

Management von Waldökosystemen mit WIS.2 – Was trägt WIS.2 zur betrieblichen Planung bei?

Publikation: Rosset, C., Schütz, J. P., Ammann, S., Stückelberger, Kunz, J., Brügger, J. 2009b. Management von Waldökosystemen mit WIS.2 – Was trägt WIS.2 zur betrieblichen Planung bei? In: Thees, O., Lemm, R. (Hrsg.). Management zukunftsfähige Waldnutzung. – Grundlagen, Methoden und Instrumente. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich. S. 387-414.

Abstract

Für die erfolgreiche Führung eines Forstbetriebes stellen die betriebliche Strategie und ihre Umsetzung in der waldbaulichen Planung zwei wesentliche Voraussetzungen dar. Die Massnahmen für die Lenkung der entsprechenden Waldentwicklung müssen sowohl die langfristigen Produktionszyklen berücksichtigen als auch einen hohen Grad an Flexibilität im Hinblick auf unvorhergesehene Ereignisse erlauben.

Dafür sind Informatikmittel sehr nützlich. Sie ermöglichen die Waldentwicklung räumlich und zeitlich zu erfassen und darzustellen. Durch die Verschneidung verschiedener Aspekte können neue Sichten erzeugt werden, die helfen, die Entwicklung eines Waldgebietes zielgerichtet zu steuern. Alle diese Eigenschaften werden von WIS.2 genutzt und in Form eines DSS (Decision Support System) umgesetzt.

Der Benutzer kann mit diesem System eine betriebliche Strategie für ein bestimmtes Waldgebiet bis auf Bestandesebene konkretisieren. Dabei kann er die Machbarkeit einer mittelfristigen Strategie überprüfen und ihre langfristigen Konsequenzen auf die Waldentwicklungen erfassen. Er kann verschiedene Varianten zur effizienten Steuerung dieser Waldentwicklung erarbeiten, vergleichend gegenüberstellen und sich für eine Variante entscheiden.

La stratégie d'entreprise et sa concrétisation au moyen de la planification sylvicole sont deux clés essentielles pour assurer le succès de la gestion d'une entreprise forestière. La planification sylvicole doit non seulement prendre en compte les très longs cycles de production mais également faire preuve d'une grande flexibilité en cas d'événements soudains et imprévus.

A cette fin, les outils informatiques sont très utiles. Ils permettent d'appréhender et de gérer les différentes échelles spatiales et temporelles de façon intégrée et de les combiner, aidant ainsi à guider le développement d'un périmètre forestier dans son ensemble et de façon ciblée. Toutes ces propriétés sont mises à profit dans WIS.2 sous forme d'un système d'aide à la décision (Decision Support System, DSS). Avec ce système, l'utilisateur peut concrétiser une stratégie d'entreprise pour un périmètre forestier donné jusqu'au niveau du peuplement. Il peut vérifier la faisabilité d'une stratégie à moyen terme et analyser ses conséquences à long terme. Il peut également élaborer différentes variantes pour une conduite efficace du développement de l'écosystème forestier et les comparer avant d'opter pour l'une d'entre elles.

1. Herausforderungen bei der Steuerung der Waldökosysteme

Die Einführung der Waldentwicklungspläne (WEP) als neues Instrument für den Forstdienst zur Sicherstellung einer nachhaltigen Waldentwicklung auf überbetrieblichen Ebene, sowie die prekäre wirtschaftliche Situation vieler Forstbetriebe geben den Anlass, die Rolle und Inhalte der Betriebspläne neu zu überdenken.

Bachmann et al. (2002) und Bachmann (2005) sehen den Betriebsplan primär als nützliches Instrument zur erfolgreichen Betriebsführung (siehe auch Ammann 2003). Dabei sind drei Ebenen zu unterscheiden: eine normative (Zweck des Forstbetriebs, Positionierung in der Gesellschaft), eine strategische (Betriebserfolg sicherstellen, Positionierung auf den Märkten) und eine operative (Umsetzung). Die betriebliche Strategie nimmt dabei eine zentrale Stellung ein. Die erste Herausforderung besteht darin, eine sinnvolle, für den Forstbetrieb nützliche Strategie zu formulieren; die zweite, die Strategie umzusetzen, bis sie in der Realität greift. Diesbezüglich ist die waldbauliche Planung stark gefordert.

Die waldbauliche Planung soll dafür sorgen, dass die Eingriffe auf Bestandesebene gesamthaft zu einer effizienten, der Strategie entsprechenden Nutzung und Gestaltung des forstbetriebseigenen Waldgebiets führen. Dabei steht die waldbauliche Planung im Spannungsfeld zwischen dem mittelfristigen Horizont der betrieblichen Strategie und den langen Produktionszeiträumen, bedingt durch das sehr langsame Baumwachstum. Sie muss aufzeigen, inwieweit die betriebliche Strategie mittelfristig realisiert werden kann und welche Konsequenzen längerfristig, insbesondere bezüglich der Nachhaltigkeit, zu erwarten sind. Die Handhabung der für die Bewirtschaftung bedeutenden räumlichen und zeitlichen Ebenen steht somit im Vordergrund (Multiskalarität). Es geht darum diese zu verbinden, zu vernetzen.

Die resultierenden waldbaulichen Pläne sollen so detailliert sein, dass die betriebliche Strategie umgesetzt werden kann. Dabei soll der Handlungsspielraum für die Organisation und die Durchführung der Eingriffe im Waldgefüge so wenig wie möglich eingeschränkt werden. Dieser Spielraum hilft dem Bewirtschafter, sich an die Marktfluktuationen anzupassen (Zeitpunkt der Durchführung) und während der Anzeichnung der spezifischen Situation eines jeden Bestandes gerecht zu werden, im Sinne eines liberalen und pragmatischen Waldbaus (siehe Schütz 1999, 2003b). Bei grösseren Veränderungen (beispielsweise grossflächigen Sturmereignissen oder Strategiewechsels mit neuen Produkten) müssen die Pläne innert nützlicher Frist angepasst werden können (siehe Gautschi 2003).

Aus dieser Betrachtung bietet die Informatik sehr nützliche Hilfsmittel, sei es nur für die Handhabung der verschiedenen räumlichen und zeitlichen Ebenen. Durch die regelmässige und zeitnahe Nachführung des aktuellen Zustandes eines Waldgebiets gelingt es, die Waldentwicklung fortlaufend an den formulierten Zielsetzungen zu messen und gegebenenfalls Korrekturmassnahmen einzuleiten.

Für die Handhabung des der waldbaulichen Planung zugrundeliegenden Entscheidungsprozesses, der sich über mehrere räumliche und zeitliche Ebenen erstreckt und mit Unsicherheiten verbunden ist, ist das Konzept des Entscheidungsunterstützungssystems (decision support systems - DSS) von Nutzen. Ein DSS dient dazu, durch eine geeignete Benutzeroberfläche komplexe Entscheidungsprozesse zu strukturieren sowie Informationen und Wissen für die Entscheidungsfindung zur Verfügung zu stellen. Dabei werden Fakten

(Daten) und Wissen (Modelle, Methoden) über ein bestimmtes Waldgebiet zusammengestellt, organisiert und dem Benutzer zum geeigneten Zeitpunkt im Entscheidungsprozess zugänglich gemacht. Der Benutzer kann somit Schritt für Schritt die Komplexität des Managements der Waldökosysteme bewältigen, seinen Handlungsspielraum ausloten, Varianten bilden und deren Konsequenzen erfassen und schliesslich seine Entscheide treffen. Für Alter (2003) ist ein pragmatischer Ansatz ausschlaggebend bei der Entwicklung solcher Systeme: "Decision support is not about tools per se, but rather, about making better decisions within work systems in organizations".

Aus dieser Perspektive wurde das Informations- und Entscheidungsunterstützungssystem WIS.2¹ entwickelt. Dieses macht sich die grossen Vorteile der Informatik zu Nutze, mit dem Ziel, die betriebliche Strategie mit den geplanten Eingriffen auf Bestandesebene dynamisch zu verbinden und dabei der Multiskalarität gerecht zu werden. Dabei wird der operationelle Handlungsspielraum möglichst wenig eingeschränkt. WIS.2 unterstützt

- die Bildung und das Durchspielen verschiedener waldbaulicher Bewirtschaftungsvarianten,
- die systematische Dokumentation der getroffenen Entscheide in Form von Berichten, die den Waldbauplan ausmachen,
- eine flexible Anpassung der Pläne an Veränderungen,
- die regelmässige Überprüfung der Waldentwicklung hinsichtlich der Realisierung der betrieblichen Strategie.

WIS.2 kann somit als eine Art Cockpit mit integriertem Navigationssystem zur Überwachung und Lenkung von Waldökosystemen verstanden werden. WIS.2 ist das Resultat einer Doktorarbeit an der ehemaligen Professur Waldbau der Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich (Rosset 2005a) und wurde für die Praxis beim Ingenieurbüro Philipona & Brügger an Hand dreier Testbetriebe weiterentwickelt.

2. WIS.2: von der Grundidee zum Prototyp

2.1 Grundkonzept: Abgrenzung und Vorgehen

Abb. 2-1 veranschaulicht das dem WIS.2 zugrundeliegende Vorgehen zur Umsetzung der betrieblichen Strategie aus waldbaulicher Sicht.

In einem ersten Schritt wird bestimmt, welcher Zustand des gesamten Waldgebiets anzustreben ist, damit die in der betrieblichen Strategie definierten Produkte² auf die Dauer bereitgestellt werden können. Dabei geht es darum, Grundsatzentscheide zu treffen, zum Beispiel die Betriebsform/-art und die langfristig anzustrebende Baumartenzusammensetzung für den ausgewählten Perimeter. Hier handelt es sich um Entscheidungen, die wegen des langsamen Baumwachstums viel Zeit brauchen, um verwirklicht zu werden. Deswegen wird

¹ Aufbauend auf das an der Professur Waldbau der ETHZ Anfangs der 90er entwickelte WIS (damals Waldbauliches Informationssystem; siehe Good und Pistor 1992).

² Eine Waldfunktion wird als Ressource verstanden, die in einem bestimmten Waldgebiet ein bestimmtes Bedürfnis abdeckt, sei es auf der überbetrieblichen Ebene (öffentliche Interessen) oder auf Forstbetriebsebene (private Interessen). Ein Waldprodukt ist ein Ergebnis aus der Waldbewirtschaftung. Der ökonomische Aspekt steht im Vordergrund.

auch von der waldbaulichen Strategie gesprochen. Von der waldbaulichen Strategie müssen sich die Bestandesziele ableiten lassen beziehungsweise Bestandesmerkmale definiert werden, die sich konkret beeinflussen lassen (Baumartenzusammensetzung, Baumdimension, Schlussart, ...).

Der zweite Schritt dient dazu, ein waldbauliches Produktionskonzept zu erarbeiten, das beschreibt, wie die Walddynamik grundsätzlich beeinflusst werden soll, damit der Zielzustand möglichst effizient erreicht wird. In diesem Konzept steckt das formalisierte Know-how des Betriebs für eine effiziente Steuerung der Walddynamik. Aus dem Produktionskonzept sollen die Art, die Intensität und der Zeitpunkt der Eingriffe auf Bestandesebene abgeleitet werden können.

