der Nutzung der Waldfläche entsprechend ausgearbeitet und regelmäßig aktualisiert werden. Sie sollen auf der Gesetzgebung sowie auf vorhandenen Landnutzungsplänen basieren und die forstlichen Ressourcen angemessen abdecken.

harmonisation (Welzholz, 2002).

- Eine Überwachung der forstlichen Ressourcen und eine Bewertung ihrer Bewirtschaftung sollen regelmäßig erfolgen und ihre Ergebnisse wieder in den Planungsvorgang eingehen.

2. Kriterium:

Erhaltung der Gesundheit und Vitalität von forstlichen Ökosystemen.

- Die Waldbewirtschaftungsplanung soll danach streben, die Gesundheit und Vitalität der Waldökosysteme zu erhalten und zu stärken und geschädigte Waldökosysteme zu sanieren, wo immer dies durch waldbauliche Maßnahmen möglich ist.
- Die Gesundheit und Vitalität der Wälder sollen regelmäßig überwacht werden, insbesondere die wichtigsten biotischen und abiotischen Faktoren, die sich auf die Gesundheit und die Vitalität der Waldökosysteme auswirken können, wie z.B. Schädlinge, Krankheiten, Überweidung und Überbesatz, Feuer sowie Schäden, die durch klimatische Faktoren, Luftschadstoffe oder Waldbewirtschaftungsmaßnahmen verursacht werden.
- Waldbewirtschaftungspläne oder entsprechende Pläne sollen Mittel und Wege aufführen, wie die Gefahr von Zustandsverschlechterungen und von Schäden der Waldökosysteme gemindert werden kann. Die Planung der Waldbewirtschaftung soll diejenigen Politikinstrumente nutzen, die zur Unterstützung dieser Aktivitäten eingerichtet wurden.

3. Kriterium:

Erhaltung und Förderung der Produktionsfunktionen der Wälder

- Die Planung der Waldbewirtschaftung soll darauf abzielen, die Fähigkeit der

Wälder zur Erzeugung eines Sortiments von Holz- und Nichtholzprodukten sowie von Dienstleistungen nachhaltig zu sichern.

- Die Planung der Waldbewirtschaftung soll darauf abzielen, eine solide wirtschaftliche Leistung zu erbringen, und dabei die Möglichkeiten neuer Märkte und wirtschaftlicher Aktivitäten im Zusammenhang mit allen relevanten Waren und Dienstleistungen der Wälder berücksichtigen.
- Waldbewirtschaftungspläne oder entsprechende Pläne sollen die unterschiedlichen Nutzungen oder Funktionen der bewirtschafteten Waldfläche berücksichtigen. Die Planung der Waldbewirtschaftung soll diejenigen Politikinstrumente nutzen, die zur Förderung der Produktion marktgängiger sowie nicht marktgängiger forstwirtschaftlicher Erzeugnisse und Dienstleistungen geschaffen wurden.

4. Kriterium:

Erhaltung, Schutz und angemessene Verbesserung der biologischen Vielfalt

- Die Waldbewirtschaftungsplanung soll danach streben, die biologische Vielfalt auf Ebene der Ökosysteme, Arten und Gene sowie gegebenenfalls die landschaftliche Vielfalt zu bewahren, zu erhalten und zu verbessern.
- Die Planung der Waldbewirtschaftung sowie die terrestrische Inventur und Kartierung der forstlichen Ressourcen sollen ökologisch wichtige Waldbiotope einbeziehen unter Berücksichtigung geschützter, seltener, empfindlicher oder typischer Waldökosysteme, wie z.B. Auengebiete, Feuchtbiotope, Gebiete mit

endemischen Arten sowie Lebensräume bedrohter Arten im Sinne anerkannter bedrohter Referenzlisten sowie gefährdete oder geschützte genetische in-situ Ressourcen.

5. Kriterium:

Erhaltung und angemessene Verbesserung der Schutzfunktionen

- Die Waldbewirtschaftungsplanung soll danach streben, die Schutzfunktionen, die Wälder für die Gesellschaft erbringen, zu bewahren und zu verbessern. Zu diesen Schutzfunktionen gehören der Schutz der Infrastruktur, Schutz vor Bodenerosion, Schutz der Wasserressourcen sowie Schutz vor schädlichen Auswirkungen des Wassers, wie z.B. Überschwemmungen oder Lawinen.
- Gebiete, die konkrete und anerkannte Schutzfunktionen für die Gesellschaft erbringen, sollen registriert und kartiert werden, und die Waldbewirtschaftungspläne oder entsprechende Pläne sollen diese Gebiete voll berücksichtigen.

6. Kriterium:

Erhaltung sonstiger sozio-ökonomischer Funktion und Bedingungen

- Die Waldbewirtschaftungsplanung soll danach streben, die vielfältigen Funktionen, die die Wälder für die Gesellschaft leisten, zu beachten, soll die Rolle der Forstwirtschaft in der ländlichen Entwicklung gebührend berücksichtigen und soll insbesondere neue Beschäftigungsmöglichkeiten in Verbindung mit den sozio-ökonomischen Funktionen der Wälder in Betracht ziehen.
- Eigentumsrechte und Grundbesitzvereinbarungen sollen für die betreffende Waldfläche klar definiert, dokumen-

tiert und festgelegt werden. Auch sollen Rechtsansprüche sowie Gewohnheits- und traditionelle Rechte in Bezug auf die Waldgebiete geklärt, anerkannt und beachtet werden.

- Ein angemessener Zugang der Öffentlichkeit zu den Wäldern zu Erholungszwecken ist sicherzustellen, wobei die Achtung von Eigentumsrechten und Rechten Dritter, die Auswirkungen auf die forstlichen Ressourcen und Ökosysteme sowie die Vereinbarkeit mit anderen Waldfunktionen zu berücksichtigen sind.
- Standorte mit einer anerkannt besonderen historischen, kulturellen oder spirituellen Bedeutung sollen geschützt oder so bewirtschaftet werden, daß der Bedeutung des Standorts gebührend Rechnung getragen wird.
- Waldbewirtschafteter, Vertragsnehmer, Beschäftigte und Waldeigentümer sollen genügend Informationen erhalten und darin bestärkt werden, sich durch ständige Schulung in nachhaltiger Waldbewirtschaftung auf dem laufenden zu halten.

