

Endbericht

**Waldbauliche
Bewirtschaftungsrichtlinien für
das Einzugsgebiet der Ybbs im
Rahmen eines nachhaltigen
Naturraummanagements**

Bellos Panagiotis*, Frank Georg** und Hochbichler
Eduard*

Department für Wald und Boden
Institut für Waldbau, BOKU Wien*
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald,
Naturgefahren und Landschaft
Abteilung für Naturwaldforschung und Naturschutz**

Wien, im Dezember 2006
Forschungsprojekt: GZ BMLFUW-LE.3.2/0021-IV/2004

Danksagung

Die vorliegende Publikation ist der Schlussbericht für das Projekt „Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Einzugsgebiet der Ybbs im Rahmen eines nachhaltigen Naturraummanagement“ das im Rahmen des INTERREG III B - CADSES Integrated LandUse Planning (ILUP) durchgeführt wurde.

Bedanken möchte sich das Autorenteam bei folgenden Personen:

- Herrn Dipl.-Ing. Jakl Robert, Herrn Mag. Freinbacher Rainer und Frau Dipl.-Ing. Unbehaun Wiebke für ihren unermüdlichen Einsatz bei den Außenaufnahmen und deren Bereitschaft auch an Wochenenden und Feiertagen zu arbeiten.
- Bei Frau Ing. Lex Monika und Herrn Weidl Christian für die Eingabe des Datenmaterials und für die professionelle Erstellung der Datenbank.
- Die in dieser Arbeit erhobenen Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit der WWG Mostviertel-West und dem Stadtwald von Waidhofen durchgeführt. Wir bedanken uns bei dem Obmann der WWG - Mostviertel West Herrn Hirsch sowie den Mitgliedern Herrn Wagner, Herrn Litzlackner, Herrn Untersmayer sowie bei Herrn Ing. Plachy Andreas dem Bereichsleiter für Umwelt, Agrar und Forst in Waidhofen an der Ybbs für ihr Interesse und ihre Bereitschaft ihre Waldflächen für die Feldarbeiten zur Verfügung zu stellen.
- Ein besonderer Dank gilt auch dem Leiter der Bezirksforstinspektion Amstetten Herrn Dipl. Ing Hinterleitner Friedrich und seinem Mitarbeiter Bezirksförster Ganster Friedrich, für ihre Unterstützung vor Ort.

Einen besonderen Dank gilt den Herrn MR. Dipl. -Ing. Singer Fritz - Referat für forstliche Raumplanung und MR. Dipl. -Ing. Siegel Hubert - Referat für Landschaftsnutzungsanalyse und Entwicklung zur Risikoprävention, für die Förderung und die Unterstützung bei der Umsetzung dieser Arbeit.

Wien, im Dezember, 2006

das Autorenteam

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Wald und Wasser	10
2.1	Allgemein	10
2.2	Forsthydrologie	13
2.2.1	Komponenten auf den Wasserhaushalt	15
2.3	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	28
3	Untersuchungsraum	30
3.1	Kenndaten des Untersuchungsraumes	30
3.1.1	Geografische Lage	30
3.1.2	Geomorphologie	31
3.1.3	Klima des Untersuchungsgebietes	33
3.1.4	Natürliche Waldgesellschaften	34
4	Material und Methoden	37
4.1	Untersuchungsgebiet	37
4.1.1	Flächenauswahl	37
4.1.2	Aufnahmezeitraum	38
4.1.3	Aufnahme der Bestandesparameter	38
4.1.4	Messung der Einzelbaumparameter	40
4.2	Stichprobendesign	41
4.2.1	Allgemein	41
4.3	Beschreibung des Zielwaldes	46
4.4	Bewertung des Waldaufbaus als Entscheidungshilfe für waldbauliche Planung	47
4.4.1	Beschreibung der Wald-Funktions-Bewertung (WFB)	48
4.4.2	Waldvegetationskarte - Referenzzustand	56
4.5	Statistik und Datenanalyse	59
5	Ergebnisse	61
5.1	Stadtwald Waidhofen	62
5.1.1	Biometrische Parameter und Waldstruktur	62
5.1.2	Baumartenverteilung	63

5.1.3	Bestandesstruktur	65
5.1.4	Altersklassenstruktur	71
5.1.5	Überschirmung	72
5.1.6	Totholz	72
5.2	WWG Mostviertel-West	73
5.2.1	Biometrische Parameter und Waldstruktur	73
5.2.2	Baumartenverteilung	74
5.2.3	Bestandesstruktur	75
5.2.4	Totholz	81
5.2.5	Altersklassenstruktur	81
5.2.6	Überschirmung	82
5.3	Wald-Funktions-Bewertung (WFB)	83
5.3.1	Stadtwald Waidhofen	83
6	Bewirtschaftungsempfehlungen	86
6.1	Ziele und Behandlungsgrundsätze	86
7	Zusammenfassung	89
A	Abkürzungsverzeichnis	90
A.1	Baumartenabkürzungen	90
A.2	Verwendete Symbole	91
B	Abbildungen	92
B.1	Höhenkurven	92
B.2	Vergleich der drei Aufnahmeverfahren	93
B.3	WFB für die Einheit Waidhofen	93
	Literaturverzeichnis	94

Abbildungsverzeichnis

1.1	Wasserbilanz Österreich (1961 bis 1990)	8
2.1	Stammabfluss P_{st} von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen	16
2.2	Elemente des Wasserhaushaltes der Waldvegetation	17
2.3	Interzeptionsverlauf	20
2.4	Herabsetzung der Regendichte im Laubmischwald gegenüber dem Freiland	24
2.5	Veränderungen des Grundwasserspiegels	26
3.1	Übersicht des Aufnahmegebietes	31
3.2	Klimadiagramm des Untersuchungsraumes	34
3.3	Die forstlichen Wuchsgebiete	35
4.1	Aufnahmegebiet Buchenberg (Rasterweite 200 m mal 200 m	38
4.2	Aufnahmegebiet Waldwirtschaftsgemeinschaft Mostviertel West (Rasterweite 100 m mal 100 m	39
4.3	Waldvegetationskarte des Buchen- und Schnabelberges	57
5.1	Baumartenverteilung für die Probekreise 1 bis 4 (x Mittelwert der Stammzahl, s_x Standardfehler des Mittelwertes)	63
5.2	Baumartenverteilung (N/ha) für die Fichte, Buche und Esche	64
5.3	Baumartenverteilung für den Probekreis (≥ 4 cm BHD) und die Strukturelle Vierergruppe (≥ 4 cm BHD)	65
5.4	BHD- und Höhenverteilung	67
5.5	Eingrenzung der Durchmesserdifferenzierung in vier Wertestufen für den \overline{TD} -Wert als auch die TD_1 , TD_2 und TD_3 - Werte	67
5.6	Eingrenzung der Durchmesserdifferenzierung in zehn Wertestufen sowie artspezifische Differenzierung für FASY (Buche), FREX (Esche) und PIAB (Fichte)	67
5.7	Darstellung der Artendurchmischung M_i	68
5.8	Artspezifische Durchmischung M_i für die Baumarten Fichte, Buche und Esche	69
5.9	Darstellung des Umgebungsmaßes	69

5.10	Artspezifisches Umgebungsmaß für die Baumarten Fichte, Buche und Esche	70
5.11	Abstandsverteilung	70
5.12	Artspezifische Abstandsverteilung	70
5.13	Altersklassenstruktur Waidhofen - alle Baumarten	71
5.14	Darstellung der Überschilderung	72
5.15	Totholzverteilung für die einzelnen Kreissegmente	73
5.16	Baumartenverteilung für die Probekreise 1 bis 4 (x Mittelwert der Stammzahl, s_x Standardfehler des Mittelwertes)	75
5.17	Baumartenverteilung für den Probekreis (≥ 4 cm BHD) und die Strukturelle Vierergruppe (≥ 4 cm BHD)	76
5.18	BHD- und Höhenverteilung	77
5.19	Eingrenzung der Durchmesser differenzierung in vier Wertestufen für den \overline{TD} -Wert als auch die TD_1 , TD_2 und TD_3 - Werte	77
5.20	Eingrenzung der Durchmesser differenzierung in zehn Wertestufen sowie artspezifische Differenzierung für FREX (Esche) und PIAB (Fichte)	78
5.21	Darstellung der Artendurchmischung M_i	79
5.22	Artspezifische Durchmischung M_i für die Baumarten Fichte, und Esche	79
5.23	Darstellung des Umgebungsmaßes	79
5.24	Artspezifisches Umgebungsmaß für die Baumarten Fichte, Buche und Esche	80
5.25	Abstandsverteilung für die WWG Mostviertel-West	80
5.26	Artspezifische Abstandsverteilung für die WWG Mostviertel-West	80
5.27	Totholzverteilung für die Probekreise 1, 2 und 3 in Prozent der Stammzahl	81
5.28	Altersklassenstruktur Waldwirtschaftsgemeinschaft - alle Baumarten	82
5.29	Darstellung der Überschilderung	83
5.30	Buchenberg Bewertung der Funktionserfüllung	84
5.31	Buchenberg Bewertung der Funktionserfüllung	84
B.1	Höhenkurven Stadtwald Waidhofen	92
B.2	Höhenkurven Stadtwald Waidhofen	92
B.3	Stammzahlvergleich; WZP, Fixer Probekreis und STVI-Gruppe	93
B.4	Buchen- und Schnabelberg: Bewertung der Stichprobenpunkte mittels WFB	93

Tabellenverzeichnis

2.1	Niederschlagsverteilung in einem Fichten- Buchenbestand nach Eidman	20
2.2	Transpiration in verschiedenen Altersklassen nach MOLČANOV . . .	22
4.1	Baumansprache	41
4.2	Zielwaldkriterien	50
4.3	Überschirmungsanteile	51
4.4	Bewertungstabelle WÖPS	52
4.5	Bewertungstabelle WÖPS	53
4.6	Bewertung der Mischungsform	55
4.7	Bewertung des Totholzes	56
4.8	Baumartenzusammensetzung der PNWG	58
4.9	Baumarten der PNWG	59
5.1	Zusammenfassung der ertragskundlichen Parameter für den Stadtwald Waidhofen	62
5.2	Baumartenverteilung für Buche (FASY), Esche (FREX) und Fichte (PIAB) in Prozent	64
5.3	BHD- und Höhenverteilung für das Probekreisverfahren: Kreissegment, Variable (BHD in cm und Höhe in m), Anzahl (n), Mittelwert (mean), Minimum (min.), Maximum (max.), Standardabweichung (s_x) und Varianz (var)	66
5.4	Zusammenfassung der ertragskundlichen Parameter	74
5.5	Baumartenverteilung für Esche (FREX) und Fichte (PIAB) in Prozent	75
5.6	BHD- und Höhenverteilung für das Probekreisverfahren: Kreissegment, Variable (BHD in cm und Höhe in m), Anzahl (n), Mittelwert (x), Minimum (min.), Maximum (max.), Standardabweichung (s_x) und Varianz (var)	76
5.7	Gegenüberstellung der Aufnahmeverfahren	85
6.1	Waldbauliche Maßnahmenplanung	88

Kapitel 1

Einleitung

Wasser prägt wie kein anderes Element unser Leben und ist einer der wenigen Stoffe der Erde, der sowohl fest, flüssig als auch dampfförmig auftreten kann. Es ist Transportmedium und die meisten chemischen und biologischen Prozesse sind an das Wasser gebunden. Es ist aber nicht nur unverzichtbare Substanz für alle Lebewesen, Wasser gestaltet auch durch seine abtragende, lösende und anschwemmende Wirkung weite Teile unseres Planeten, dessen Oberfläche zu zwei Drittel vom Wasser bedeckt ist.

Wasser erfüllt aber nicht nur vielfältige Funktionen in der Natur, es ist auch Teil unserer Kulturlandschaft. So entstanden Siedlungen an Quellen, Bächen und Seen. Uferbereiche stellen wichtige Erholungsräume dar und schon früh bildeten Gewässer natürliche Verkehrswege. Die Kraft des vorbeifließenden Wassers, genutzt über Mühl- und Schaufelräder war über Jahrhunderte die wichtigste Antriebskraft für viele Gewerbe. Auch heute noch wird die Energie des fallenden Wassers über Stau- und Fließkraftwerke in Strom umgewandelt.

Wasser gehört zu den häufigsten Elementen unserer Erde (1,4 Milliarden km^3), und dennoch ist es nicht überall verfügbar. So sind lediglich 3,4 % des Wassers als Süßwasser vorhanden von diesem sind wiederum rund 77 % im Polareis, Meereis und den Gletschern sowie 22 % als Grund- und Bodenwasser gespeichert und lediglich 1 % als Ressource für den Menschen nutzbar [8]. Diese Menge ist nicht mehr so unvorstellbar groß, so dass Wasser als Rohstoff betrachtet werden muss der:

- nicht unbegrenzt
- zu jeder Zeit,
- in jeder Menge

in Anspruch genommen und verbraucht werden kann [63].

Weiters ist das Wasserangebot ungleich verteilt. Es gibt zeitweilig oder ständig wasserarme und wasserreiche Gebiete. So herrscht in vielen ariden Klimagebieten, vor allem im Nahen Osten und Nordafrika kein gesicherter Zugang zu Süßwasser. Aber auch Europa ist in den wasserarmen Gegenden des Mittelmeerraums immer

wieder mit Engpässen in der Trinkwasserversorgung konfrontiert. Ein erhöhter Wasserbedarf für die zunehmende Bevölkerungsdichte und Industrialisierung sowie der Landwirtschaft und dem Tourismus verschärfen die Situation. Nach einem Bericht des Deutschen Institutes für Entwicklung (DIN) könnten bereits im Jahr 2025 zwei Drittel der Weltbevölkerung unter Wasserarmut leiden und somit ein erhöhtes Konfliktpotential um die Ressource Wasser herrschen.

Österreich besitzt dank seiner klimatischen Lage mehr nutzbares Wasser, als es unser Land derzeit benötigt. Besonders wasserreich sind die in den humiden (jährliche Niederschläge sind größer als die Verdunstung) Gebieten liegenden Alpen, zu deren niederschlagsreichsten Gegenden (2.000-2.500 mm und mehr) die Nördlichen und Südlichen Kalkalpen und die Käme der Hohen Tauern zählen. Das Wasserangebot ist aber regional und zeitlich sehr unterschiedlich. So haben oft Ballungsgebiete einen höheren Wasserverbrauch als das lokale Angebot hergibt. Gebiete in Österreich mit zeitweilig geringeren Wasservorräten wären im pannonischen Raum und in der Südsteiermark zu finden.

Der mittlere Jahresniederschlag liegt in Österreich für den Zeitraum 1961-1990 bei 1.170 mm bei einer Gesamtverdunstung von 516 mm. Die Entnahmen aus Industrie (20 mm), Haushalt (8 mm) und für landwirtschaftliche Bewässerungen (2 mm) können als gering betrachtet werden (Abbildung 1.1)

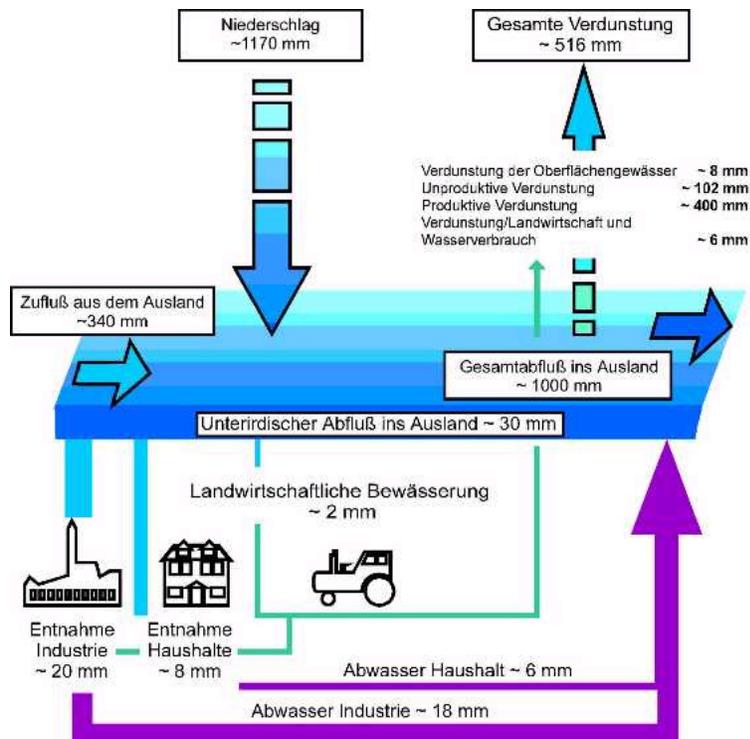


Abbildung 1.1: Wasserbilanz Österreich (1961 bis 1990); Quelle: Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, BOKU Wien

Für die meisten Bürger ist die ständige Verfügbarkeit von qualitativ hochwer-

tigem Wasser in unbegrenzten Mengen eine Selbstverständlichkeit. Der natürliche Wasserreichtum sollte jedoch die Wichtigkeit des bewußten Umgangs mit dieser Ressource nicht außer acht gelassen werden. Besondere Anforderungen gelten dabei dem Trinkwasser, für dessen Aufbereitung und Reinhaltung große Anstrengungen unternommen werden. So besteht nach Nagl [73] ein beträchtlicher Unterschied zwischen Naturraumpotential und Nutzungspotential und zwar zuungunsten des letzteren. So reichen theoretisch die Grundwasserressourcen für Österreich 6 bis 13 Jahre, tatsächlich sind jedoch nur 10 % aus erneuerungsmäßigen oder qualitativen Problemen nutzbar.

Wasser stellt somit ein wertvolles Kapital für die Zukunft dar, da es für die Gesundheit der Bevölkerung (Lebensqualität) und die Entwicklung der Wirtschaft eine enorme Bedeutung hat. Österreich gehört im Hinblick auf das Wasserangebot höchster Qualität zu den bevorzugten Regionen der Welt. Der Vegetation, und hier vor allem dem Wald - die Mehrheit der Einzugsgebiete der Quellen befindet sich in Waldgebieten - kommt deshalb für den Wasserschutz eine hohe Bedeutung zu. In der forstlichen Raumplanung wird deshalb dem Wald in Bezug auf die Ressource Wasser ein hoher Stellenwert zugeordnet: Wälder in Einzugsgebieten von Quellen, in wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten werden je nach Bedeutung des Wasservorkommens mit erhöhter oder hoher Wohlfahrtswirkung ausgewiesen. Damit werden die überwirtschaftlichen Funktionen des Waldes hervorgehoben. Um die Funktionserfüllung zu optimieren, ist neben der Walderhaltung bzw. der Erhöhung des Waldanteils auch der Waldzustand in Richtung der Wasserschutzfunktion zu verbessern.

Forschungsergebnisse zeigen auch, dass eine Änderung des globalen Klimas stattfindet. Nicht nur die Temperaturen sind im globalen Mittel um $0,6^{\circ}\text{C}$ angestiegen, auch die Niederschlagsmengen haben sich geändert - es wird eine Zunahme der Niederschläge in den mittleren und hohen Breiten der Nordhemisphäre festgestellt, wobei dies mit häufigeren Auftreten von Starkniederschlägen einhergeht [57]. Der Wald wird vor allem beim Auftreten dieser Extremereignisse besonders gefordert werden.

Zusammenfassend ist somit zu sagen, dass der Schutz des Wassers als Grundlage allen Lebens einen wichtigen Eckpfeiler in unserer Zukunftssicherung darstellt. Untersuchungen von Wasserbilanzen haben deshalb nicht nur wissenschaftliche Bedeutung, sondern sind auch immer im volkswirtschaftlichen Interesse zu sehen, denn der nachhaltigen Gewinnung von Trink- und Brauchwasser wird ein immer höherer Stellenwert eingeräumt.

Kapitel 2

Wald und Wasser

2.1 Allgemein

In Österreich sind über 46 % der Gesamtfläche von Wald bedeckt. Die Waldfläche nimmt durch natürliche Wiederbewaldung und Aufforstungen vor allem von Grenzertrags- und Brachflächen kontinuierlich zu. Entsprechend hoch lässt sich der Wert des Waldes für die Allgemeinheit auf seine multifunktionalen Bedeutungen hin einstufen. Innerhalb dieser vielfältigen Funktionen nimmt wohl der Trinkwasser- und Hochwasserschutz einen besonders hohen Stellenwert ein.

Die Gesamterscheinung der Hydrologie ist die Wissenschaft vom Wasser, von seinen Eigenschaften und seinen Erscheinungsformen auf und unter der Landoberfläche und untersucht die hydrologischen Prozesse und ihre Beziehungen [74]. Die Beschreibung dieser Prozesse ist nun von vielen Einflussgrößen abhängig, die wiederum in komplexer Beziehung stehen können und oft nur in Kombination wirken. Will man sich nun nicht in Einzelheiten verlieren, müssen Vereinfachungen eingeführt werden und Haupteinflussgrößen beschrieben werden, die die Natur noch genügend gut nachbilden. In diesem Sinne könnte nach *Vischer* [101] die Forsthydrologie als jene Hydrologie bezeichnet werden bei der der Wald zu den Haupteinflussgrößen zählt. Nach *Thomasius* [93] kann die „Waldhydrologie gleichsam als Umkehrung der Aufgabe desjenigen Teilgebietes der forstlichen Standortlehre betrachtet werden, bei dem das Wasser als Einflußkomponente für den Wald betrachtet wird“.

Die forstliche Hydrologie versucht somit den Einfluss des Waldes auf den Wasserkreislauf zu beschreiben. Hierbei kommt nicht nur der oberirdischen Biomasse ein besonderes Augenmerk zu, wesentlich sind auch die unterirdischen Bereiche des Waldes.

Wasser befindet sich, durch Zufuhr von Sonnenstrahlung in einem ständig fortlaufenden Kreislauf auf der Grundlage des Massenerhaltungskonzepts. Über den Wärmestrom wird der Prozess von Verdunstung, Kondensation oder Sublimation von Wasserdampf zu Wasser und der Rückführung von Feuchtigkeit in Form von Niederschlägen an die Erde und wieder Verdunstung in Gang gesetzt [77].

Die Niederschlagsverhältnisse stehen ursächlich mit lokalen und planetarischen

Luftzirkulationen direkt und indirekt im Zusammenhang. Der Wasserfluss oder Wasserhaushalt wird durch Eingangs- und Ausgangskomponenten bestimmt (Wasseraufnahme, Wasserumsatz und Wasserabgabe). Vereinfacht sind dies die Komponenten Niederschlagsmenge (N), Abfluss (A) und die Verdunstung (V) und lassen sich für den Verlauf eines größeren Zeitabschnittes durch die allgemeine Gleichung:

$$N \approx A + V \quad (2.1)$$

darstellen.

Diese drei Bilanzgrößen, der Niederschlag, der Abfluss und die Verdunstung sind gegenseitig voneinander abhängig.

Die Wasserbilanz ist eng mit der Energiebilanz gekoppelt, die sich ebenso aus den Komponenten der Zufuhr, des Umsatzes und der Abfuhr ergeben. Für die Wirkung des Niederschlages bzw. Niederschlagsausnutzung sind eine Reihe von Gegebenheiten von Bedeutung die sich aus der Niederschlagsintensität und -dauer, der Art des Niederschlages, der Bodenbedeckung und der Niederschlagsform zusammensetzen können.

Für die Charakterisierung des Wasserkreislaufes wird meist ein geschlossenes Wassereinzugsgebiet herangezogen. Als Einzugsgebiet wird ein von der Geologie her gesehen als abgeschlossen zu betrachtendes Gebiet bezeichnet, im dem es vom hydrologischen Standpunkt keinen anderen Austrag als den oberirdischen Abfluss und die Evapotranspiration von der Oberfläche gibt. Die größten bisher bearbeiteten Gebiete umfassen mehrere 100 km^2 , die kleinsten dagegen nur etwa 20 - 30 ha [99]. Für die Veränderung der Speicherfähigkeit bzw. der Bodenwasservorratsänderung eines solchen Systems müsste noch die Angabe aus Rücklage (R) und Aufbruch (B) mit einbezogen werden.

$$N = A + V + (R - B) \quad (2.2)$$

Für ein Einzugsgebiet lässt sich nun, wenn man den Zu- und Abfluss außer acht lässt die Dynamik des Wasser wie folgt darstellen [54]:

1. Einabe erfolgt durch Niederschläge in Form von Regen, Schnee, Nebel, Tau u. dgl.
2. Der Umsatz und besondere Wirkungen liegen bei der Interzeption, Oberirdischen Abfluss und Infiltration bzw. der Bodenspeicherung (ungesättigtes und gesättigtes Fließen) und dem Speicher von offenen Gewässern und Grundwasser
3. Die Ausgabe erfolgt durch Transpiration der Pflanzendecke, der Verdunstung von freien Wasseroberflächen, Boden und benetzten Organismen sowie den Abfluß über offene Gerinne und Grundwasserströme .

Auswirkungen auf den Wasserumsatz und den Wasserabfluss haben nicht nur die klimatischen und geologischen Verhältnisse des Einzugsgebietes, sondern werden

auch im wesentlichen von der Art und Dichte der Vegetation, insbesondere dem Wald mitbestimmt [24]. Das Klima des Waldes unterscheidet sich vom Freilandklima dadurch, dass der Wald, die Bäume und Sträucher, durch ihre Existenz die Wettererscheinungen in verschiedenem Ausmaß beeinflussen also umgestalten können und sich Eingriffe des Menschen sowohl im kleinen als auch im großen weitreichenden Einfluß haben [54].

2.2 Forsthydrologie

Seit mehr als 150 Jahren ist es für Hydrologen wie auch für Forstwirte eine bekannte Tatsache, dass Bewaldung einen markanten Einfluss auf den Wasserhaushalt und die hydrologischen Teilprozesse in einem (Einzugs-) Gebiet hat [33]. Zum einen beeinflussen die Wälder den Wasserhaushalt und zum anderen ist ihre Existenz, ihr Wachstum und ihr Aussehen ganz entscheidend vom Wasser abhängig.

Erste Forschungen in kleineren Maße zur „Mehrung des Wassers durch den Wald“ gehen in Europa auf deutsche und französische Untersuchungen Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Vergleichende Untersuchungen von Regenmengen innerhalb und außerhalb des Waldes wurden bereits 1864 von *Krutzsch* (zitiert in [102]) unternommen.

In Österreich gilt *Hoppe* [41] mit seiner Arbeit „Regenmessung unter Baumkronen“ in der er sich mit der Fragestellung: „Wieviel Regen gelangt im Wald zu Boden?“ befasst, als der Initiator der österreichischen Waldhydrologie. Regenmessungen unter Wald wurden davor bereits von *Riegler* [83, 84] und *Seckendorf* [89], dem Begründer der österreichischen Wildbachverbauung sowie auch von *Hoffmann* [39], *Höhnel* [40], *Cieslar* [17], *Ebermayer* [20] und *v.Liburnau* [59] durchgeführt.

Im Mittelpunkt der Forschungstätigkeiten standen dabei oft Schadereignisse nach Hochwasser, Lawinen- und Murenabgängen. Nach *Hager* [33] zeigte schon Surell in seinem 1841 erschienen Werk, dass Wiederbewaldung ein vortreffliches Mittel ist die Tätigkeit von Wildbächen zu dämpfen. Nach zahlreichen Hochwasserereignissen in den Jahren 1868 in der Schweiz wurden einerseits die ungewöhnlich starken Regenfälle als Grundursache bezeichnet. Als eine weitere Ursache sah man aber auch die zunehmende Entwaldung ganzer Landstriche und forderte die Erhaltung und Mehrgung des Waldareals vor allem im Gebirge. Nach *Engler* [22] ist der günstige Einfluss des Waldes auf den Wasserhaushalt schon lange bekannt: „...allein es fehlte an tatsächlichen Erhebungen, die es erlaubt hätten, sich ein bestimmtes Urteil über das Maß und die Tragweite dieses Einflusses zu bilden...“. Mit *Engler* begannen dann vor etwa hundert Jahren erste Messungen von Niederschlag und Wasserabfluss in einem bewaldeten und einem unbewaldeten Einzugsgebiet, dem Sperbelgraben und Rappengraben im Emmental.