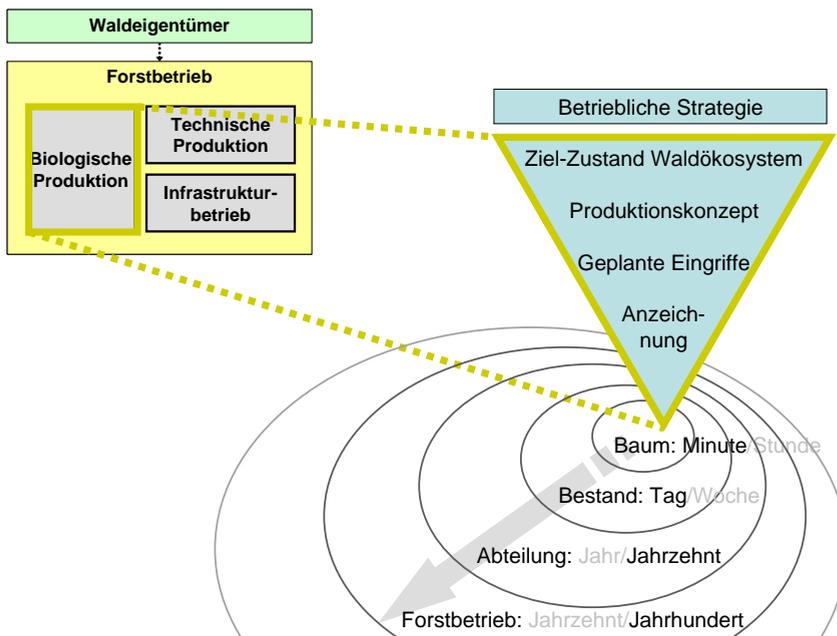


Abbildung 2-1: Waldbauliche Planung im WIS.2: Einordnung im Forstbetrieb und Vorgehensprinzip

Aus der waldbaulichen Strategie und dem Produktionskonzept soll der Handlungsrahmen für den gesamten Perimeter (vor allem Hiebsatz und Ausmass der Walderneuerung) und die kurz- bis mittelfristigen Handlungsdringlichkeiten und -prioritäten auf Bestandesebene abgeleitet werden können (Massnahmenkarte). Diese Verlinkung verbindet die strategische und die operative Ebene dynamisch miteinander. Die Pläne können somit flexibel an Veränderungen angepasst werden, zum Beispiel nach einem Sturmereignis. Es ist auch möglich festzustellen, wie die durchgeführten Eingriffe zur Realisierung der Strategie beitragen.

Abb. 2-2 veranschaulicht diese Vorgehensweise und stellt das dem WIS.2 zugrundeliegenden Managementsystem dar.

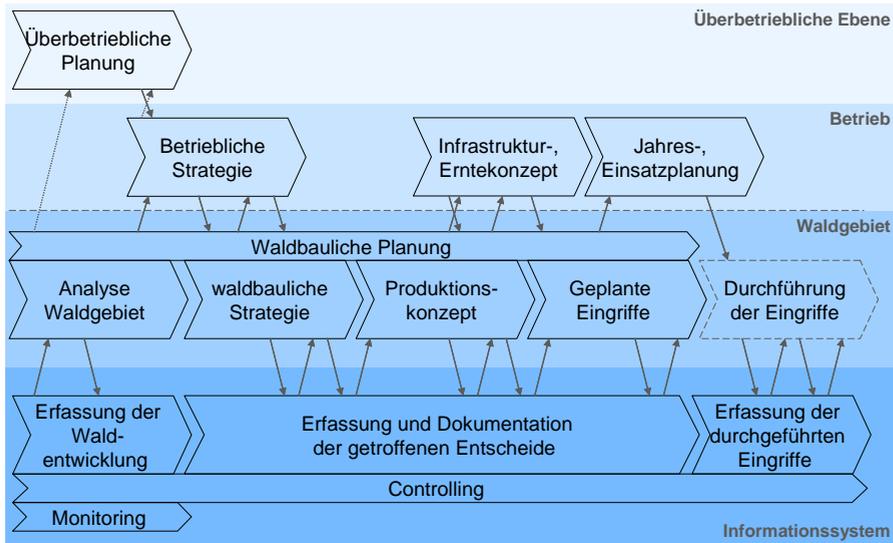


Abbildung 2-2: Hauptprozesse des Managementsystems eines Waldgebiets mit deren Hauptschnittstellen

2.2 Methodik: Strukturierung der Komplexität

Die Modellierung des Systems basiert auf der Methodik von Schönleben (2001) und Specker (2001). Sie dient der Entwicklung von integralen Informationssystemen zur Unterstützung der wertschöpfenden Prozesse einer Unternehmung. Ausgehend von diesen für den Betriebserfolg wichtigen Prozessen werden in mehreren Etappen die zu deren Unterstützung notwendigen Funktionen und Objekte organisiert und strukturiert sowie die Aufgaben definiert, die für ihre Umsetzung nötig sind. Diese Aufgaben können dann organisatorischen Einheiten der Unternehmung zugewiesen werden, die über die notwendigen Kompetenzen und Ressourcen verfügen.

Diese Methodik wurde für WIS.2 angepasst. Der komplexe Entscheidungsprozess in der Waldbewirtschaftung stand dabei im Mittelpunkt. Diese Komplexität wurde in Aufgaben und Unteraufgaben mit klaren Schnittstellen unterteilt, die jeweils für die Lösung eines klar abgegrenzten Bewirtschaftungsproblems bestimmt sind und wofür die nötigen Informationen und Testmöglichkeiten zu deren Lösung definiert worden sind (siehe Rosset 2005b für eine Übersicht und Rosset 2005a für die Details).

2.3 Prototyp: modularer Aufbau und Benutzerfreundlichkeit

WIS.2 wurde mit ArcGIS View (ESRI) und Access (Microsoft) entwickelt. Die Beschränkung auf ArcGIS View wurde bewusst gewählt, um die Kosten für den Forstbetrieb möglichst tief zu halten. Die relationale Datenbank Access ist eine sinnvolle Ergänzung bezüglich des Umgangs mit Sachdaten. Es ist zudem verhältnismässig einfach, einen Prototyp in Access mit ArcGIS-Funktionalitäten zu entwickeln und dabei eine Benutzeroberfläche zu gestalten, die nur die für eine Aufgabe notwendigen Funktionalitäten zur Verfügung stellt. Die

Benutzeroberfläche soll möglichst einfach sein, damit sich der Benutzer schnell orientieren kann.

Das System ist modular aufgebaut und besteht aus mehreren Anwendungen, die jeweils eine Hauptaufgabe der Waldbewirtschaftung abdecken (siehe Abb. 2-3, sowie Rosset 2005b). Diese Anwendungen befinden sich im Bereich der Datenaktualisierung, der Analyse eines Waldgebiets (Ist-Zustand, Ressourcenverfügbarkeit) und der Planung (waldbauliche Strategie, Verjüngungs- und Pflegeplanung). Jede einzelne Anwendung ist analog zum Entscheidungsprozess in mehrere Benutzeroberflächen gegliedert. Der Benutzer kann sich innerhalb der Benutzeroberflächen frei bewegen. Die für die Entscheidungsfindung wertvollen Informationen, sowie die Möglichkeit, verschiedene Varianten zu testen, werden zur Verfügung gestellt.

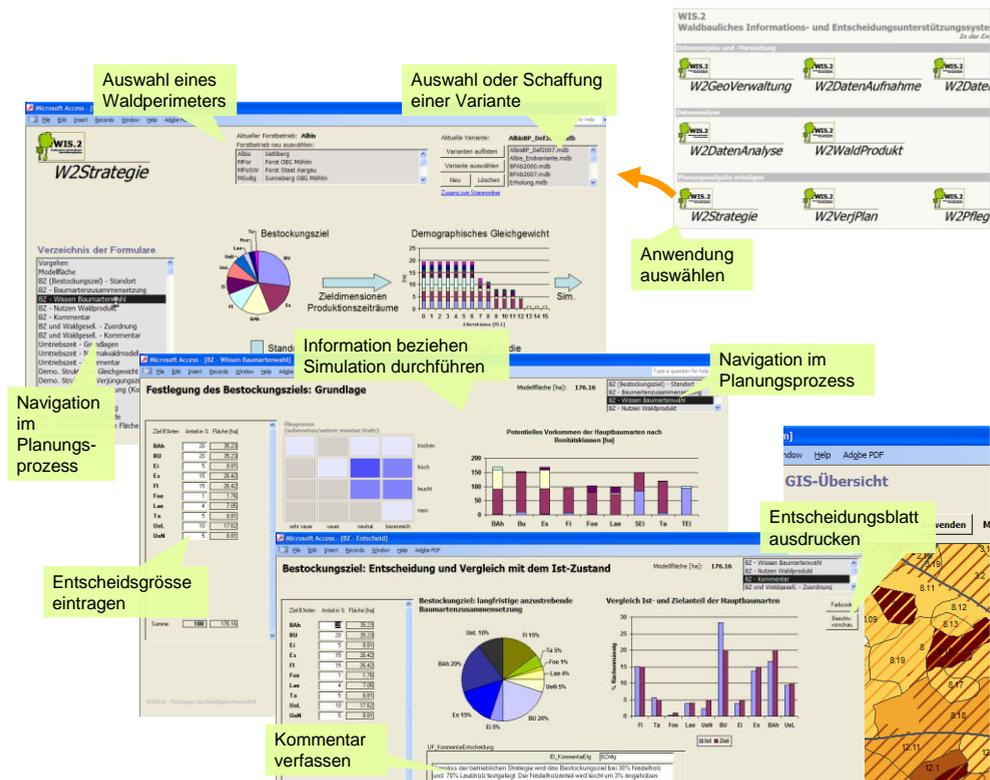


Abbildung 2-3: Einblick in die Benutzeroberfläche von WIS.2

Die Benutzeroberfläche des WIS.2 ist so konzipiert, dass der Benutzer keine speziellen Informatikkenntnisse braucht. Die Bedienung des WIS.2 über Schaltflächen, Listenauswahl und Eingabefelder ist einfach.

Die Daten werden getrennt von den Anwendungen gespeichert. So können verschiedene Waldgebiete bearbeitet werden und das für ein Waldgebiet erarbeitete Know-how kann leicht übertragen werden. Für die Benutzung von WIS.2 werden Daten über Bestände und Waldgesellschaften benötigt. Angaben über das Relief (Hangneigung, Exposition) und die

Erschliessung sind von Vorteil. Diese Daten sind je nach Kanton flächig verfügbar. Bezüglich Bestandesdaten kann WIS.2 auch bereits mit Daten aus der Luftbildinterpretation (Entwicklungsstufe, Nadelholzanteil, Schlussart) betrieben werden. Für aussagekräftige Entscheidungsgrundlagen sind aber weitere Angaben von Vorteil: der Oberdurchmesser (Eingriff zum richtigen Zeitpunkt), die Mischung (Holzangebot, spezielle Sortimenten, seltene Baumarten), das Alter (demographische Entwicklung), die vertikale Gliederung (Lebensraum für Fauna und Flora, Erholungsraum, Schutz gegen Naturgefahren). Diese Daten müssen aber nicht gemessen werden. Eine Schätzung reicht aus, zum Teil mit Hilfe von punktuellen Messungen an einzelnen Bäumen.

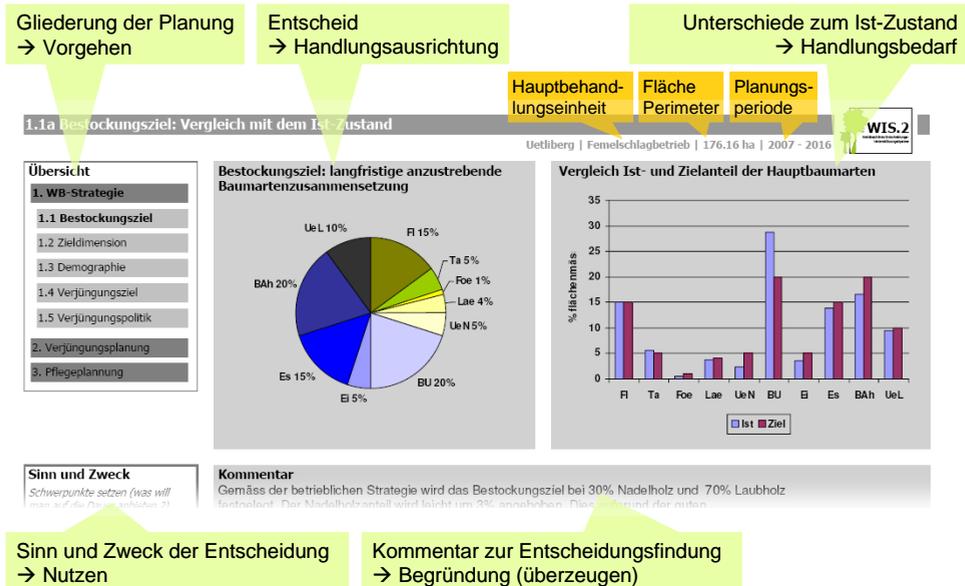
Der Prototyp wurde sukzessive während der Doktorarbeit entwickelt und gleich im Unterricht an der ETH Zürich in mehrtägigen Fallstudien eingesetzt, danach auch an der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft (SHL). Aufgrund des konkreten Einsatzes durch die Studenten liess sich der Prototyp ständig verbessern. WIS.2 wird zurzeit in der Schweiz in drei Testbetrieben an die Praxisbedürfnisse angepasst.