Die neuen Vorstellungen über die Waldnutzung in Europa sind gekennzeichnet durch eine Abkehr von mechanistischen Modellen (Ulrich, 1987; Dixon u. Fallon, 1989; Kennedy et al., 1995; Wiersum, 1995; Fähser, 1997). Der Wald wird als komplexes offenes System verstanden. Die früher üblichen dichotomen Wertvorstellungen (zum Beispiel „*naturgemäß*“ kontra „*schlagweise*“) werden durch die Einsicht ergänzt, dass die Möglichkeiten der Waldentwicklung vielfältig sind. Mit der Abkehr von großflächig standardisierten Waldbauverfahren erschließen sich neue Chancen der Waldnutzung, aber

gleichzeitig müssen auch effektivere Kontrollverfahren zur langfristigen Sicherung der Nachhaltigkeit entwickelt werden.

1.22 Waldnutzung in Deutschland

Besucher aus anderen Kontinenten zeigen sich immer wieder überrascht über den Waldreichtum der Industrienation Deutschland. Wälder bedecken fast ein Drittel der Landesfläche. Sie bilden nicht nur ein bedeutendes nachwachsendes Rohstoffreservoir, sondern auch lebensnotwendige „Restnatur“ für die Menschen der Industrie- und Informationsgesellschaft. Waldbäume produzieren umweltschonend und nachhaltig eine reiche Palette marktfähiger Güter und tragen auf vielfältige Art wesentlich bei zur Verbesserung der Lebensqualität der Menschen. Obwohl der ökonomische Beitrag des Forstsektors zum Bruttoinlandprodukt in Deutschland inzwischen nur 0.08% beträgt (Bergen, 1995), ist der Wald in Deutschland nach Suda (2003) „ein Objekt vielfältiger Begierden“, nach Volz (1995) gar eine „Zentralressource“.

Die gegenwärtigen Wälder sind das Resultat der im ständigen Wechsel begriffenen Bedürfnisse und Zielsetzungen der Menschen. Die Auswirkungen bestimmter waldbaulicher Vorstellungen sind i.d.R. erst viele Jahre nach deren Einführung erkennbar. Beispiele dafür sind die großflächigen Anbauversuche mit eingeführten ausländischen Baumarten während der Jahrhundertwende und die heute zwar weitgehend unerwünschte, aber vor weniger als einer halben Umtriebszeit noch allgemein angestrebte schlagweise Waldnutzung. Der aktuelle Waldzustand ist das Resultat der waldbaulichen Zielsetzungen der Vergan-

genheit und entspricht daher häufig nicht den gegenwärtigen Vorstellungen.

Die vielfältigen Bestandestypen, die heute in Deutschland vorkommen, lassen sich etwas vereinfacht in gleichaltrige und ungleichaltrige Rein- und Mischbestände untergliedern (Tab. 1-1). Besonders häufig sind sechs Gruppen: gleichaltrige und ungleichaltrige Reinbestände, in denen nur eine Baumart vertreten ist, gleichaltrige und ungleichaltrige Mischbestände mit Licht- und Schattenbaumarten, gleichaltrige Mischbestände mit Lichtbaumarten und ungleichaltrige Mischbestände mit Schattenbaumarten. Der Versuch, die Wälder Mitteleuropas bestimmten Kategorien zuzuordnen, wird dadurch erschwert, dass die Waldbestände nicht in regelmäßigen Abständen durch Kahlschlag und Pflanzung „homogenisiert“, sondern häufig kleinflächig oder einzelbaumweise genutzt werden. Dadurch entstehen vielfältige, zum Teil auch „naturferne“ Baumartenmischungen sowie unterschiedliche Entwicklungsstadien, oft in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander.

Nach den Schätzungen der 2. Bundeswaldinventur beträgt der Holzvorrat in Deutschland über alle Baumarten und Eigentumsformen im Durchschnitt 317 m³/ha (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 2004, S. 34 f). Wegen der hohen Arten- und Dimensionsvielfalt der Waldbäume ist die Produktpalette besonders reichhaltig.

Ökologische Waldnutzung dient der nachhaltigen Erzeugung wertvollen Holzes. Gleichrangig damit sind der Erhalt und die Förderung der natürlichen Vielfalt und Entwicklungsdynamik (Naturland, 1997). Daher besteht heute die besondere Herausforderung für die Forsteinrichtung

	<i>gleichaltrig</i>	<i>ungleichaltrig</i>
Reinbestände	Fichte, Kiefer, Buche	Fichte, Kiefer, Buche
Mischbestände mit Licht- u. Schattenbaumarten	Kiefer/Fichte Eiche/Buche Kiefer/Buche Buche/Lärche Buche/Edellaubarten	Kiefer/Fichte Eiche/Buche Kiefer/Buche Buche/Lärche Buche/Edellaubarten
Mischbestände mit Lichtbaumarten	Kiefer/Eiche Kiefer/Birke	
Mischbestände mit Schattenbaumarten		Buche/Fichte Buche/Fichte/Tanne

Tabelle 1-1. Gliederung der in Deutschland häufiger vertretenen Bestandestypen (detaillierte Angaben finden sich in Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 2004, S. 25 ff.).

darin, Indikatoren der Nachhaltigkeit zu definieren, die eine sinnvolle Beurteilung forstlicher Eingriffe in Mischwäldern ermöglichen (Beese, 1996; Albert, 1998). Charakteristisch für diese Entwicklungen ist zum Beispiel die Stellungnahme des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft zum Thema der forstlichen Planung (Bachmann et al., 1996).