Burger [15] und *Casparis* [16] führten *Engler's* Untersuchungen in der Schweiz weiter. Nach dem Windwurfereignis „Lothar“ vom Dezember 1999 stand der Sperbelgraben wieder im Blickfeld der Forschung und wurde vor allem von *Hegg et al.* [36], *Badoux* [4] und *Witzig et al.* [105] eingehend untersucht. Die Schweizer Versuche in bewaldeten und unbewaldeter Gebieten wurden später in den Kleinen Karpaten durch *Kirwald* und *Válek* [100] fortgesetzt.

Weitere intensive Forschungen fanden in Mitteleuropa erst nach dem zweiten Weltkrieg u.a. durch *Wittich* [104], *Delfs* [18], *Eidmann* [21] und *Kirwald* [47, 48] statt. Die Autoren *Brechtel* und *Pavlov* [14] beschäftigten sich mit den Messungen von forsthydrologischen Parametern und erstellten ein Tabellenwerk für quantitative Abschätzungen der standortspezifischen Auswirkungen des Waldes und der Waldbe-

wirtschaftung auf lokale Niederschlagsbilanzen. Messungen über hydrologische Auswirkungen forstwirtschaftlicher Betriebsmaßnahmen wurden von *Beneke et al.* [12] durchgeführt. Der Autor verglich auch den Einfluss verschiedener Baumarten (Buche und Fichte) auf den Wasserhaushalt im Solling [11]. In der Arbeit von *Item* [44] stand das Ziel, ein mathematisches Modell zu finden, das den Wasserhaushalt des Waldes in Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen beschreibt. Mit dem Erscheinen des Tagungsberichtes Nationalpark Bayrischer Wald anlässlich der Tagung in Grafenau, 1978 zum Thema: „Wasserhaushaltssysteme naturnaher, kleiner Einzugsgebiete“ wurden eine Reihe von Fachbeiträgen zu Untersuchungen des Einflusses der Waldwirkungen auf den Wasserhaushalt mit seinen Faktoren Niederschlag, Verdunstung, Versickerung und Abfluss etc. der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Schon früh erkannte man auch die Bedeutung des Waldes als Erosionsschutz im steilen Gelände. So schreibt Lauterburg, 1886 (zitiert in [101]) in seinem Taschenbuch: „Die Sicherstellung unserer Flussläufe und Rutschhalden“, wo er praktische Ratschläge für die Pflanzung von Lockergesteinsböschungen gibt, dass mit rasch wachsenden, kräftig und tiefwurzelnden Baum- und Straucharten Sicherungen am Hang zu bewerkstelligen wären. Die immense Bedeutung des Waldes wird auch bei der Lawinensicherung immer wieder beschrieben.

Die biologisch richtige Messung der Wasserhaushaltsgrößen ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden [3], und trotz eingehender Untersuchungen konnte der Einfluss des Waldes auf Wasserbilanzen nicht restlos geklärt werden [58], denn die große Mannigfaltigkeit des Einflusses der Wälder auf den Wasserhaushalt resultiert aus dem Zusammenspiel einer großen Zahl unterschiedlicher, zum Teil untereinander mehr oder weniger gekoppelter Bestockungs- und Standorteinflüsse [56].

Auch die amerikanische Forstwirtschaft, und hier vor allem in Nordamerika setzte sich besonders nach dem 2. Weltkrieg, unter dem Eindruck von Naturkatastrophen sehr intensiv mit der Fragestellung von Wasserhaushaltsgrößen im Wald auseinander. Begünstigt wurden die Untersuchungen dadurch, dass in den USA und Kanada Wälder in Form von Riesenkahlschlägen seit jeher genutzt werden und dadurch Veränderungen im Wasserhaushalt von Einzugsgebieten kurzfristig und sehr massiv zum Tragen kommen [68]. Mit dem Watershed Management in den Dreißiger Jahren sollten anhand von geeigneten Einzugsgebietsbewirtschaftungen (sogenannten „treatment“) weniger Hochwasser und mehr Nutzwasser bereitgestellt werden. Eine große Zahl von Artikeln, die sich mit den Wald und seinem Einfluss auf Abflussvorgänge, den Wasserhaushalt und der Erosion beschäftigen, lassen die große Bedeutung des Wald - Wasser - Problems in Nordamerika erkennen. Standen vorerst Schadereignisse wie Hochwasser und Erosionen im Vordergrund, so traten nach *Barner* [6] Fragen, wie der Wald zu bewirtschaften sei, damit er einen möglichst hohen Wasserertrag liefert, ohne Einbußen auf Erträge und sonstige Leistungen zu erleiden immer mehr ins Blickfeld der Forschung.

2.2.1 Komponenten auf den Wasserhaushalt

Niederschlag im Bestand

Auf den meisten Waldstandorten ist der Niederschlag die unmittelbare Quelle für die Wasserversorgung. Eine Unterteilung kann in leicht meßbare wie Regen und Schnee und schwer meßbare wie Nebel (Rauhreif) und Tau erfolgen oder auch nach seinen Aggregatzuständen in fest und flüssig. Im Gegensatz zu Tau- und Nebelniederschlag sind Regen- und Schneeniederschläge in Mitteleuropa die echten Quellen für die Feuchtigkeitsversorgung der Pflanzen [9, 65]. Unter bestimmten Bedingungen so z. B. in Gebirgsgegenden kann das Verhältnis von Niederschlägen zu Niedersatz (Nebel, Tau, Rauhreif etc.) auch 1:1 betragen [58]. So wurde für den Gr. Falkenstein (bayrischer Wald) ein Nebelniederschlag von 76 %, für das Nebelhorn (Allgäu) ein solcher von 115 % des jährlichen Freilandniederschlags gemessen.

Die Einflüsse auf die Wirkung des Niederschlags sind abhängig von der Niederschlagsintensität und -dauer, die von Ereignis zu Ereignis stark variieren können, von der Art des Niederschlags und von der Bodenbedeckung und dem Oberbodenzustand.

Unter dem Bestandesniederschlag (auch durchfallender und abtropfender Niederschlag) versteht man allgemein den Niederschlag, der sich aus dem Kronendurchlass und dem Stammabfluss zusammensetzt. Er ist innerhalb eines hydrologischen Systems durch eine Reihe von Besonderheiten ausgezeichnet [54]:

- Der fallende Niederschlag trifft die Oberfläche, in einer räumlichen Auflösung vom Gipfelraum bis zur Bodenschicht und Streuauflage. Auf diesem Weg werden Vertikal- und Horizontalniederschläge modifiziert. Nur ein Teil des Niederschlags gelangt direkt zum Boden, der größte Teil berührt vorher die Oberfläche.
- Auf dem Weg durch die Vegetationsdecke bis zum Boden wird ein Teil des Niederschlags zur Oberflächenbenetzung verbraucht. Nur wenn die Wasserfilme über den Oberflächen kein Wasser mehr gegen die Schwerkraft festhalten können, bilden sich neue Tropfen, die sich von der benetzten Oberfläche lösen.
- Die Infiltration erfolgt in der Regel über die Streuauflage und den humosen Oberboden, deren Beschaffenheit einen tiefgreifenden Einfluss auf die Infiltration ausüben.
- Dem Oberboden werden durch die Baumwurzeln im Laufe der Vegetationsperiode, trotz des Niederschlagsmaximum in dieser Zeit, laufend große Wassermengen entzogen. Die Speicherung von Grund- und Stauwasser wird durch die Bestockung fallweise entscheidend beeinflusst.
- Die Verdunstung von der Bodenoberfläche und der freien Gerinne wird im Wald erst in zweiter Linie bedeutungsvoll.

- Der Abfluss aus dem bewaldeten Gelände über freie Gerinne und Grundwasser ist eine Funktion des Geländes, der Niederschlagstätigkeit, der Bodenbeschaffenheit, der Vegetationszusammensetzung und -dichte, sowie des Vegetationsalters.

Der Kronendurchlass wird durch viele Faktoren beschrieben, und wird direkt durch die Niederschlagsrückhaltung beeinflusst. Der Stammabfluss hängt von der Ausbildung der Baumkrone, der Oberfläche und Wasseraufnahmefähigkeit von Rinde und Borke, der Baumzahl und auch von Menge und Art des Niederschlags ab [66]. Bei der Kronenform des Schirmtyps (z B. Fichte und Douglasie) wird das Niederschlagswasser vom Stamm weg nach außen zum Kronenrand abgeführt. Hingegen erfolgt beim Trichtertyp (z B. Buche) durch die Stellung der Äste ein Abfluss des Niederschlags zum Stamm hin wo es sich konzentriert und abfließt.

Aus der Abbildung 2.1 lässt sich auf das unterschiedliche Stammabflussverhalten verschiedener Baumarten aus Untersuchungen von *Brechtel* und *Pavlov* zitiert in [8] schließen.

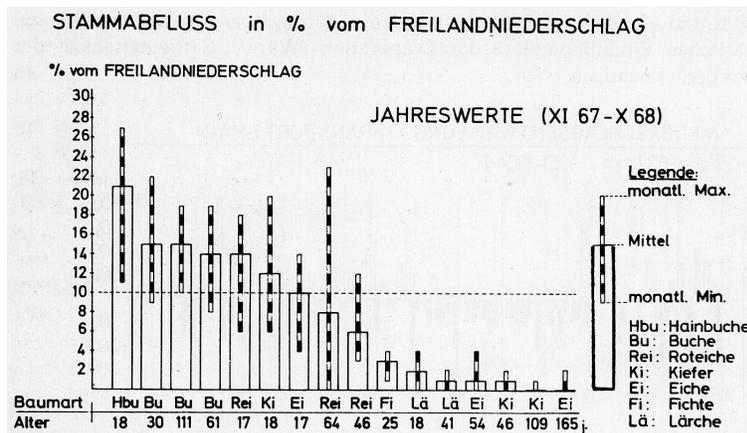


Abbildung 2.1: Stammabfluss P_{st} von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen dargestellt in Prozent vom Freilandniederschlag P als Jahresdurchschnittswerte und monatliche Maximum und Minimumwerte nach *Brechtel* und *Pavlov* (zitiert in [8])

Der Kronendurchlass und der Stammabfluss sind bei den meisten Laubbäumen etwas größer als bei den Nadelbäumen, da die Nadelbäume über die Interzeption mehr Wasser verlieren [66]. Die Fichte wird in einigen Literaturangaben auch als eine Baumart ohne messbaren Stammabfluss bezeichnet [32, 14]. Nach *Peck* [78] kann jedoch anhand von vorliegenden Literaturrecherchen kein signifikanter, allgemeingültiger Zusammenhang festgestellt werden.

Die Niederschlagsbilanz kann nun als folgende Gleichung beschrieben werden [9]:

$$P_d + P_t + P_{st} = P + I_g - I_v - I_r \quad (2.3)$$

wonach

P_d : durch das Kronendach fallender Niederschlag

P_t : abtropfender Niederschlag

P_{st} : Stammablauf

P : Freilandniederschlag

I_g : Interzeptionsgewinn

I_v : Interzeptionsverlust und

I_r : Interzeptionsspeicherhöhe

ist. Der Kronendurchlaß ist dann die Summe aus $P_k = P_d + P_t$ und der Bestandesniederschlag wird aus den Komponenten $P_b = P_d + P_{st}$ berechnet.

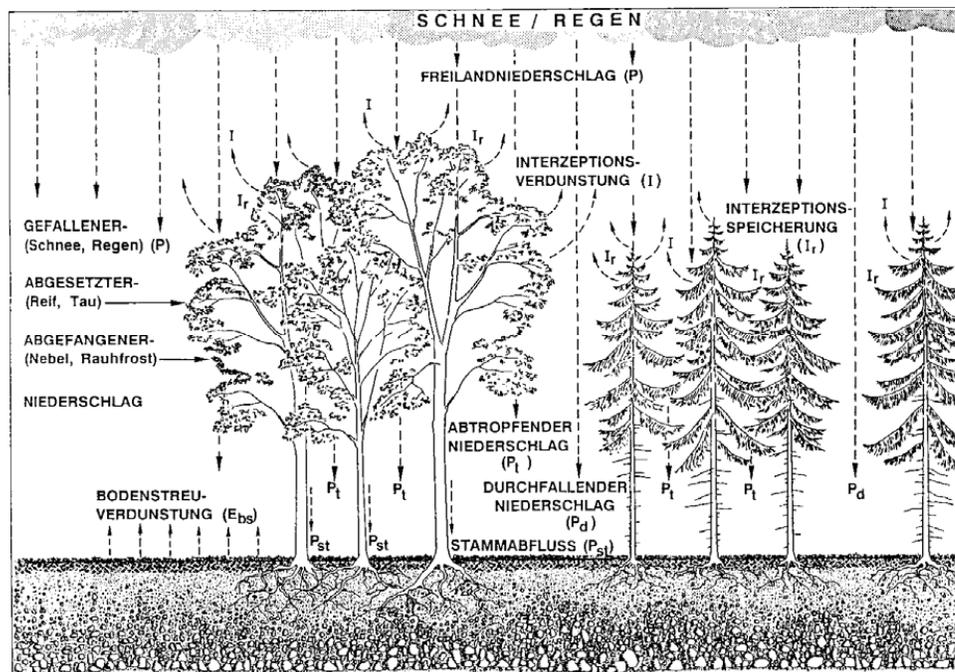


Abbildung 2.2: Elemente des Wasserhaushaltes der Waldvegetation, nach Baumgartner und Liebscher [8]

Verdunstung

Die Hydrologie im Wald wird ganz allgemein durch vier übergeordnete Faktoren bestimmt: durch die Interzeption (unproduktive Verdunstung von der Pflanzenoberfläche), der Evaporation (unproduktive Verdunstung von der unbelebten Oberfläche) und der Transpiration (produktive Verdunstung der Pflanzenorgane hervorgerufen

durch die Stomatenaktivität) sowie durch den Abfluss des Wasser, wobei es sich in der Regel um Komplexwirkungen dieser Faktoren handelt [49].

Die Verdunstung besteht in der Wasserabgabe an die Atmosphäre. Sie wird durch das Sättigungsdefizit der Luft, die Energiezufuhr zu den verdunstenden Oberflächen und den Luftmassenaustausch im Bereich der verdunstenden Oberflächen (Ventilation) gesteuert [54]. Ihr kommt bei der Betrachtung des Wasserhaushaltes eine besondere Bedeutung zu, weil sie einerseits einen Wasserverlust repräsentiert und andererseits den Transport von Nährstoffen aus dem Boden in höhere Teile des Waldes initiiert [78].

Die Verdunstung besteht aus den Komponenten der **Evaporation** (V_E), der **Interzeption** (V_I) und der **Transpiration** (V_T) und wird auch als **Evapotranspiration** bezeichnet. Evaporation und Interzeption sind beides rein physikalische Prozesse, die Transpiration ist biologisch gesteuert und wird auch als produktive Verdunstung bezeichnet.

$$V = V_E + V_T + V_I \quad (2.4)$$

Im Zusammenhang mit der Hydrologie versteht man unter Interzeption das Abfangen und die vorübergehende Speicherung von Niederschlag an der Oberfläche von Pflanzen. Das Niederschlagsangebot einer mit Wald bestockten Fläche wird in hohem Maße sowohl mengenmäßig aber auch räumlich und zeitlich durch diesen Prozess beeinflusst [14]. Der Wasseranteil der durch die Vegetation zurückgehalten bzw. wieder verdunstet wird, wird als Interzeptionsverlust (Benetzungsverlust DIN 4049 [19]) bezeichnet. Im Forst spricht man auch vom Kronenbenetzungswert und versteht darunter diejenige Regenmenge (mm), die vom Kronendach des Waldes aufgenommen werden kann, ehe sie den Waldboden erreicht. Der Benetzungswert beträgt etwa 1 mm bis 3 mm pro Niederschlagsereignis [30]. Die Oberflächenbenetzung ist die Folge der Adhäsionskräfte, die vom Wasser und den zu benetzenden Oberflächen bestimmt werden.

Bei der Niederschlagsrückhaltung der Vegetation handelt es sich um ein äußerst komplexes Problem und nach *Mitscherlich* [66] spielen eine Fülle von Umständen mit, die einerseits auf die Windgeschwindigkeit, Art und Temperatur sowie Dauer und Intensität des Niederschlags zurückzuführen sind. So stellt *Ovington*, 1954 (zitiert in [30]) in seinen Schlussfolgerungen fest, dass die Interzeption zwischen 6 und 93 % der Regenmenge betragen kann, und durch die Charakteristik des Regens und Aufbau des Bestandes bestimmt wird. Ein wesentlicher Faktor für die Interzeption ist das Wasserrückhaltevermögen auf der Pflanzenoberfläche, die auf die Oberflächenbeschaffenheit (Rauhigkeit und Größe, LAI) der Blätter und Nadeln, Zahl, Anordnung und Elastizität der Blattorgane sowie deren Wasserdefizit zurückzuführen ist. Neben lebenden Pflanzenteilen sind auch tote mit einzubeziehen [79].

Die Interzeption ist nicht nur allein von zu Verlusten führenden Prozessen der Evaporation und Sublimation geprägt, sondern zum Vorgang der Interzeption gehören auch das Ausfiltern von Nebeltröpfchen und das Auskämmen von Schneeflocken,

wodurch es auf bestimmten Standorten in Waldbeständen zu erheblichen Niederschlagsgewinnen kommen kann [14].

Zwischen vegetationsbedeckten und vegetationslosen Gebieten kann ein deutlicher Unterschied bezüglich des den Boden erreichenden Niederschlagsanteils bestehen. Vor allem in Wäldern und Forsten wurde die Interzeption schon früh untersucht. Bereits 1892 untersuchte *Hoppe* die Niederschlagsverhältnisse unter Baumkronen in Purkersdorf. Frühe Arbeiten über Interzeption in Waldbeständen gab es in Semiariden Gegenden aus dem Südwesten der USA [42]. Da die Interzeption nicht direkt messbar ist, wird er aus der Differenz von Freilandniederschlag und Bestandesniederschlag berechnet.

Der Interzeptionsverlust liegt bei mit Vegetation bewachsenen Flächen höher, als es bei Freilandflächen der Fall wäre und nimmt mit höherem Blattflächenindex zu. Schwache Niederschläge können vollständig von der Krone aufgefangen werden. Niederschläge bis zu 3 mm wurden in einem von Arven bestockten Bestand zur Gänze durch den Kronenraum aufgefangen [97]. Untersuchungen von *Pasák* zitiert aus *Aulitzky* und *Turner* [3] zeigen ein Eindringen von Niederschlägen in den Bestand für Fichten bereits bei 1 mm, bei Laubholzbeimischungen genügen schon 0,5 mm und in einem Eichen- Kiefern - Mischwald genügen schon 0,4 mm Niederschlagshöhe. Mit steigender Niederschlagsmenge nimmt der Interzeptionsverlust ab und erreicht bei Starkregen nur mehr wenige Prozent. Das Verlustprozent wird mit zunehmender Menge eines Einzelereignisses kleiner, und hängt somit außer von der Baumart auch von der Zusammensetzung der Einzelereignisse ab [102]. Im Mittel liegt die Interzeption bei etwa 15 bis 30 % [93].

So fällt auch für *Moeschke* [68] der Verlust von 3 mm durch Interzeption eines Bergwaldbestandes bei einem Starkniederschlag von 50 mm in 30 Minuten kaum ins Gewicht oder liegt sogar innerhalb des Meßfehlerbereichs der Niederschlags- und Abflussmessung. *Forster et al.* [24] bezeichnen ebenfalls die Interzeption bei Niederschlagsereignissen von 30 bis 40 mm als unwesentlich. Wenn jedoch längere Perioden von Tagen und Wochen beobachtet werden, erreichen, so die Autoren bei z.B. 20 mittleren Regenfällen etwa 20 bis 60 mm Wasser den Waldboden gar nicht. Folgt dann ein Starkregen, kann der Waldboden vorübergehend mehr Wasser speichern.

Bei Einzelereignissen wachsen die Werte der Interzeption nur anfänglich schnell an um dann in Abhängigkeit von der Pflanzenart, der Bestockungsdichte und dem Bestandesalter Grenzwerte anzustreben (Kronenbenetzungswert) (Abbildung 2.3).

Aus der Literatur kann auf ein breites Spektrum an Interzeptionsmessungen zurückgegriffen werden (z B. [78, 66, 36]), da sich die Untersuchungen hinsichtlich Standort, Aufnahmezeit und Jahresabschnitte unterscheiden und auch die Bestände nach Alter, Bestockungsdichte, Aufbauform udgm. stark variieren, streuen die in der Literatur mitgeteilten Prozentwerte der Interzeptionsverdunstung stark [66]. Folgende Vereinfachungen können jedoch getroffen werden:

- Durch die Vegetation wird Niederschlagswasser an Blättern und Zweigen durch die Oberflächenspannung abgefangen, und wird von ihren Oberflächen verdunstet. Wenn es sich nun um Wald handelt, insbesondere Nadelwald wird mehr

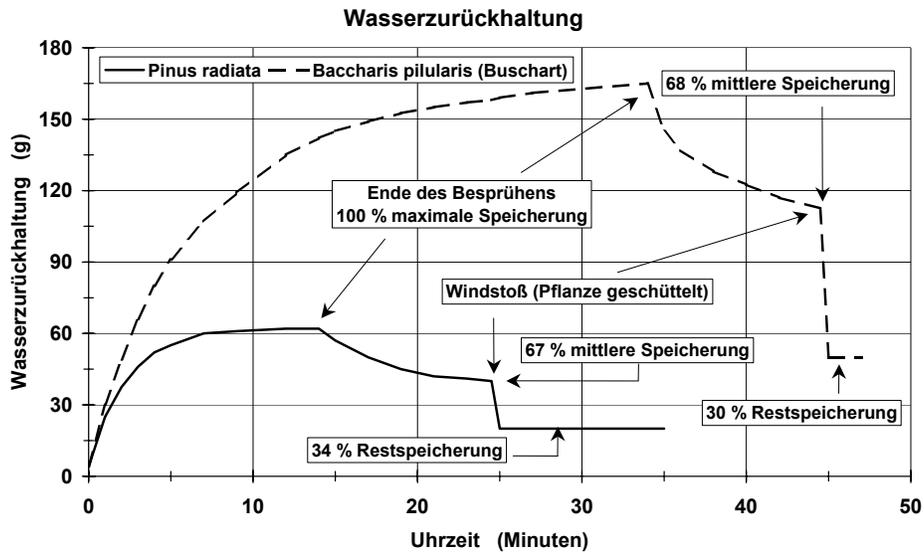


Abbildung 2.3: Interzeptionsverlauf an Jungpflanzen von *Pinus radiata* und *Baccharis pilularis* (Buschart) bei künstlicher Besprühung [66]

Niederschlag zurückgehalten, als bei Wiesen oder Weiden bei ähnlichen klimatischen und geologischen Ausgangszuständen.

- Bei den immergrünen Nadelbaumarten liegt der Interzeptionsverlust innerhalb und außerhalb der Vegetationszeit zwischen 30 und 40 %, für die Laubbäume hingegen bei 10 bis 20 %. Während der Vegetationszeit unterscheiden sich die Prozentwerte bei Nadel- und Laubbaumarten nur wenig [66].
- Untersuchungen von *Eidman* [21] (NS-Jahresmittel 1.216 mm = 100 %; Messungen von 1952 bis 1958) in einem Fichten- und Buchenbestand zeigen, dass die zu Boden kommende Niederschlagsmenge je nach Baumartenzusammensetzung unterschiedlich ist (Tabelle 2.1)

Baumart	Jahreszeit	Interception	Stammabfluss	durchtropfend
Niederschlagsverteilung				
Fichte	Sommer	32,4	0,7	66,9
	Winter	26,0	0,7	73,3
Buche	Sommer	16,4	16,6	67,0
	Winter	10,4	16,6	73,0

Tabelle 2.1: Niederschlagsverteilung in einem Fichten- Buchenbestand nach *Eidman* [21]

Die Untersuchungen von *Hoppe* [41] bestätigen ebenfalls den höheren Interzeptionsverlust bei Nadelholz als bei Laubholz. So liegt die mittlere Interzeption

für Buche bei 16 % und für die Fichte, die bekanntlich zu jenen Holzarten mit den größten Interzeptionszahlen zählt bei 59 %. Der relativ hohen Interzeption der Fichte muss aber nicht grundsätzlich eine höhere Gesamtinterzeption für einen Bestand folgen, da auch die Bodenvegetation einen beträchtlichen Beitrag zur Wasserrückhaltung leisten kann.

- Im Winter erreichen prozentuell gesehen, größere Niederschlagsmengen den Boden als im Sommer. Die Interzeption ist im Sommer infolge der höheren Wärmestrahlung stärker als im Winter.
- Bedeutend für die Interzeption kann noch die Streuauflage und die Bodenvegetation, die in manchen Fällen die Interzeption der Baumkronen übertreffen kann, sein. Ganz allgemein kann festgestellt werden, dass die Interzeption durch Bodenpflanzen von Beständen mit Schattbaumarten zu solchen mit Lichtbaumarten, von armen Standorten zu reichen und von Dickungen zu Altbeständen zunimmt (*Moltschanow* zitiert in [93]).
- Je enger ein Bestand begründet wird und je eher sich die Kultur zur Dickung schließt, desto größer ist die Niederschlagszurückhaltung in diesem Bestand [63].
- Starke Durchforstungen führen auch zu einer deutlichen Reduktion der Interzeption [32].

Die Transpiration stellt den Wasserverbrauch der Pflanze dar und erfolgt in der Hauptsache neben der Abgabe der Kutikula über die Stomata. Die aktuelle Verdunstung von vegetationsbedecktem Gelände unterscheidet sich von der potentiellen Verdunstung häufig beachtlich und kann im bewaldeten Gelände absolute Höchstwerte erzielen.

Die Transpiration in Verbindung mit dem täglichen Temperaturgang und der Bewindung zeigt einen deutlichen Tagesgang. Sie steigt im Laufe des Vormittags bei anfänglich niedriger sommerlicher Wärme relativ langsam an, erreicht mit steigender Tageswärme erst spät ihr Tagesmaximum und sinkt dann verhältnismäßig rasch wieder auf die nächtlichen Tiefstwerte zurück [54].

Verdunstungsmessungen von *Aulitzky* und *Turner* [3] zeigen auf bestockten und unbestockten Flächen größere Standortsunterschiede. So ist eine Zunahme der relativen Luftfeuchtigkeit mit der Dichte und Gleichmäßigkeit der Bestockung (Arven - Lärchenwald) zu beobachten, und zwar infolge der eigenen Feuchteabgabe des Waldes. Dementsprechend ist auch die absolute Feuchtigkeit im Wald etwas höher.

Zwischen den einzelnen Baumarten sind auch beträchtliche Unterschiede der Transpiration festzustellen, die zum Teil auf den unterschiedlichen Aufschluss der Wurzelräume beruhen (Tabelle 2.2).