3. Überwachung und Lenkung der nachhaltigen Entwicklung im Wald mit WIS.2

Die Ergebnisse aus dem Planungsprozess werden in sogenannten Entscheidungsblättern zusammengestellt und dokumentiert. Die Umsetzung der betrieblichen Strategie wird anhand dieser Outputs dargestellt.

3.1 Entscheidungsblätter zur Steuerung der Waldentwicklung

Die Entscheidungsblätter bilden den waldbaulichen Plan und stellen konkrete Wegleitungen zur Umsetzung der betrieblichen Strategie auf Bestandesebene dar. Sie wurden so konzipiert, dass sie eine vereinfachte Berichterstattung eines Waldbauplans ermöglichen. Sie weisen ein einheitliches Layout auf, damit sich der Leser schnell zurechtfinden kann. Ein Beispiel dafür liefert die Abb. 3-1.



Abkürzung der Baumarten:

FI: Fichte, Ta: Tanne, Foe: Föhre, Lae: Lärche, UeN: übriges Nadelholz
Bu: Buche, Ei: Eiche, Es: Esche, BAh: Bergahorn, UeL: übriges Laubholz

Abbildung 3-1: Entscheidungsblatt am Beispiel der langfristigen anzustrebenden Baumartenzusammensetzung für einen Waldperimeter

Auf jedem Entscheidungsblatt sieht der Leser, wo er sich im Planungsprozess befindet (*Übersicht*) und wozu der Planungsschritt dient (*Sinn und Zweck*). In einem Feld kann er die vom Entscheidungsträger verfassten Kommentare lesen (Begründung des Entscheids, Verweis auf bedeutende Konsequenzen, Hinweise zur Umsetzung, ...). Die Entscheidungsblätter in Form von Graphiken, Tabellen und Karten

- visualisieren die getroffene und in WIS.2 eingetragene Entscheide,
- stellen diese Entscheide dem aktuellen Zustand gegenüber (Handlungsbedarf?),
- zeigen mittel- bis langfristige Trends auf (wie schnell und mit welchen Konsequenzen werden die getroffenen Entscheide realisiert?)
- zeigen die Entwicklung der letzten Jahre/Jahrzehnte auf (bisherige Praxis? sind Kurswechsel mittelfristig, Korrekturmaassnahmen kurzfristig notwendig?),
- zeigen in Form von Plänen den Handlungsbedarf räumlich auf (wo wann wofür eingreifen?).

Ergänzend zur Abb. 3-1 fasst Abb. 3-2 drei Ausschnitte aus anderen Entscheidungsblättern zur Darstellung dieser Aspekte zusammen. Diese dienen, in Anlehnung an das Cockpit, zur Überwachung und Steuerung der Entwicklung eines Waldgebiets im Hinblick auf die in Abb. 3-1 dargestellte, langfristige anzustrebende Baumartenzusammensetzung.

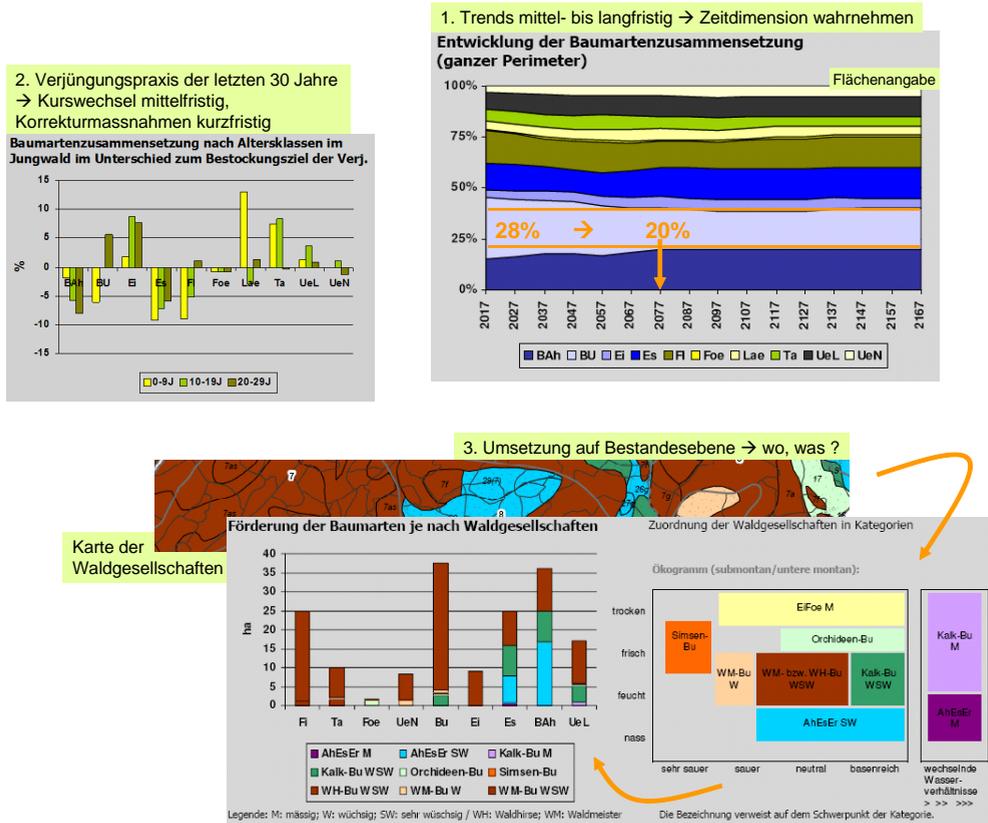


Abbildung 3-2: Cockpit zur Umsetzung des Bestockungsziels

Mit der Gegenüberstellung von Bestockungsziel und Ist-Zustand wird in Abb. 3-1 der Handlungsbedarf klar: starke Abnahme des Buchenanteils (fast ein Drittel) zugunsten der Edellaubbäume und der übrigen Nadelhölzer (Beispiel: Douglasie), dafür keine Veränderung bei Fichte und Tanne.

In der ersten Graphik der Abb. 3-2 geht es darum, die mittel- bis langfristigen Trends bezüglich der Entwicklung der Baumartenzusammensetzung im Waldgebiet darzustellen und dabei dem langsamen Baumwachstum Rechnung zu tragen. Eine Abnahme des Buchenanteils von heute 28% auf die angepeilten 20% braucht im Rahmen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung immerhin etwa 70 Jahre (siehe nächstes Kapitel). Auch wenn die Unterschiede zum Ist-Zustand nicht so gross sind, dauert die Umsetzung trotzdem mehrere Jahrzehnte. Mit dieser Darstellung wird ersichtlich, dass ein Kurswechsel sehr viel Zeit in Anspruch nimmt.

Punkt 2 der Abb. 3-2 zeigt die Verjüngungspraxis bezüglich der Baumartenförderung der letzten drei Jahrzehnte und stellt diese dem Bestockungsziel der Verjüngung gegenüber. Die gewünschte starke Reduktion des Buchenanteils auf 20% wurde im Mittel in den letzten 30 Jahren schon umgesetzt. Hingegen wurde deutlich zu wenig Fichte gefördert, dafür zu viel Tanne und Lärche. Mit diesen Angaben kann die Verjüngungspraxis in der Zukunft konkret angepasst und entsprechend ein neuer Kurs eingeschlagen werden.

Punkt 3 der Abb. 3-2 zeigt, wie das Bestockungsziel bezüglich den im Waldgebiet vorhandenen Waldgesellschaften zu realisieren ist. Der Betriebsleiter hat sich zum Beispiel in diesem Fall entschieden, auf sehr gut wüchsigen Kalkbuchenstandorten („Kalk-Bu WSW“ in der Abb. 3-2) Edellaubbäume zu Lasten der Buche zu fördern. In Ergänzung zur Karte der Waldgesellschaften lassen sich die zu fördernden Baumarten auf einer ausgewählten Fläche bestimmen, so beispielsweise bei der Einleitung der Verjüngung. Dabei können die Schlussfolgerungen aus Punkt 2 gleich mitberücksichtigt werden.

All diese Outputs werden nach jeder Aktualisierung der Bestandeskarte im WIS.2 automatisch angepasst. So kann eine fortlaufende Überwachung der Entwicklung des Waldgebiets bezüglich Planvorgaben durchgeführt und gegebenenfalls rechtzeitig korrigierend eingegriffen werden.

3.2 Ganzheitlich denken, lokal handeln: die Umsetzung der betrieblichen Strategie

Abb. 3-3 gibt einen Überblick über den Entscheidungsprozess, der zur Umsetzung der betrieblichen Strategie im Femelschlagbetrieb dem WIS.2 zugrunde liegt (charakterisiert mit dem Prinzip der freien Hiebsführung im schlagweisen Hochwald; siehe Schütz 1997, 2003a³). Eine Auswahl aus den im Kap. 3.1 eingeführten Entscheidungsblättern (siehe Abb. 3-1) veranschaulicht diese Umsetzung.

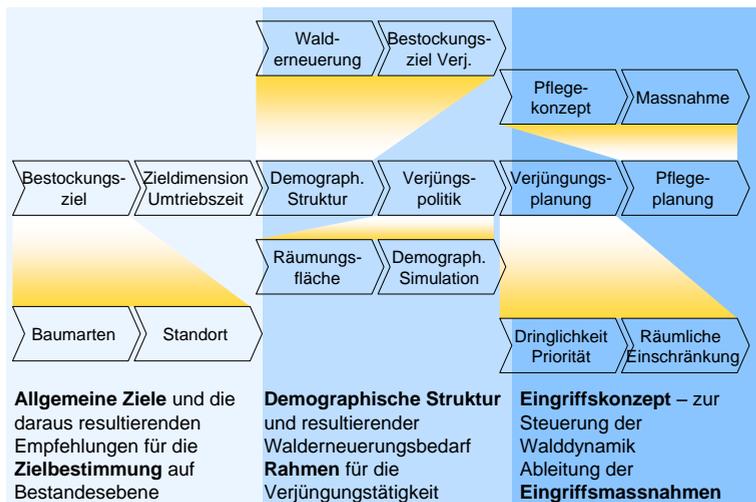


Abbildung 3-3: Übersicht über den Entscheidungsprozess der waldbaulichen Planung zur Umsetzung der betrieblichen Strategie (Prozesssicht)

³ Schütz (2003b): „Im modernen polyvalenten Waldbau sind die Waldbauziele (z.B. Form der Funktionserfüllung, Baumartenwahl) der Verjüngungstechnik hierarchisch übergeordnet. Die Verjüngungstechnik ist nur ein Instrument. So werden z. B. im so genannten schweizerischen Femelschlagbetrieb alle Hiebsarten nebeneinander angewendet. Diese Befreiung von schematischem Vorgehen wurde von Leibundgut (1949) als Prinzip der **freien Hiebsführung** bezeichnet.“

3.2.1 Baumartenzusammensetzung, Zieldimension der Bäume, demographisches Gleichgewicht

Aus dem Bestockungsziel (siehe Abb. 3-1), den Zieldimensionen und den entsprechenden Produktionszeiträumen (Umtriebszeit) kann mittels des Normalwaldmodells eine Gleichgewichtsvorstellung bezüglich der anzustrebenden demographischen Struktur (Altersstruktur) des Waldgebiets abgeleitet werden. Dadurch können Defizite oder Überhänge (beispielsweise Überalterung) der aktuellen Altersstruktur hervorgehoben werden, die für die Bewirtschaftung wesentliche Erkenntnisse liefern, nicht nur im Hinblick auf die zukünftige Behandlung, sondern auch über die Vergangenheit. In Abb. 3-4 wird beispielsweise ersichtlich, dass ein bedeutender Anteil des Perimeters überaltert ist (siehe Graphik rechts). Ein Abbau dieser Überalterung ist dem Defizit in der Altersklasse zwischen 60 und 90 Jahren gegenüberzustellen. Wenn jetzt zu viel geerntet wird, gibt es mittelfristig weniger Bestände mit den gewünschten Dimensionen. Ein Grund für diese Überalterung ist offensichtlich der zu kleine Anteil des Jungwaldes (Altersklasse 1 bis 3). Es wurde in den letzten Jahrzehnten zu wenig verjüngt (die Spitze in der Altersklasse 4 ist das Resultat eines Sturmereignisses).