Da ein besonders hoher Anteil der Waldfläche in Deutschland sich im öffentlichen Besitz befindet, hat die Wählerschaft großen Einfluss auf die Art der Waldnutzung. Der Einfluss der öffentlichen Meinung wird in den Waldbaurichtlinien der Bundesländer wirksam. Darin zeichnet sich nach Griesel u. Gadow (1995) eine Abkehr von der schlagweisen Waldwirtschaft und eine Hinwendung zur selektiven kleinflächigen Nutzung mit langen Verjüngungszeiträumen ab. Diese Art der Waldnutzung findet inzwischen auch in anderen europäischen Regionen zunehmend Anklang (Otto, 1994; Mlinsek, 1994; Turckheim, 1994; Helliwell, 1993).

In den dicht besiedelten Industrieländern werden Waldnaturschutz und Wald-

erholung höher bewertet als die Holzproduktion (Dunkel et al., 1994). Die wachsende Bedeutung der *biozentrischen Funktionen* äußert sich u.a. im Arten- und Habitatschutz und in der Ausweisung von Naturwaldreservaten, die ihrer natürlichen Entwicklung überlassen bleiben. Vom Zeitpunkt der gesetzlichen Festlegung an unterbleiben alle Nutzungen. In diesen Flächen soll die natürliche Waldentwicklung erforscht werden. Außerdem sollen unbeeinflusste Referenzflächen für Biotopbewertungen und Bewertungen der Naturnähe bereitgestellt werden (Bücking, 1997).

Die kahlschlagfreie Waldnutzung⁷ wird in den Waldprogrammen der Bundesländer als *naturgemäß* (Hessen/Berlin), *ökologisch* (Niedersachsen, Brandenburg, Sachsen) bzw. *naturnah* (übrige Bundesländer) be-

7 Die Interpretation des Begriffes „kahlschlagfreie Waldnutzung“ wird zunehmend strenger: In Bayern wurde die bisherige Regelung, langfristige Verjüngungsverfahren mit Naturverjüngung zu bevorzugen, durch einen grundsätzlichen Verzicht auf Kahlschläge erweitert. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn die angestrebten Verjüngungsziele nicht anders zu erreichen sind, wie z.B. bei einer Verjüngung von Fichtenbeständen auf Eiche (Brosinger u. Rothe, 2002).

zeichnet. Diese Begriffe sind weitgehend synonym. Die Nutzung zielt auf die Entwicklung möglichst artenreicher, aufeinander abgestimmter und dem Standort angepasster Baumartenmischungen und gleitender Übergänge vom Pflegebetrieb in den Verjüngungsbetrieb (vgl. Schütz, 1987). Für Mlinšek (1994) steht das permanente Erforschen der eingriffsbedingten Reaktionen der Waldbäume im Vordergrund. Thomasius (2001) vertritt die Ansicht, dass naturgemäße Waldnutzung nicht nur eine „rechnerische Nachhaltigkeit“, sondern auch die Forderungen nach einer permanenten Funktionstüchtigkeit der Waldökosysteme, nach einem positiven Beitrag zum CO₂-Haushalt der Atmosphäre, nach einer Minimierung der Zusatzenergie für die Waldnutzung und nach einer Risikominderung durch Förderung der Arten-, Alters- und Raumdiversität erfüllt.

Die naturgemäße Waldwirtschaft strebt an, durch Nutzung der in Waldökosystemen ablaufenden natürlichen Prozesse die Waldnutzung zu optimieren. Auf der Basis praktischer Erfahrungen in naturgemäß wirtschaftenden Betrieben nennt Wobst (1999) einige Grundsätze naturgemäßer Waldnutzung. Dem Schutz, der Erhaltung und ggf. der Wiederherstellung der Produktionskraft der Waldböden kommt besondere Bedeutung zu. Naturgemäße Waldwirtschaft unterlässt demzufolge grundsätzlich Kahlschläge, vermeidet Ganzbaumnutzung, sowie unpflegliche Rücke-, Bodenbearbeitungs- und Meliorationsverfahren. Durch einzelstammweise Nutzung wird die Störung der Stoffkreisläufe auf das nutzungsbedingte Minimum reduziert und so das Waldinnenklima erhalten.

Die standortsgemäße Baumartenwahl bildet die Grundlage zur Sicherung der

Standortskräfte und risikoarmer Produktion. Dabei sollen Baumarten der natürlichen Waldgesellschaft in möglichst lokal angepassten Herkünften mit hohen Anteilen beteiligt sein (Tab. 1-2). Die Beteiligung nicht heimischer und nicht der natürlichen Waldgesellschaft zugehöriger Baumarten ist hierbei nicht ausgeschlossen. Auf den meisten mitteleuropäischen Standorten sind vielfältige standortsgemäße Baumartenmischungen denkbar. Solche Mischungen ergeben produktive, strukturreiche Wälder, die sich im Normalfall natürlich verjüngen. Die konsequente Anwendung einzelstammweiser Pflege und Nutzung im Sinne einer permanenten Auslese und Vorratspflege führt zum Dauerwald. Je nach Standortkraft und Lichtökologie der Baumarten entstehen allmählich gemischte, stufige, ungleichartige und strukturreiche Dauerbestockungen. Nutzung, Pflege und Walderneuerung finden auf gleicher Fläche und zur gleichen Zeit statt. Eingriffe erfolgen in relativ kurzen Intervallen mit gleicher Stärke und orientieren sich am wirtschaftlichen und funktionellen Wert eines jeden Baumes. Der *wirtschaftliche* Wert des Einzelbaumes ist abhängig von der Qualität des produzierten Holzes, die sich in Schaftform, Dimension und Gesundheitszustand des Baumes widerspiegelt. Der *funktionelle* Wert eines Baumes wird bestimmt durch seine Aufgaben als Mischungs- und Strukturelement. Somit ergibt sich für jeden Einzelbaum ein individueller Hiebsreifezeitpunkt. Diese Grundsätze werden inzwischen in ähnlicher Form in zahlreichen staatlichen, kommunalen und privaten Forstbetrieben verwirklicht⁸.