Da die Transpiration von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren abhängig ist, sind nach *Peck* [78] und auch *Hartmann* [35] Literaturangaben nur schwer vergleichbar, da unterschiedliche Bezugsmaße verwendet wurden und oft genaue Beschreibun-

B-Art	NS (mm/Jahr)	Altersklassen(Jahre)								
		20	40	60	80	100	120	140	160	Mittel
Transpiration in mm										
Eiche	523	310	342	352	323	289	263	255	252	298
Fichte	580	203	291	300	278	219	193	188	188	233
Kiefer	550	236	250	200	185	170	158	146	125	184

Tabelle 2.2: Transpiration in verschiedenen Altersklassen nach MOLČANOV [69] (B-Art-Baumart, NS Niederschlag)

gen fehlen. Dies lässt sich auch bei *Benecke* [10] nachlesen, da so der Autor Faktoren wie pflanzeneigene Transpirationswiderstände, trockene oder benetzte Oberfläche, größerer aerodynamischer Austausch wegen größerer Bestandeshöhe und Rauigkeit der Oberfläche sowie deren Umgebung (eindimensionaler, vertikaler Austausch zwischen Bestand und Atmosphäre) für Waldbestände eine sehr spezifische Bedeutung hat.

Bei der Evaporation gibt es im Wald einen nach unten gerichteten Gradienten. Sie ist im Kronendach am höchsten und geht im Bestand von oben nach unten kontinuierlich zurück. Verantwortlich dafür ist ein Sinken der Temperatur sowie eine Abnahme der Windgeschwindigkeit in der Nähe des Waldbodens. Gleichzeitig steigt dort die Luftfeuchtigkeit [77].

Abfluss und Versickerung

Die Erosionsgefahr und die Entstehung von Hochwasser hängen weitgehend davon ab wie schnell das auf den Boden treffende Niederschlagswasser in das Erdreich eindringen kann. Oberflächenabfluss stellt sich dann ein, wenn die Niederschlagsintensität grösser ist als die Infiltrationsrate des Bodens, oder wenn der bis an die Bodenoberfläche reichende Wasserspiegel ein weiteres Versickern des Niederschlagswassers verhindert.

Für den Wasserab- und -zufluss ergibt sich

$$A = A_O + A_h + A_G \quad (2.5)$$

wobei:

A_O der Oberflächenab- und -zufluss

A_h hypodermischer Ab- und -zufluss

A_G Grundwasserab- und -zufluss

ist.

Die Art der Böden und des Untergrundes bestimmen im wesentlichen die Durchlässigkeit für das Wasser und werden in der Bodenkunde durch die Permeabilität beschrieben, die von der Korngrößenzusammensetzung, Porosität, den Bodenfeuchtezustand etc. abhängig ist.

Die Bodenmächtigkeit über der wasserstauenden Schicht, die Durchlässigkeit und das Speichervermögen dieses Bodens spielen neben der Niederschlagsmenge und -intensität die Hauptrolle bei der Entstehung des oberflächennahen Abflusses. Eine entscheidende Rolle auf das Abflussverhalten nimmt auch die Vegetation ein, einerseits indirekt durch die Verdunstung und andererseits direkt durch die Erhöhung des Infiltrationspotentials durch die Durchwurzelung. Der Phänotyp spielt aber auch eine wesentliche Rolle bei der Ausbildung des Wurzelsystems (Herz-, Pfahl-, Tellerwurzel). Auch die Waldbewirtschaftung und -nutzung wirkt sich auf das Abflussverhalten aus.

Ergebnisse über den Oberflächenabfluss bzw. den Wasserbewegungen im Boden liegen einerseits als reine Freilandversuche vor, sie können aber auch künstlich durch Beregnungen erzeugt werden. So zeigen Beregnungsversuche auf repräsentativen Boden-/Vegetationseinheiten im oberen Einzugsgebiet der Schesa von *Markart et al.* [62] bzw. *Markart* und *Kohl* [61] in Fichten - Lärchenbestände auf Rendzinen über Hauptdolomit und Braunerden die besten Infiltrationseigenschaften auf. Wesentlich schlechtere Abflusscharakteristika sind Feuchtfelder, Niedermooren und intensiv beweideten Rasen auf Braunlehm-Rendzinen zuzuordnen. Auch Beregnungsversuche von *Burger* [15] zeigen ein hohes Infiltrationsvermögen normaler Waldstandorte. So benötigte ein stark verdichteter Weideboden 3 Stunden, ein lückiger Wald 20 min und ein guter Plenterwald aus Tanne, Fichte und Buche nur 2 min für die Aufnahme einer Wassermenge von 100 mm Ergiebigkeit.

Nach *Thomasius* [93] ist eine der wichtigsten hydrologischen Eigenschaften des Waldbodens, dass der vertikale Wassertransport von oben nach unten gegenüber dem Feldeboden wesentlich erhöht ist. Der Waldboden ist lockerer, porenreicher und durch die Wurzeleinwirkung (vor allem bei den Laubbaumarten) tiefgründiger als der Feldeboden und erlaubt im Bedarfsfall ein hohes Speichervermögen.

Mit steigender Regenintensität wächst die Fähigkeit, Abfluss auszulösen, da sich der Tropfendurchmesser erhöht. Da mit zunehmenden Durchmesser die Tropfen auch schneller fallen, erhöht sich auch die kinetische Energie der Tropfen mit steigender Intensität überproportional, und können Drücke auf der starren Oberfläche mit bis zu 10^6 ausüben [86]. *Ellison* berechnete auch, dass bei starken Wolkenbrüchen ein Regentropfen aufprall auftreten kann, der mehr als 100 t Druck / Acre auf die Bodenoberfläche ausüben kann. Da der Durchmesser der vom Bestand abtropfenden Tropfen im Mittel größer ist als der der auftreffenden, kann für sehr hohe Vegetationsdecken, wie bei Baumhölzern, die Erosivität unter dem Blätterdach sogar höher sein als (theoretisch) über dem Blätterdach. *Ovington* (zitiert in [30]) beobachtete Tropfengrößen (unterschiedlich je nach Baumart) für einen Roteichenbestand von bis zu 6 mm. Zum Vergleich fallen auf Freiland Tropfen kleiner 1 mm. Auch *Chapman* (zitiert in [6]) untersuchte die Regentropfengröße und ihre Aufprallstärke in einem Kiefernbestand und berichtet, dass das Niederschlagswasser in der Kiefernkrone so zusammenfließen kann und sich bei entsprechender Schwere so von den Nadeln ablöst und zu Boden fällt, dass die herabfallenden Tropfen bei entsprechender Niederschlagsdichte wesentlich schwerer und größer (bis zu 4 mm) sind, als Regentrop-

fen auf einer Freifläche. Auf erosionsanfälligen Böden kann die Großtropfigkeit des durchfallenden Niederschlags durchaus eine Rolle spielen [30, 6]. Besonders wirksam steuert die Mulchauflage eines Bestandes einer Erosion entgegen, da sie den Abfluss bremst und die Wasserfilmdicke erhöht. Mulch mit 30 bis 50 % Bedeckung kann als ausreichender Schutz betrachtet werden [86]. Für Kiefernbestände wurde als bremssende Wirkung für den Tropfenfall eine dienende Holzart bei Gründung der Kultur oder ein nachträglicher Unterbau vorgeschlagen.

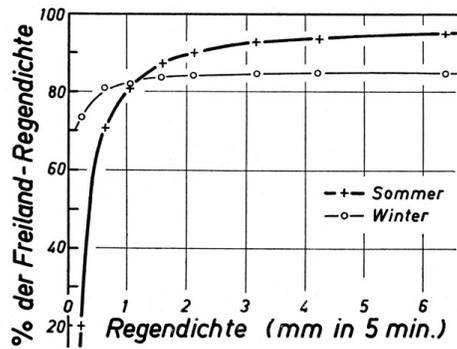


Abbildung 2.4: Herabsetzung der Regendichte im Laubmischwald gegenüber dem Freiland

Die Herabsetzung der Regendichte durch Wald, in Hinblick auf die Erosionsfrage wurde von *Trimble* und *Weitzman* [96] untersucht. Für einen belaubten und unbelaubten Laubmischwald zeigt Abbildung 2.4 die Herabsetzung (in %) des Freilandniederschlags durch den Bestand nach einem Platzregen (über 5 mm NS) innerhalb einer 5 minütigen Messperiode. Bis zur Dichte von etwa 1 mm hat das Blätterdach des Sommers eine stark mindernde Wirkung gegenüber dem unbelaubten Winterwald. Das Verhältnis kehrt sich überraschend bei intensiven Regenfällen um, und wird von den Autoren darauf zurückgeführt, dass heftiger Regen

die Blätter so stark abwärts neigt, dass sie nicht mehr das Wasser über die Zweige zum Stamm leiten, sondern direkt zum Waldboden ableiten. Nach Untersuchungen von *Brechtel* und *Pavlov* [14] ist der Kronendurchlass bei Laubbäumen im Sommer und Winter etwa gleichgroß. Bei den Nadelbäumen ist der Kronendurchlass im Winter in der Regel etwas kleiner als im Sommer und wird von *Mitscherlich* [65] damit in Zusammenhang gebracht, dass in Mitteleuropa die Winterniederschläge - von Gebirgslagen abgesehen - niedriger als die Sommerniederschläge sind und im wesentlichen als Schwachniederschläge fallen.

Die Erosionsgefährdung auf Waldstandorten im Vergleich zum Freiland kann im allgemeinen als gering angenommen werden. Bei Beregnungsversuchen von *Toldrian* [95] wurden bei 11 Versuchsflächen unter Mischwald nur in einem einzigen Fall ein Oberflächenabfluss festgestellt, der jedoch nur 3,4 % der Beregnungsmenge betrug. Hingegen trat bei 10 von 12 Fichtenflächen Oberflächenabfluss auf, der zwischen 1,5 % und 31,8 % der Beregnungsmenge ausmachte. Im Gegensatz zu Ackerflächen, Hopfengärten, Skiabfahrten (bis zu 80 %) und Anbrüchen, wo der Abfluss um ein Vielfaches größer war, kam es auch unter Fichte zu keinem Bodenabtrag.

Der kritische Hangwinkel, bei dem die Bodenerosion durch Wasser einsetzen kann auf Feldern bereits zwischen 1 und 7°, im Wald jedoch zwischen 20° und 30° [30]. So zeigen auch schon *Burgers* Abflussuntersuchungen durch künstliche Beregnung unter gutem Plenterwald, dass selbst bei Hangneigungen von 75-85 % gar kein Ober-

flächenabfluss erfolgte. Hingegen konnte bei stark bestossenen Almweiden mit 45 % Hangneigung festgestellt werden, dass 78 % des Niederschlags oberflächlich abfließen. Von ähnlichen Ergebnissen auf Weidenflächen berichtet auch *Barner* [6] aus Oberflächenabflussuntersuchungen im Staate Arizona. Mit zunehmender Intensität der Bewirtschaftung nahm der Oberflächenabfluss zu bzw. der Sickerwasserertrag ab.

Der Wald bekommt hinsichtlich seines Einflusses auf örtliche Wasserbilanzen eine zunehmende wasserwirtschaftliche Bedeutung. Das hohe Wasserspeichervermögen des Waldes trägt auch dazu bei, dass im Gegensatz zu Freiflächen fast kein Oberflächenabfluss auftritt. So ist die Entstehung eines Hochwassers, neben der Witterung, der Vorgeschichte und der Topographie des Einzugsgebietes sehr eng mit der Vegetationsdecke und den Bodeneigenschaften verknüpft. Die Vegetation wirkt sich auf das Abflussverhalten einerseits indirekt durch die Verdunstung aus, andererseits indem sie die Durchwurzelung der obersten Bodenschichten beeinflusst. So zeigten schon *Engler's* [22] Untersuchungen, dass der Wald unter bestimmten Bedingungen vor Hochwasser schützen kann. Er wies aber auch gleichzeitig darauf hin, dass der Unterschied im Abflussgeschehen zwischen einem bewaldeten und unbewaldeten Gebiet immer kleiner wird je länger es regnet. *Hegg* und *Lüscher* [37] bemerken: „Wo es Wald hat, gelangt weniger Wasser auf den Boden und wächst die Speicherkapazität. Aber der Boden hat einen viel größeren Einfluss. Bäume können etwa drei bis vier Millimeter Niederschlag zurückhalten, Böden absorbieren je nach Aufbau 50 mm oder mehr“. Für die Autoren hängt die Waldwirkung stark von den Bodeneigenschaften ab und sie kommen zu dem Schluss, dass man sich vom generellen Grundsatz „Wald schützt vor Hochwasser“ verabschieden sollte und eine differenzierte Sichtweise der Wahrheit näher kommt.

Einfluss waldbaulicher Maßnahmen

Dem Wald und damit auch dem Management des Waldes kommt ein immenser Einfluss auf den Wasserhaushalt und das Wasserregime zu. Die Forstwirtschaft hat von allen Zweigen der Bodenkultur die größte Möglichkeit, das örtliche Wasserdargebot zu beeinflussen und den spezifischen Erfordernissen anzupassen [94]. Modifizierend kann die Baumartenwahl, der Bestandesaufbau und die Struktur auf diese Kreisläufe wirken. Der Bestockungsgrad, Kronenschluss oder auch die Überschildung wirken proportional auf den Wasserhaushalt am Waldstandort [33].

Untersuchungen von *McCulloch* und *Robinson* [64] oder *Bosch* und *Hewlett* [13] etc. zeigen, dass die mittlere Wasserabgabe aus einem bewaldeten Einzugsgebiet kleiner als aus einem weniger bewaldeten Gebiet ist. Böden sind durch starke Durchforstungseingriffe länger und tieferreichender durchfeuchtet und werden bei Niederschlagsereignissen wieder schneller aufgesättigt. In Konsequenz nimmt auch der Abfluss zum Gerinne zu, mit der effektivsten Steigerung bei Kahlschlägen [33]. Wälder entlang von Flüssen sind zudem natürliche Retentionsräume bei Hochwassergefahren.

Aus Untersuchungen von *Boyer* und *Kramer* [53], geht hervor, dass nach Abholzung eines Laubwaldes in den USA sich der Oberflächenabfluss von 34 % auf 59 % erhöht hat, und eine verstärkte Erosionstätigkeit einherging. Auch *Eschner* (zitiert in [2]) bestätigt eine Zunahme des Abflusses nach Teilentwaldung durch Sturmwurf im Einzugsgebiet des Sacadaga in den gemäßigten Breiten der USA.

Kahlschlägen können auf den Grundwasserspiegel vor allem auf vernässten Standorten einen großen Einfluss haben. Nach Kahlschlägen steigt aufgrund der fehlenden Transpirationswirkung des Waldes auf den Stand der Vegetationsruhe an und führt zu Veränderungen der natürlichen Stoffkreisläufe und der Bodenstruktur. Die trifft insbesondere für Sommermonate zu, da in dieser Zeit die Transpiration am größten ist. Gerade in steilen Lagen ist der Verzicht auf Kahlschlag zur Eindämmung der Erosion und damit zum Schutz des Waldbodens besonders wichtig [90].

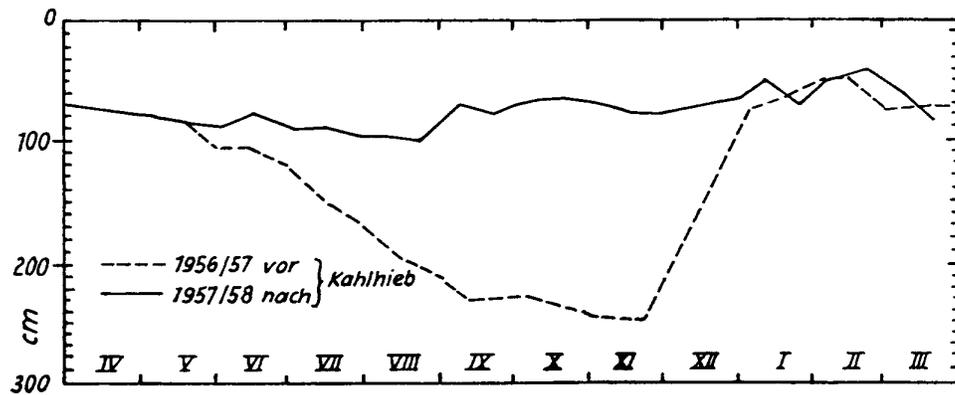


Abbildung 2.5: Veränderungen des Grundwasserspiegels von *Burschel* und *Huss* [90]

Messungen von Stoffvorräten und -flüssen auf seichtgründigen Humuscarbonatböden entlang einer Wuchsreihe Kahlschlag, Kultur und Altbestand zeigen relativ dramatische Effekte. So ist aus den Untersuchungen von *Katzensteiner* [45] ein Gesamtverlust von Kalium durch die Holzernte von bei mehr als einem Drittel des Gesamt-vorrates, die Phosphorentzüge lagen bei weniger als 10 % und der Stickstoffentzug bei etwa 5 % des Vorrates. *Bartsch et al.* [7] berichten ebenfalls von gravierenden Auswirkungen bereits bei relativ kleinskaligen Störungen im Kronenraum von Altbeständen auf die Raten von Stoffumsatzprozessen in Sollingen. In den Lücken von Lochhieben wurden enorm hohe Elementausträge v. a. von Nitrat, basischen Kationen und Schwermetallen festgestellt. Hiebsexperimente in den unteren Lagen des deutschen Mittelgebirges von *Führer* und *Hüser* [26] zeigen jedoch kaum Auswirkungen selbst stärkerer Eingriffe auf die Bioelementausträge. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass diese Befunde nicht ohne weiteres auf andere Standorts- und Bestockungsverhältnisse übertragbar sind, vor allem nicht bei Gebieten mit höherem Wasserumsatz.

Veränderungen der Bodenvegetation oder Regulierungen der Bodendecke bedeuten auch Änderungen im Wasserkreislauf, für den Abfluss und die Verdunstung, die als weitere Größe dem System Wasser entzieht.

Nach *Aulitzky* und *Turner* [3] zeigt sich, dass Einstrahlung und Wärmehaushalt eines Standortes im wesentlichen von der Bestockung abhängt und: „welche Möglichkeiten sich daher dem Forstwirt bieten, um durch entsprechende Beeinflussung der Bestockung optimale kleinklimatische Bedingungen zu erzielen“.

Durch Eingriffe in die Bestandesstruktur und deren Änderung (Bestandesdichte, Kronenstruktur, LAI etc.) durch forstliche Maßnahmen kann das Standortsklima nachhaltig modifiziert werden [65, 30, 32].

Für die Tiefenversickerung ist nach *Mueller* [70] die Baumart unter Wald von enormer Bedeutung. Seine Messreihen (1992-1999) im nordeutschen Tiefland zeigen bei einem durchschnittlichen jährlichen Niederschlag von 633 mm eine Versickerung in die Tiefe unter Buche im Durchschnitt von 123 mm, unter Lärche von 45 mm, unter Douglasie von 41 mm und unter Kiefer von 10 mm. Es kann durch die Baumartenzusammensetzung somit gezielt in den Wasserhaushalt eingegriffen werden.

Zusammenfassung

Der Wald ist für den Wasserhaushalt von entscheidender Bedeutung und wirkt durch all seine Faktoren (Interzeption, Transpiration, Bodendurchwurzelung, Filterwirkung etc.) auf den Wasserabfluss ausgleichend.

Moeschke [68] kommt zu folgender Zusammenfassung :

- Der Wald ist die Landnutzungsform, die sowohl kurzfristig als auch über längere Zeiträume die höchsten Verdunstungsraten aufweist. Dies ist zu einem großen Teil auf Interzeption der hohen benetzbaren Oberfläche der oberirdischen Pflanzenteile und der Bodenstreu zurückzuführen.
- Der durch die Baumkronen strahlungsgeschützte und durch Bodenstreuauflage vor Verdunstung geschützte Waldboden trocknet nicht so schnell wie landwirtschaftlich genutzte Böden aus. Die Bodenverdunstung unter Wald ist vernachlässigbar [23].
- Die hohe Wasserhaltekapazität des Waldbodens ist auf hohe von Baumwurzeln erschlossene Bodenmächtigkeit und Humusgehalte zurückzuführen. Durch das Auffangen der Regentropfen und Brechung ihrer Prallwirkung sowie durch Bedeckung der Bodenoberfläche mit Streu, verhindert der Wald eine Zerschlämmung und Oberflächenverdichtung des Bodens [5].
- Im Vergleich mit anderen Landnutzungsformen werden unter Wald Jahres- und Hochwasserabfluß unbestritten verringert. In der Literatur wird jedoch das Ausmaß dieser Verringerung unterschiedlich bewertet. Der Jahresabfluss aus Waldgebieten wird durch höhere Interzeptionsverdunstung reduziert. Hochwasserspitzen aus bewaldeten Einzugsgebieten können durch anfangsverluste des Niederschlags infolge Interzeption, gute Infiltrationsbedingungen und

durch einen großen Bodenwasserspeicher nach niederschlagsarmen Perioden gedämpft werden.

- Desweiteren kann der Niedrigwasserabfluss einerseits durch die Interzeption und durch die Erschließung tieferer Bodenschichten gemindert und andererseits durch die höhere Bodenwasserhaltekapazitäten der Waldböden in niederschlagsfreien Perioden erhöht werden.

Zusammenfassend kann nun festgehalten werden, dass ein Teil des Niederschlages durch die Vegetation zurückgehalten oder verzögert, gemeinsam mit dem direkten Niederschlag, als Bestandesniederschlag oder Stammabfluss auf den Boden gelangt bzw. durch Verdunstung als Interzeptionsverlust direkt wieder in die Atmosphäre geht.

2.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Waldbauliche Planung beruht auf den gegebenen Ressourcen des Standorts, kalkuliert auf Grundlage der betriebswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen die möglichen Zielvorstellungen und sucht nach geeigneten Verfahren zur Umsetzung der gewählten Zielvorgabe [71]. Mit der Zielvorgabe Wasser- bzw. Hochwasserschutz, an dem ein verstärktes öffentliches Interesse besteht, kommt dem waldbaulichen Handeln ein hohes Maß an Verantwortung zu. Denn Veränderungen im Bestandesgefüge bewirken vielfach auch Änderungen im Wasserhaushalt. So wirken sich Maßnahmen in der Waldwirtschaft sowohl auf die abfließenden Wassermengen, wie auch auf die Wasserqualität bewaldeter Einzugsgebiete aus [33]. So kommt es durch die Bewaldung zu einer Reduktion der Abflussspitzen und des Gesamtabflusses an dem die Baumartenwahl, der Bestandesaufbau und die Struktur modifizierend einwirken können.

Für die Waldbewirtschaftung stellt dies durch die Berücksichtigung und Integration regionaler, lokaler und betrieblicher Zielsetzungen in Hinblick auf eine Mehrzweck - Waldwirtschaft mit dem Schwerpunkt Trinkwasserressourcenschutz und Hochwasservorbeugung eine große Herausforderung dar. Mittels regionaler aber auch betrieblicher Richtlinien können Waldbesitzer vor Ort eine wichtige Entscheidungshilfe („Leitlinie“) für die kurz- bis mittelfristige bestandesindividuelle Waldbauplanung erhalten.

Für zwei Beispielsbetriebe, dem Stadtwald von Waidhofen an der Ybbs sowie der Waldwirtschaftsgemeinschaft Mostviertel West in Amstetten stehen folgende Ziele im Vordergrund:

Ableitung eines funktionsgerechten Zielwaldaufbaues für die repräsentativen Standorte/Waldgesellschaften im Projektsgebiet

Darstellung der Einsatzmöglichkeiten verschiedener Instrumente zur Beschreibung von Waldbeständen

Erarbeitung einer einfachen funktionsorientierten Bewertungsgrundlage für den Waldaufbau

Erarbeitung einer Vorgehensweise zur Feststellung der Funktionserfüllung und zielorientierten waldbaulichen Planung

Erarbeitung waldbaulicher Bewirtschaftungsempfehlungen für die Waldbestände im Aufnahmegebiet als Grundlage für die Bewirtschaftungsrichtlinien

Kapitel 3

Untersuchungsraum

3.1 Kenndaten des Untersuchungsraumes

3.1.1 Geografische Lage

Das ILUP Projektgebiet umfasst auf oberster Ebene das Einzugsgebiet der Ybbs (sh. Abbildung 3.1). Zentraler Planungsraum für die waldbaulichen Aufnahmen ist der Stadtwald von Waidhofen an der Ybbs (Buchen- und der östliche Teil des Schnabelbergs) sowie der Raum um Amstetten.

Das Einzugsgebiet der Ybbs [67] umfasst etwa eine Größe von 1.300 km² und gehört zu den Zentralräumen der Eisenwurzen und des Mostviertels im südwestlichen Niederösterreich. Die Ybbs entspringt in ca. 1.200 m Seehöhe in den nördlichen Kalkalpen (nördliche Abhänge des Ötschers) in der Nähe von Mariazell. Der stark gewundene Flussverlauf der Ybbs legt von seinem Ursprung bis zur Mündung in der Donau (bei Ybbs an der Donau) eine Strecke von rund 140 km zurück und überwindet einen Höhenunterschied von rund 1.000 Metern. Der Fluss trägt von der Quelle bis zur Einmündung des Lunzer Seebachs noch den Namen weiße Ois.

Nach dem Ende des Gemeindegebietes von Lunz am See geht das V-Tal der Ybbs in ein Sohlental über, dass jedoch immer wieder durch Engstellen unterbrochen wird. Im Oberlauf hat sich die Ybbs vielfach bis auf Ablagerungen des Tertiärmeeres eingeschnitten. So fließt sie vor allem im Stadtgebiet von Waidhofen und nördlich davon, im Mittelabschnitt, bis Amstetten - Greinsfurth vielfach zwischen steilen Konglomeratufern bis zu 20 m tiefer als das angrenzende Umland. Im Unterlauf, ab Amstetten verlässt die Ybbs die Steilufer und fließt in ihren Alluvionen ab.

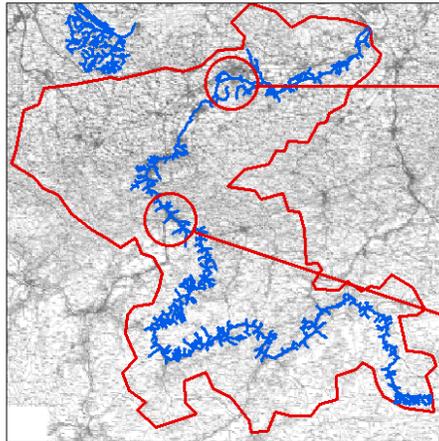
Die Stadt Waidhofen wird von der Ybbs canyonartig durchschnitten. Sie befindet sich im Mostviertel, im südwestlichen Niederösterreich, eingebettet in voralpine Höhenzüge. Die höchste Erhebung des Gemeindegebietes ist der 1.115 m hohe Wetterkogel, die beliebtesten Hausberge sind der Buchenberg (790 m) und der Schnabelberg (958 m). Der Anteil der Waldfläche beträgt rund 44 % [103].

Die Gemeinde Amstetten mit der Bezirkshauptstadt Amstetten und sechs Katastralgemeinden liegt im Südwesten Niederösterreich. Amstetten liegt verkehrsmäßig

an der Westautobahn A1 und der Westbahn.