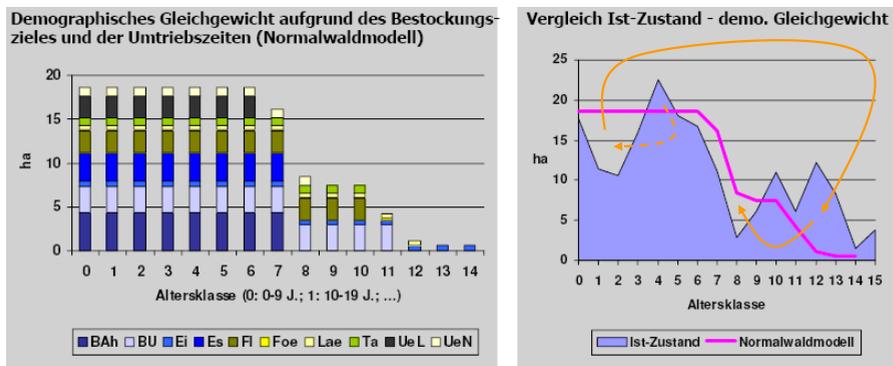


Abbildung 3-4: Gleichgewichtsvorstellung für die Altersstruktur eines Waldgebiets und Gegenüberstellung zum Ist-Zustand

Abb. 3-4 zeigt die Modellvorstellung aufgrund des Bestockungsziels und der Umtriebszeiten (Graphik links). Sie wurde mit der Formel (1) berechnet. F steht für die Fläche des Perimeters, A für den Anteil einer Baumart *i* im Bestockungsziel und U für deren Umtriebszeit, *j* für eine Altersklasse. Die Zeiteinheit einer Periode P beträgt 10 Jahre.

$$F_{Perimeter} = \sum_i \sum_{j=0}^{n-1} \frac{A_i}{n_i} F_{Perimeter} ; \text{ wobei } n(i) = U(i)/P \tag{1}$$

Ein weiterer nützlicher Aspekt des Normalwaldmodells besteht darin, eine Richtgröße für die nachhaltige Erneuerung der demographischen Struktur ableiten zu können. Die nachhaltige Verjüngungsfläche (NVF) entspricht der ersten Altersklasse der Modellvorstellung (*j*=1 in der Formel 1). Mit ihrer konsequenten Realisierung wird am schnellsten ein dauerhaftes Gleichgewicht erreicht.

Die NVF ist nicht nur nützlich um das Ausmass der zu verjüngenden Flächen pro Zeitperiode in einem bestimmten Perimeter zu definieren; sie gibt auch Auskunft über die auf dieser Fläche gesamthaft anzustrebende Baumartenzusammensetzung, damit auf die Dauer das allgemeine Bestockungsziel realisiert wird. Die Baumartenzusammensetzung der NVF entspricht dem Bestockungsziel der Verjüngung. Aufgrund der unterschiedlichen Umtriebszeiten ist der Anteil der Baumarten in der Verjüngung anders als am allgemeinen Bestockungsziel. Zum Beispiel: damit langfristig der Buchenanteil im ganzen Perimeter die gewünschten 20% beträgt (siehe Abb. 3-1), soll lediglich 16% in der Verjüngung auf diese Baumart gesetzt werden (siehe Abb. 3-5). Damit wird der verhältnismässig langen Umtriebszeit der Buche Rechnung getragen.

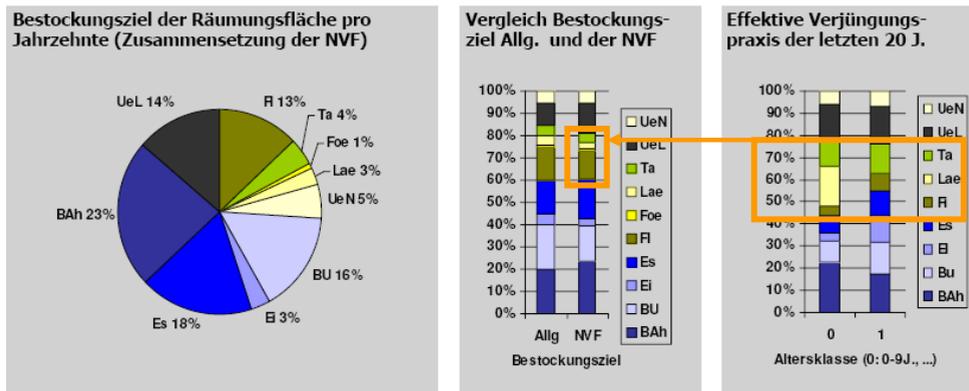


Abbildung 3-5: Bestockungsziel der Verjüngung und Verjüngungspraxis der letzten zwei Jahrzehnte im Vergleich

Abb. 3-5 veranschaulicht die Verjüngungspraxis der letzten 20 Jahre (ergänzend zur Abb. 3-2). Aus dieser Betrachtung wird ersichtlich, dass die Fichte in Zukunft deutlich stärker, die übrigen Nadelhölzer tendenziell schwächer gefördert werden sollen.

Abb. 3-6 schliesslich dient dazu, das Bestockungsziel der Verjüngung aufgrund der vorhandenen Waldgesellschaften konkret umzusetzen. Sie zeigt, je nach Standort, welche Baumarten in welchen Verhältnissen in der Verjüngung zu fördern sind und stellt somit eine wichtige Grundlage für die Bestimmung des Bestockungsziels auf Bestandesebene dar. Damit ist die Umsetzung der Strategie hinsichtlich der Baumarten bis auf Bestandesebene gewährleistet.

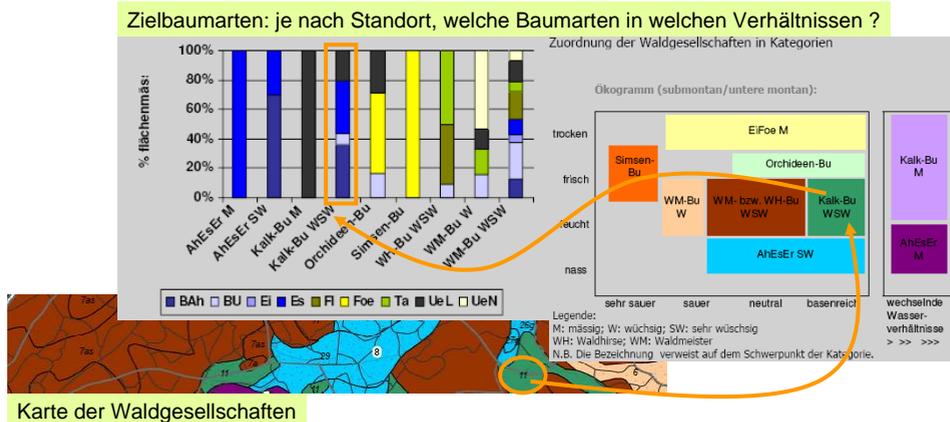


Abbildung 3-6: Konkretisierung des Bestockungsziels auf Bestandesebene

Grundlage für Abb. 3-6 ist die Aufteilung der Flächenanteile der Baumarten im allgemeinen Bestockungsziel auf die vorhandenen Waldgesellschaften (siehe Abb. 3-2, 3. Graphik). Zweck dieses Planungsschritts ist, zu überprüfen, ob das Bestockungsziel hinsichtlich der standörtlichen Verhältnisse realistisch ist. Es geht auch darum, eine klare Vorstellung zu erhalten, unter welchen standörtlichen Bedingungen welche Baumart gefördert werden soll, um eine möglichst befriedigende Ausnutzung der Standortsproduktivität im betrachteten Waldgebiet zu erreichen.

Für die Darstellung der Abbildungen in diesen Unterkapiteln braucht es vom Benutzer her lediglich das allgemeine Bestockungsziel, die Zuteilung der gewünschten Baumarten nach Waldgesellschaften und die Umtriebszeiten. Die Resultate werden automatisch durch WIS.2 generiert.

3.2.2 Verjüngungspolitik und mittel-/langfristigen Trends

Die konsequente Realisierung der nachhaltigen Verjüngungsfläche (NVF) ermöglicht am schnellsten und dauerhaftesten ein gewisses demographisches Gleichgewicht zu erreichen. Das ist meistens eine langfristige Zielvorstellung. Aufgrund einer gegebenen Altersklassenverteilung kann es Sinn machen, sich nicht streng an diese Richtgröße zu halten, sondern mittelfristig gewisse Kompromisse einzugehen mit dem Ziel, das Ertragsvermögen der Bestände besser auszunutzen, beispielsweise um eine mögliche Überalterungsproblematik schneller zu entschärfen. Die Verjüngungspolitik (VP) verkörpert diesen Kompromiss. Sie entspricht der für die drei nächsten Jahrzehnte jeweils geplanten Gesamtträumungsfläche. Sie legt somit fest, wie die Altersstruktur während dieser Zeit erneuert werden soll. Da die VP die demographische Struktur stark prägt, ist es umso wichtiger, die Konsequenzen dieser Handlung mittel- bis langfristig zu erkennen.

Abb. 3-7 veranschaulicht eine ausgewählte Verjüngungspolitik und stellt sie einerseits der NVF (Graphik links) und andererseits der bisherigen Verjüngungspraxis (Graphik in der Mitte), gegenüber. In diesem Fall entspricht die Verjüngungspolitik der NVF, obwohl in den letzten 10 bis 30 Jahren eigentlich zu wenig genutzt wurde. Die Graphik rechts veranschaulicht die Entwicklung über mehrere Jahrzehnte bezüglich des Überalterungsgrads der geräumten

Bestände (Alter – Umtriebszeit). Hier geht es vor allem darum, Trends zu erkennen. Die im vorherigen Unterkapitel besprochene Überalterung wird mit dieser Verjüngungspolitik in etwa 30 Jahren gelöst.

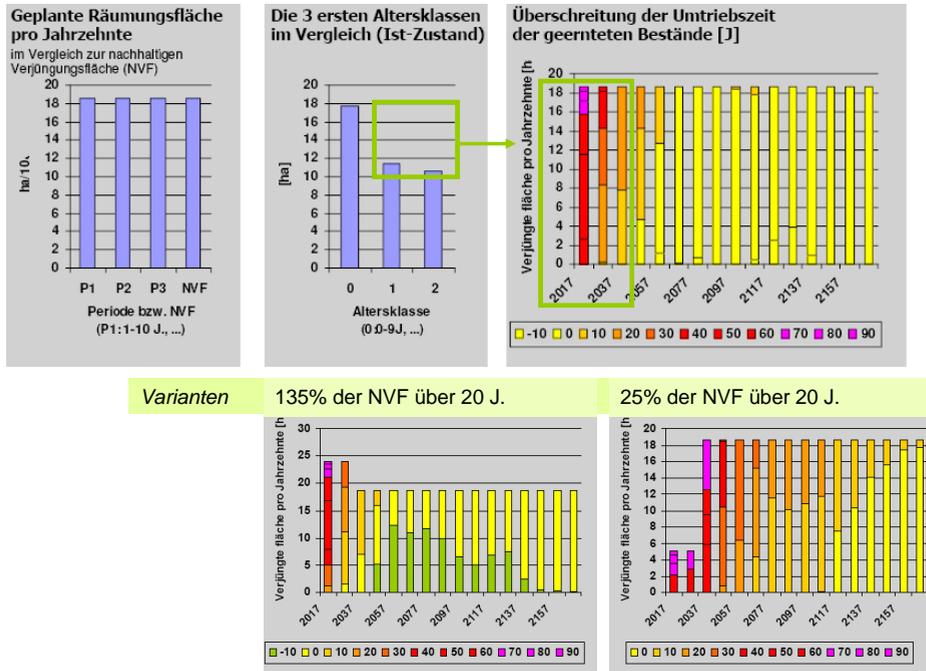


Abbildung 3-7: Verjüngungspolitik und Trends bzgl. Ausnutzen des Ertragsvermögens der Bestände

Abb. 3-7 zeigt zwei weitere Varianten zum Ausloten des Spielraums bezüglich der Festlegung der VP. Die erste Variante entspricht einer VP, die 35% über die NVF liegt. Dadurch wird das Überalterungsproblem schneller entschärft (in etwa 20 Jahren), allerdings muss dann während einer längeren Zeitperiode mit Erntebeständen gerechnet werden, die tendenziell zu früh genutzt werden. Dies ist auf das in Abb. 3-4 ersichtliche Defizit in der Altersklasse zwischen 60 und 90 Jahren zurückzuführen. Die zweite Variante entspricht einer VP deutlich unterhalb der NVF. Sie führt eindeutig zu einer starken Verschärfung der Überalterungsproblematik, sogar über mehrere Jahrzehnte. Aus dieser Betrachtung wird ersichtlich, wie nützlich das Erreichen eines gewissen demographischen Gleichgewichts ist, denn je näher beim Gleichgewicht, umso grösser ist die Flexibilität bei der Verjüngungspolitik.