⁸ Beispiele sind das bayerische Forstamt Ebrach (Mergner, 1998); das hessische Forstamt Butzbach (Stahl-Streit, 2002); die Baden-Württembergischen Forstämter Villingen-Schwenningen

Inventur	Ei	Bu	Alh	Aln	Fi/Dgl	Ki/LÄ	Sa.	Vfm/ha
1950	2	54	-	-	43	1	100	353
1961	2	56	-	-	40	2	100	346
1971	2	58	-	-	37	3	100	385
1981	2	57	-	-	38	3	100	326
1991	3	58	-	-	36	3	100	364
Ziel	2	36	1	1	57	3	100	375

Tabelle 1-2. Prozentuale Anteile der Baumarten am Vorrat im Forstort „Landteil“, Forstamt Stauffenburg auf der Standortseinheit BE 2 – Buntsandstein, Gesamtfläche 495 ha (nach Wobst, unveröff.).

Ein in den Grundzügen ähnliches Konzept der Waldnutzung wurde in den Stadforstämtern Lübeck und Göttingen in Absprache mit Umweltverbänden entwickelt. Ziel ist die Erhaltung und Verbesserung der Biodiversität und die Förderung der natürlichen Eigendynamik der Waldentwicklung (Sturm, 1993; Fähser, 1995, 1997; Conrad, 1995). Das Lübecker Waldkonzept soll den aktuellen Stand des Wissens von Praxis und Wissenschaft widerspiegeln. Es soll sich deshalb auf anspruchsvolle Inventuren und Planungen stützen und sich an den natürlich ablaufenden Prozessen orientieren, um eine möglichst große Naturnähe zu entwickeln. Repräsentativ für die wichtigsten vorkommenden Standorts- und Bestandesverhältnisse werden Referenzflächen ausgewiesen, auf denen – mit Ausnahme des Jagens – keine Eingriffe erfolgen. Die

Referenzflächen dienen der Beobachtung und Dokumentation der natürlichen Entwicklungsprozesse, um so die natürliche Waldentwicklung sichtbar zu machen. Daraus abgeleitete Erkenntnisse sollen in die Behandlung der Wirtschaftswälder einfließen. In den Wirtschaftswäldern sollen Starkbäume und Totholz einen Mindestanteil von 10% der oberirdischen Baummasse erreichen. Bei der Ernte werden nur einzelne Bäume oder kleine Baumgruppen (maximal 0,25 ha) entnommen. Verfahren, Maßnahmen, Geräte, Maschinen und Stoffe zur Pflege und Nutzung der Wälder sollen möglichst waldverträglich sein. Deshalb werden nur speziell entwickelte Waldmaschinen oder Pferde als Hilfe bei der Holzernte und naturverträgliche Materialien verwendet.

Zielsetzungen im Privatwald

Die Gesetzgebung und die Nachfrage nach bestimmten Gütern und Dienstleistungen schaffen die Rahmenbedingungen für die Steuerung der Waldentwicklung. In Deutschland erzielt die Holzverarbeitende Industrie mit 40.000 Betrieben und 500.000 Beschäftigten einen jährlichen Umsatz von ca. 100 Mrd. DM (Wegener, 1995). Hieraus folgt, dass der Wald ein

(Hockenjos, 1996) und Langenbrandt (Pfeilsticker, 1998); die Niedersächsischen Forstämter Erdmannshausen und Stauffenburg; das Lauenburgische Kreisforstamt Koberg (Holm, 1994); die Reviere Bouscadié und Truttenhausen in Frankreich (De Turckheim, 2002); die Hatzfeld-Wildenburgische Forstverwaltung (Straubinger, 1998); das Herzoglich Oldenburgische Forstamt Lensahn (Mylius, 1993); das Freiherrlich Schenk'sche Forstamt Schweinsberg (Lang, 1993); die Reviere Sauen (Baldamus, 1994) und Rentweinsdorf; das österreichische Stift Schlägl (Reininger, 1993).

bedeutendes Rohstoffreservoir für zahlreiche nachgelagerte wertschöpfende Wirtschaftsbetriebe darstellt. Ein übergeordnetes Wirtschaftsziel im Privatwald ist die Erzielung angemessener Reinerträge. Diese sind notwendig für die Kapitalverzinsung der Eigentümer und für die Bildung von Rücklagen. Aus den Rücklagen müssen Krisenzeiten überdauert und Investitionen finanziert werden. Die Grundlage für dieses übergeordnete Wirtschaftsziel bildet das Prinzip der Nachhaltigkeit. Es kann sinnvoll sein, in guten Marktzeiten Mehreinschläge zu tätigen und diese in Finanzrücklagen anzusammeln. Unter Nachhaltigkeit versteht der Privatwald deshalb die Werterhaltung der Waldbestände zuzüglich der Finanzkraft des Unternehmens. Durchforschungsreserven werden zum Beispiel eher als Ladenhüter und weniger als Kapitalreserven angesehen. Diesem Oberziel nachgeordnet sind nach Angabe eines privaten Forstbetriebes in Hessen fünf Wirtschaftsziele:

Schaffung ständig verfügbarer Liquidität

Finanzielle Liquidität sichert den Betrieb in allen seinen Funktionen. Sie ist nur erreichbar durch kontinuierlichen Holzeinschlag, ständige Marktpräsenz und die Steuerung des Rundholzangebotes am Markt. Gleichzeitig müssen Verluste aus dem laufenden Betrieb vermieden werden. Der betrieblichen Liquidität dienen zusätzliche Finanzrücklagen, die über längere Zeiträume geschaffen werden. Die Liquidität kann unter Umständen durch Deckungsbeiträge aus Dienstleistungen verbessert werden.

Steuerung der Rechtsform

Gewinn und Liquidität müssen dem Betrieb bzw. dem Eigentümer erhalten bleiben. Die Rechtsform eines Betriebes hat

daher eine ausschlaggebende Bedeutung. Je höher die Steuerlastquote, desto wichtiger wird dieses Ziel.

Langfristige Bindung hochqualifizierter Mitarbeiter

Das Überleben eines privaten Forstbetriebes ist nicht allein vom Holzvorrat abhängig, sondern von der Eigenverantwortlichkeit der Mitarbeiter, die selbständig handeln und entscheiden können. Als Gegenleistung bietet der Betrieb soziale Sicherheit und interessante Arbeitsbedingungen.