Übersichtskarte ILUP

ILUP Arbeitsgebiet



Amstetten



Waidhofen an der Ybbs

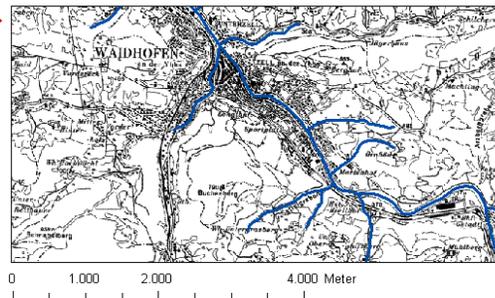


Abbildung 3.1: Links: Einzugsgebiet der Ybbs; Rechts: Waldbauliches Aufnahmegebiet mit dem Raum um Amstetten und den Buchen- und Schnabelberg in Waidhofen an der Ybbs

3.1.2 Geomorphologie

Topographisch liegt der südliche Teil des Untersuchungsraumes in den Ybbstaler Alpen, einer Gebirgsgruppe der Nördlichen Kalkalpen. Im Osten wird dieser Naturraum von der Erlauf begrenzt (Wieselburg bis Mariazell), im Süden von der Salza bis zur Mündung der Enns, im Westen von der österreichischen Eisenstrasse, in die Enns flussabwärts bis Weyer Markt, dem Gaffenzbach flussaufwärts und dem Waidhofenbach flussabwärts bis nach Waidhofen an der Ybbs folgt. Die westliche Grenze verläuft flussabwärts bis Amstetten. Im Norden verläuft die Grenze im Alpenvorland entlang der Ybbs bis Blindenmarkt und Wieselburg. Geologisch bestehen die Ybbstaler Alpen im südlichen Teil aus Karbonatgestein der Trias der ostalpinen Decke, nördlich davon aus Flysch-Sandstein und Mergel der helvetischen Decke und der Lößdecke des Alpenvorlandes. Der geologische Aufbau des Untersuchungsraumes wird von der Molasse, dem schmalen Band des Helvetikums, der Flyschzone und Teilen der Nördlichen Kalkalpen geprägt. Die anschließende Gliederung erfolgt von Nord nach Süd.

Die Molasse Ostösterreichs

Als landschaftlich sehr anmutiges flachwelliges Hügelland trennt die Molassezone Ostösterreichs die strengen Höhen des Böhmisches Massivs von den nordwärts drängenden Bergketten der Alpen. Der Südrand des Mühl- und Waldviertels vermittelt noch das einstige Küstenland der Äußeren Molasse. Alpenseitig dagegen sind die benachbarten Ablagerungsbereiche von Zentraler und Innerer Molasse durch wiederholte Krustenreduktionen entweder heute überschoben oder überhaupt verloren gegangen. Die Molasse liegt zwischen der Böhmisches Masse im Norden und der Flyschzone im Süden und erstreckt sich von Salzach und Inn im Westen bis zur Thaya im Nordosten [76]. Die Breite der Molassezone wechselt stark, indem sie in Oberösterreich auf der Höhe von Braunau ungefähr 60 km breit ist, bei Amstetten sich jedoch auf kaum 10 km verschmälert um im östlichen Teil wieder 25 bis 30 km zu erreichen. Durch die alpidische Gebirgsbildung ist es zu einer bedeutenden Überschiebung der Alpen und Karpaten auf die Molasse und damit zu einer weitgehenden Einengung des Molassetroges gekommen. Der einstige Süd- bzw. Ostrand liegt unter den Alpen bzw. Karpaten begraben. Dies ist durch Tiefbohrungen bestätigt worden, nachdem bereits Molassefenster in der Flyschzone und die gegen Süden zunehmende Mächtigkeit der Molassesedimente dies vermuten ließen [92].

Nach *Fuchs* [25] kann man, da der Molassetrog im Laufe der Alpenentwicklung immer mehr gegen das variszische Grundgebirge vorverlegt wurde, von Nord nach Süd drei Molasseabschnitte unterscheiden. Die ungestörte und gestörte Äußere Molasse, die auch als autochthone Molasse oder Vorfaltungszonen bezeichnet wird. Daran schließen die Äußere Zentrale und Innere Zentrale Molasse an, gefolgt von der völlig begrabenen Inneren Molasse. Der Gesteinsaufbau der Molasse wird im wesentlichen von vorwiegend bis zu 5.000 m mächtigen Abfolgen mariner z. T. auch brackischen oder im Süßwasser entstandenen Ablagerungen des Obereozäns bis zum jüngeren Miozäns gebildet. Überwiegend bestehen diese aus den Abtragungsprodukten älterer Gesteine des in Hebung begriffenen Alpenkörpers im Süden und zum geringen Teil auch der Böhmisches Masse. Schotter, Sande, Mergel, Konglomerate, Kalksandsteine und Tone wurden in unterschiedlichen Sedimentationsräumen abgelagert. Typisch für die Molasse ist der Schlier, ein mergeliger meist feinsandiger Schluff. Innerhalb der Sedimente kann man zwischen küstennahen Konglomeraten, Schottern und Sanden sowie küstenfernen Schlier und Tonmergel unterscheiden [92]. Die Landschaften des Alpenvorlandes heben sich durch sanfte, hügelige Geländeformen von ihrer Umgebung ab. Weite Flächen sind durch eiszeitliche Lockersedimente überdeckt, so vor allem im Umfeld der Donau und ihrer geröllreichen Zubringerflüsse aus den Alpen [55].

Das Helvetikum

Die in der Schweiz breit entwickelte Helvetische Zone mit Sedimentgesteinen eines seichten Schelfmeeres setzt sich am Nordrand der Ostalpen fort. Gegen Osten wird sie zusehends schmaler und ist in den Nordrand der Ostalpen eingebaut. Im Bre-

genzer Wald noch breit ist sie in Oberbayern und Salzburg in Form eines schmalen, mehrfach unterbrochenen Bandes vorhanden und tritt in Oberösterreich nur mehr in streifenmäßigen Aufbrüchen innerhalb der Flyschzone zutage. In Niederösterreich ist sie durch die Grestener Klippenzone mit Brackwasser- und Flachmeerablagerungen der Jura- bis Eozänzeit repräsentiert [55].

Die Flyschzone

Die Flyschzone erstreckt sich als eine aus vorwiegend aus Sandstein und Mergeln aufgebaute Zone mit wechselnder Breite in West - Ost - Richtung und ist deutlich abgesetzt durch weichere Geländeformen mit Hügelland - Charakter mit schweren zur Pseudovergleyung neigenden oder auch schwach sauren Böden und milderem Gebirgsklima. Südlich der Donau wird die Flyschzone im Norden von der Molassezone, im Süden von den nördlichen Kalkalpen begrenzt. Nördlich der Donau schiebt sich die Waschberg - Zone zwischen Molasse und Flysch und bildet dessen Nordwestgrenze.

Sämtliche Grenzlinien sind ausschließlich tektonischer Art, indem der Flysch auf die Molasse bzw. die Waschbergzone, die nördlichen Kalkalpen auf den Flysch überschoben sind [92]. Im Verlauf der alpinen Gebirgsbildung wurden die Gesteine der Flyschzone nach Norden auf das Helvetikum überschoben und anschließend selbst von den Kalkalpen überfahren. Der Flysch wird aus einer Folge von Sandsteinen, Tonen und Mergeln bzw. Mergelkalken aufgebaut. Seine Sedimente sind ausschließlich Meeresablagerungen. Kennzeichnend für die Flyschzone ist, als Folge der geringen Wasserdurchlässigkeit der Flyschsedimente, die nach Niederschlägen rasch anschwellenden Gewässer, sowie Nassgallen und das Hangrutschen [92].

Nördöstliche Kalkalpen

Die nördlichen Kalkalpen hängen sowohl physisch-geografisch wie hinsichtlich Klima und verkehr eng mit der nördlich vorgelagerten Flyschzone und dem Alpenostrand zusammen [108].

3.1.3 Klima des Untersuchungsgebietes

In Anlehnung an die Unterteilung Österreichs in 9 Klimaräume nach *Harflinger* und *Kness* [34], liegt das Aufnahmegebiet im Klimaraum Nordalpiner Bereich. Dieses Gebiet ist charakterisiert durch folgende Eigenschaften: Abnahme des ozeanischen Klimaeinflusses von West nach Ost, das Niederschlagsregime wird durch die Entfernung und Höhe der Gebirgsketten und der Orographie der Hauptanströmrichtung der Luftmassen bestimmt, im langjährigen Mittel treten je nach Höhenlage Niederschlagswerte zwischen 1.000 und 2.000 mm auf. Regional können im Alpenvorland Niederschlagswerte unter 800 mm auftreten, vor allem im Übergangsbereich zum Pannonikum. Niederschlagsreichste Regionen sind die Eisenwurzten und das Salzkammergut (≥ 2.000 mm) Alpenvorland (Periode 1961-1990): Jahresmitteltempe-

ratur zw. $+8$ und $+10^{\circ}\text{C}$, Mittlere Wintertemperatur zw. -10 und $+5^{\circ}\text{C}$, Mittlere Vegetationstage 225 bis 245 (Abbildung 3.2). Es kann von einem feuchten bis sehr feuchten sommerregenreichen Klima von mitteleuropäischen Typ mit durch ausgeglichene thermische Verhältnisse relativ ozeanischem Charakter gesprochen werden [108].

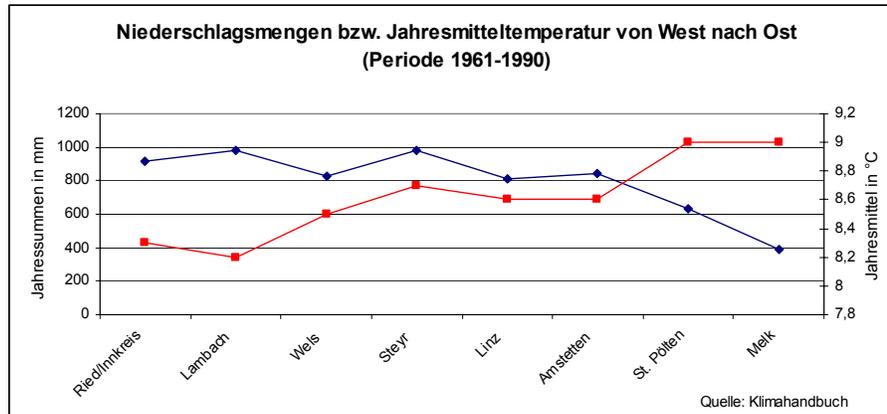


Abbildung 3.2: Jahressummen der Niederschlagsmengen (mm) und Jahresmitteltemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) für die Stationen in Ober- und Niederösterreich; [34]

3.1.4 Natürliche Waldgesellschaften

Die Untersuchungsflächen liegen im Bereich der Hauptwuchsgebiete 7 und 4 nach der Naturraumgliederung der FBVA nach *Kilian et al.* [46] (Abbildung 3.3). Dabei befinden sich die zwei Untersuchungsgebiete in den Wuchsgebieten 7.2 Nördliches Alpenvorland - Ostteil (Waidhofen) und 4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil (Raum Amstetten). Die anschließende Charakterisierung der Wuchsgebiete beschränkt sich auf die zwei Aufnahmegebiete.

Hauptwuchsgebiet 7 - Nördliches Alpenvorland

Dieses Gebiet weist folgende Merkmale auf:

Das Klima ist subozeanisch mit einem allmählichen West- Ost verlaufenden Gradienten mit abnehmenden Niederschlägen und zunehmender Wärme. Den geologischen Untergrund bilden tertiäre Sedimente und eiszeitliche Schotterterrassen z. T. mit Löß bedeckt. Als Bodentyp herrscht auf vergleichbarem Substrat im Westen Pseudogley im Osten Parabraunerde vor. Das Wuchsgebiet gliedert sich in ein, mit der tiefer liegenden Traun-Enns-Platte und dem Eferdinger Becken milderes, weniger niederschlagreiches östliches Wuchsgebiet und in ein kühl - humides westliches Wuchsgebiet. Das westliche Wuchsgebiet liegt vornehmlich in der submontanen Stu-



Abbildung 3.3: Die forstlichen Wuchsgebiete [46]

fe, das östliche in der kollinen. Die Ostgrenze des Hauptwuchsgebietes 7 ist mit der Verbreitung des Tschernosoms definiert.

- Wuchsgebiet 7.2: Nördliches Alpenvorland Ostteil

Dieses Wuchsgebiet ist der mildere, niederschlagsärmere Teil des Alpenvorlandes. Die Niederschlagssummen schwanken zwischen 600 und 1.000 mm. Westliche und alpenrandnahe Gebiete sowie das höher gelegene Hügelland zwischen Enns- und Ybbstal sind niederschlagsreicher.

Geomorphologisch besteht das Gebiet aus Hügelland und Terrassenfluren, dessen Untergrund tertiäre Sedimente bilden. Lokal treten kleinere Inseln aus Flysch zutage oder es reicht sogar der kristalline Untergrund an die Oberfläche. Als Bodentypen herrschen Pseudogley und pseudovergleyte Braunerde auf Tertiär sowie bindige Braunerde auf Löß vor. Das klimatische Ost-West-Gefälle kommt auch in der Bodenbildung zum Ausdruck: Braunerden und Parabraunerden liegen eher im Osten, Pseudogley vorwiegend im Westen. Weiter treten noch Pararendsina und leichte Braunerden auf jungen Terrassenschottern in den Vordergrund. Auf anstehendem Silikatgestein sind Felsbraunerden relativ weit verbreitet. Natürliche Waldgesellschaften: Wie auch im Wuchsgebiet 7.1 überwiegen hier nährstoffreiche, leistungsfähige Laubwaldstandorte, die aber durch Ersatzgesellschaften von Fichte (Rötföhre) abgelöst wurden. In der kollinen Stufe ist der Stieleichen-Hainbuchenwald vorherrschend, submontan mit Buche an wärmebegünstigten Standorten. In der submontanen Stufe kommt der Buchenwald mit Tanne (Edellaubbaumarten, Stieleiche) vor.

Hauptwuchsgebiet 4 - Nördliche Randalpen

Dieses Gebiet weist folgende Merkmale auf:

Kühles, humides mitteleuropäisches Klima mit häufigen, lang andauernden Stau-
regen, jedoch mit geringerer Intensität als in den Südalpen. Klimatisch umfasst
dieses Gebiet einen beachtlichen West- Ost Gradienten, der zur Wuchsgebietsglie-
derung herangezogen wurde. Geomorphologisch erstreckt sich dieser Raum über zwei
sehr unterschiedliche Zonen, die Flyschzone und Kalkalpen, deren Bodenunterschie-
de sehr markant sind. In diesem Gebiet liegt das nordalpidische Optimum.

- Wuchsgebiet 4.2: Nördliche Randalpen Ostteil

Es herrscht ein humides Stauklima mit merklich geringeren Niederschlagswerten
als im westlichen Wuchsgebiet 4.1 (sub- bis tiefmontan 1.000 - 1.700 mm, hoch-
montan - subalpin 1.100 - 1.900 mm) und zwei Niederschlagsmaxima im Sommer
und Winter vor. Ebenfalls treten gegenüber dem Westteil etwas kältere Winter und
wärmere Sommer auf.

Das Hochgebirge besteht fast ausschließlich aus Kalk und Dolomit. Am Nordrand
liegt ein schmales, nach Osten zu breiter werdendes Band aus Flyschgesteinen. Es
handelt sich um Mittelgebirge mit Gipfel im Osten unter 900 m.

In der Flyschzone (der Anteil der Waldfläche des Wuchsgebietes beträgt rund 20
%) dominiert als Bodentypen Pseudogley und Gley; Kalkbraunlehmartige Böden
treten demgegenüber deutlich zurück. Untergeordnet vorhanden sind Rendsina und
Pararendsina. Häufiger trifft man noch auf silikatisch, saure Böden. Die Kalkalpen
werden fast ausschließlich von Kalkböden beherrscht, mit einer stärkeren Dominanz
von Rendsina und Braunlehm-Rendsina.

Natürliche Waldgesellschaften: Typisches Fichten-Tannen-Buchenwaldgebiet. Gegen-
über dem Wuchsgebiet 4.1 kommt es verstärkt zum Auftreten von Rotföhrenwäldern
auf Dolomit. Die östliche Grenze des Wuchsgebietes wird von der Verbreitungs-
grenze der Tanne der tief-/submontanen Stufe festgelegt. An wärmebegünstigten
Hängen am Alpenrand kommt der Stieleichen-Hainbuchenwald vor. In der submon-
tanen und tiefmontanen Stufe Buchenwald mit Beimischung von Tanne, Bergahorn,
Esche. Der Fichten-Tannen-Buchenwald ist in der mittel- bis hochmontanen Stufe
Leitgesellschaft.

Kapitel 4

Material und Methoden

4.1 Untersuchungsgebiet

4.1.1 Flächenauswahl

Das Untersuchungsgebiet konzentriert sich auf das Einzugsgebiet der Ybbs in den Vorbergen und dem Hügelland. Die waldbaulichen Aufnahmen fanden in den Bezirken Waidhofen an der Ybbs (im Stadtwald von Waidhofen am Buchen- und Schnabelberg)(Abbildung 4.1) und im Raum Amstetten (Waldwirtschaftsgemeinschaft Mostviertel-West) (Abbildung 4.1) statt.

Vom Aufnahmegebiet Waidhofen breitet sich gegen Norden das Alpenvorland aus, im Süden erheben sich die Voralpen mit Höhen bis zu 900 m. Der Buchenberg ist seit 1980 Erholungswald und beherbergt auch seit 1987 einen Naturpark. An seinen Flanken liegt die Stadt Waidhofen, die von der Ybbs durchschnitten wird. Der Schnabelberg umgrenzt die Stadt im Südwesten. Die Gesamtfläche des Stadtwaldes beträgt rund 400 ha.

Die WWG Mostviertel-West ist eine von insgesamt 69 Waldwirtschaftsgemeinschaften in Niederösterreich, deren Dachorganisation der Waldverband Niederösterreich ist. Für die Erhebungen wurden fünf Besitzflächen der WWG bei den Besitzern Hirsch, Wagner, Litzlackner, Untersmayer und dem Stadtwald Amstetten ausgewählt. Die Waldflächen von Herrn Hirsch und Wagner liegen in Oed im Nahbereich der Westautobahn, der Stadtwald von Amstetten sowie die Besitzfläche von Herrn Litzlackner liegen im Nordwesten von Amstetten und die Waldfläche von Herrn Untersmayer liegt im Ybbsfeld bei Leutzmannsdorf (Abbildung).

1. Hirsch: Waldfläche von 4,0 ha
2. Wagner: Waldfläche von 7,3 ha
3. Litzlackner: Waldfläche von 12,33 ha
4. Untersmayer: Waldfläche von 59,3 ha

5. Stadtwald Waidhofen: Waldfläche von 10 ha

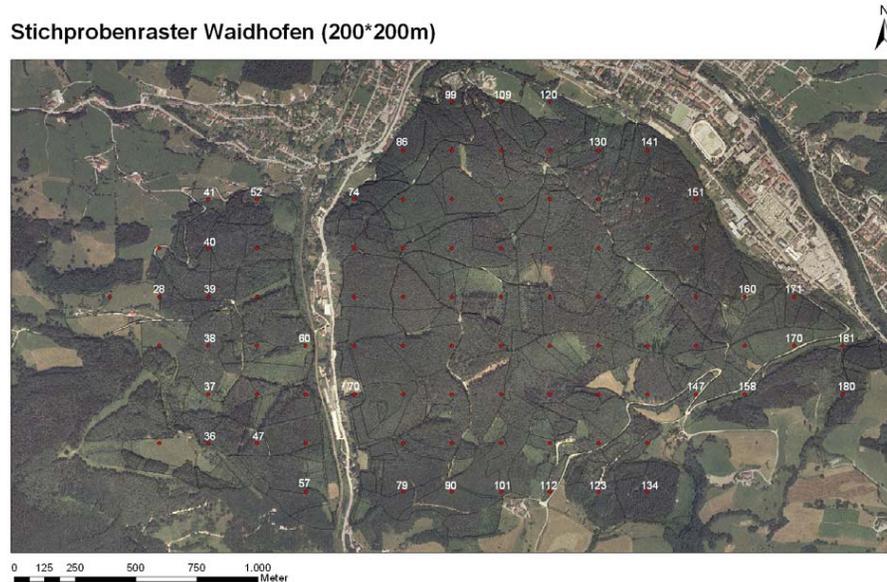


Abbildung 4.1: Aufnahmegebiet Buchen- und Schnabelberg (Rasterweite des Stichprobennetzes 200 m mal 200 m)

4.1.2 Aufnahmezeitraum

Die ersten Begehungen der Projektgebiete wurden bereits im Jahr 2004 unternommen. Der Start der Geländearbeiten erfolgte im April 2005 in Waidhofen an der Ybbs am Buchenberg und wurden Mitte Juni beendet. Für die Untersuchungsflächen der WWG Mostviertel-West, deren Waldflächen die zweite Untersuchungseinheit darstellen, wurde mit den Außenaufnahmen im Juli begonnen und Ende August beendet. Am Buchen- und Schnabelberg wurden insgesamt 85 Stichprobenpunkte aufgenommen in der Waldwirtschaftsgemeinschaft West insgesamt 94 Punkte.

4.1.3 Aufnahme der Bestandesparameter

Vor Beginn der Aufnahmen im Gelände, wurden die Aufnahmeparameter für die waldhydrologischen Untersuchungen festgelegt.

Allgemeine Flächenmerkmale

Aufgenommen wurden:

- *Flächenidentifikation*: Name/Adresse des Besitzers, Datum der Aufnahme

Aufnahmeflächen WWG-West (100*100m)



Übersichtskarten

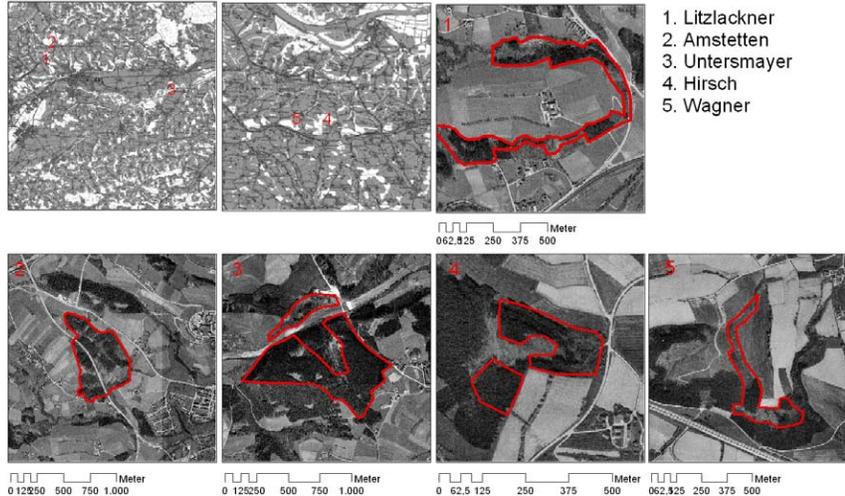


Abbildung 4.2: Aufnahmegebiet Waldwirtschaftsgemeinschaft Mostviertel West (Rasterweite des Stichprobennetzes 100 m mal 100 m)

- *Abteilung bzw. Unterabteilung*: Codierung nach Forstoperaten
- *Seehöhe*: aus der ÖK 1:25.000
- *Hangneigung*: Aufgenommen mittels Suunto-Gefällsmesser. Angaben in 5-Grad Stufen
- *Exposition*: Angaben in acht Himmelsrichtungen (N, NO, O, SO, S, SW, W und NW) sowie Eben
- *Punktkoordinaten*: Mittels Hand GPS-Gerät Garmin (GPSMAP 60CS) (BMNR- und BMNH-Wert)
- *Handskizze*: Anfertigung einer Skizze der Aufnahmeumgebung

Taxative Bestandesansprache

Taxativ (auf Schätzung beruhend) wurden auf einer Fläche um den Stichprobenpunkt von 1000 m² folgende Merkmale angesprochen:

- Deckung der Naturverjüngung und Bodenvegetation
- Mischungsform Jungwuchs
- Alter bzw. Altersstruktur
- Schäden im Bestand (Schältschäden, Rückeschäden, Steinschlag ...)

4.1.4 Messung der Einzelbaumparameter

Für die Ansprache der Einzelbaumparameter [107, 52, 28] wurden folgende Merkmale erhoben:

1. *Baumart*: Von jedem stichprobenmäßig erfassten Baum wurde die Baumart nach botanischen Namen angesprochen und mit Abkürzungen auf den Formblättern in eine entsprechende Position eingetragen. (siehe Anhang A)
2. *Höhenmessung*: Die Totalhöhe ist die Höhe des Baumes vom Fußpunkt bis zum Wipfel bei senkrechter Ablotung. Schräg stehende Bäume wurden seitlich anvisiert um Über- und Unterschätzungen zu vermeiden. Durch die umfangreichen Außenarbeiten müssten die Baumhöhen auch im belaubten Zustand gemessen werden. Bei den Laubbäumen mit weit ausladender Krone wurde diese nicht tangential anvisiert, sondern der Wipfel der im Inneren der Krone erscheint. Für die Verjüngungsaufnahme (Probekreis 1: 20 cm bis 130 cm Höhe) erfolgte die Höhenmessung mittels einer Messlatte (Fluchtstange) in 5 cm Schritten, bei allen anderen Bäumen die in das Aufnahmeverfahren fielen erfolgte die Höhenmessung mittels VERTEX der Firma HAGLÖF. Bei der Hase und den Stockausschlägen wurde nur die Höhe des Individuums mit dem mittleren BHD gemessen. Bei Bäumen mit Wipfelbruch sowie bei der Totholzansprache erfolgte nur die Messung des Durchmessers. Um gerätebedingte Fehler zu vermeiden wurden öfters Referenzmessungen vorgenommen.
3. *Primärkronenansatz*: Für die Messung des Kronenansatzes wurden die gleichen Verfahren wie für die Baumhöhe eingesetzt. Für das Nadelholz wurde als Primärkronenansatz der unterste Quirl mit drei grünen Ästen und beim Laubholz der Ansatz des ersten Primärastes verstanden.
4. *Durchmessermessung*: Der Baumdurchmesser ist eine relativ leicht messbare Größe. Der Durchmesser der Bäume wurde in Brusthöhe, d.h. in 1,3 m Höhe über dem Boden, gemessen. Infolge des quadratischen Einflusses auf die Grundfläche wurde die Brusthöhdurchmessermessung besonders sorgfältig durchgeführt. Die Brusthöhe wurde mit einem Stock mit einer 1.30 m Markierung aufgenommen. Als Messinstrument diente das Umfangmessband (II-Band). Bei geneigtem Gelände erfolgte die Messung bergseitig. Traten Unregelmäßigkeiten, wie Missbildungen, Stammwunden, Äste etc. auf, erfolgte die Herleitung des BHDs aus anderen Durchmesserhöhen. Bei kleineren Durchmessern (Probekreis 2: 0,1 cm - 8 cm BHD) erfolgte die Messung des BHD's zusätzlich mit der Schublehre.
5. *Kronenüberschirmungsgrad*: Der Kronenüberschirmungsgrad, eine ähnliche Größe wie der Deckungsgrad ist definiert als der Quotient aus der Summe der ganzen Kronenprojektionen, die sich bei vorliegen der Kronenbreite herleitet, aller Bäume eines Bestandes oder Bestandesfläche. Im Gegensatz zum Deckungsgrad kann der Überschirmungsgrad den Wert von 1.0 manchmal sehr deutlich

überschreiten und in stufigen Beständen 2.0 oder mehr erreichen [88]. Für die Berechnung der Kronenbreite (KB), die zur Herleitung des Überschirmungsgrades (UB) dient, wurden die beiden Formeln aus eigenen Erhebungen und Literaturrecherchen für das Laub(KB_{LH})- und Nadelholz(KB_{NH}) verwendet:

$$KB_{LH} = 2 * \frac{(7,28 + 0,86 * BHD)}{10} \quad (4.1)$$

und

$$KB_{NH} = 2 * \frac{(5,24 + 0,66 * BHD)}{10} \quad (4.2)$$

herangezogen. Die Kluppschwelle lag bei einem BHD von ≥ 8 cm.