Diese Ergebnisse basieren auf einer einfachen Simulation. Am Ende jeder 10-jährigen Periode werden die Altersklassen um 10 Jahre verschoben; danach wird die geplante Gesamt-räumungsfläche realisiert (Reduktion der Fläche der Altersklassen mit der grössten Überalterung). Anschliessend wird die erste Altersklasse, also die neue Baumgeneration, geschaffen. Die Ausdehnung dieser neuen Altersklasse entspricht derjenigen der geplanten Gesamt-räumungsfläche, die Baumartenzusammensetzung derjenigen des Bestockungsziels der Verjüngung (siehe Abb. 3-5). Während der ersten drei Perioden entspricht die Räumungsfläche den Vorgaben der VP, danach der NVF. Dieses Vorgehen ist zwar einfach, reicht aber aus, um

mittel- bis langfristige Trends zu erkennen. Die Resultate sind einfach zu interpretieren. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Grundeinheit der Simulation ist nicht der Bestand, sondern dessen Aufteilung in Teilflächen gemäss der Baumartenzusammensetzung (eine Teilfläche entspricht einer Baumart und ihre Ausdehnung entspricht dem Anteil der Baumart an der gesamten Bestandesfläche). Es kann somit durchaus sein, dass ein Bestand in verschiedenen Etappen verjüngt wird.
- Die Verjüngungsabfolge wird nicht berücksichtigt, das Modell kümmert sich also nicht um die sinnvolle Erweiterung der Verjüngung (keine räumliche Ordnung).
- Das Modell überprüft nicht, ob die Realisierung der Baumartenzusammensetzung der neuen Altersklasse überhaupt möglich ist (Waldgesellschaften auf die Verjüngungsflächen, Samenbäume in der Umgebung, ...)
- Die Entwicklung der Verjüngung unter Schirm wird nicht berücksichtigt; es wird angenommen, dass die Verjüngung 0 Jahre alt ist, wenn der Altbestand geräumt wird. Eine Überlappung der Generation kann zur Verkürzung der Produktionszeiträume und somit zur Vergrößerung der NVF führen. Dies ist allerdings erst bei langen Überlappungsperioden von Bedeutung (siehe Rosset, 2005a).

Abb. 3-8 veranschaulicht die Ergebnisse der Simulation hinsichtlich der Entwicklung der demographischen Struktur. Darin wird ersichtlich, wie schnell die demographischen Ziele erreicht werden. Die demographische Struktur wird jeweils am Ende einer Periode mit derjenigen des Normalwaldmodells verglichen und deren absolute Flächenunterschiede aufsummiert. Das Total steht im Verhältnis zur Fläche des Perimeters. Dabei werden die einzelnen Altersklassen (*Altersstruktur*), die Baumartenzusammensetzung innerhalb der einzelnen Altersklassen (*Altersstruktur nach Baumarten*) und die Baumartenzusammensetzung insgesamt (*Bestockungsziel*) verglichen. Bei Null sind die Ziele vollumfänglich erreicht.

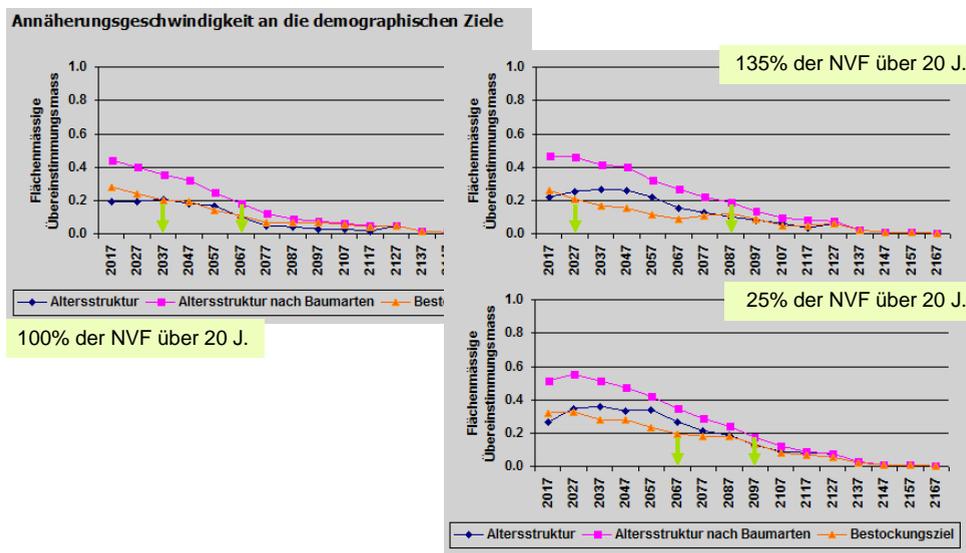


Abbildung 3-8: Entwicklungstrends der demographischen Struktur

Der demographische Gleichgewichtsindex (DGW) wird mit den Formeln (2) für die Alterstruktur differenziert nach Baumarten, für die Baumartenzusammensetzung (3) und für die Altersstruktur undifferenziert nach Baumarten (4) berechnet. F steht für eine Fläche, i für eine Baumart, j einer Altersklasse (Klassenbreite: 10 Jahre), IST für den Ist-Zustand, $SOLL$ für den Soll-Zustand gemäss dem Normalwaldmodell.

$$DGW_{\text{Altersklasse, Baumart}} = \frac{\sum_{ij} |F_{ij, SOLL} - F_{ij, IST}|}{F_{\text{Perimeter}}} \quad (2)$$

$$DGW_{\text{Baumart}} = \frac{\sum_i |F_{i, SOLL} - F_{i, IST}|}{F_{\text{Perimeter}}} \quad (3)$$

$$DGW_{\text{Altersklasse}} = \frac{\sum_j |F_{j, SOLL} - F_{j, IST}|}{F_{\text{Perimeter}}} \quad (4)$$

Mit der zweiten Variante (VP=135% der NVF) wird das Bestockungsziel am schnellsten grob (siehe grüne Pfeile in der Abb. 3.8) erreicht (da grösste Walderneuerung), dafür wird das demographische Gleichgewicht später erreicht. Mit der dritten Variante werden das Bestockungsziel und das demographische Gleichgewicht von allen Varianten am spätesten erreicht. Das Bestockungsziel wird mit der ersten Variante (VP=100% der NVF) in etwa 70 Jahren mehr oder weniger erreicht, was auch gut in der Abb. 3-2 zu beobachten ist.

Interessant für den Bewirtschafter: Das Überalterungsproblem ist lange vor Erreichen des demographischen Gleichgewichts gelöst (siehe Abb. 3-7 und Abb. 3-8).

3.2.4 Verjüngungsplanung

Nachdem die Verjüngungspolitik bestimmt ist, insbesondere die geplante Gesamtverjüngungsfläche für die nächsten 10 Jahre, muss diese räumlich konkretisiert werden. Dafür werden die Verjüngungsprioritäten auf Bestandesebene hergeleitet (siehe Abb. 3-9), je nachdem, ob die Zieldimensionen der Bäume spätestens in den 10 nächsten Jahren erreicht werden und ob der verfügbare Spielraum eine Verschiebung des Eingriffs zulässt (vor allem aufgrund der Holzentwertungsgefahr). Angesichts der Fäulnis-Gefahr und des schnellen Wachstums der Kirsche bietet zum Beispiel die Verjüngung dieser Baumart einen viel geringeren Handlungsspielraum als diejenige der Eiche. Drei Prioritäten sind definiert

- notwendig: der Handlungsspielraum ist ausgeschöpft,
- wünschenswert: ein Eingriff kann aufgeschoben werden,
- möglich: der passende Eingriffszeitpunkt ist noch nicht erreicht, aber ein Eingriff kann vorverlegt werden.

Die mit WIS.2 erzeugte Massnahmenkarte veranschaulicht diese Handlungsprioritäten (Abb. 3-9). Sie basiert auf den eingetragenen Zieldimensionen und den Angaben bezüglich des Handlungsspielraumes und wird mit Hilfe von Wachstumsfunktionen generiert.

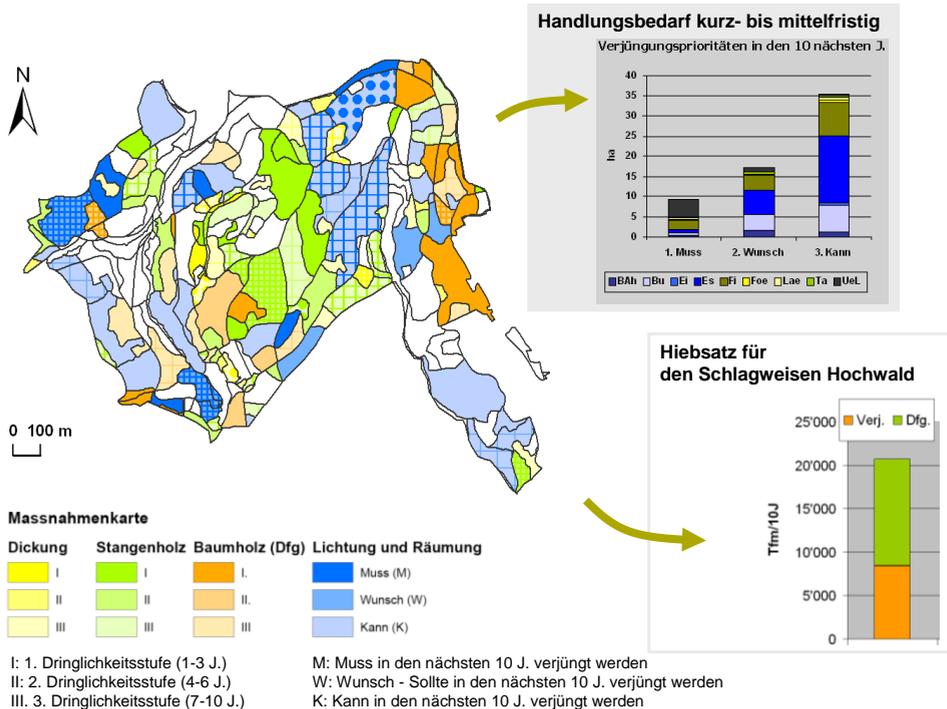


Abbildung 3-9: Handlungsrahmen, -dringlichkeiten und -prioritäten (Rosset und Kunz 2007)

Diese Priorisierung ist vor allem dann wichtig, wenn ein bedeutendes demographisches Ungleichgewicht bei den älteren Beständen vorhanden ist, wenn es also mehr hiebsreife Bestände gibt als geräumt werden können (Überalterung) oder umgekehrt (Defizit). Diese Priorisierung hilft, sehr flexibel auf Holzmarkt und Arbeitsorganisation zu reagieren (wichtige Schnittstelle zum technischen Produktionssystem, siehe Riechsteiner 2005). Der Handlungsspielraum besteht also

- auf der Ebene der Festlegung des passenden Eingriffs-Zeitpunkts, der sich selten auf ein einziges Jahr beschränkt und sich für die Einleitung der Verjüngung leicht über ein Jahrzehnt erstrecken kann,
- im Bereich der Festlegung der Prioritäten, wobei es möglich ist, Eingriffe entweder aufzuschieben oder vorzuziehen,
- auf Ebene des gesamten Waldgebietes mit dem Vergleich der Verjüngungspolitik und der Zusammenstellung der Fläche nach Verjüngungsprioritäten

Aufgrund der Verjüngungspolitik (Handlungsrahmen) und der Verjüngungsprioritäten wird die Nutzungsmenge für die nächsten 10 Jahre berechnet.