Sicherung der natürlichen Ressourcen

Private Forstbetriebe bemühen sich um Naturschutz, Landespflege, Grundwasserschutz und die Jagd. Ein Vertrag über freiwilligen Naturschutz (Vertragsnaturschutz) mit dem Land Hessen von 1988 begründet eine teilweise Eigenständigkeit auf diesem Gebiet. Die Durchsetzung der Wirtschaftsziele ist Restriktionen unterworfen.

Verringerung des Produktionsrisikos

Der private Betrieb unterliegt den neuartigen Waldschäden in gleicher Weise wie der umliegende Wald anderer Waldbesitzer. Zwei Drittel aller Bäume über 60 Jahre sind geschädigt. Deshalb dürfen die Bestände nicht zu alt werden. Durch waldbauliche Maßnahmen müssen marktgerechte Dimensionen in kürzerer Zeit erreicht werden. Zur Minimierung des Produktionsrisikos streben private Forstbetriebe außerdem häufig danach, einen „Gemischtwarenladen“ aufzubauen, der ständige Nutzungsmöglichkeiten in vielen Baumarten ermöglicht.

Oldershausen (2004) betont die wichtige Rolle der Forsteinrichtung zur Qualitätssi-

cherung im Privatwald und fordert eine ständige Verbesserung der Planungsverfahren.

Interessenverbände

Die Ziele und Beschränkungen der Waldnutzung werden nicht nur durch die Gesetzgebung und die Wirtschaft, sondern auch durch Interessenverbände beeinflusst. Dazu gehören Forstbetriebsgemeinschaften, Bürgerinitiativen, Naturschutzverbände und Verbände der Holzverarbeitenden Industrie.

Ein Beispiel für das zunehmende Interesse der Umweltverbände an der Waldnutzung sind unterschiedliche Kriterien- und Indikatoren-Kataloge und spezielle *Ökotests* (NABU, 1997). Für die Abstimmung der Interessen zwischen Waldnutzung und Naturschutz gibt es drei unterschiedliche Modellvorstellungen. Bei der *Segregation* werden Flächen unter Naturschutz gestellt und zum Zweck des Artenschutzes jeglicher Nutzung entzogen. Dieses Prinzip ist besonders häufig in der Landwirtschaft anzutreffen, deren Nutzflächen mit immer höherer Intensität bewirtschaftet werden (Reinhard, 1997). Das *Kombinationsprinzip* hat zum Ziel, Naturschutz und Nutzung auf gleicher Fläche zu verwirklichen. Ein Beispiel für die erfolgreiche Verwirklichung dieses Prinzips ist die seit Jahrzehnten praktizierte naturgemäße Waldnutzung. Bei der *Vernetzung* werden räumlich getrennte Nutz- und Schutzflächen miteinander verbunden, zum Beispiel durch sog. Migrationskorridore.

Institution der Forsteinrichtung

Ein Anzeichen für den Wandel im Selbstverständnis der Forsteinrichtung in Deutschland ist die geringe Einheitlichkeit der Vorstellungen über ihre Bedeutung und Aufgaben. Diese Uneinheitlichkeit

zeigt sich auch in den unterschiedlichen Schwerpunkten in Lehre und Forschung der forstlichen Fakultäten. Die Suche nach einfachen Konzepten wird erschwert durch die Notwendigkeit zur Einsparung, die zunehmende Vielfalt der Waldstrukturen und Zielsetzungen und die Vielfalt der inzwischen verfügbaren Methoden und Software in den Bereichen Zustandserfassung, Steuerung und Kontrolle.

In einer neueren Arbeit schlägt Hahnwinkel (2001) eine Neuausrichtung der Forsteinrichtung als strategisches Managementinstrument vor. Im Gegensatz zu Planungssystemen, die sich mit operativen Aufgaben befassen, ist strategische Planung ein Prozess, bei dem Unternehmensstrategien entwickelt und implementiert werden. Anstelle des bisherigen kombinierten Verfahrens mit waldbaulicher Einzelplanung, Bereichsplanung und Gesamtplanung wird eine *Stratenplanung*, ergänzt durch Simulationen und Nutzungskoordinationen, vorgeschlagen (vgl. auch Böckmann et al., 1998). Nach Gerold u. Gerold (2001) umfasst die Forsteinrichtung drei Aufgabenbereiche:

- die Unternehmenssteuerung und das operative *Controlling* im Forstbetrieb;
- die überbetriebliche Zusammenarbeit zwischen den Forstbetrieben und der Holzverarbeitenden Industrie und
- die regionalen Aufgaben, einschließlich der Standorterkundung und der Waldbiotop- und Waldfunktionenkartierung.

Erkenntnisse aus den regional ausgerichteten Kartierungen fließen über die forstliche Rahmenplanung in die Regional- und Landesentwicklungsplanungen. Damit erfüllt die Forsteinrichtung nicht nur eine zentrale umweltpolitische Aufgabe, sondern vertritt

auch die forstliche Fachkompetenz nach außen. Die Förderung der Zusammenarbeit von Forstbetrieben mit ähnlicher Zielsetzung – Waldbewirtschaftungs- und Holzvermarktungsgemeinschaften – gewinnt nach Gerold u. Gerold (2001) immer mehr an Bedeutung. Diese Zusammenschlüsse erfordern geschlossene Logistikketten und erweiterte Datenbanken mit Informationen über Hangneigung, Befahrbarkeit, Rückeentfernung, Dringlichkeit von Maßnahmen und verfügbare Sortimente.

Die Forsteinrichtung im Staatswald ist Aufgabe der Forstdirektionen (in Bayern und Baden-Württemberg), der Ministerien (Schleswig-Holstein; Saarland) bzw. der Planungsämter (restliche Bundesländer). Einzelheiten darüber sind in den jeweiligen Forsteinrichtungsvorschriften enthalten. Stets von besonderer Bedeutung ist das Berichtswesen, d.h. der Beitrag der Forsteinrichtung zur Verbesserung der Informationsprozesse innerhalb einzelner Forstbetriebe und der Landesforstverwaltungen. Daneben sind die traditionellen Aufgaben der Zustandserfassung und der Nachhaltigkeitskontrolle wahrzunehmen. Angesichts angespannter Personal- und Haushaltslage, gestiegenem Informationsbedarf und angestrebtem Waldumbau werden neue Konzepte der Forsteinrichtung entwickelt (Böckmann et al., 1998; Teuffel u. Krebs, 1999; Noeke, 2002; Duhr, 2003; Streletzki, 2004; Weinfurter, 2004; Ontrup, 2004; Pencz, 2004).