6. *Totholzansprache*: Die Totholzansprache erfolgte für stehende und liegende Bäume. Aufgenommen wurde die Baumart (wenn möglich), der BHD und verschiedene Zersetzungsgrade. Liegende Stammteile, starke Äste und schwaches Totholz (Reisig, Zweige) wurden bei den Aufnahmen nicht berücksichtigt.

	Stehend	schief	liegend	Kronenzustand
lebend	111	121	131	vital
absterbend	212	222	232	absterbend
tot	313	323	333	tot

Tabelle 4.1: Ansprache des Zustandes der Baumarten

7. *Schäden*: In die Aufnahmen der Bestandesparameter ging auch die Ansprache von Schäden (Wipfelbruch, Rückeschäden, Ernteschäden etc.) ein.

4.2 Stichprobendesign

4.2.1 Allgemein

Für die Berechnung der ertragskundlichen Parameter sowie für die Beschreibung der räumlichen Struktur wurde eine Kombination aus drei Aufnahmeverfahren angewandt. Für die Berechnung des Vorrates, der Grundfläche und der Stammzahlverteilung sowie der BHD- und Höhenverteilung wurde einerseits die „Winkelzählprobe“ und der „Fixe Probekreis“ in das Aufnahmedesign einbezogen. Für die Berechnung der Größen Durchmischung, Durchmesser differenzierung, Umgebungsmaß und Baum-Baum-Abstand wurde das Inventurverfahren der „Strukturellen Vierergruppe“ nach *Füldner* [27], das auf Nachbarschaftsbeziehungen beruht verwendet.

„Fixer Probekreis“

Er ist die älteste Form der Stichprobenelemente der Forstwirtschaft. Um jeden Rasterpunkt wird ein Kreis definierter Fläche gelegt und alle Bäume, die in den Probekreis fallen werden gemessen. Die Auswertung des Probekreises erfolgt im Prinzip wie die Auswertung einer Vollaufnahme [91]. Wichtig sind dabei Größe, Umfang und Verteilung der Probeflächen [1]. Die Aufnahme von Probeflächen mit konstanter Größe ist besonders einfach, da lediglich zur Vermeidung einseitiger Fehler, zweifelhafte Grenzbäume durch Distanzmessung zum Probeflächen-Mittelpunkt kontrolliert werden müssen [80].

Für Verjüngungsinventuren werden jedoch meist sehr kleine Probeflächen mit 0,5-2 m Radius vorgeschlagen [107], wobei für die letztendliche Aufnahmegröße die vorhandene Bestandesdichte ausschlaggebend ist. Für die Aufnahmen der Probeflächen wurden vier konzentrische Kreise unterschiedlicher Größe um einen Mittelpunkt gelegt. Innerhalb der ersten Kreisfläche (Größe 6,25 m²) wurden alle Bäume von 0,2 cm bis 1,3 m Höhe aufgenommen. Für den zweiten, dritten und vierten Probekreis (12,0 m², 125 m² und 250 m²) wurden die Kluppschwelle für die Aufnahmekandidaten bei 0,1-7,9 cm BHD, 8,0-15,9 cm BHD und ≥ 16 cm BHD definiert. Der Mittelpunkt wurde mit Holzpflocken dauerhaft markiert. Von einem beliebigen Startpunkt wurden dann alle Bäume innerhalb des Kreises nach den oben beschriebenen Merkmalen im Uhrzeigersinn aufgenommen. Bei hoher Pflanzendichte erfolgte für eine bessere Orientierung auf der Fläche eine Einteilung in Segmente, die ebenfalls mit Fluchtstangen erfolgte.

„Winkelzählprobe“ (WZP)

Als weiteres Aufnahmeverfahren diente die Winkelzählprobe (WZP). Ihr Vorteil liegt besonders bei der Schätzung der Grundfläche pro ha und der Vorratsermittlung, und eignet sich deshalb besonders bei Aufnahmeverfahren von Forstinventuren. Des weiteren wird sie noch für die BHD-Verteilung und Stammzahl pro ha verwendet, wo sie jedoch eingeschränkt verlässlich ist.

Das geometrische Grundprinzip der WZP ist relativ einfach: Man visiert über einen Stab mit der Länge l , an dem ein Meßblättchen der Breite b befestigt ist, alle im Umkreis stehenden Bäume an, erscheint der Brusthöhenquerschnitt eines Baumes breiter als das Meßblättchen, zählt der Baum als Probebaum [107]. Die Tatsache ob ein Baum schmaler oder breiter als das Meßblättchen erscheint hängt einerseits davon ab, wie stark der Baum ist, andererseits, wie weit er vom Probepunkt entfernt ist. Die Wahrscheinlichkeit für einen Baum mit einem Probepunkt assoziiert zu werden, ist also Grundflächen proportional.

Als Zählerfaktor (k) mit dem die Anzahl der gezählten Bäume multipliziert werden muss, um die Grundfläche pro ha zu erhalten (ähnlich wie bei der Probefläche durch die Wahl einer Probenflächengröße) wurde $k=4$ genommen. Als Meßinstrument diente das Spiegelrelaskop.

„Strukturelle Vierergruppe“

Die Beschreibung von Bestandesstrukturen gewinnt mit der Vielfalt an den Wald herangetragener Erwartungen immer mehr an Bedeutung. Mit dem Ziel möglichst standortsgerechte naturnahe Mischwälder zu begründen die reich an horizontaler und vertikaler Struktur sind, sind Bestandesbeschreibungen die nur auf Normalwaldmodellen beruhen für die Zustandsbeschreibung der Wälder und die Planung von waldbaulichen Maßnahmen nicht mehr alleine geeignet [60]. Des weiteren sind sie ein wichtiges Element für die Naturwalddokumentation, den Fragestellungen ökologischer Belange und stellen auch eine Grundlage für forstpolitische Entscheidungen dar. Mit der zusätzlichen Erfassung und Darstellung der Artenvielfalt (Diversität) dienen Ergebnisse von Strukturuntersuchungen häufig als Basis weiterer Untersuchungen.

Die räumliche Struktur übt einen wesentlichen Einfluss auf das Wachstum des Einzelbaumes aus [82]. Mit Hilfe numerischer Strukturbeschreibung kann auch ein besseres Verständnis des Baumwachstums ermöglicht werden [81].

Für die stichprobenbasierte Bestandaufnahme der Beispielflächen wurden Variablen der nach *Füldner* [27] vorgestellten Aufnahmemethode der „Strukturellen Vierergruppe“ berechnet. Dazu wurden auf jedem Stichprobenpunkt der jeweils nächststehende Baum als Bezugsbaum ausgewählt. Dieser Bezugsbaum wurde in Bezug zu seinen drei nächsten Nachbarn auf seine Durchmischung (M_i) [29], seine Durchmesserdifferenzierung (TD_i) [29], sein Umgebungsmaß (U_i) [43] und seinen Baum-Baum-Abstand (BA_i) [80] erfasst. Die Indices wurden jeweils für die Bäume von „Interesse“ [80] berechnet, die Kluppschwelle lag bei einem BHD von ≥ 4 cm. Artspezifische Auswertungen erfolgten an den „bestandebildenden“ (häufigsten Baumarten nach ihrer Überschilderung) Baumarten Fichte, Buche und Esche.

Beschreibung der Strukturparameter [29, 27, 85, 43, 80]:

1. Artendurchmischung (M_i): Die Artendurchmischung beschreibt die räumliche Verteilung der Baumarten in einem Bestand und ist definiert als Anteil artfremder Nachbarn des i -ten Baumes. Sind die Nachbarn unterschiedlicher Art beträgt der Durchmischungswert 1, gehören sie derselben Art an ist ihr Wert 0. Nach *Füldner* [27] ist die Durchmischung somit „die Wahrscheinlichkeit, dass ein beliebiger Baum einen Baum einer anderen Art als nächsten Nachbarn besitzt“.

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad (4.3)$$

in der Formel (4.3) bezeichnet

$m_{ij} = 0$, falls Nachbar j derselben Art angehört, sonst $m_{ij} = 1$;

$n =$ Anzahl der Nachbarn;

$i =$ Null- oder Bezugsbaum;

$j =$ Nachbar von i .

Für die „Strukturelle Vierergruppe“ ($n = 3$) kann M_i nun folgende Werte annehmen:

- (a) 0,00 alle Bäume gehören derselben Art an
- (b) 0,33 ein Nachbar des Nullbaumes gehört einer anderen Art an
- (c) 0,67 zwei Nachbarn des Nullbaumes gehören einer anderen Art an
- (d) 1,00 alle Nachbarn des Nullbaumes gehören einer anderen Art an

Die Darstellung erfolgt als relative Häufigkeitsverteilung für die Stichprobenpunkte und artspezifisch für die beiden Baumarten Fichte und Esche und zusätzlich noch für die Buche im Stadtwald Waidhofen.

2. Durchmesserdifferenzierung (TD_i): Die Durchmesserdifferenzierung ist ein Maß für den Dimensionsunterschied benachbarter Bäume und beschreibt somit die räumliche Verteilung von Baumdimensionen in einem Waldbestand und ist für ($n = 3$) wie folgt definiert:

$$TD_i = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\min(BHD_i, BHD_j)}{\max(BHD_i, BHD_j)} \quad (4.4)$$

mit:

$BHD_i =$ BHD des Bezugsbaums i ;

$BHD_j =$ BHD der Nachbarn j ;

n, i, j analog zu Formel (4.3)

Sie ist ein Maß für das Verhältnis des dünneren zum dickeren Brusthöhen-durchmesser von zwei benachbarten Bäumen, subtrahiert von 1. Dieser Index liefert aber keine Information darüber, ob der Bezugsbaum oder der Nachbarbaum die größere Dimension aufweist. Eine Differenzierung von Null bedeutet, dass die benachbarten Bäume genau dieselbe Dimension aufweisen. Je größer die TD-Werte werden, desto größer ist der Dimensionsunterschied der betrachteten Bäume. Er nähert sich 1 an, wenn ein Baum unendlich groß und der andere unendlich klein ist ($0 \geq TD \leq 1$).

Zur Interpretation von TD_i kann nun folgender Rahmen dienen [27]:

- (a) Schwache Differenzierung: umfasst die Stufe von 0,0 - 0,3; der schwächere Baum weist eine Dimension von 70 % oder mehr des stärksten Baumes auf. Beide dürften in der Regel derselben Baumklasse angehören.

- (b) Mittlere Differenzierung: umfasst die Stufe von 0,31 - 0,5; der schwächere Baum weist eine Dimension von 50-70 % des stärkeren Baumes auf. Die Bäume fallen meist in dieselbe Baumklasse.
- (c) Starke Differenzierung: umfasst die Stufe von 0,51 - 0,7; der schwächere Baum weist eine Dimension von 30-50 % des stärkeren Baumes auf. Die Bäume fallen meist nicht in dieselbe Baumklasse.
- (d) Sehr starke Differenzierung: umfasst die Stufe 0,71 - 1,0; der schwächere Baum weist eine Dimension von weniger als 30 % des stärkeren Baumes auf. Die Bäume fallen in der Regel in unterschiedliche Baumklassen.

Der Vergleich zwischen dem betrachteten Baum und seinen Nachbarn erfolgt paarweise, so dass immer drei Werte pro Struktureller Vierergruppe entstehen. Für die Auswertung der Ergebnisse werden für die Charakterisierung der Differenzierungsverteilung somit die drei gemittelten Lageparameter TD_i1 , TD_i2 und TD_i3 verwendet, sowie der Bestandesmittelwert \overline{TD} . Der TD_i1 -Wert, der Vergleich zwischen Nullbaum und seinem ersten Nachbar, ist für alle Bestände ein durchaus aussagekräftiger Wert, da dieser innerhalb der Strukturellen Vierergruppe aus Gründen der inter- bzw. intraspezifischen Konkurrenz besonders groß ist. Denn bei zwei unmittelbar benachbarten Baumindividuen wird zwangsläufig einer von beiden über den anderen herrschen, was sich natürlich auf die Dimension auswirkt [80]. Die Differenzierung wird für die Stichprobepunkte mit den Mittelwerten angegeben, für die artspezifische Betrachtung erfolgt eine Einteilung für die Fichte, Esche und Buche.

3. Umgebungsmaß (U_i): Als weitere Kenngröße zur Charakterisierung der Bestandesstruktur wurde das Umgebungsmaß U_i [43] herangezogen, das eine Ergänzung zur Differenzierung darstellt. Es beschreibt den relativen Größenvergleich des Nullbaumes zu seinen drei nächsten Nachbarn. Der Vorteil des Umgebungsmaßes gegenüber der Differenzierung liegt nach *Hui et al.* [43], das bekannt ist, ob der Nullbaum oder die Nachbarn die größeren Dimensionen aufweisen. Das Umgebungsmaß ist nun definiert, als Anteil der n betrachteten Nachbarn, die eine größere Dimension aufweisen als der Bezugsbaum:

$$U_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{ij} \quad (4.5)$$

mit:

$k_{ij} = 0$, falls $j < i$, sonst $k_{ij} = 1$
 $n, i, j =$, analog zu Formel (4.3) und (4.4)

Für die Strukturelle Vierergruppe lassen sich bei $n=3$ die U_i - Werte wie folgt aufgliedern:

- (a) Wertestufe 0: Nullbaum ist von Nachbarn mit geringeren Durchmesser (Höhe etc.) umgeben

- (b) Wertestufe 0,33: Nullbaum ist von zwei Nachbarn mit geringeren Durchmesser (Höhe etc.) umgeben
 - (c) Wertestufe 0,67: Nullbaum ist von einem Nachbarn mit geringeren Durchmesser (Höhe etc.) umgeben
 - (d) Wertestufe 1: Kein Nachbar ist kleiner als der Nullbaum
4. Baum-Baum-Abstand: Die vierte Variable zur Beschreibung der Bestandesstruktur ist der von *Pommerening* [80] beschriebene Baum-Baum-Abstand (BA_i). Es handelt sich um einen Parameter der räumlichen Verteilung. Analog zu den anderen Variablen werden die Werte im paarweisen Vergleich ermittelt.

$$BA_i = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{3} \quad (4.6)$$

wobei:

$e_{1,2,3}$ = die Baumabstände vom Nullbaum zu seinem ersten, zweiten und dritten Nachbarn darstellen.

Hier erweist sich der Abstand des Nullbaumes zu seinem ersten Nachbarn als äußerst informativ. Deshalb wird auf diese Größe näher eingegangen. Zur Beschreibung der Abstände und für die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte die Einteilung der Werte nach *Pommerening* [80] in 10 Klassen (Klasse 1: 0 - 1 m, Klasse 2: 1,1 - 2 m ... Klasse 10: ≥ 9 m)

4.3 Beschreibung des Zielwaldes

Grundgedanke für die Bewertung von aktuellen Waldzuständen ist die Definition eines Referenz-Zustandes (eines „Leitbildes“) und die Abweichung von diesem Zustand. Das zentrale Element dieses Referenz-Zustandes ist der Zielwaldaufbau, der als Voraussetzung für eine günstige Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt dient.

Für die Festlegung des „Zielwaldes“ [94] ist die Sicherstellung einer nachhaltigen und funktionellen Wirksamkeit des vorhandenen und sich entwickelnden Waldes von entscheidender Bedeutung. Die Art der waldbaulichen Maßnahmen ist, ausgehend vom aktuellen Waldzustand, für eine bestmögliche Realisierung der Zielsetzungen auszuwählen, nach Erfolgswirksamkeit und Dringlichkeit zu planen und in weiterer Folge vor Ort umzusetzen.

Bei der Definition des Zielwaldes und der Herleitung waldbaulicher Empfehlungen wird von folgenden funktionalen Hauptzielsetzungen (Leitzielen), welche im Projektgebiet erfüllt werden sollten, ausgegangen:

- Erhaltung und/oder Verbesserung gleichmäßiger und kontinuierlicher Quellschüttungen

- Bereitstellung und Vorsorge für einen bestmöglichen Trinkwasserqualitätsschutz
- Erhaltung/Verbesserung der waldhydrologischen Funktionen (Infiltrationskapazität, Speichervermögen, Erosionshintanhaltung)
- Minimierung von Spitzenabflüssen

4.4 Bewertung des Waldaufbaus als Entscheidungshilfe für waldbauliche Planung

Den Methodenhintergrund des Bewertungsverfahrens bildet die Nutzwertanalyse [106] und orientiert sich am von Frank und Hinterleitner [38] entwickelten Waldökopunktesystem (WÖPS). Charakteristische Merkmale der Nutzwertanalyse sind die Festlegung der Bewertungsobjekte, das Festlegen und Gewichten von Bewertungskriterien, das Definieren von Indikatoren, das Messen der Zielerträge, das Umrechnen der Zielerträge in Zielerfüllungsgrade (/ -punkte) mittels der Präferenzfunktion und das Aggregieren der Teilzielerfüllungsgrade/-punkte. Im Rahmen dieser Arbeit werden die (Teil)-zielerträge mittels eines Punktesystems bewertet. Bei der Auswahl der Kriterien (Indikatoren), welche klar und einfach zu den Zielsetzungen in bezug stehen sollten, wurde darauf geachtet, dass diese einerseits aus bestehenden Operatsdaten ableitbar sind bzw. ohne großen Aufwand zusätzlich erhoben werden können. Dabei wurde vorrangig auf das von Gurtz et al. [31] basierende Hydrotopkonzept und auf Arbeiten von Köck et al. [51, 50] zurückgegriffen. Das vorliegende Bewertungsschema für die Kombination von Trinkwasserressourcenschutz und Hochwasservorbeugung bezieht sich auf die Stichprobenpunkte und beinhaltet folgende Hauptkriterien (Reihung nach Gewichtung).

- die Deckung/Überschirmung (\geq Dichtung) mit der Gewichtung 5
- die Deckung/Überschirmung (Jungwuchs) mit der Gewichtung 4
- die Baumartenzusammensetzung (\geq Dichtung) mit der Gewichtung 4
- die Baumartenzusammensetzung (Jungwuchs) mit der Gewichtung 3
- die Schichtung und Textur mit der Gewichtung 3
- das Alter, die Altersstruktur sowie Schäden am Bestand mit 2
- mit 1 wurden die Faktoren Totholz liegend und stehend, die Bodenvegetation, die Mischungsform (Jungwuchs und \geq Dichtung) und der Anteil der Naturverjüngung gewichtet.

Die Waldfunktionsbewertung (WFB) kann auf alle Waldfunktionen (Nutz (WFB-(N)), Erholung (WFB-(E)), Wohlfahrt (WFB-(W)) und Schutz (WFB-(S))) angewandt werden, im Mittelpunkt dieser Arbeit steht der Trinkwasser- und Hochwasserressourcenschutz (WFP-(W)_{T-H}), der auf die Leitfunktion Wohlfahrtswirkung aufbaut. Grundgedanke für die Bewertung von aktuellen Waldzuständen ist, so wie im WÖPS die Definition eines Referenz-Zustandes, eines Leitbildes und die Abweichung von diesem Zustand. Das zentrale Element dieses Referenz-Zustandes wird durch einen optimalen Waldzustand auf Stichprobenebene, der einerseits auf dem Zielwald (ZW) und andererseits auf der PNV basiert beschrieben. Mit Hilfe des WFB's können Defizite in der Funktionserfüllung aufzeigt werden.

4.4.1 Beschreibung der Wald-Funktions-Bewertung (WFB)

Wie eingangs dargestellt ist das zentrale Element der WFB ein anzustrebender Referenz-Zustand und die Bewertung der aktuellen Abweichung von diesem Zustand. Die Beschreibung der Bewertung lässt sich in drei Gruppen einteilen; Baumartenzusammensetzung (A), Strukturmerkmale (B) und Beeinträchtigungen (C).

In der Verwendung von Multiplikatoren sollen den, von der Gesellschaft in Anspruch genommenen überwirtschaftlichen Leistungen, eine unterschiedliche Gewichtung zukommen. Die Festlegung und Gewichtung der Multiplikatoren kann je nach Waldfunktion definiert werden.

Bestand	Merkmal	Aktuell (IST)				P.	Gew.	Σ
		dom.	subd.	beig.	einz.			
(1A) Baumarten	Ziel (SOLL)							
Mischungsart	dominant	4	2	1	0			
Mischungsgrad	subdominant	2	3	1	0			
(≥ Dickung)	beigemischt	1	2	2	0			
	einzeln	0	0	0	1			
	Punktemax.					10	4	40
(2A) Deckung	>9/10					9	5	45
Überschirmung	7/10-9/10					10	5	50
(≥ Dickung)	5/10-7/10	bis hochmontan				6	5	30
	3/10-5/10					2	5	10
	<3/10					1	5	5
	Punktemax.					10	5	50
		Aktuell (IST)						
(3A) Baumarten	Ziel (SOLL)	dom.	subd.	beig.	einz.			
Mischungsart	dominant	4	2	1	0			
Mischungsgrad	subdominant	2	3	1	0			
Jungwuchs	beigemischt	1	2	2	0			
	einzeln	0	0	0	1			

Bestand	Merkmal	P.	Gew.	Σ
	Punktemax.	10	3	30
(4A) Deckung Jungwuchs	7/10-10/10	1	4	4
	4/10-7/10	3	4	12
	2/10-4/10	7	4	28
	1/10-2/10	10	4	40
	<1/10	1	4	4
	Punktemax.	10	4	40
(5A) Anteil der NV (in % JW Fläche)	0-10 %	1	1	1
	11-20 %	2	1	2
	21-50 %	4	1	4
	51-80 %	6	1	6
	>80 %	8	1	8
	Punktemax.	8	1	8
(1B) Alter älteste Schicht von 1/10-3/10	<160 Jahre	1	2	1
	160-200 Jahre	3	2	6
	> 200 Jahre %	5	2	10
	Punktemax.	5	2	10
(2B) Alters- struktur	gleichaltrig	1	2	2
	AltDF <0,3	2	2	4
	AltDF 0,3-0,6	3	2	6
	AltDF >0,6	4	2	8
	Punktemax.	4	2	8
(3B) Schichtung (BHD-struktur)	ein	3	3	9
	zwei	6	3	18
	mehr	7	3	21
	plenterartig	7	3	21
	Punktemax.	7	3	21
(4B) Mischungsform (\geq Dickung)	Reinbestand	1	1	1
	Einzelmisch	3	1	3
	Trupp-Gruppe	4	1	4
	Schichtm.	5	1	5
	Punktemax.	5	1	5
(5B) Mischungsform Jungwuchs	Reinbestand	1	1	1
	Einzelmisch	3	1	3
	Trupp Gruppe	5	1	5
	Punktemax.	5	1	5
(6B) Texturmerkmale pro ha	bis 1/ ha	3	3	9
	1-2/ha	6	3	18
	> 3/ ha	10	3	30

Bestand	Merkmal	P.	Gew.	Σ
	Punktemax.	10	3	30
(7B) Bodenveg.	1-5 %	10	1	10
Deckungsgrad	5-25 %	9	1	9
(Sträucher)	25-50 %	7	1	7
	50-75 %	4	1	4
	≥ 75 %	1	1	1
	Punktemax.	10	1	10
(8B) Totholz	<3fm	1	1	1
liegend	bis 3fm	3	1	3
	>3fm	0	0	0
	Punktemax.	3	1	3
(9B) Totholz	<3fm	1	1	1
stehend	bis 3fm	3	1	3
	>3fm	0	0	0
	Punktemax.	3	1	3
(C) Schäden	≤ 20 %	9	2	18
(% von N/ha)	20-40 %	7	2	14
Schältschäden,	40-60 %	5	2	10
Ernteschäden	60-80 %	3	2	6
Steinschlag etc.	≥ 80 %	0	2	0
	Punktemax.	9	2	18
Punktesumme				281

Tabelle 4.2: Zielwaldkriterien

Baumartenzusammensetzung (Zielwald)

Die Abweichung der real aktuellen Vegetation von der potentiellen natürlichen Vegetation (PNV) spiegelt den Grad der „Naturnähe“ wieder, also jene Vegetation, die sich unter den derzeit gegebenen Klima- und Bodenverhältnissen ohne menschlichen Einfluss einstellen würde. Der Begriff PNV geht auf *Tüxen* [98] zurück und geht davon aus, dass sich die Vegetation in standörtlich ausgelesenen Pflanzengesellschaften selbst organisiert, und dass jeder Standortzustand entsprechend der gegebenen pflanzengeografischen Situation einen spezifischen natürlichen Vegetationszustand hervorbringt. Die natürliche Waldgesellschaft stellt die Summe der Baumarten, Sträucher, krautigen Pflanzen und Moose in bestimmter Zusammensetzung dar, die einem bestimmten, einheitlichen Standort entspricht.

Die Waldfunktionsbewertung ist in erster Linie für die Bewertung der Funktionserfüllung konzipiert. Die übrige Vegetation spiegelt sich jedoch als Indikator in einer definierten natürlichen Waldgesellschaft wider [38]. Als Referenz-Zustand der

die natürliche Waldgesellschaft beschreibt, wurden für das Arbeitsgebiet Standorteinheiten kartiert. Sonderstandorte finden in dieser Arbeit keine Berücksichtigung, können aber jederzeit über Festlegung eines entsprechenden SOLL-Zustandes in die Zielwaldtabelle einfließen.

Die Angaben der Baumarten (Überschirmungsanteile: Tabelle 4.3) in der natürlichen Waldgesellschaft erfolgt in den Kategorien:

dominant:	entspricht >50 % Überschirmung	der Baumarten
subdominant:	entspricht 25-50 % Überschirmung	der Baumarten
beigemischt:	entspricht 5-25 % Überschirmung	der Baumarten
einzel:	entspricht <5 % Überschirmung	der Baumarten

Tabelle 4.3: Überschirmungsanteile

Baumarten des Bestandes

Für die Bewertung der Baumartenzusammensetzung (sowohl > Dichtung (ab > 130 cm Höhe) als auch Jungwuchs) des Bestandes können sich nun drei mögliche Fälle ergeben:

1. Fall :

Baumarten des Zielwaldes:

dominant	1 Baumart dominant	
subdominant	1 oder mehrere Baumarten subdominant	
beigemischt	1 oder mehrere Baumarten beigemischt	
einzel	1 oder mehrere Baumarten einzeln	

2. Fall :

Baumarten des Zielwaldes:

dominant	1 Baumart dominant	
subdominant	-	
beigemischt	1 oder mehrere Baumarten beigemischt	
einzel	1 oder mehrere Baumarten einzeln	

3. Fall :

Baumarten des Zielwaldes:

dominant	-	
subdominant	1 oder mehrere Baumarten subdominant	
beigemischt	1 oder mehrere Baumarten beigemischt	
einzel	1 oder mehrere Baumarten einzeln	

Die Bewertung der Zusammensetzung erfolgt grundsätzlich über den „SOLL-IST“-Vergleich der aktuellen Bestockung mit der als Referenz dienenden Waldgesellschaft (PNV) oder Zielwalddefinition (ZW). Der Vergleich wird mit Hilfe der nachfolgenden Tabelle 4.4 durchgeführt.