Mit WIS.2 können auch Steilrandprobleme (Wind, Klebastbildung/Sonnenbrand, ...) zur Koordination des Verjüngungsablaufs räumlich dargestellt werden (siehe Rosset und Schütz 2003).

3.2.5 Pflegeplanung

Mit dem Pflegekonzept wird in WIS.2 für jede Baumart grundsätzlich bestimmt, wann (bei welchem Oberdurchmesser), wie und wie stark ins Bestandesleben eingegriffen werden soll, damit die Produktionsziele möglichst effizient erreicht werden (Zieldimension innerhalb der vorgegebenen Produktionszeiträume, Anzahl Wertträger pro ha, Holzqualität, Stabilität, Bestandesstruktur). Es geht vor allem darum, Meilensteine im Bestandesleben festzuhalten, die jeweils einem Eingriff entsprechen (siehe Abb. 3-10).

Mit der in WIS.2 integrierten Wachstumsfunktion kann somit für die 10 nächsten Jahre bestimmt werden, welche Baumarten in welchen Beständen wann gepflegt werden sollen beziehungsweise welche Meilensteine erreicht werden. Mit Angaben bezüglich Eingriffstärke (Anzahl Konkurrenten pro ha und ihr durchschnittlicher BHD⁴) wird der Holzanfall mit einem Volumentarif ermittelt und für die nächsten 10 Jahre für den ganzen Perimeter berechnet (siehe Abb. 3-9 für die resultierende Massnahmenkarte und Hiebsatz).

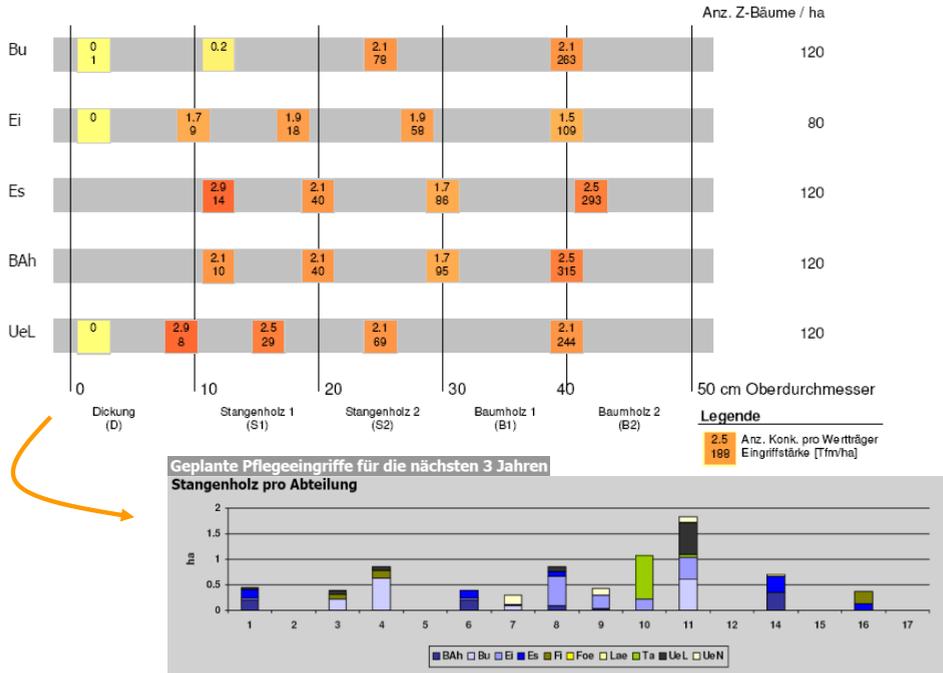


Abbildung 3-10: Pflegekonzept – Meilensteine im Bestandesleben zur effizienten Realisierung der Produktionsziele am Beispiel der Laubhölzern

Die Abb. 3-10 veranschaulicht die Pflegefläche pro Abteilung, Entwicklungsstufe, Baumart und Dringlichkeit. Diese Graphik stellt ein nützliches Bindeglied zwischen den Angaben über den gesamten Perimeter und der Massnahmenkarte dar. So kann der Benutzer erkennen, in welcher Abteilung er die Nachfrage eines Holzkäufers befriedigen kann und danach auf der Massnahmenkarte nachschauen, wo sich die entsprechenden Flächen befinden.

⁴ Genauer gesagt der BHD des Mittelstamms

Die Bestimmung eines Pflegekonzepts regt den Benutzer an, sich Gedanken über das gesamte Bestandesleben zu machen und dabei zu versuchen, die Eingriffe zu koordinieren, zu optimieren. Waldwachstumsmodelle sind dafür sehr nützlich, so beispielsweise das im Rahmen des WVK-Projekts (siehe Rosset et al. 2009b) weiterentwickelte FBSM. Abb. 3-11 zeigt als Beispiel eine Waldbauvariante mit Biomasseproduktion als primäres Ziel für die Buche bei guten Bonitäten. Zwei Meilensteine wurden definiert bis zur Endnutzung. Die Abbildung veranschaulicht auch, was passiert, wenn ein Meilenstein verpasst wird. Es ergibt sich ein deutlicher Produktivitätsverlust (siehe „Knick“ des durchschnittlichen Gesamtvolumenzuwachses) und eine Verschiebung in der Sortimentsverteilung (deutlich weniger Volumen in der Dimensionsklasse 5 und 6 nach Zeltner 2000).

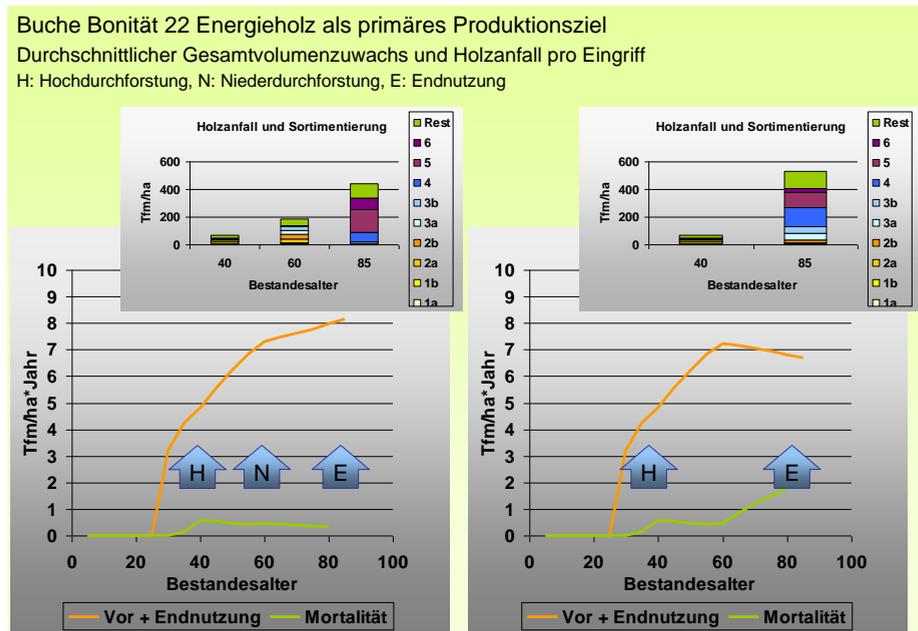


Abbildung 3-11: Grundlagen für die Erarbeitung eines Pflegekonzepts, Konsequenzen des Verpassens eines Meilensteins

4. WIS.2: Einsatz in der Praxis

WIS.2 wird im Unterricht an der ETH Zürich, an der Fachhochschule für Landwirtschaft in Zollikofen (SHL) und an der Försterschule Maienfeld eingesetzt. WIS.2 wurde in mehreren Fortbildungskursen vorgestellt und eingesetzt⁵ Und es wurden zahlreiche Fachbeiträge

⁵ Fortbildung Wald und Landschaft: Konsequenzen und Risiken einer multifunktionalen Waldbewirtschaftung (2004); Das Informatiksystem WIS.2 - Unterstützung für eine effiziente und zielgerichtete Bewirtschaftung der Waldökosysteme (2005); Adaptive Forsteinrichtung (2006); Planungsgrundlagen für den multifunktionalen Forstbetrieb (2007).

publiziert (Rosset 2002, Rosset 2005b, Rosset 2005c, Rosset 2006a, Rosset 2006b, Rosset und Kunz 2007 und Rosset et al. 2008). WIS.2 wird zurzeit in drei Testbetrieben (ETHZ Lehrwald, Winterthur und Rheinfelden AG) an die Bedürfnisse der Praxis angepasst und weiterentwickelt.

4.1 Erfahrungsbericht Testbetrieb Rheinfelden

Ein Forstbetrieb ist je länger je mehr darauf angewiesen, über aktuelle Informationen zu seinen Waldbeständen sowie über Grössen über deren Gesamtheit (beispielsweise Baumartenanteile pro Entwicklungsstufe, Entwicklungsstufenverteilung, etc.) zu verfügen. Dies macht den Einsatz von modernen Informatikmitteln zunehmend intensiver. Die gesetzliche Revision der Betriebs- und Wirtschaftspläne wurde daher im Jahr 2006 vom Forstbetrieb Rheinfelden zum Anlass genommen, die Einführung eines Managementsystems auf einer starken EDV-Basis zu prüfen.

Der Entscheid fiel nach eingehenden Abklärungen auf WIS.2. Dieses erfüllt von allen verfügbaren Systemen die Anforderungen am besten und es lassen sich im Bedarfsfalle aufgrund der sauberen Datenstruktur neue Bedürfnisse EDV-technisch einfach umsetzen. Es überzeugt zum einen durch die umfassende Implementation der fachlichen Ansprüche bezüglich Verdichtung von Einzelbestandesdaten zu Betriebsdaten, zum anderen ist eine Einbindung in weitere Systeme gewährleistet. Das Tool lässt sich ohne Probleme in das bewährte GIS der Stadtverwaltung Rheinfelden (ArcGIS) einbinden. Die verwalteten Daten lassen sich mit den von WIS.2 angebotenen Schnittstellen einfach durch weitere Programme wie MS Excel verarbeiten. Bestandeskarten können so - zwar mit einigem Aufwand, aber mit allen wünschenswerten Möglichkeiten - nachbearbeitet und auch den kantonalen Richtlinien angepasst werden.

Die Einführung von WIS.2 war anfänglich mit einem hohen Aufwand verbunden. Dieser entstand einmalig, insbesondere durch die Vorverarbeitung der vorhandenen Daten des kantonalen GIS und der Ersterfassung der Bestandesdaten. Auf technischer Seite waren einige Fehler wie beispielsweise die Inkompatibilität verschiedener Programmversionen zu verzeichnen und durch den Systemhersteller zu beheben. Für die Zukunft wird wohl die kontinuierliche Anpassung an technischen Neuerungen im Software-Bereich ein Schlüsselfaktor für die langfristige Verwendung von WIS.2 sein.

Die Betriebspläne können dank der Hilfe von WIS.2 intern erstellt werden. Diese Arbeit wurde in der Vergangenheit alle 15 Jahre von externen Forstingenieuren vorgenommen. Durch die vom Stadtoberförster vorgegebenen Zielgrössen und den Bestandesdaten werden vom System die waldbaulichen Dringlichkeiten vorgeschlagen und langfristige Auswirkungen aufgezeigt. Aufgrund dieser Angaben wird in einem zweiten Schritt die waldbauliche Planung - ein wesentlicher Bestandteil des Forstplanes - festgelegt.