Die betriebsbezogenen Aufgaben der *Forsteinrichtung* werden in Folge der zunehmenden Reviergrößen und der gleichzeitig eingeführten naturgemäßen Waldnutzung, mit komplexeren Waldstrukturen und erschweren mittelfristigen Planungsentscheidungen erheblich anspruchsvoller. Auch in

Zukunft ist zu erwarten, dass gleichaltrige Reinbestände weiterhin eine gewisse Rolle spielen werden. Daher sollte das System der Forsteinrichtung für Schlagwald- und Dauerwaldsysteme gleichermaßen anwendbar sein.

Neben den Aufgaben und Leistungen ist auch die Organisation der Forsteinrichtung einem Wandel unterworfen. In der überwiegenden Mehrheit der Bundesländer herrscht das *Sektionssystem* der Forsteinrichtung. Die Planungsämter erhalten jedes Jahr einen gesonderten Arbeitsauftrag. Somit können die Forstämter, die ein bestimmter Forsteinrichter nacheinander zu bearbeiten hat, weit verstreut liegen (Niedersachsen, 1987).

Bei dem sog. *Gebietssystem* handelt es sich um langfristig festgelegte Forsteinrichtungsbezirke, die von einem für das jeweilige Gebiet zuständigen Forsteinrichter bearbeitet werden. Das Gebietssystem der Forsteinrichtung existierte bislang im nördlichen Teil von Rheinland-Pfalz (1974), in Nordrhein-Westfalen (1974), Hessen (1981), Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen. Hessen ist z.B. in 13 feststehende Forsteinrichtungsgebiete eingeteilt. Jedes dieser Gebiete verfügt über eine langfristige Planstelle für einen sog. Gebietsforsteinrichter, der in seinem Bereich für die Forstplanung verantwortlich ist. Bestimmte Teilaufgaben der Forsteinrichtung (Inventur, Kartierung) werden bereits direkt durch die Forstbetriebe an Unternehmer vergeben (Eisele, 1994).

Obwohl es, bedingt durch den Föderalismus, weiterhin Unterschiede in der Organisationsform geben wird, ist zu erwarten, dass der Zwang zur Kostensenkung und damit zur Verbesserung der Planungseffizienz eine Übertragung gewisser Aufgaben der

Forsteinrichtung an die jeweilige örtliche Betriebsleitung zur Folge haben könnte.

Qualitätssicherung der Forsteinrichtung

Die klassischen Verfahren der Forsteinrichtung werden für die Zustandserfassung, Planung und Kontrolle in den mehr oder weniger ungleichaltrigen und strukturreichen Wäldern zunehmend unbrauchbar (Palmer, 2000; Rothenhan, 1993) Gefordert werden einfache, übersichtliche und kostengünstige Kontrollverfahren. Hinrichs u. Oesten (1993; s.a. Sagl, 1998) vertreten die Ansicht, dass die praktische Forsteinrichtung den heute gestellten Anforderungen nur zum Teil gerecht wird. Gesichtspunkte einer integralen Planung wie z.B. die Auswirkungen forstlicher Planungen auf Naturschutzziele sind erst seit jüngster Zeit Gegenstand praktischer und theoretischer Arbeiten. Geeignete Messgrößen, Indikatoren, Bewertungsansätze und Abstimmungskonzepte fehlen größtenteils noch. Obwohl die Forstbetriebe in ihrer Naturausstattung, ihrem Umfeld, aber auch ihren waldbaulichen Möglichkeiten deutliche Unterschiede aufweisen, werden weitgehend einheitliche, standardisierte Verfahren verwendet. Eine als Mittel der Betriebsführung definierte Forsteinrichtung zwingt hier zum Umdenken in stärker an den Einzelbetrieb angepasste, flexible Verfahren bei der Planung und Informationsbeschaffung. Die Forsteinrichtung ist mit anderen Elementen des Führungssystems (wie Arbeitsplanung, Naturschutzplanung, Inspektionswesen, Fortbildung oder Betriebsbuchführung) nur unbefriedigend verbunden. So ist die Datenverwaltung der einzelnen Teile des forstlichen Informationssystems häufig nahezu getrennt. Die Kontrolle ist nur vergangenheitsorientiert und geschieht weitgehend

ohne Auswirkungen und Rückkopplungen. Der Controllinggedanke baut jedoch gerade auf der Rück- und Vorkopplung mit den Entscheidungsträgern auf.

Schließlich läuft die Datenerhebung im Rahmen der Forsteinrichtung Gefahr, zum Selbstzweck zu werden. Die angebotenen Daten entsprechen z. T. sicher inhaltlich, aber auch von den Möglichkeiten weiterführender Auswertungen her nicht dem objektiven Informationsbedarf und laufen Gefahr, als Datenflut in unübersichtlicher Form nicht nachfragerrelevant zu sein. *Von der Parteien Hass und Gunst verwirrt, schwankt ihr Charakterbild in der Geschichte* – das, meint Lang (1993) zutreffend, könne man frei nach Schiller auch von der Forsteinrichtung sagen. Die Kritik an der Forsteinrichtung scheint ein Grundthema der Dauerwaldbewegung zu sein, vor allem wird die Anwendung der Ertragstafeln abgelehnt. Dennoch betont Lang, sei die Zustandserfassung, Planung und Kontrolle der Forsteinrichtung notwendig, denn kein Wirtschaftsunternehmen könne ohne Planung auskommen.