Im Bewertungsvorgang wird für jede aktuell vorkommende Baumart die Übereinstimmung bzw. die Abweichung von der „SOLL-Dominanzklasse“ der PNV/ZW bestimmt. Ausgegangen wird grundsätzlich vom Höchstwert, der bei Übereinstimmung von PNV/ZW-Dominanzklassen mit aktueller Dominanzklasse gegeben ist. Je nach Abweichung der aktuellen Dominanzklasse von der vorgegebenen Dominanzklasse der PNV/Zielwald erniedrigen sich die Punkte. Beim Auftreten mehrerer Baumarten wird auch schon bei Übereinstimmung einer Baumart durch den Soll-Ist - Vergleich die maximale Punkteanzahl vergeben. Die gewichteten Werte der Spalten werden addiert und ergeben somit die Funktionserfüllung der Baumartenzusammensetzung des Bestandes (max. 40).

Bewertet werden nur die im Waldgesellschaftskatalog als dominant, subdominant oder obligat beigemischt oder einzeln angegebenen Baumarten. Für die Baumarten der > Dichtung kann die Bepunktung wie folgt aussehen:

Bewertungstabelle für WFB-(W)_{TH}				
Aktuell: PNV/ZW:	Aktuell do- minant	Aktuell subdomi- nant	Aktuell beige- misch	Aktuell einzeln
dominant	4	2	1	0
subdom.	2	3	1	0
beigemischt	1	2	2	0
einzeln	0	0	0	1
gewichtetes Mittel der Spalten				Max. 4*10 =40 Punk- te

Tabelle 4.4: Bewertungstabelle WFB-W_{TH}

Die Baumartenzusammensetzung Jungwuchs wird statt 4 mit 3 gewichtet und kann somit maximal 30 Punkte erhalten.

Der Bewertungsschlüssel von Tabelle 4.4 trifft aber nur zu wenn alle Klassen mit Baumarten (z B.: Dominant Buche, Subdominant Tanne und Bergahorn, Beigemischt Fichte...) besetzt sind. Fehlt eine Klasse liegt folgende Bewertung vor um auch hier auf den Maximalwert von 40 zu kommen (Tabelle 4.5).

Bewertungstabelle für WFB-(W) _{TH}				
Aktuell: PNV/ZW:	Aktuell do- minant	Aktuell subdomi- nant	Aktuell beige- misch	Aktuell einzeln
dom.- subd.	5	2	1	0
beigemisch	1	2	4	0
einzeln	0	0	0	1
gewichtetes Mittel der Spalten				Max. 4*10 =40 Punk- te

Tabelle 4.5: Bewertungstabelle WFB-W_{TH}

Deckung-Überschirmung

Bedeutenden Einfluss auf die klimatischen Verhältnisse und somit auf den Wasserhaushalt nimmt die Deckung (Überschirmung) ein. Die Ansprache dieses Kriteriums erfolgt in fünf Klassen. Die Einteilung erfolgte in 10tel Anteilen und reicht für die Baumarten > Dickung von >9/10; 9-7/10; 7-5/10; 5-3/10 und bis kleiner 3/10 und für den Jungwuchs von 7-10/10; 4-7/10; 2-4/10; 1-2/10 und kleiner 1/10. Geringe Deckungsgrade (eine zu starke Absenkung der Überschirmung führt oft zu einer üppigen Entwicklung der Bodenvegetation, und kann die natürliche Verjüngung hemmen) wurden mit der geringsten Punktezahl bewertet. Punktabschläge gibt es auch für vollbestockte Bestände. Da die Deckung der Waldoberfläche einen entscheidenden Einfluss auf die hydrologischen Parameter ausübt, geht sie mit der höchsten Gewichtung fünf bei der Baumartenzusammensetzung >Dickung ein. Der Jungwuchs wird mit vier gewichtet.

Anteil der Naturverjüngung

Bewertet wird hier nur der Anteil der Naturverjüngung in Prozent an der Jungwuchsfläche.

Bewertet wird hier der positive Beitrag den die Naturverjüngung auf die Bestandesdeckung ausübt, da sie bei Vorhandensein sehr zahlreich und dicht auftritt. Weiters soll hierbei die Entwicklung zu Dauerwaldformen durch eine hohe, progressiv ansteigende Bewertung unter Schirm für die waldbauliche Bewirtschaftung gefördert werden.

Mischungsform der Naturverjüngung

Mischungsform Trupp- bzw. Gruppenmischung erleichtert einerseits die Bestandespflege, macht andererseits den Ausfall von Mischbaumarten durch Konkurrenz in-

folge unterschiedlichem Wachstumsgang unwahrscheinlich und wird daher günstiger bewertet als zum Ausfall von Mischbaumarten neigende Einzelmischung oder Reinbestände.

Alter der ältesten Schicht

Bewertet wird hier das Alter der ältesten Schicht. Als Schicht wird eine deutlich in einer Höhenklasse befindliche Baumschicht von mindestens 2/10 Überschirmung angesehen [38].

Altersstruktur

- Gleichaltrig: Für den Altersklassenwald (\pm)5 Jahre werden für das Alter zwei Punkte vergeben. Als gleichaltrig werden künstlich begründete Kulturen oder in einem kurzen Verjüngungszeitraum begründete Bestände bewertet. Bei keinem Alter = Blöße und null Punkte.
- Ungleichaltrig: Hier wird das Alter der jeweils ältesten und jeweils jüngsten Baumschicht ermittelt, die Differenz gebildet und in Bezug zum Alter der ältesten Baumschicht gebracht.

$$\frac{(A1 - A2)}{A1} = ADF \quad (4.7)$$

A1 Alter der ältesten Schicht

A2 Alter der jüngsten Schicht

ADF Altersdiversitätsfaktor

Liegt der Altersdiversitätsfaktor unter 0,3 werden vier Punkte, liegt er zwischen 0,3 und 0,6 werden 6 Punkte und liegt er über 0,6 so werden 8 Punkte vergeben. Liegt eine hohe Artendiversität vor kann eine weitgehend naturnahe Bestandesbehandlung bzw. -entwicklung angenommen werden.

Schichtung

Eine besondere Bedeutung für strukturreiche Wälder kommt der Schichtung zu. In ihr kommt die stadiale Altersdiversität eines Bestandes zum Ausdruck. Als Schicht wird hierbei eine deutlich in einer Höhenklasse (IUFRO-Klassifikation) befindliche Baumschicht von mindestens 2/10 Überschirmung angesehen. Mindesthöhe liegt bei 1,3 m. Ein plenterartiger Bestandaufbau erreicht die höchste Funktionserfüllung und geht mit 21 Punkten in die Bewertung ein.

Mischungsform

Der Mischungsform wurde ebenfalls eine tragende Rolle für die Bewertung zugewiesen. Trupp- und Gruppenmischungen werden günstiger bewertet als Einzelmischungen und Reinbestände.

>Dickung	
Merkmal Mischungsform	Punkte
Reinbestand	1
Einzelmischung	3
Trupp- bzw. Gruppenmischung	4
Schichtmischung	5

Tabelle 4.6: Bewertung der Mischungsform

Textur

Durch die Forcierung kleinflächiger, vom Hauptbestand unterscheidbarer Entwicklungsstadien (Femellöcher, Kleinstkahlschläge etc.) soll die allgemeine Bestandesdiversität erhöht und damit auch indirekt der faunistische und floristische Artenreichtum begünstigt werden. Verschiedene Bestandesstrukturen wirken modifizierend auf Faktoren wie Strahlung, Wind und Niederschlag in qualitativer und quantitativer Weise.

Die Ansprache von Entwicklungsphasen erfolgt nur in Klimax- oder klimaxnahen Waldgesellschaften und wird überwiegend in Schutzwaldbeständen, bzw. in naturnahen Beständen erfolgen. Im Altersklassenwald erfolgt die Ansprache nach Entwicklungsstadien.

Minimumgröße der Fläche entspricht im Durchmesser einer halben Baumlänge des zu erwartenden Endbestandes.

- Entwicklungsstadien: Jungwuchs, Dickung, Stangenholz, Baumholz
- Entwicklungsphasen: Verjüngungs- bzw. Jungwuchsphase, Initialphase, Optimalphase, Terminalphase, Zerfallsphase

Totholz

Stehendes und liegendes Totholz charakterisiert im Ökosystem Wald eine wesentliche Habitatqualität der Waldfauna (*Raphael* und *White*, 1984 zitiert in [87]) und stellt ein wichtiges Strukturelement dar (Schutz vor Besonnung, Schutz gegen Nährstoff- und Humusauswaschung, Stützgerüst gegen Sturmboen etc.). Der heute wichtigste Grund für die Seltenheit von höheren Totholzanteilen, ist die wirtschaftliche Nutzung unserer Waldflächen und somit der Ernte der Bäume vor dem Erreichen ihres

biologischen Alters. Dem Totholz kommt noch eine wichtige Rolle im Stoffkreislauf zu und bildet oftmals die Voraussetzung für eine reichliche Verjüngung und somit eine notwendige Schlüsselstruktur für die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit natürlicher Waldökosysteme [87].

Für das Totholz erfolgt eine Unterscheidung in liegend und stehend. Die Punktevergabe kann sich Taxativ nach der Anschätzung des Vorrates oder durch Herleitung aus dem Probekreisverfahren richten.

Merkmal Totholz liegend oder stehend	Punkte
gering (<3 fm/ha)	1
mittel (bis 3 fm/ha)	3
hoch (> 3 fm/ha)	0

Tabelle 4.7: Bewertung des Totholzes

Bodenvegetation

Die Bodenvegetation ist ein wichtiger Bestandteil des Wasserhaushalts. Bevor der Freilandniederschlag und der Niederschlag der durch die Baumkronen durchsickert, den Erdboden erreicht, muss er häufig durch eine Strauch und Krautschicht, wo ein Teil des Niederschlags weiter verloren geht. Zu hohe Deckungsgrade der Bodenvegetation führen aber i.d.R. oftmals zu Hemmnissen in der Naturverjüngung.

Schäden

Da Schäden am Bestand wegen ihrer Langfristigkeit und Reversibilität eine enorme Beeinträchtigung darstellen, erfolgt eine entsprechend hohe Gewichtung. Die Angaben liegen in Prozent gemessen der Stammzahl /ha vor.

Zusammenfassung

Natürlich können noch eine Vielzahl von Faktoren in die Liste mit einfließen. Durch waldbauliche Maßnahmen können jedoch in erster Linie die angeführten Faktoren gesteuert werden.

4.4.2 Waldvegetationskarte - Referenzzustand

Für die Bewertung der Abweichung der aktuellen von der potentiellen Baumartenzusammensetzung, wurde für die beiden Untersuchungseinheiten eine Waldvegetationskartierung erstellt.

Waidhofen

Der Kartierungsbereich Waidhofen gliedert sich in 3 Vegetationseinheiten:

1. (1) Schneerosen-Buchenwald - *Helleboro nigri*-Fagetum [108]
 - (a) Schneerosen Buchenwald mit Kalkblaugras- *Seslerio* Fagetum: Kleinflächige trockene, windexponierte Rückenstandorte
 - (b) Schneerosen Buchenwald mit Weißsegge (*H.-F. typicum*): Ausgeprägt auf Schatthängen und auch sonnseitigen Unterhängen und Hangmulden
 - (c) Schneerosen Buchenwald mit Waldsegge (und Waldgerste) (*H.-F. elymetosum*): Auf Unterhängen, Hangabsätze und meist flachere, an Plateaus anschließende Ober- und Mittelhänge.
 - (d) Schneerosen Buchenwald mit Waldsegge (und Waldgerste) (*H.-F. elymetosum*): Frische Hangstandorte des Schnabelberges
2. Schaumkraut Buchenwald - *Cardamino trifolia*-Fagetum [75]
3. Eschenwald *Fraxinetum*

Die Karte der Standortskartierung wird in der nachfolgenden Abbildung 4.3 dargestellt.

Waldvegetationskundliche Gliederung

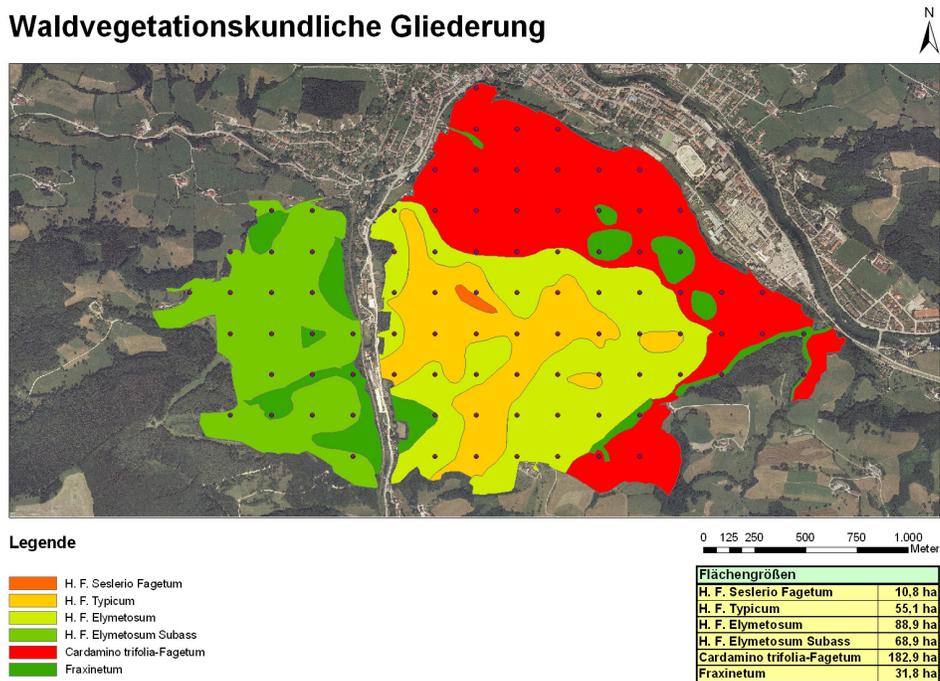


Abbildung 4.3: Waldvegetationskarte des Buchen- und Schnabelberg

Für die Baumartenzusammensetzung der PNWG kann nun folgende Untergliederung für die Klassen Dominant, Subdominant, Einzel und Beigemischt getroffen werden (Tabelle 4.8). Dominante Baumart bis auf den Eschenstandort ist die Buche. Subdominant treten die Baumarten Tanne, Esche und Buche auf. Die Fichte ist in der PNWG nur beigemischt bzw. einzeln vorhanden. Beigemischt vorhanden kann noch die Tanne, die Esche, der Spitz- und Bergahorn sowie die Bergulme sein.

<i>Waldges.</i>	Baumarten			
	<i>Dominant</i>	<i>Subdominant</i>	<i>Beigemischt</i>	<i>Einzel</i>
1a	FASY			ABAL, PIAB, ACPS, ACPL, FREX, SOAR, ULGL, TISP, PISY
1b	FASY		PIAB, ABAL	ACPS, FREX, SOAR, ULGL
1c	FASY		PIAB, ABAL, ACPS, FREX	ULGL, PRAV
1d	FASY	FREX	ABAL, ACPS	ULGL, PRAV, PIAB
2	FASY	ABAL	PIAB, ACPS, FREX	ULGL, PRAV, CABE
3	FREX	FASY, ABAL	ACPL, ACPS, ULGL	PIAB, PRAV, CABE

Tabelle 4.8: Baumartenzusammensetzung nach dominant, subdominant, beigemischt und einzeln der PNWG für den Buchen- und Schnabelberg

Das Wuchspotenzial auf den fünf Standortseinheiten kann für die drei Hauptbaumarten Fichte, Buche und Esche aus den Abbildungen im Anhang B entnommen werden.

Waldwirtschaftsgemeinschaft Mostviertel West

Für die Standorte der WWG Mostviertel West, die sich in einem Höhenbereich von 250 m bis 350 m erstrecken wurde folgende Kartierung erstellt.

1. (1) Braunerde Waldmeister Buchenwald: Vorkommen im Untersuchungsbe-
reich Litzlackner und im Stadtwald Amstetten mit fließendem Übergang zum
„Leitwald“ der Voralpen
2. (2) Bergahorn - Eschen- Hangfuß-Wald („Leitwald“) der Voralpen: Edellaub-
holzreiche Mischwälder vor allem an den Terrassenkanten und den Einhängen
zur Ybbs (Bestandesfläche Untermayer). Seine Ausprägung der „Leitwald

der Voralpen” ist als prägende Standortseinheit auf allen Teilflächen zu finden.

3. (3) Subozeanischer Stieleichen Hainbuchenwäld auf staufeuchten bis wechselfeuchten Böden; starker anthropogener Einfluss herrscht vor.
4. (4) Auwaldstandorte („Weiche Au - Pappel Au”) mit Erle und Esche im Überflutungsbereich der Ybbs (auf der Bestandesfläche Untermayer).

Waldges.	Baumarten			
	Dominant	Subdominant	Beigemischt	Einzel
1	FASY		ABAL, ACPS, ACPL, FREX, PRAV	CABE, ULGL, QURO, QUPE, PIAB, PINI, PISY, LADE
2	FREX/ ACPS	FREX/ ACPS	FASY	ALGL, ALIN, ULGL, CABE, ABAL, PRAV, TIPL, TICO
3	QURO	CABE	FASY, PRAV, TICO	ACCA, FREX, QUPE, ABAL, ACPL, ACPS, PISY
4	SAAL/ POAL/ PONI		FREX, PRPA, ULLA, ULMI	

Tabelle 4.9: Baumarten der PNWG für die Waldwirtschaftsgemeinschaft West

4.5 Statistik und Datenanalyse

Die erhobenen Daten wurden mit den unter WINDOWS XP laufenden Programmpaketen bearbeitet. Zur Verwaltung der Daten diente eine im ACCESS erstellte Datenbank. Mit EXCEL wurde zum Teil die rechnerische und grafische Umsetzung vorgenommen. Für die Berechnung der forstlichen Parameter (Vorrat, Grundfläche etc.) im Kapitel 5 wurde das Auswerteprogramm EAV[©] 2.1¹ verwendet. Der Text wurde im Textverarbeitungsprogramm L^AT_EX geschrieben. Die deskriptive Statistik (versch. Lage- und Streuparameter) wurde mit dem Softwarepaket SPSS 11.5 durchgeführt. Da die aufgenommenen Merkmale (Höhe, BHD, PKA etc.) einer mehr oder

¹Ertragskundliches Auswerteprogramm von Zotrin Robert

weniger starken Streuung unterliegen, wurde für die Versuchsanordnung eine ausreichende Zahl an Wiederholungen vorgenommen. Aufgrund des hohen Zeit- und Arbeitsaufwandes kann jedoch immer nur ein Teil der Grundgesamtheit aufgenommen werden. Beobachtungen mit zu geringer Anzahl wurden bei den Auswertungen nicht miteingebunden. Im Ergebnisteil ist für die Datenauswertung somit die Anzahl n an Beobachtungen neben dem arithmetischen Mittelwert \bar{x} , die Standardabweichung s_x sowie zum Teil der Standardfehler angeführt. Die Erläuterungen der statistischen Kennziffern werden im Anhang unter Abkürzungen A dargestellt.

Kapitel 5

Ergebnisse

Untersuchungen zeigen, dass Qualität und Quantität der Waldhydrologie deutlich durch die Baumarten, die Baumartenmischung, sowie durch die Struktur eines Bestandes, gesamthaft also durch den Bestandaufbau, beeinflusst wird. Die Ergebnisse der Bestandesauswertungen werden in den nachfolgenden Abbildungen und Tabellen dargestellt, und fließen in die Zielwaldmatrix mit ein. Insgesamt wurden im Stadtwald Waidhofen und in der WWG-Mostviertel West an 5.450 bzw. 2.606 Bäumen Inventurdaten erhoben. Zentrales Element für die Auswertungen ist der Stichprobenpunkt. Der Aufnahmekatalog setzt sich, wie in den Kapiteln zuvor beschrieben wird aus zwei Verfahren (Inventur und Taxation) zusammen, die zu unterschiedlichen Ergebnissen, mit unterschiedlicher Genauigkeit führen können. Für eine umfassende Analyse der biometrischen Daten werden im folgenden die wichtigsten Resultate der Inventurverfahren „Fixer Probekreis“, „WZP“ und „Strukturelle Vierergruppe“ beschrieben. Die zweite Untersuchungseinheit bildet die „Taxative“ Ansprache, deren Auswertungen ebenfalls in die Zielerfüllungstabelle einfließen.

Die Parameter Stammzahl, Grundflächenhaltung und Vorrat werden über Summen- und Prozentwerte ausgewertet. Die in den Beständen vorhandenen Baumarten wurden alle als explizite Art erfasst, für eine übersichtliche Darstellung wird ein Teil der Baumarten zu Gattungen zusammengefasst (z B. Weide, Erle etc.). Daneben werden für eine genaue Beschreibung der Punkte Strukturparameter angeführt, es sind dies die Indices Artendurchmischung, Durchmesser differenzierung, das Umgebungsmaß und der mittlere Baumabstand. Bei den angeführten Werten handelt es sich einerseits um Mittelwerte für die Stichprobenpunkte und andererseits um artspezifische Kennwerte. Die Variablen BHD- und Höhenverteilung und Überschirmung ergänzen die Bestandesbeschreibungen. Detaillierte Informationen der Waldfunktionsbewertung bietet die Betrachtung des Unterkapitels 5.3.1.

5.1 Stadtwald Waidhofen

5.1.1 Biometrische Parameter und Waldstruktur

In der nachfolgenden Tabelle 5.1 erfolgt zunächst eine Übersicht der wichtigsten Bestandesparameter. Es werden die Mittelwerte der 85 Stichprobenpunkte für die Parameter - Stammzahl (N/ha), Grundflächenhaltung (G/ha) und Vorratshaltung nach Pollanschütz (Vspoll/ha), jeweils auf einen Hektar bezogen für die drei Aufnahmeverfahren „Winkelzählprobe (WZP)“, „Fixer Probekreis“ und „Strukturelle Vierergruppe“ dargestellt.

<i>Stichprobenverfahren</i>	<i>Kluppschwelle</i>	<i>n</i>	<i>N/ha</i>	<i>G/ha</i>	<i>Vspoll/ha</i>
WZP	0,1-8 cm BHD	135	2.139	3,7	10,9
	8-16 cm BHD	194	628	6,9	40,2
	≥16 cm BHD	679	537	31,6	354,2
	Gesamt	1.008	3.304	42,1	405,6
	≥4 cm BHD	888	2.414	41,8	405,6
Fixer Probekreis	20-130 cm Höhe	3.046	56.998		
	0,1-8 cm BHD	568	5.165	3,8	14,4
	8-16 cm BHD	721	649	6,8	31,1
	≥16 cm BHD	1.115	520	31,1	349,7
	≥4 cm BHD	2.016	2.472	40,6	391,2
Strukturelle Vierergruppe	≥4 cm BHD	340	2.230		

Tabelle 5.1: Zusammenfassung der ertragskundlichen Parameter im Stadtwald Waidhofen für die drei Aufnahmeverfahren „Winkelzählprobe (WZP)“, „Fixer Probekreis“ und „Strukturelle Vierergruppe“; Anzahl der erhobenen Individuen (n), Stammzahl pro ha (N/ha), Grundfläche pro ha (G/ha) und Vorrat Schaftholz nach Pollanschütz pro ha (Vspoll/ha)

Der Vergleich der Zielgrößen zeigt einen recht straffen Zusammenhang der drei Aufnahmeverfahren. Lediglich im schwächeren Durchmesserbereich (Kluppschwelle 0,1-8 cm BHD) liegt die Stammzahl für die WZP bei 2.139 und für den Probekreis bei 5.165 N/ha und lässt ein breiteres Spektrum erkennen. Bei der Verjüngungsaufnahme, erfolgt durch den Probekreis 1 stocken im Mittel 56.998 Bäumchen am Hektar. Die Stammzahl für den BHD ≥4 cm befindet sich zwischen 2.230 („Strukturelle Vierergruppe“) und 2.472 N/ha („Fixer Probekreis“). Der Vorrat liegt für diese Kluppschwelle zwischen 391,2 bzw. 405,6 und die Grundfläche zwischen 40,6 und 41,8. Für die Durchmesserstufe 8-16 cm BHD liegt die Stammzahl, die Grundfläche und der Vorrat für die „WZP“ bei 628, 6,9 und 40,2 für den „Fixen Probekreis“ bei 649, 6,8 und 31,1. Auch für die nächste Durchmesserstufe ≥16 cm BHD liegen die Werte der beiden Aufnahmeverfahren recht eng zusammen. Die mittlere Stammzahl liegt bei 537 bzw. 520 N/ha, die Grundflächenhaltung bei 31,1 bzw. 31,6 und der

Vorrat bei 354,2 bzw. 349,7.

Für die weitere Ermittlung der Bestandeskennzahlen (Baumartenverteilung, Bestandesstruktur, etc.) wird nur noch auf das „Probekreisverfahren“ und die „Strukturelle Vierergruppe“ zurückgegriffen.

5.1.2 Baumartenverteilung

Die Baumartenverteilung für den Jungwuchs (Probekreis 1: 0,2 cm bis 130 cm Höhe), wird eindeutig vom Laubholz dominiert. Überproportional sind dabei drei Baumarten, die Buche (50 %), die Esche (30 %) und der Bergahorn (13 %) vorhanden (vgl. Abbildung 5.1). Auch der Probekreis 2 (0,1 cm bis 7,9 cm BHD) weist einen hohen Laubbaumanteil (über 85 %) auf. Die Laubhölzer setzen sich hauptsächlich aus Esche, Hasel, Bergahorn und Buche zusammen. Der Fichtenanteil liegt bei 13 % und erhöht sich im Probekreis 3 (8 cm bis 15,9 cm BHD) auf fast 50 %. Der Eschenanteil liegt für diesen Probekreis bei 22 % und der Buchenanteil bei 13 %. Weiters sind der Berg- und Spitzahorn, die Tanne, die Birke, die Hasel, die Lärche, die Kiefer, die Vogelkirsche, verschiedene Weidenarten, die Eberesche, die Mehlbeere und die Ulme vorhanden. Für die Baumartenverteilung ≥ 16 cm BHD (Probekreis 4) weist die Fichte mit 54 % den höchsten Anteil auf. Der Anteil für Buche, Esche und Lärche liegt bei 16 %, 12 % und 6 %.