Auf dieser Grundlage und der stets aktuellen Daten liess sich die so genannte rollende Planung einführen. Dies bedeutet, dass die betriebliche Planung nach Störungen wie Sturmereignissen oder Änderungen am Holzmarkt rasch an die neue Situation angepasst werden kann. Dies war dem Forstbetrieb bis anhin nur in beschränktem Ausmass möglich.

Derzeit ist die Betriebsplanung noch im Gange. Auch müssen noch einige Anpassungen an die betrieblichen Bedürfnisse bezüglich individueller Auswertungen und Darstellungsmöglichkeiten von Daten umgesetzt werden. Diese Herausforderungen sind aber im Access-Umfeld, in dem WIS2 programmiert ist, problemlos machbar.

Der Forstbetrieb sieht für die nahe Zukunft grosse Chancen durch den integrierten Einsatz von WIS.2. Sowohl längerfristig wirksame Entscheide wie die Baumartenzusammensetzung als auch kurzfristige Entscheide wie die Dringlichkeit der Pflege eines Einzelbestandes können nun systematisch, umfassend, zeitnah und vor allem mit einer fundierten Abschätzung der Konsequenzen kurz- oder langfristig gefällt werden. Die Daten werden heute schon durch die Förster aufgenommen, es wird zukünftig aber mehr aus ihnen herausgeholt.

4.2 Erfahrungsbericht Testbetrieb Winterthur⁶

In der Forstwirtschaft beruhen viele Entscheide zu einem guten Teil auf Intuition. WIS.2 macht den Prozess der Entscheidungsfindung objektiver und verbessert damit die Qualität der Planung wesentlich. Aus der Sicht des Forstbetriebes der Stadt Winterthur liegt der Hauptnutzen von WIS.2 innerhalb des forstlichen Planungsprozesses im Zusammenführen der verschiedenen Teilmformationen aus Bestandeskarte, Vorratsinventur, Standortkartierung, Erschliessungsplanung, Naturschutzinventaren und Geländemodellen. Die eingebauten Modelle ermöglichen es, die Auswirkungen getroffener Entscheidungen anhand von Simulationen zu überprüfen. Bei einer konventionellen Waldbauplanung im Feld ist es kaum möglich, die vorhandenen Grundlagen in diesem Ausmass zu berücksichtigen, geschweige denn, die Entwicklung der gesamten Bestockung über eine längere Zeit vorzusehen.

Eine Besonderheit stadtnaher Waldungen ist die ausserordentliche Vielfalt der Ansprüche an den Wald. Dies gilt für Winterthur aufgrund seiner landschaftlichen Lage in besonderem Masse. Die Stadt ist auf allen Seiten von ausgedehnten, bewaldeten Hügeln umgeben. Der Wald ist von jedem Punkt der Stadt aus zu Fuss in fünf Minuten erreichbar. Naherholung im Wald ist ein wesentlicher Teil der Lebensqualität in der Wohnstadt Winterthur. Die Analyse der räumlichen Daten mit WIS.2 und der Vergleich mit vordefinierten Parametern, die ein Waldstandort mit seiner Bestockung zur Erbringung bestimmter Waldleistungen erfüllen muss, ermöglichen es, auf einfache Weise einen Überblick über das Potenzial eines Waldes zu gewinnen, dessen Bewirtschaftung durch verschiedene Plangrundlagen unterstützt wird. So können geeignete Bestände zur Erbringung bestimmter Waldleistungen identifiziert und die zur Verfügung stehenden Mittel effizient eingesetzt werden. Transparentes Planen und Ausweisen besonderer Leistungen des Forstdienstes im Wald eröffnen die Chance, neue Produkte zu entwickeln und zum Beispiel in Form von Leistungsaufträgen zu vermarkten.

Eine Spezialität der forstlichen Planung ist die Tatsache, dass sich die Ansprüche der Gesellschaft an den Wald wesentlich schneller wandeln als die Bäume wachsen. Die Planung muss also die langfristige Waldentwicklung prognostizieren und einen möglichst grossen Handlungsspielraum ermöglichen. Die Planung muss dynamisch werden, damit jederzeit ein Überblick über den aktuellen Ist-Zustand gegeben und Korrekturen am anvisierten Soll-Zustand möglich sind. Auch hier bietet die EDV-Unterstützung die Chance, dass die Grundlagen auf einfache Weise laufend nachgeführt und Differenzen und Handlungsspielräume beim Soll-Zustand identifiziert werden können.

Die ganze Komplexität des Ökosystems Wald kann in WIS.2 nicht abgebildet werden. Zudem ist das System nur so präzise wie die zugrunde gelegten Daten. WIS.2 kann darum die Entscheidungsfindung im Wald nur unterstützen, nicht ersetzen. WIS.2 ist keine Standardsoftware und zudem noch in Entwicklung. Damit sie sinnvoll und zeitsparend

⁶ Dieser Beitrag wurde in Rosset und Kunz (2007) publiziert (leicht verändert).

eingesetzt werden kann, ist es empfehlenswert, mindestens eine Planung zusammen mit dem Entwickler durchzuführen oder den Anwendungsteil beim Spezialisten in Auftrag zu geben.

5. Diskussion und Ausblick

Dieser Beitrag stellt die praktische Umsetzung des WIS.2 im Hinblick auf die betriebliche Strategie in den Vordergrund und präsentiert den Outputs dieses Managementtools. WIS.2 kann jedoch weit mehr; so lassen sich Waldprodukte aus waldbaulicher Sicht in Anforderungsprofile bezüglich Bestockung, Standort und Erschliessung beschreiben (siehe Rosset et al. 2009a). Diese Profile sind im WIS.2 ein wichtiges Bindeglied zwischen der betrieblichen Strategie einerseits und der waldbaulichen Strategie und den Produktionskonzepten andererseits. So kann die Planung produktorientiert durchgeführt und der Multifunktionalität Rechnung getragen werden. WIS.2 unterstützt auch die Durchführung einer waldbaulichen Analyse eines Waldperimeters mit dem Ziel, Grundlagen für die Erarbeitung der betrieblichen Strategie zu Verfügung zu stellen.

Mit dem Grundgedanken, den operationellen Handlungsspielraum möglichst wenig einzuschränken und der Notwendigkeit, möglichst flexibel bei Veränderungen vorgehen zu können, ist eine schlanke Planung entstanden, die auf eine relativ kleine Anzahl an Entscheidungen mit grosser Tragweite fokussiert⁷. Alle im Kapitel 3 vorgestellten Abbildungen stützen sich auf lediglich fünf Entscheidungen: das Bestockungsziel, ein Leitfaden zur Umsetzung des Bestockungszieles aufgrund der Waldgesellschaften, die Zieldimensionen und deren Produktionszeiträume, die Verjüngungspolitik sowie das Pflegekonzept. Hinzu kommen einfache Angaben zur Herleitung der Handlungsprioritäten.

Die grösste Herausforderung für den Benutzer des WIS.2 ist, das Entscheidungssystem das gesamte Entscheidungssystem zu überblicken und zu verstehen, vor allem bezüglich der Zusammenhänge zwischen den bedeutenden räumlichen und zeitlichen Ebenen. Für die einzelnen klar abgegrenzten Entscheidungsschritte können dafür einfache Modelle eingesetzt werden, so beispielsweise das Normalwaldmodell, mit dem die demographischen Defizite und Überschüsse grob erfasst werden können, um eine Richtgrösse für die Walderneuerung zu ermitteln. Das Modell ist einfach zu verstehen und entsprechend einfach sind die Resultate zu interpretieren (Blackbox-Effekt vermeiden).

Die Entscheidungsgrössen wurden bewusst grosszügig ausgewählt (beispielsweise gibt es 10 Kategorien für die Baumarten und die pflanzensoziologischen Einheiten und Untereinheiten wurden in Gruppen zusammengefasst). So behält der Benutzer den Überblick und kann selber eine gewisse Optimierung durchführen. In einer zweiten Stufe wäre es möglich detaillierter vorzugehen (beispielsweise thematisch nach Nebenbaumarten oder räumlich nach Abteilungen). Der Überblick und die Kohärenz über die zwei Stufen müssen aber gewährleistet sein. Die Komplexität des Systems erhöht sich entsprechend.

Die Aussagekraft der Resultate aus WIS.2 ist beschränkt durch die im System integrierten Daten und Modelle. Von zentraler Bedeutung sind dabei die Bestandesdaten, insbesondere das

⁷ Entsprechend ist der Zeitbedarf für die Erarbeitung eines Waldbauplans verhältnismässig klein, falls alle notwendigen Daten über den aktuellen Zustand des Waldperimeters schon vorliegen (etwa 3 bis 5 Tage für den Betriebsleiter, wenn er zum ersten Mal selbständig die Pläne erarbeiten will).

Alter und der Oberdurchmesser. Beide Angaben werden geschätzt, zum Teil mit Hilfe von punktuellen Messungen an einzelnen Bäumen.

Das Alter wird vor allem für die Bestimmung der Verjüngungsstrategie benötigt. Hier geht es darum festzuhalten, inwieweit eine Abweichung zur nachhaltigen Verjüngungsfläche (NVF) aufgrund der mittel- bis langfristigen Altersentwicklungen vertretbar und wünschenswert ist. Dabei geht es nicht darum, die entsprechenden Graphiken auf 10 Jahre genau zu interpretieren, sondern Trends zu erkennen. Das Alter darf somit durchaus eine gewisse Unschärfe aufweisen. Beim Jungwald (Alter < 30 Jahre) braucht es allerdings präzise Angaben (+/- 5 Jahre) damit die Realisierung der Verjüngungspolitik fortlaufend kontrolliert werden kann (siehe Abb. 3-7).

Der Oberdurchmesser ist für die Bestimmung der Handlungsdringlichkeit auf Bestandesebene von grosser Bedeutung, sei es bei den vorgesehenen Pflege- und Durchforstungsmassnahmen (Erreichung eines Meilensteins aus dem Pflegekonzept) oder bei der Verjüngung (Erreichung der Zieldimension). Dabei ist es wichtig zu wissen, wo sich der Bestand innerhalb einer Entwicklungsstufe befindet. Die im WIS.2 integrierten Wachstumsfunktionen werden nicht nur für die Bestimmung der Handlungsdringlichkeit eingesetzt, sondern auch für die jährliche Weiterentwicklung des heutigen Zustands. Die Bestände, die die Entwicklungsstufe wechseln, werden gemeldet, so dass eine fortlaufende Kontrolle dieser wichtigen Grösse erfolgen kann. Dabei wird die Bestandesbeschreibung in ihrer Gesamtheit kontrolliert. Die Qualität der Daten ist somit dynamisch zu betrachten. Ein grosser Vorteil der Arbeit mit geschätzten Daten ist der für eine geübte Fachperson verhältnismässig kleine Zeitaufwand für deren Ermittlung.

Eine Kombination der Information zu Alter und Oberdurchmesser ist auch nützlich für die Kontrolle der Plausibilität des Datenbestandes: die Überalterung muss sich in den Verjüngungsdringlichkeiten widerspiegeln.

Mit WIS.2 können jederzeit verschiedene Varianten erarbeitet werden. Trotz der grossen Flexibilität dieses Managementtools, sollte aufgrund des sehr langsamen Baumwachstums eine gewisse Kontinuität sichergestellt sein. In gewisser Hinsicht kann die Steuerung forstlicher Ökosysteme mit der eines Tankers verglichen werden. Kursänderungen brauchen viel Zeit. Und wenn sie zu häufig durchgeführt werden, ist die Gefahr gross, dass viel Energie und Geld verloren geht. WIS.2 hebt diese Trägheit hervor, besonders die Tatsache, dass konsequente Kursänderungen im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung nur sehr langsam umgesetzt werden können.

Die Möglichkeit, mit WIS.2 verschiedene Bewirtschaftungsvarianten „durchzuspielen“ und verschiedene räumliche und zeitliche Ebenen wahrzunehmen und zu erfassen, macht WIS.2 für den Einsatz im Unterricht interessant. Die Studenten können am System „schrauben“ und die Konsequenzen beobachten, beispielsweise beim Wechsel von einer Starkholzstrategie auf eine Schwachholzstrategie oder die Möglichkeit zur Anpassung an eine Klimaveränderung.