Bisher wurde die Waldentwicklung durch die Nutzungsvorgaben der Ertragstafel, ergänzt durch die Einschätzung von Experten, bestimmt. Alternativen waren schwierig zu erzeugen, daher war das normale Ergebnis der sog. Einzelplanung eine grobe, in der Regel standardisierte Nutzungsvorgabe (z.B. „80 Fm in zwei Eingriffen“). Heute ist die Generierung und Bewertung multipler Waldentwicklungen ein zentrales Thema der Forsteinrichtungsforschung geworden. Eine wichtige Aufgabe der Forsteinrichtung ist die Analyse und Bewertung unterschiedlicher Varianten der Waldentwicklung.

1.3 Die Wissenschaftsdisziplin Forsteinrichtung

Die schöpferische Leistung eines einzelnen interessierten Menschen ist eine wichtige Quelle des Erkenntnisfortschrittes. Gleichzeitig müssen aber die Möglichkeiten zu einer disziplinübergreifenden Theoriebildung genutzt werden, denn die individuelle, hochspezialisierte Forschung birgt die Gefahr einer zu geringen Bindung an einen höheren Ordnungsplan mit dem Risiko eines chaotischen Wissenschaftsbetriebes (Kollmann, 1952; Luhmann, 1983). So ist die Suche nach vielfältigen und flexiblen Formen der Zusammenarbeit eine zentrale Aufgabe der praxisorientierten Waldforschung. Dies gilt insbesondere für die Integrationsdisziplin *Forsteinrichtung*.

Die alte Wissenschaftsdisziplin Forsteinrichtung hat, in enger Verzahnung mit der Waldwachstumsforschung, als akademisches Unikat während der letzten zwei Jahrhunderte eine Fülle an eigenständigen Fragestellungen und Methoden hervorgebracht, mit speziellem und oftmals ausschließlichem Bezug zur nachhaltigen Waldnutzung. Die Forsteinrichtungsforschung liefert zahlreiche methodische Beiträge zur Realisierung der politischen Forderung nach nachhaltiger Nutzung. Das Interesse an methodischem Wissen im Zusammenhang mit der nachhaltigen Steuerung von Waldökosystemen – in kommerziellen Plantagenwäldern, selektiv genutzten Naturwäldern, in den Wirtschaftswäldern Mitteleuropas mit anspruchsvollen Überführungen – wird mit einer hohen Anzahl von Veröffentlichungen in führenden Fachzeitschriften belegt. Ein Grund für diese neue wissenschaftliche Blütezeit der Disziplin *Forsteinrichtung* liegt einerseits im zunehmenden Bedarf an möglichst genauen Informati-

onen über die Waldressourcen und deren Entwicklung. Andererseits liefert die Forsteinrichtungsforschung die Methoden für die Steuerung und Analyse der langfristig angelegten Waldnutzung. Die notwendige methodische Erneuerung wird begünstigt durch die Entwicklungen der Datenbank- und Modelltechnik. Spezielle Erkenntnisse aus anderen Disziplinen können durch die Steuerungsmodelle der Forsteinrichtung gebündelt und für die Praxis der Waldnutzung aufbereitet werden. Dies belegen Beispiele aus aller Welt, vor allem die Arbeiten im Bereich der forstlichen Unternehmensforschung. Durch die Möglichkeit, vielfältige wissenschaftliche Einzelerkenntnisse fokussiert zu nutzen, bildet die Forsteinrichtungsforschung eine wichtige Brücke zur Anwendung im praktischen Bereich.

Die klassische griechische Philosophie erkennt zwei höchste Betätigungsfelder des Menschen: die Politik und den Erkenntnisgewinn. Beide sind miteinander verbunden, denn das ideale politische Handeln beruht auf überlegenem Wissen (Kaube, 2002). Die Verbesserung des forstlichen Wissensstandes gelingt durch die Vernetzung der an der Waldforschung beteiligten Disziplinen. Zu den Herausforderungen der Waldforschung in Mitteleuropa gehören nicht nur die Analyse zukünftiger Absatzmärkte, sondern vor allem die Untersuchungen im Zusammenhang mit Klimaänderungen, Stoffeinträgen und Biodiversität. Welche Auswirkungen auf die natürliche Verjüngung und Konkurrenzkraft der Baumarten sind durch zunehmende CO₂-Konzentration und durch erhöhte bodennahe Ozonkonzentrationen zu erwarten? Wie können großflächig angelegte Monokulturen in standortgerechte Mischwälder überführt werden? Die Ergebnisse der Forschungen

zu diesen Fragen können durch die Forsteinrichtung genutzt werden.

Waldlandschaften sind räumlich gegliederte Ökosysteme. Beeinflusst durch die Standortbedingungen und die Art der Nutzung, entstehen im Laufe der Zeit unterschiedliche räumliche Muster. Das räumliche Muster der Bestandesattribute ist nicht statisch, denn die Bestände entwickeln sich fortlaufend in Reaktion auf forstliche Eingriffe. Wegen dieser Dynamik ist die Forsteinrichtung seit ihren Anfängen eine raumzeitlich orientierte Disziplin, deren Aufgabe darin besteht, eine optimale Waldentwicklung zu entwerfen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung lokaler Ziele und regionaler Beschränkungen. Der mittelfristige Entwurf der Forsteinrichtung beurteilt die Auswirkungen forstlicher Eingriffe, die über das jeweilige Wirtschaftsjahr hinausreichen. Der optimale Entwurf eines Forstbetriebes bzw. einer Waldlandschaft ist durch diejenige Kombination von Bestandespfaaden gegeben, bei der die einzelbestandsweisen und gesamtbetrieblichen Ziele optimal erfüllt werden. Die isolierte lokale Einzelplanung, ohne Berücksichtigung regionaler Anforderungen, vernachlässigt wichtige Aspekte, die die gesamte Waldlandschaft betreffen, z.B.

- die andauernde Bereitstellung von Infrastrukturleistungen, oder die Sicherung von Mindesteinnahmen,
- die Vermeidung risikoreicher Waldentwicklungen auf großer Fläche und die Beachtung von Auflagen des Naturschutzes,
- den Vorratsaufbau, oder den Abbau nicht marktfähiger Vorratsreserven.