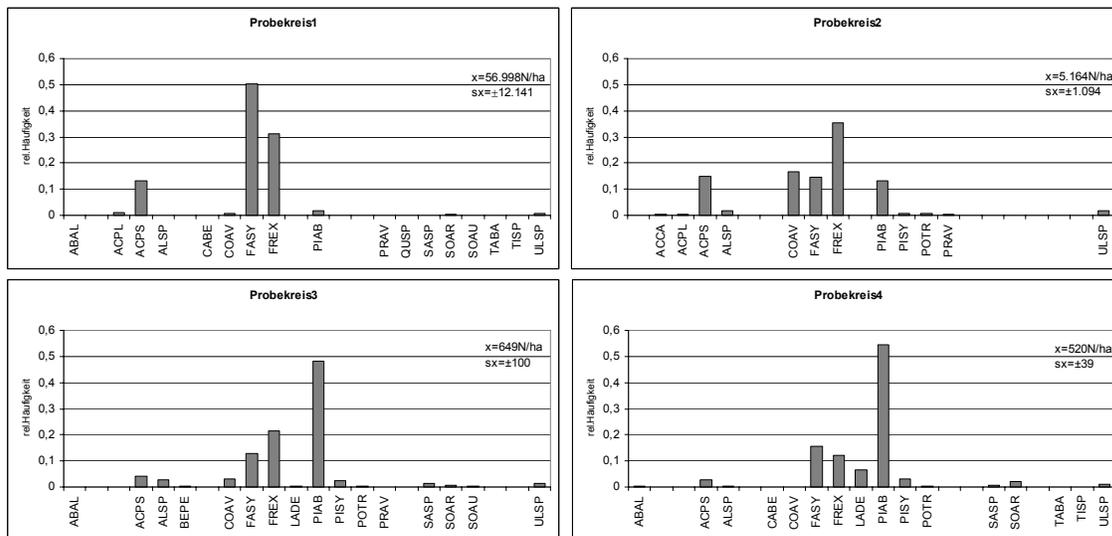


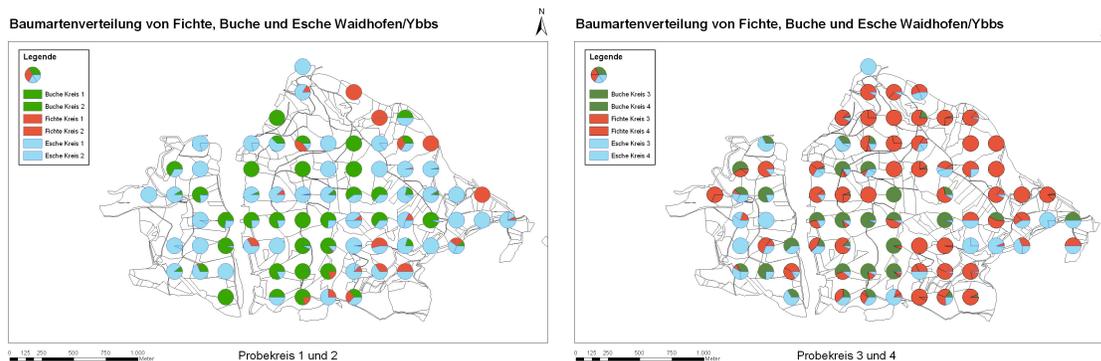
Abbildung 5.1: Baumartenverteilung für die Probekreise 1 bis 4 (x Mittelwert der Stammzahl, s_x Standardfehler des Mittelwertes)

Abbildung 5.2 zeigt für die drei bestandesbildenden Baumarten Fichte, Buche und Esche die relativen mittleren Stammzahlanteile für die Inventurpunkte im Stadtwald Waidhofen. Der Anteil dieser drei Baumarten liegt in Summe zwischen 63 % und fast 90 % und wird in der Tabelle 5.2 dargestellt.

Baumartenverteilung in %				
Baumart	Kreis1	Kreis2	Kreis3	Kreis4
FASY	50,4	14,5	13,0	15,6
FREX	36,1	35,6	21,7	12,0
PIAB	1,8	12,9	46,9	55,2
Σ	88,3	63,0	81,6	82,8

Tabelle 5.2: Baumartenverteilung für Buche (FASY), Esche (FREX) und Fichte (PIAB) in Prozent

In der linken Abbildung werden die mittleren Stammzahlanteile für die Baumarten < 8 cm BHD (Probekreisen 1 und 2) und in der rechten Abbildungen die Baumarten ≥ 8 cm BHD (Probekreisen 3 und 4) dargestellt. Die Probekreise 1 und 2 werden von den beiden Laubhölzer geprägt. Nur wenig Fichte verjüngt sich auf den Flächen. Ein anderes Bild vermittelt der Probekreis für die Kluppschwelle ≥ 8 cm BHD, da dieser hauptsächlich von der Fichte beschrieben wird.



(a) Probekreis 1 und 2

(b) Probekreis 3 und 4

Abbildung 5.2: Baumartenverteilung (N/ha) für die Fichte, Buche und Esche

Die mittlere Stammzahl für die Baumarten mit einem BHD ≥ 4 cm liegt mit dem Aufnahmeverfahren des Fixen Probekreises bei 2.472 N/ha und mit dem Stam-abstandsverfahren bei 2.230 N/ha, und zeigt somit ebenfalls einen recht straffen Zusammenhang dieser beiden Aufnahmeverfahren. Mit dem Probekreis wurden 19 verschiedene Baumarten erhoben, mit dem Verfahren der Strukturellen Vierergruppe 14. Die beiden Verfahren zeigen ebenfalls drei ausgeprägte Hauptbaumarten, die Fichte (0.42 bzw. 0.35 %), die Esche (0.23 bzw. 0.24 %) sowie die Buche (0.15 bzw. 0.18 %). Weitere Baumarten sind die Tanne, der Bergahorn, die Erle, die Hainbuche, die Hasel, die Lärche, die Kiefer, verschiedene Weidenarten, die Mehlsbeere und die Eberesche sowie die Ulme (Berg- und Flatterulme). Die Vogelkirsche, die Linde, die Eibe, die Pappel und die Birke (nur im Probekreis) ergänzen das Baumartenspek-

trum (Abbildung 5.3).

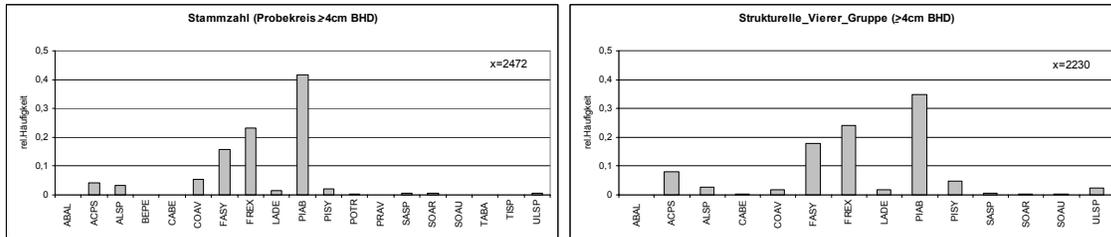


Abbildung 5.3: Baumartenverteilung für den Probekreis (≥ 4 cm BHD) und die Strukturelle Vierergruppe (≥ 4 cm BHD)

5.1.3 Bestandesstruktur

BHD- und Höhenverteilung

Ein wesentliches Merkmal für die Struktur eines Bestandes ist die Darstellung von Dimensionsvariablen, zu denen der Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Baumhöhe (H) zählt. Die Durchmesser und Höhen der Untersuchungsbestände werden im Anhang als Häufigkeitsverteilungen abgebildet, und veranschaulichen die Spreitung der Einzelwerte und erlauben daher erste Rückschlüsse auf das Bestandesgefüge. Zu diesem Zweck wurden diskrete Durchmesser- und Höhenklassen gebildet und die jeweilige Häufigkeit für die Stammzahl pro Hektar für die Klassenmitte aufgetragen. Die BHD Klassen wurden in 4 cm Stufen eingeteilt. Analog zur BHD-Verteilung wurden auch die Bäume nach ihren Höhen in Klassen von 4 m aufgetragen.

Da nicht von allen Individuen die Höhen gemessen wurde, bei Stockausschläge wurde nur die Höhe des mittlere Stammes gemessen bzw. bei Stämmen mit Wipfelbruch und Stammbruch erfolgte keine Höhenmessung weicht die Anzahl n um rund 7 % von der Gesamtanzahl ab. Die BHD- und Höhenverteilung wird für die Probekreise 1 (nur Höhenverteilung), 2, 3 und 4 sowie für die Baumarten BHD ≥ 4 cm und Gesamt dargestellt. Die Auswertungen werden in Tabelle 5.3 angeführt.

In der folgenden Abbildung (Abbildung 5.4) werden die Einzelhöhen und Brusthöhen aller gemessenen Individuen in den Höhen-Klassen mit 4 m und den BHD-Klassen mit 4 cm Intervallen zusammengefasst und beispielhaft für den Probekreis 4 dargestellt. Für die Verteilungen ergibt sich ein annähernd normalverteilter Verlauf, wobei für die Durchmesser ein Überhang in den ersten Durchmesserklassen besteht. Das arithmetische Mittel liegt für den Brusthöhendurchmesser in der Klasse 28 und für die Höhe in der Klasse 24 (vgl. auch Tabelle 5.3). Die Standardabweichung ist in beiden Klassen annähernd gleich und liegt für die BHD-Verteilung bei 8.56 und die Höhenverteilung bei 6.48.

Kreissegment	Variable	n	mean	min.	max.	s_x	var
Kreis 1	BHD cm	3046	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Höhe m	3046	0.28	0.20	1.20	0.17	0.03
Kreis 2	BHD cm	345	2.73	0.20	7.90	2.15	4.65
	Höhe m	345	4.48	1.30	17.80	2.99	9.00
Kreis 3	BHD cm	598	11.37	8.00	15.90	2.29	5.26
	Höhe m	598	12.05	4.00	24.60	3.26	10.60
Kreis 4	BHD cm	1050	26.53	16.00	84.30	8.55	73.21
	Höhe m	1050	22.04	8.00	40.70	6.47	41.98
BHD ≥ 4 cm	BHD cm	1750	20.13	4.00	84.30	10.43	108.84
	Höhe m	1750	17.80	3.50	40.70	7.56	57.17
Gesamt (ohne Kreis1)	BHD cm	1993	17.86	1.30	84.30	11.52	132.82
	Höhe m	1993	16.00	0.90	40.70	8.59	73.75

Tabelle 5.3: BHD- und Höhenverteilung für das Probekreisverfahren: Kreissegment, Variable (BHD in cm und Höhe in m), Anzahl (n), Mittelwert (mean), Minimum (min.), Maximum (max.), Standardabweichung (s_x) und Varianz (var)

Durchmesser differenzierung

Die Durchmesser differenzierung der Strukturellen Vierergruppe beschreibt die Beziehung zwischen dem Nullbaum und seinen drei nächsten Nachbarn (ver Kap.xx). In der Abbildung 5.5 erfolgt die Darstellung der Differenzierungswerte einerseits getrennt nach TD_1 , TD_2 und TD_3 und andererseits wird eine gemeinsame Betrachtung der \overline{TD} -Werte herangezogen. Die Abbildung erlaubt den Schluss, dass 54 % der Nullbäume sich kaum von ihren Nachbarbäumen hinsichtlich der Durchmesser unterscheiden. 27 % der Stichprobenpunkte fallen in die mittlere Differenzierungsstufe, in die starke und sehr starke Stufe fallen 16 und 3 % der Punkte. Auch ein Mittelwert von $x = 0.31$ weist auf eine schwache Differenzierung hin und bedeutet für die Stichprobenpunkte eine recht geringe Vermengung von dicken und dünnen Individuen. Auch für die getrennte Betrachtung der TD- Werte entfallen in die „schwache“ Klasse über 50 % der Aufnahmepunkte.

Um eine bessere Übersicht der Differenzierung zu erhalten, wurden die TD_1 -Werte (Vergleich des Nullbaumes mit seinem ersten Nachbarn) in zehn Wertestufen mit einer Klassenbreite von 0.1 eingeteilt. Die Stufe 1 (Wertebereich von 0-0.1) lässt dabei auf fast gleich dimensionierte Nachbarn schließen, dagegen beinhaltet die Stufe 10 (Wertebereich 0.9-1.0) stark unterschiedliche Nachbarn. Die Abbildung 5.6 weist ebenfalls auf eine recht geringe Differenzierung hin. Auch zeigt sich eine Konzentrierung der Einzelwerte um den Mittelwert von 0.28, der starke und sehr starke Wertebereich ist nur schwach vorhanden.

Für die artspezifische Differenzierung sollen hier die Differenzierungswerte für die Baumarten Buche, Esche und Fichte angeführt werden (Abbildung 5.6). Mit

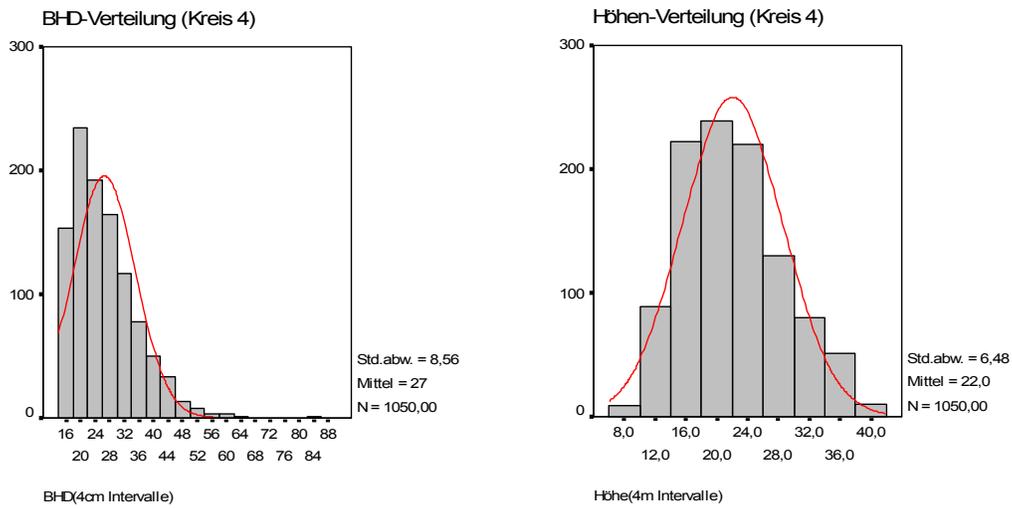


Abbildung 5.4: BHD- und Höhenverteilung für den Probekreis 4 mit Normalverteilungskurve

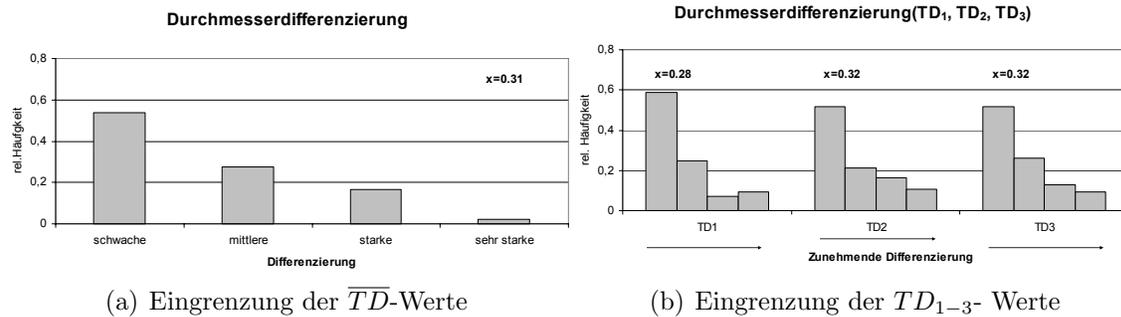


Abbildung 5.5: Eingrenzung der Durchmesserdiffenzierung in vier Wertestufen für den \overline{TD} -Wert als auch die TD_1 , TD_2 und TD_3 - Werte

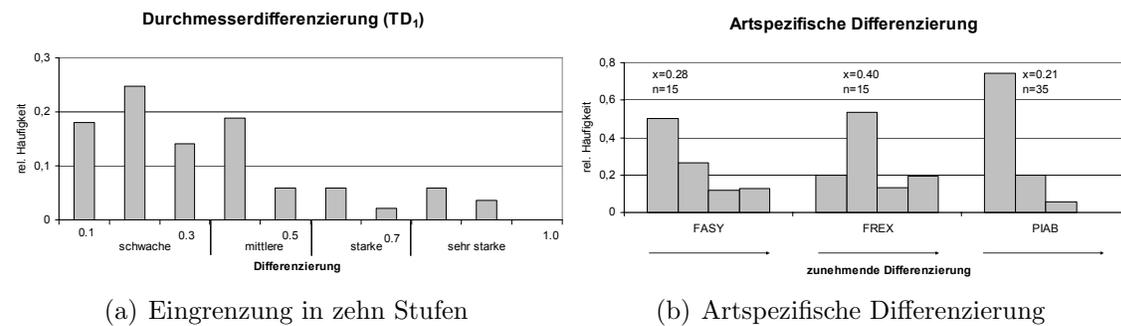


Abbildung 5.6: Eingrenzung der Durchmesserdiffenzierung in zehn Wertestufen sowie artspezifische Diffenzierung für FASY (Buche), FREX (Esche) und PIAB (Fichte)

einem Baumartenanteil von knapp 80 % (Fichte 35 %, Esche 24 % und Buche 18 %) bei einer Kluppschwelle von $BHD \geq 4$ cm prägen diese drei Baumarten auch den Bestandaufbau (sh Anhang: Baumartenverteilung der Strukturellen Vierergruppe). In die Berechnung gehen nun die angeführten Bäume als Nullbäume sowie deren erster Nachbar TD_1 ein. Die Anzahl der gemessenen Werte liegt bei der Buche und Esche bei $n=15$ für die Fichte wurden $n=35$ Werte gemessen. Die Bestandesmittelwerte zeigen für die Fichte ($x=0.21$) und die Buche ($x=0.28$) eine schwache Differenzierung. Die Esche mit einem Mittelwert von $x=0.40$ deutet auf eine stärkere Differenzierung hin, mit einem Maximum im mittleren Bereich. Unterscheiden sich 24 % der Buchen und 32 % der Eschen stark bzw. sehr stark von ihren ersten Nachbarbaum so sind es bei der Fichte nur 5 %, der sehr starke Bereich ist bei dieser Baumart nicht mehr besetzt. Die Werte von Buche und Fichte weichen in der Verteilung der mittleren TD_1 -Werte nur geringfügig von den Stichprobenmittelpunktwerten ab, mit einer klaren Summierung der Werte im schwachen bis mittleren Bereich.

Artendurchmischung

Die Grundlage der Durchmischung bezieht sich in dieser Arbeit auf den Vergleich zwischen den Nullbaum und dem Mittel seiner drei nächsten Nachbarn (M_i), da diese Konstellation aus der Vierergruppe hervorgeht. Die Variable DM3 kann somit vier verschiedene Werte annehmen ($0.0=$ alle Bäume sind gleich, $0.33=$ ein Nachbar, $0.67=$ zwei Nachbarn und $1.0=$ alle Nachbarn des Nullbaumes gehören einer anderen Art an). Für die Stichprobenpunkte stellt sich nun folgende Verteilung der Durchmischungswerte auf diese vier Stufen in der Abbildung 5.8 folgendermaßen dar. Für die Grafik ergibt sich ein Mittelwert für die DM3 von 0.38. Dieser Wert wird jedoch nicht mit einer hohen Anzahl in der Stufe 0.33 bedingt, sondern durch den maximalen Anteil in der Stufe 0.00. Fast 35 % aller im Untersuchungsraum aufgenommenen Bäume haben drei Nachbarn dergleichen Art. Beinahe 20 % der Nullbäume haben einen oder zwei artfremde Nachbarn und 14 % sind dagegen von drei Bäumen einer anderen Art umgeben.

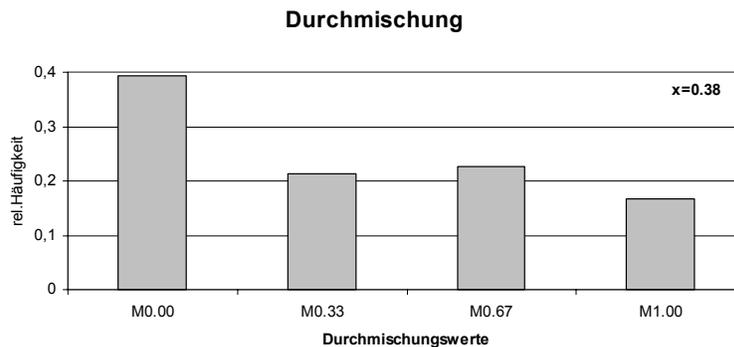


Abbildung 5.7: Darstellung der Artendurchmischung M_i

Für eine bessere Darstellung soll die artspezifische Durchmischung für die drei Hauptbaumarten Fichte, Buche und Esche herangezogen werden. Die M_i -Mittelwerte für die drei Baumarten liegen bei 0.21 (Fichte), 0.37 (Buche) und 0.45 (Esche). Beinahe 70 % der Fichten sind nur von Fichten umgeben. Dies gibt bereits eine erste gute Aussage über die Verteilung dieser Baumart im Untersuchungsbestand. Die Durchmischung für die Buche verteilt sich über die einzelnen Werte sehr gleichmäßig, ihr Maximum liegt in der Stufe 2 (0.33). Auch für die Esche liegt das Verteilungsmaximum in der zweiten Stufe, diese Baumart ist zu mehr als 40 % von einer und zu 30 % von zwei artfremden Baumarten umgeben. An die 20 % der Buchen und Eschen werden von drei Individuen einer anderen Art umgeben.

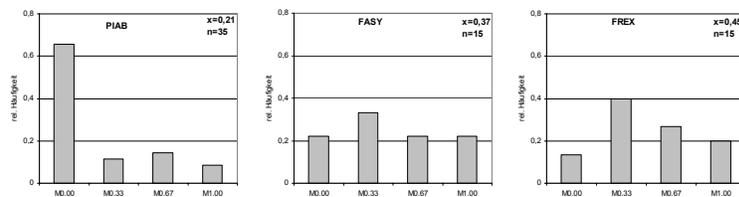


Abbildung 5.8: Artspezifische Durchmischung M_i für die Baumarten Fichte, Buche und Esche

Umgebungsmaß

Das Umgebungsmaß, eine Kenngröße die den relativen Größenvergleich des Nullbaumes zu seinen drei Nachbarn beschreibt zeigt für einen Großteil der Flächen Werte um 0,00. Dies würde bedeuten, dass der Nullbaum von drei bzw. zwei Nachbarn mit geringeren Durchmesser umgeben ist. Da das Umgebungsmaß eine Ergänzung zur Durchmischung darstellt liegt auch hier keine deutliche Differenzierung vor (sh. Abbildungen 5.9 und 5.10).

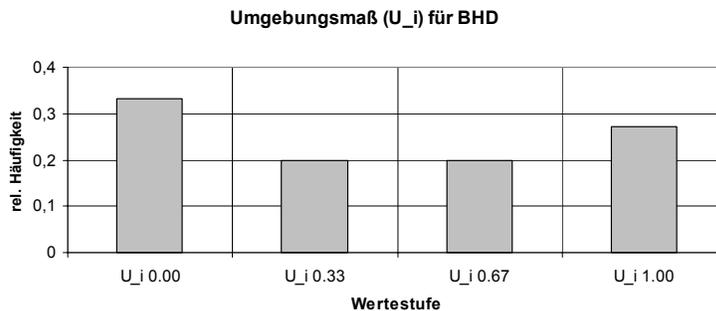


Abbildung 5.9: Darstellung des Umgebungsmaßes

Abstandsverteilung

Für die Abstandsverteilung werden für diesen Teil der Arbeit nur die Abstände zwischen den Nullbäumen und ihren ersten Nachbarn betrachtet. Wie im Kapitel 4

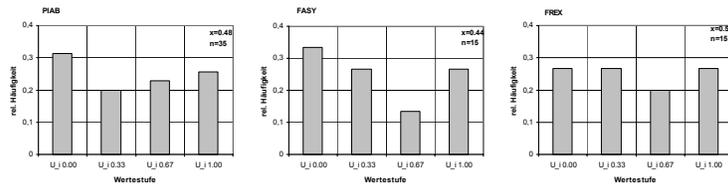


Abbildung 5.10: Artspezifisches Umgebungsmaß für die Baumarten Fichte, Buche und Esche

bereits erwähnt erfolgt die Einteilung der Werte in 10 Klassen. Die Abstandsverteilung wird wie auch für die Durchmischung für alle Stichprobenpunkte als auch artspezifisch (Fichte, Buche und Esche) ermittelt.

Die Baumabstände entfallen in die Klassen 1 bis 6 sowie in die Klassen 8 und 10. Die meisten Abstände sind in den Klassen 2 und 3 zu finden, dies wird auch durch eine Mittelwert von 2,3 verdeutlicht (Abbildung 5.11).

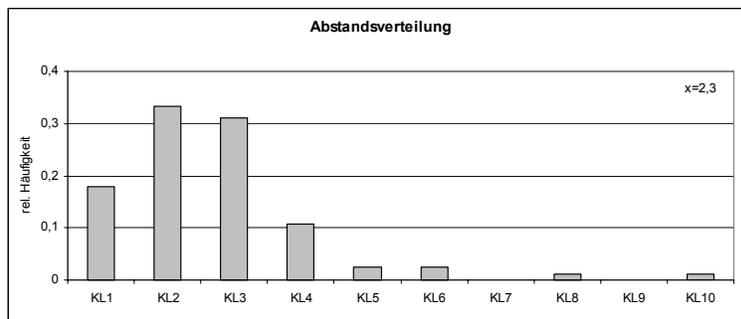


Abbildung 5.11: Abstandsverteilung

Für die Fichte liegen Baum-Baum-Abstände in den Klassen 1 bis 6 vor. Die häufigsten Werte sind, so wie auch bei der Buche in der Klasse 3 zu finden. Die Abstände der Buche entfallen auf die Klassen 1 bis 5 sowie in auf die Klasse 10. Die Esche mit dem niedrigsten Mittelwert von 1.91 (Fichte 2.3, Buche 3.2) hat ihr Verteilungsmaximum in der Klasse 2.

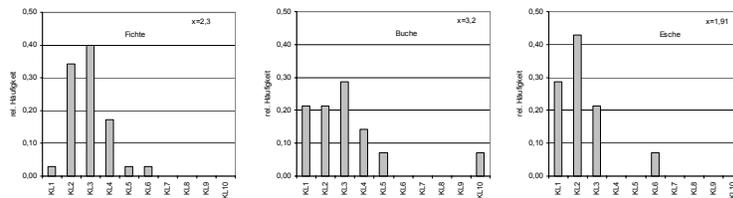


Abbildung 5.12: Artspezifische Abstandsverteilung

5.1.4 Altersklassenstruktur

Die Altersstruktur der Bestände ist bedeutsam für die nachhaltige Erfüllung der Waldfunktionen. Die Stichprobenanteile werden in der Abbildung 5.13 anteilig über zwanzigjährigen Zeitabschnitte zusammengefasst und als Altersklassenstruktur (AKL 1 bis 7) grafisch dargestellt. Des Weiteren liegen bei dieser Betrachtung noch die relativen Anteile für das Laub- und Nadelholz innerhalb der Altersklasse vor. Die Altersklassenstruktur für den Buchenberg zeigt eine leicht zweigipflige Verteilung. Hierbei überwiegen Bestände in der jüngsten und vierten Altersklasse, die rund 50 % einnehmen. Bäume mit einem Alter größer als 120 Jahre wachsen nur noch auf 5 % der Fläche. Die Laubbaumarten weisen in den Probekreisen 1 und 2 ausgeprägte Anteile auf, hier ist das Nadelholz nur eingesprengt vorhanden, vor allem in Beständen der ersten und zweiten Altersklasse. Die größten Teile auf den Flächen ab einer Kluppschwelle von größer 8 cm BHD werden durch Nadelbaumarten bestockt. Lediglich in den ersten beiden Klassen und in der Altersklasse 7 liegt ein höherer Laubholzanteil vor.