WIS.2 wurde primär für Forstbetriebe entwickelt, kann aber auch auf überbetrieblichen Ebenen eingesetzt werden. Dabei geht es nicht darum, an Stelle der Eigentümer Entscheide zu treffen, sondern ihren Handlungsspielraum auszuloten oder die Konsequenzen bestimmter Entscheide zu ermitteln (Grundlage für die Forstpolitik).

Die Testbetriebe haben WIS2 positiv aufgenommen und bereits begonnen, ihre betriebliche EDV-Struktur daran anzupassen. In den Schnittstellen bestand bereits zu Beginn der Testphase Anpassungsbedarf, der nicht unmittelbar WIS2 betraf. So ging es darum, vom Beginn der Datenerfassung im Wald über die strategische zur operative Planung zu gelangen;

daran anschliessend mussten die Auftragserteilung, die Dokumentation der Eingriffe, Kontrolle und schliesslich die Fortführung der operativen Planung im Sinne eines durchgehenden technologischen Prozesses möglich sein. Zur Illustration: Es nützt in der Praxis nichts, wenn Daten auf hohem technologischen Niveau verarbeitet und dargestellt werden können, solange die Datenerfassung nicht darauf abgestimmt ist und immer noch mit Papier und Bleistift ohne die nötige und mögliche EDV-Unterstützung erfolgt. Daher war es nötig, die Datenerfassung mittels GPS-fähigen Mobilgeräten zu ermöglichen. Dank des modulartigen Aufbaus von WIS2 und dem Einsatz von ArcGIS und Access konnte diese technologisch anspruchsvolle Aufgabe aber erfolgreich gemeistert werden. So hat die Praxis einen entscheidenden Entwicklungsschritt für die Betriebstauglichkeit von WIS2 über die Schaffung geeigneter Schnittstellen geleistet.

Ein zweites Bedürfnis seitens der Praxis ist die Schaffung einer klaren Schnittstelle zwischen den Resultaten aus der waldbaulichen Planung und der Einsatzplanung unter Berücksichtigung der Marktverhältnisse und der Erntekapazitäten. Eine Bachelorarbeit an der SHL läuft zurzeit zu diese Thematik. Vielversprechend ist das neuartige Waldwachstumssimulationsmodell SiWaWa (siehe Schütz et al. 2007, Schütz et al. 2009). Mit nur zwei Eingangsgrössen, nämlich Stammzahl und Grundfläche pro ha, lässt sich eine Stammzahlverteilung für einen bestimmten Bestand generieren und fortschreiben. Basierend darauf können der nächste Eingriff und die Folgeeingriffe mittelfristig simuliert werden. Dieses Modell ist durch seine bestechende Einfachheit für das WIS.2 von besonderem Interesse. Als Wissensintegrationsplattform kann WIS2 neue Modelle wie eben SiWaWa integrieren und zugänglich machen, und so einen wichtigen Beitrag zum Wissenstransfer in die Praxis sicherstellen (siehe Rosset 2006c).

Das Projekt WIS.2 hat die erste Hürde zur Umsetzung in die Praxis nach Abschluss der Doktorarbeit erfolgreich genommen, unter anderem dank der direkten Auseinandersetzung mit der Praxis in den Testbetrieben, dem Engagement des Ingenieurbüros Philipona & Brügger (wirtschaftliches Interesse aus der Praxis), dem Einsatz im Unterricht an der Fachhochschule Zollikofen, an der ETH Zürich und an der Försterschule Maienfeld (Test an konkrete Fallstudie, Feedback von den Studenten, Semester- und Bachelorarbeit als Beitrag zur Weiterentwicklung) und in Fortbildungskursen (Feedback von interessierten Praktikern) sowie der Gelegenheit, in diversen Zeitschriften zu publizieren (Interesse wecken, informieren, Verständnis schaffen).

Mit der zweiten Phase stehen das Bekanntmachen des Instruments und die Anpassung des Prototyps an die spezifischen Praxisbedürfnisse im Mittelpunkt. Diese Phase ist sensibel, da am Anfang wenige Ressourcen verfügbar sind und das ganze massgebend vom Entwickler abhängt. In diese Phase fällt auch die Kommerzialisierung des Modells. Bereits beschäftigen sich zwei forstliche Beratungsunternehmen (Philipona & Brügger / Plaffeien und EcoEng / Zürich) intensiv mit WIS2, wenden es im Praxiseinsatz an und helfen mit eigenen Ressourcen bei der Weiterentwicklung.

In einer dritten Phase wird es dann darum gehen, die EDV-technische Integration von WIS2 in verschiedene Betriebssystemumgebungen zu automatisieren. ArcGIS View und Access eignen sich sehr gut, um einen Prototyp zu entwickeln und weiterzuentwickeln. Dieser könnte ohne grossen Aufwand an neue Software-Versionen angepasst werden, und zwar in der

Grössenordnung von wenigen Stunden für ArcGIS, noch weniger für Access⁸. Problematisch ist allerdings der Einsatz verschiedener Versionen bei den Testbetrieben. Auch wenn die Installation vom WIS.2 heute wenig Zeit in Anspruch nimmt, muss eine erfahrene Person dies an Ort und Stelle erledigen. Eine Möglichkeit diese Probleme zu lösen, wäre mit einem virtuellen Desktop zu arbeiten (siehe beispielsweise Citrix). Noch besser wäre WIS.2 als eigenständige Anwendung auf einer Installations-CD oder über eine Web-Lösung anzubieten⁹.

Literatur

Alter, S., 2003: A work system view of DSS in its fourth decade. *Decision Support Systems*, 38: 319-327.

Ammann, S., 2003: Strategisches Management im Forstbetrieb. Diss. Nr. 15126, ETH Zürich, Zürich.

Bachmann, P.; Ammann, S.; Kunz, B.; Rupf, A., 2002: Moderne forstbetriebliche Planung. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153, 5: 184-189.

Bachmann, P., 2005: Forstliche Planung - heute und morgen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 156, 5: 137-141.

Gautschi, M., 2003: Störereignisse und forstliche Planung. *Schweiz. Z. Forstwes.* 154, 6: 207-215.

Good, E.; Pistor, T., 1992: Waldbauliches Informationssystem WIS, Handbuch. Professur für Waldbau, ETH Zürich, Zürich.

Riechsteiner, D., 2005: Konzeption einer integrierten IT-gestützten Planung zur Unterstützung des Managements moderner Forstbetriebe. Zwischenbericht im Rahmen des WSL-Programmes "Management einer zukunftsfähigen Waldnutzung". Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf.

Rosset, C., 2002: Système d'information et d'aide à la décision pour la gestion des écosystèmes forestiers. *SAFE-Infoblatt* Nr. 12, 31. März: 2-4.

Rosset, C.; Schütz, J.-P., 2003: A DSS as a tool for implementation and monitoring of multiple-purpose, near to nature silviculture. In: Vacik, H., Lexer R, M.J., Rauscher, M.H., Reynolds, K.M. and Brooks, R.T. (Eds.): *Decision support for multiple purpose forestry. A transdisciplinary conference on the development and application of decision support tools for forest management*, April 23-25, 2003, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria, CD-Rom Proceedings, 11 p.12: 462-470.

Rosset, C., 2005a: Système de gestion sylvicole intégrée et d'aide à la décision. Le WIS.2, un instrument informatique pour une gestion sylvicole efficiente et ciblée, durable, multifonctionnelle et proche de la nature. Diss. Nr. 16005, EPF Zurich, Zurich.

⁷ WIS.2 wurde schrittweise von der Version 8.3 von ArcGIS View bis zur aktuellen Version 9.3 und von der Version 2000 von Access bis zur aktuellen Version 2007 angepasst.

⁸ Letzteres wurde schon ansatzweise im Rahmen einer Semesterarbeit an der ETH mit guten Resultaten getestet (Tobler 2008).

- Rosset, C., 2005b: Le WIS.2, un instrument informatique performant pour une gestion efficiente et ciblée des écosystèmes forestiers. *Schweiz. Z. Forstwes.* 156, 12: 496-509
- Rosset, C., 2005c: Le WIS.2, un instrument informatique pour une gestion efficiente et ciblée des écosystèmes forestiers. *SAFE-Infoblatt* Nr. 18, 15. Juli: 4-6.
- Rosset, C., 2006a: Zielgerichtete Waldbewirtschaftung mit WIS.2. *Bündnerwald* 3/06. S. 14-18.
- Rosset, C., 2006b: Zielgerichtete und effiziente Bewirtschaftung der Waldökosysteme mit WIS.2 - Forschungsidee, Umsetzung und Weiterentwicklung. *SAFE-Infoblatt* Nr. 20, 30. Juni: 4-6.
- Rosset, C., 2006c: WIS.2 - a computer-based knowledge integration platform to manage forest ecosystems. In: Kaennel Dobbertin, M. (ed) *forestxchange. New approaches in knowledge management. International conference, 25-27 October 2006, Freiburg, Germany. Abstracts.* Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL, Birmensdorf, Switzerland, Bavarian Forest Institute LWF, Freising, Germany. 44.
- Rosset, C.; Kunz, B., 2007: Flexibles Management der Waldökosysteme mit WIS.2. *Forst und Holz* 62(9): 34-38
- Rosset, C., Kaennel Dobertin, M., Kunz, B., 2008: Gestion des écosystèmes forestiers. Efficacité et flexibilité sont les atouts du logiciel WIS.2. *La Forêt* 9/08, 20-23.
- Rosset, C.; Kunz, B.; Gfeller, M., 2009a: GIS-Gestützte multifunktionale Waldbewirtschaftungsplanung mit WIS.2. In: Strobl, J.; Blaschke, T; Griesebner, G. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2009. Beiträge zum 21. AGIT-Symposium Salzburg. 2009. XVI, 858 S.*
- Rosset, C.; Hässig, J.; Thees, O.; Lemm, R.; Frutig, F.; Bürgi, A.; Hensler, U.; Brang, P., 2009b: Potenziale und Verfügbarkeit des Schweizer Holzes – Funktionsweise und erste Anwendung der Dynamischen Waldholzverfügbarkeitskarte WVK. In: Thees, O., Lemm, R. (Hrsg.). *Management zukunftsfähige Waldnutzung. – Grundlagen, Methoden und Instrumente.* Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich. S. 157-190.
- Schönsleben, P. 2001: *Integrales Informationsmanagement.* Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. 593 S.
- Schütz, J.-P., 1997: La sylviculture proche de la nature face au conflit économie-écologie : panacée ou illusion ?. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 1, 4: 239-247.
- Schütz, J.-P., 1999: Naturnaher Waldbau: gestern, heute, morgen. *Schweiz. Z. Forstwes.* 150, 12: 478-483.
- Schütz, J.-P., 2003a: Die Technik der Waldverjüngung von Wäldern mit Ablösung der Generation – Skript zur Vorlesung Waldbau II. Professur Waldbau, ETH Zürich, Zürich.
- Schütz, J.-P., 2003b: Polyvalenter Waldbau – Skript zur Vorlesung Waldbau II. Professur Waldbau, ETH Zürich, Zürich.
- Schütz, J.-P.; Zingg, A., 2007: Zuwachsprognose nach der sozialen Hierarchie im Entwicklungs- und Wachstumsmodell SiWaWa. In: Nagel, J. (Hrsg.): *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten - Sektion Ertragskunde: Beiträge zur Jahrestagung 2007: 180-187*

Schütz, J.-P.; Zingg, A.; Bräker, O., 2009: SiWaWa, a growth- and yield simulator for spruce and beech stands, sensitive to environmental changes, as a tool to optimise silvicultural decisions. *Europ. Journal of Forest Research* (submitted)

Specker, A., 2001: Modellierung von Informationssystemen. Zürich, vdf Hochschulverlag AG. 372 S.

Tobler, M., 2008: WIS.2 Webmodul. Semester Thesis D-UWIS. ETH Zürich, Zürich, unveröffentlicht

Zeltner, S., 2000: Schweizerische Holzhandelsgebräuche für Rundholz. Ausgabe 2000, Waldwirtschaft Verband Schweiz WVS, Solothurn: 41 S.