Andererseits kann die ausschließliche Berücksichtigung der Landschaftsebene in Kombination mit waldbaulichen Standard-

vorgaben finanzielle Einbußen, geringe Managementflexibilität und Diversitätsverluste zur Folge haben. Der zentrale Gegenstand der Forsteinrichtungsforschung ist deshalb die Verknüpfung der lokalen mit der regionalen Ebene. Dazu eignet sich das sog. Mehrpfadprinzip in idealer Weise (s. vereinfachte Darstellung in Abb. 1-2).

Die drei Bestände A, B und C in Abb. 1-2 bilden einen Wald, bzw. einen Forstbetrieb oder eine Waldlandschaft. In jedem Bestand ist der Ausgangszustand durch den Vorrat zum Zeitpunkt t_0 bestimmt. Für jeden Bestand sind zwei Pfade definiert. Im Bestand B zum Beispiel, mit einem hohen Ausgangsvorrat, ist im Pfad 1 kein Eingriff vorgesehen, im Pfad 2 dagegen eine frühe starke Durchforstung. Entsprechend unterschiedlich sind die Endzustände zum Zeitpunkt t_2 . Auch für die Bestände A und C wurden unterschiedliche Pfade entwickelt. Im vorliegenden sehr vereinfachten Beispiel gibt es 8 mögliche Entwicklungen des Gesamtbetriebes: A1B1C1; A1B1C2; A1B2C1; A1B2C2; A2B1C1; A2B1C2; A2B2C1 und A2B2C2. Ist das gesamtbetriebliche Ziel der Abbau von Altholzvorräten, dann wird in den Beständen A und B jeweils die Variante 2 gewählt. Ist das Ziel dagegen ein möglichst hoher Holzvorrat, bzw. ein hoher Kohlenstoffspeicher, zum Zeitpunkt t_1 , dann wird in jedem Bestand die Variante 1 gewählt. Um das Mehrpfad-Konzept realisieren zu können, ist es notwendig, a) das Baumwachstum, b) mögliche Schadereignisse und c) eingriffsbedingte Änderungen der Bestände zu schätzen. Die Auswahl der optimalen Pfad-Kombination ist ein Problem der multikriteriellen Bewertung (Saaty, 1980; Haedrich et al., 1986; Lillich, 1992; Steinmeyer u. Gadow, 1994). In vielen großen Waldregionen ist

das Mehrpfadprinzip bereits anerkannter Standard der Forsteinrichtung, wenn auch teilweise noch in sehr rudimentärer Anwendung (Tab. 1-3).

Nach Popper (1966) werden der Natur die Gesetze nicht als notwendige Schöpfungen der menschlichen Erkenntnis, sondern als Ergebnisse „einer fast dichterischen Intuition“ in freiem Probierverhalten vorgeschlagen und der möglichen Widerlegung durch entgegengesetzte Beobachtungen ausgesetzt.

Poppers Vorstellung gründet sich auf die Theorie der Falsifikation und den Grundsatz der Lernbereitschaft und Offenheit für Widerlegungen. Im Stil von Wissenschaft sollten alle Befunde und Behauptungen unter dem Vorbehalt künftiger Korrekturen vorgetragen werden. Wahrheit bedeutet nicht mehr als das vorläufige Festhalten an Hypothesen, die so formuliert sind, dass man gegen sie vorgehen kann. Alle wissenschaftlichen Ergebnisse sind vorläufig; sie enthalten die Möglichkeit, dass man sich geirrt hat. In der Realität handeln auch die Naturwissenschaftler zuweilen wie Politiker, die ihre ideologischen Prämissen, die sie „Paradigmen“ nennen, verteidigen. Wissenschaftliche Thesen stellen also häufig keinen Fortschritt dar, sondern sind das Ergebnis von Machtkämpfen (Kaube, 2002). Ähnliche Erfahrungen bieten die verschiedensten waldbaulichen Lehrmeinungen, die ihre wechselhaften Spuren im Laufe eines Bestandeslebens hinterlassen (Kramer, 2000). Ein Einwand gegen die Gültigkeit einer bestimmten Vorstellung über das „ideale Waldbau-System“ besteht darin, dass sie sich nicht widerlegen lässt.

Eine für alle Disziplinen verständliche, offene und pragmatische Integrationsbasis für die nachhaltige Waldnutzung ist

das Mehrpfadprinzip. Mit der Abkehr von großflächig standardisierten Waldbauverfahren erschließen sich neue Chancen für eine wissenschaftlich begleitete Waldnutzung. Die größere Offenheit für vielfältige Formen der Nutzung birgt allerdings auch die Gefahr einer reduzierten Übersichtlichkeit. Die Auflösung der typenorientierten Standardprogramme bedingt eine erschwerte Kontrolle der Waldentwicklung. Daher müssen gleichzeitig auch effektivere Kontrollverfahren zur langfristigen Sicherung der Nachhaltigkeit entwickelt werden. Ein solcher Ansatz ist bekannt unter den Begriffen „Eingriffsinventur“, „Eingriffsanalyse“ (Gadow u. Stüber, 1994; Gadow u. Schmidt, 1998) bzw. „Waldereignisanalyse“ (Schumann, 2005).

Eine besondere Herausforderung für die Forsteinrichtung besteht darin, mögliche Wege zur Erreichung vorgegebener Ziele aufzuzeigen und gleichzeitig eine konstruktive Kontrollfunktion auszuüben. Für diese letztgenannte Aufgabe eignet sich die sog. *Eingriffsanalyse*. Ein Durchforstungseingriff verändert die Bestandesdichte, die Struktur und den Wert der Holzvorräte (Abb. 1-4). Durch die Veränderung der *Bestandesdichte* werden u. a. die Strahlung, die Temperaturverteilung und der flächenbezogene Wertzuwachs beeinflusst. *Strukturveränderungen* wirken sich auf die Artenvielfalt, das Baumwachstum, die Fauna und die Bodenflora aus. Eingriffsbedingte *Wertänderungen* bestimmen die mittel- und langfristigen Kapitalflüsse.

Durch einen Eingriff werden das Waldklima, die Nährstoffkreisläufe und die genetische Struktur der betroffenen Baumpopulation beeinflusst. Ein Eingriff bewirkt im Forstbetrieb zahlreiche Planungen im Zusammenhang mit der Feinerschließung,