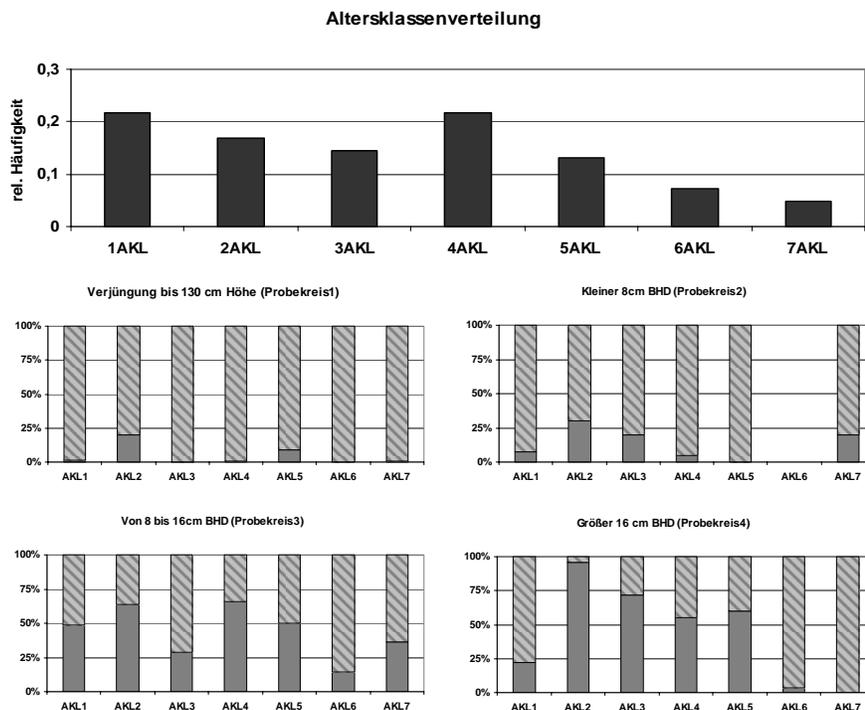


Abbildung 5.13: Altersklassenstruktur Waidhofen - alle Baumarten in den Altersklassen 1 bis 7 (1AKL: 1-20 jährig; 2AKL: 21-40 jährig usw.) und relative Anteile an Laub- und Nadelholz in den Klassen (grau Nadelholz, schraffiert Laubholz)

5.1.5 Überschirmung

Die Überschirmung wird für die Erfüllung der Zielwaldkriterien in 5 Klassen zusammengefasst und in Häufigkeitsdiagrammen dargestellt. Sie ist auch die Grundlage für die Bewertung der Baumartenzusammensetzung im Katalog dominant, subdominant, beigemischt und einzeln. Die Kluppschwelle lag so wie bei der Darstellung der BHD- und Höhenverteilung bei einem BHD ≥ 8 cm und wird durch die Probekreise 3 und 4 beschrieben. Die Verteilung zeigt einen deutlichen Überhang in der Stufe $> 9/10$, gering sind die Anteile in den übrigen Klassen.

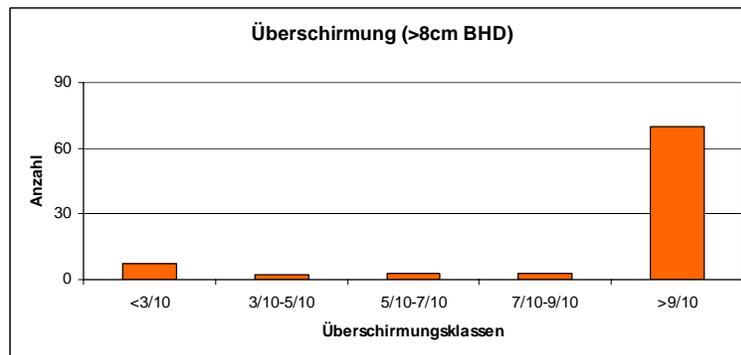


Abbildung 5.14: Darstellung der Überschirmung in 5 Klassen

5.1.6 Totholz

Bei den Aufnahmen des Totholzes wurden 5 % aller aufgenommenen Individuen ab einer Kluppschwelle ≥ 130 cm Höhe (somit ab Probekreis2) als tot und 2 % als absterbend klassifiziert. Für die einzelnen Kreissegmente zeigt sich für den Probekreis 2 (0-7,9 cm BHD), dass etwa ein fünftel der aufgenommenen Individuen als tot eingestuft wurden. In den stärkeren Durchmesserklassen nimmt der Anteil am Totholz im Bestandesgefüge ab. Die Darstellung der Baumartenanteile am Totholz innerhalb der drei Kreissegmente ergänzt die Abbildungsdarstellung. Neben der Stammzahl liegt der Vorrat für das stehende und liegende Totholz bei 8 Stichprobenpunkten über 3 fm und bei 4 Punkten bis 3 fm. Für die restlichen Punkte liegt der Anteil unter 3 fm. Bezogen auf den durchschnittlichen Vorrat von rund 400 Vfm_s sind dies rund 3 %. Ähnliche Größenordnungen liegen auch im durchschnittlichen Totholzvorrat Österreichs.

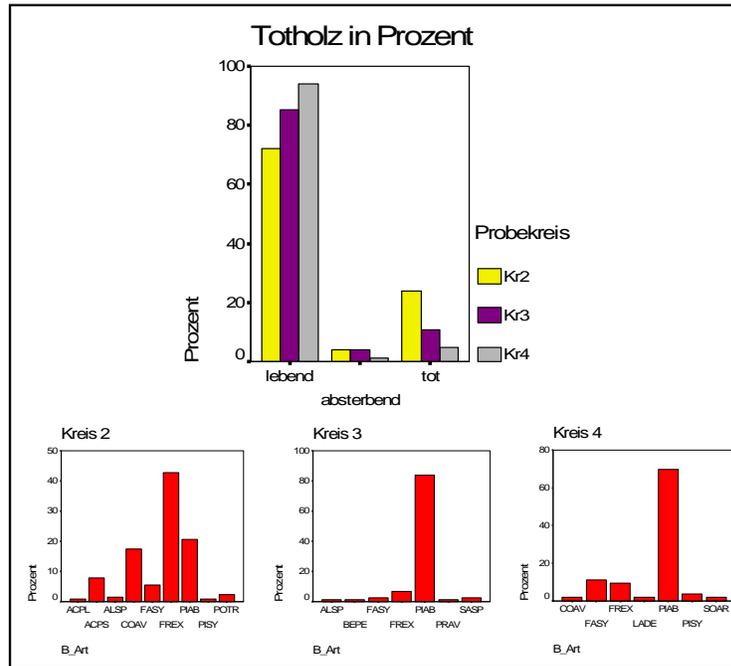


Abbildung 5.15: Totholzverteilung für die einzelnen Kreissegmente

5.2 WWG Mostviertel-West

5.2.1 Biometrische Parameter und Waldstruktur

In der Tabelle 5.4 werden die biometrischen Parameter der WWG Mostviertel-West dargestellt. Auf dieser zweiten Untersuchungseinheit wurden 94 Stichprobenpunkte erhoben. So wie in Tabelle 5.1 werden nun für die drei Aufnahmeverfahren „WZP“, „Probekreis“ und „Strukturelle Vierergruppe“ die Anzahl der erhobenen Individuen (n), die Stammzahl pro Hektar (N/ha), die Grundfläche pro Hektar (G/ha) und der Vorrat nach Pollanschütz pro Hektar (V_{spoll}/ha) dargestellt.

Die Verjüngungszahlen liegen im Mittel bei 12.953 Bäumchen am Hektar. Wie auch in der Untersuchungseinheit Waidhofen unterliegen auch hier die Stammzahlen der beiden Aufnahmeverfahren WZP und Probekreis in den schwächeren Durchmesserstufen einer breiten Streuung. Bis 8 cm BHD liegt die Stammzahl bei der WZP bei 72 N/ha , beim Probekreis bei 691 N/ha . Die Stammzahlen der Kreise 3 und 4 bewegen sich zwischen 200 und rund 550 N/ha . Die Stammzahl für die Kluppschwelle $BHD \geq 4$ cm, liegt für die WZP bei 767 N/ha , für den Probekreis bei 973 N/ha und für die Strukturelle Vierergruppe bei 1.478 N/ha . Der Gesamtvorrat Schaftholz nach Pollanschütz ab einer Kluppschwelle von $BHD \geq 4$ cm liegt bei 350 fm (WZP) bzw. 390 fm (Probekreis).

<i>Stichprobenverfahren</i>	<i>Kluppschwelle</i>	<i>n</i>	<i>N/ha</i>	<i>G/ha</i>	<i>Vspoll/ha</i>
WZP	0,1-8 cm BHD	94	72	0,03	0,00
	8-16 cm BHD	119	202	2,23	11,79
	≥ 16 cm BHD	740	502	31,06	337,49
	Gesamt	953	1.308	33,50	350,00
	≥ 4 cm BHD	791	767	33,45	349,85
Fixer Probekreis	20-130 cm Höhe	797	12.953		
	0,1-8 cm BHD	155	691	0,63	3,61
	8-16 cm BHD	366	270	2,94	16,42
	≥ 16 cm BHD	1288	544	34,36	373,99
	≥ 4 cm BHD	1759	973	37,73	391,2
Strukturelle Vierergruppe	≥ 4 cm BHD	376	1.478		

Tabelle 5.4: Zusammenfassung der ertragskundlichen Parameter für die drei Aufnahmeverfahren Winkelzählprobe (WZP), Fixer Probekreis und Strukturelle Vierergruppe. Anzahl der erhobenen Individuen (n), Stammzahl pro ha (N/ha), Grundfläche pro ha (G/ha) und Vorrat Schaftholz nach Pollanschütz pro ha ($Vspoll/ha$)

5.2.2 Baumartenverteilung

In der Abbildung 5.16 wird die Baumartenverteilung für die vier Probekreise dargestellt. Im Probekreis 1 (0,2-130 cm Höhe) dominieren eindeutig mit über 90 % die Laubbäume. Es zeigt sich eine hohe Eschen- und Bergahornverjüngung (33 % und 27 %). Der Baumartenanteil für die Buche und die Hasel liegt bei rund 10 %. Unter 10 % verjüngt sich dann noch die Fichte und Eiche. Das Spektrum an Baumarten wird noch ergänzt durch geringe Anteile an der Verjüngung von Feld- und Spitzahorn, Erle, Birke, Walnuß, Lärche, Pappel, Vogelkirsche, Kornelkirsche, Weide, Linde und Ulme.

Auch im Probekreis 2 (0,1 cm bis 7,9 cm BHD) ergibt sich ein sehr hoher Laubholzanteil. Dominierende Baumart ist mit 21 % die Esche. Der Anteil von Feldahorn und Hasel liegt bei 18 und 17 %, der von Bergahorn bei 10 %. Bei den Nadelhölzern liegt der Anteil von Fichte ebenfalls bei 10 %.

Die beiden Probekreise 3 und 4 (8 cm bis 15,9 cm BHD bzw. ≥ 16 cm BHD) werden deutlich von der Fichte dominiert. Ihr Anteil liegt im Kreis 3 bei 40 % und im Kreis 4 sogar bei fast 70 %. Zweithäufigste Baumart ist die Esche mit einem Anteil von 16 und 10 %. Neben diesen Baumarten sind im Probekreis 3 noch Feldahorn, Birke, Hasel, Lärche, Feld- und Bergahorn, Weiden, Erlen, Ulmen und Linden vorhanden.

Der prozentuelle Anteil der beiden Hauptbaumarten wird für die vier Kreissegmente in der Tabelle 5.5 dargestellt. Beide Baumarten nehmen zwischen 30 und 80 % ein. Liegt der Fichtenanteil im Kreissegment 1 noch bei 5 % steigt er im Probekreis 4 auf fast 70 % an und ist die häufigste Baumart. Die Esche ist zweithäufigste

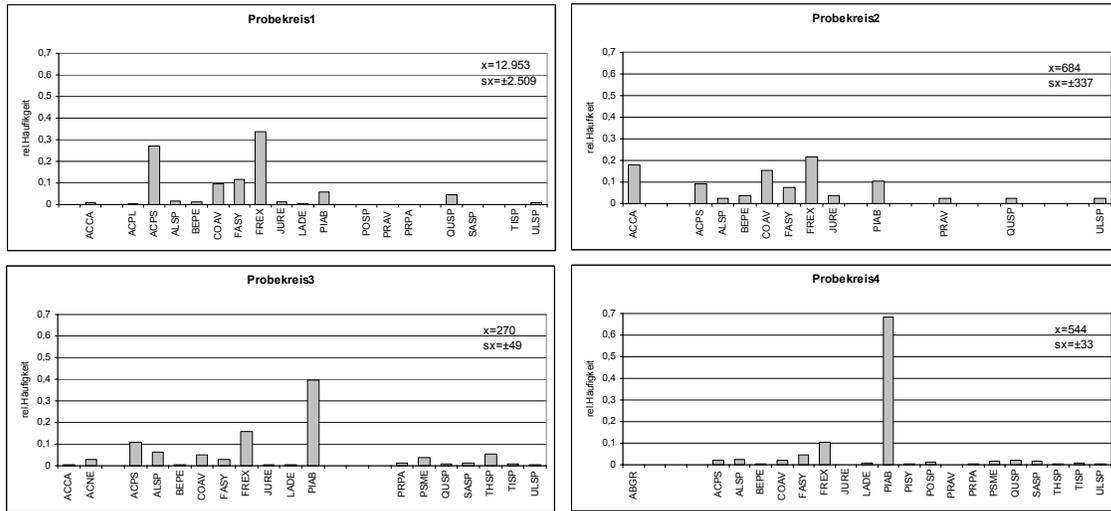


Abbildung 5.16: Baumartenverteilung für die Probekreise 1 bis 4 (x Mittelwert der Stammzahl, s_x Standardfehler des Mittelwertes)

Baumart; ihr Anteil liegt bereits unter 10 %.

Baumartenverteilung in %				
Baumart	Kreis1	Kreis2	Kreis3	Kreis4
FREX	33,0	21,3	15,7	10,0
PIAB	0,5	10,2	39,0	68,4
\sum	33,5	22,5	54,7	78,4

Tabelle 5.5: Baumartenverteilung für Esche (FREX) und Fichte (PIAB) in Prozent

Die Baumartenverteilung für den Probekreis ≥ 4 cm BHD und die Strukturelle Vierergruppe wird in der Abbildung 5.17 ersichtlich. Die Stammzahl liegt für den Probekreis bei 973 N/ha und für das Abstandsverfahren bei 1.478 N/ha. In beiden Fällen geht die Fichte mit fast 60 % der Baumartenverteilung hervor und ist auch in dieser Durchmesserklasse die dominierende Baumart. Mit einem Anteil von etwas über (Strukturelle Vierergruppe) bzw. knapp unter (Fixer Probekreis) 10 % ist die Esche zweithäufigste Baumart. Das Baumartenspektrum ist mit 18 und 22 verschiedenen Arten hoch.

5.2.3 Bestandesstruktur

BHD- und Höhenverteilung

Die Strukturparameter BHD- und Höhenverteilung für die Probekreise 1 bis 4 sowie gesamt (ohne Kreis1) werden in der Tabelle 5.6 dargestellt. Dabei wird die Anzahl der Individuen (n), der Mittelwert ($mean$), das Minimum und Maximum (min)

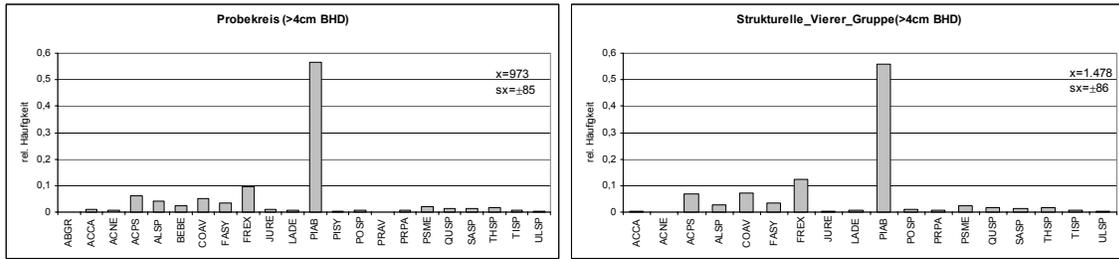


Abbildung 5.17: Baumartenverteilung für den Probekreis (≥ 4 cm BHD) und die Strukturelle Vierergruppe (≥ 4 cm BHD)

und max) sowie die Standardabweichung (s_x) und die Varianz (var) dargestellt. Die Verjüngung hat eine mittlere Höhe von 0,30 cm, im Probekreis 2 liegt der BHD bei 3 cm und die Höhe bei 4 m. Für den Kreis 3 und 4 errechnet sich ein mittlerer BHD von 11,5 und 26,8 cm und einen mittlere Höhe von 11 und 22 m. Der stärkste Durchmesser wurde bei einer Buche gemessen (BHD 1,18 m), die größte Baumhöhe erreichte eine Esche mit fast 42 m.

Kreissegment	Variable	n	$mean$	$min.$	$max.$	s_x	var
Kreis 1	BHD cm	797	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Höhe m	797	0.28	0.20	1.20	0.12	0.02
Kreis 2	BHD cm	155	2.71	0.20	7.90	1.92	3.68
	Höhe m	155	3.93	1.30	7.80	1.77	3.15
Kreis 3	BHD cm	366	11.55	8.00	15.90	2.29	5.25
	Höhe m	366	11.20	5.30	21.90	3.37	11.38
Kreis 4	BHD cm	1288	26.83	16.00	118.90	9.17	84.13
	Höhe m	1288	21.73	10.00	41.90	5.23	27.39
BHD ≥ 4 cm	BHD cm	1759	23.92	4.00	118.90	10.32	106.55
	Höhe m	1759	19.70	2.50	41.90	6.51	42.49
Gesamt (ohne Kreis1)	BHD cm	1809	23.29	0.20	118.90	10.83	117.32
	Höhe m	1809	19.23	0.40	41.90	6.99	48.86

Tabelle 5.6: BHD- und Höhenverteilung für das Probekreisverfahren: Kreissegment, Variable (BHD in cm und Höhe in m), Anzahl (n), Mittelwert (x), Minimum ($min.$), Maximum ($max.$), Standardabweichung (s_x) und Varianz (var)

Die Abbildung 5.18 beschreibt für den Probekreis 4 die BHD- und Höhenverteilung in 4 cm (BHD) bzw. 4 m (Höhe) Stufen. Bei den Durchmessern liegt eine linksschiefe Verteilung vor die Werte für die Höhenverteilung sind annähernd Normalverteilt.

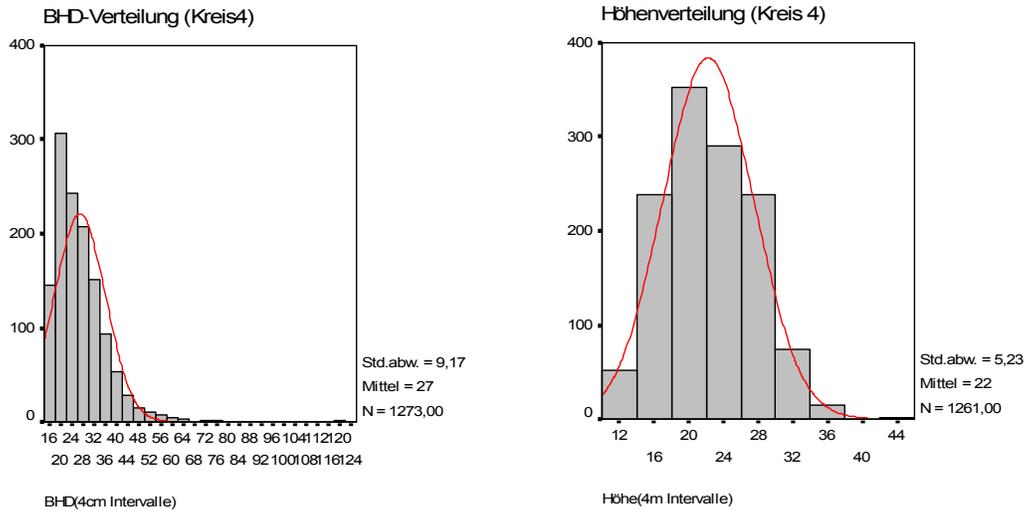


Abbildung 5.18: BHD- und Höhenverteilung für den Probekreis 4 mit Normalverteilungskurve

Durchmesser differenzierung

Die Durchmesser differenzierung wird für die TD_i1 , TD_i2 und TD_i3 -Werte sowie für den TD_n -Wert dargestellt. Auch für die WWG Mostviertel-West sind die Bestände hinsichtlich ihrer Durchmesser gering strukturiert (Abbildung 5.19). In der ersten, d.h. geringsten Differenzierungs Klasse sind jeweils die größten Häufigkeiten zu finden, zur starken Differenzierung hin nimmt die relative Häufigkeit ab. So befinden sich in der ersten Klasse 70 % der Punkte, 20 % der Werte liegen noch in der zweiten Klasse und die beiden Klassen starke und sehr starke Differenzierung sind nur noch schwach besetzt. Für die getrennte Betrachtung der TD-Werte ergibt sich ein ähnliches Bild.

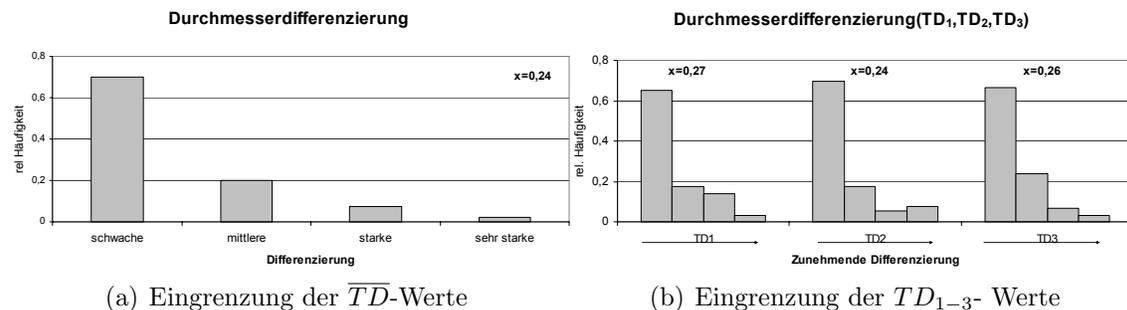


Abbildung 5.19: Eingrenzung der Durchmesser differenzierung in vier Wertestufen für den \overline{TD} -Wert als auch die TD_1 , TD_2 und TD_3 - Werte

Die Abbildung 5.20 weist ebenfalls auf eine recht geringe Differenzierung für die Einteilung in 10 Durchmesserstufen hin. Auch zeigt sich eine Konzentrierung der Einzelwerte um den Mittelwert von 0.28, der starke und sehr starke Wertebereich

ist nur schwach vorhanden.

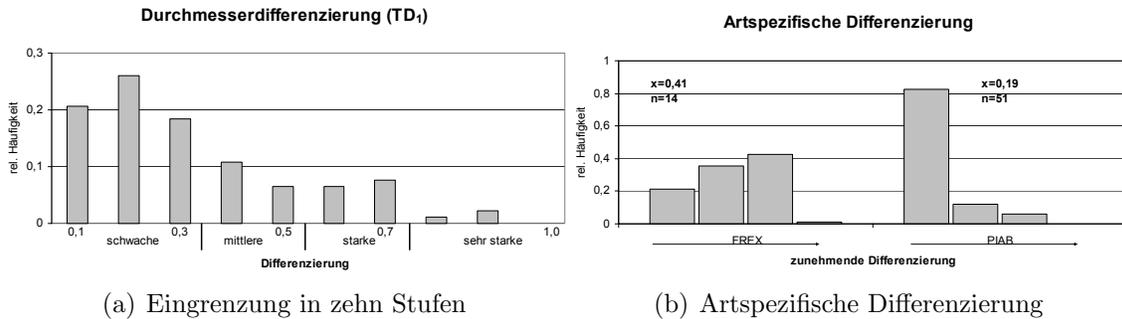


Abbildung 5.20: Eingrenzung der Durchmesserdifferenzierung in zehn Wertestufen sowie artspezifische Differenzierung für FREX (Esche) und PIAB (Fichte)

Für die artspezifische Durchmesserdifferenzierung wurden die zwei Hauptbaumarten Fichte und Esche herangezogen (rund 90 % des Baumartenanteils). Bei der Betrachtung der Differenzierung für die Esche ist ein Mittelwert von 0,41 zu erkennen. Sie hat in der starken Differenzierung ihre größte Häufigkeit. Die Fichte dagegen ist schwach strukturiert. Sie hat ihr Maximum in der schwachen Stufe und nimmt zur starken Differenzierung hin ab, die sehr starke Differenzierung ist nicht mehr vorhanden (Abbildung 5.20).

Durchmischung

In der nachfolgenden Abbildung werden die Durchmischungswerte für die WWG Mostviertel-West dargestellt. Die Variable kann vier Werte annehmen: 0.0 alle Bäume sind gleich, 0.3 ein Nachbar, 0.67 zwei Nachbarn und 1.0 alle Nachbarn des Nullbaumes gehören einer anderen Art an. Für den Waldzustand kann festgestellt werden, dass mehr als 60 % aller Bäume einen Nachbarn der gleichen Art aufweisen (Abbildung 5.21). 20 % der Bäume sind von zwei Individuen der gleichen Art umgeben. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Bäume von 2-3 artfremde Nachbar umgeben sind liegt ebenfalls bei rund 20 %.

Eine differenzierte Betrachtung für die Baumarten Fichte und Esche erlaubt die artspezifische Durchmischung (Abbildung 5.22). Während die Fichte zu fast 90 % drei Nachbarn der gleichen Art besitzt, liegt bei der Esche die Wahrscheinlichkeit dafür, bei 20 %. Die Esche wird am häufigsten (50 %) von zwei artfremden Individuen umgeben und rund 10 % sind von Nachbarn umgeben, die einer anderen Art angehören. Bei der Fichte hingegen wird kein Baum von drei artfremden Nachbarn umgeben. Der Mittelwert für die Fichte liegt bei 0,05, der für die Esche bei 0,52.

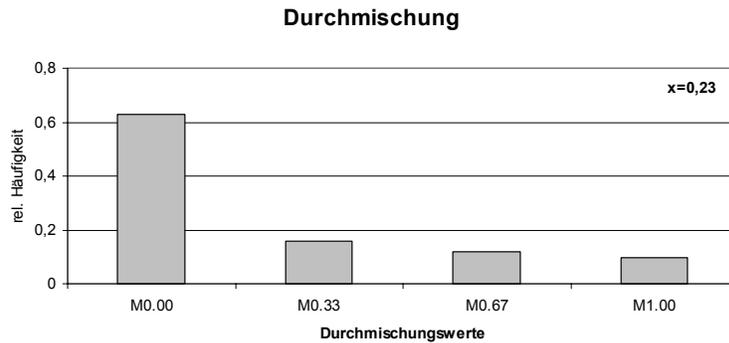


Abbildung 5.21: Darstellung der Artendurchmischung M_i

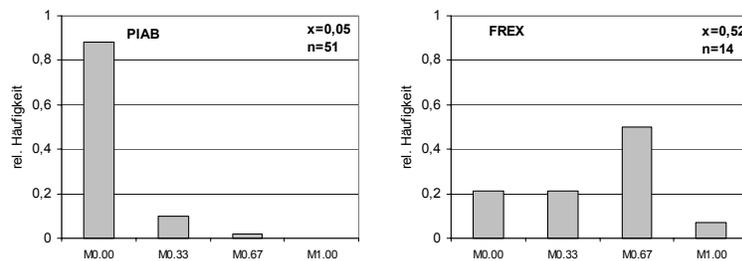


Abbildung 5.22: Artspezifische Durchmischung M_i für die Baumarten Fichte und Esche

Umgebungsmaß

Die Darstellung des Umgebungsmaßes für den BHD über alle Probepunkte der Waldwirtschaftsgemeinschaft Mostviertel West und eine artspezifische Kennzeichnung der beiden Hauptbaumarten Fichte und Esche werden in den Abbildungen 5.23 und 5.24 vorgenommen. Es zeigt sich für einen Großteil der Punkte Werte um 0,5 (Mittelwert liegt bei 0,43). Dies würde bedeuten, dass der Nullbaum von zwei bzw. einem Nachbarn mit geringeren Durchmesser umgeben ist.

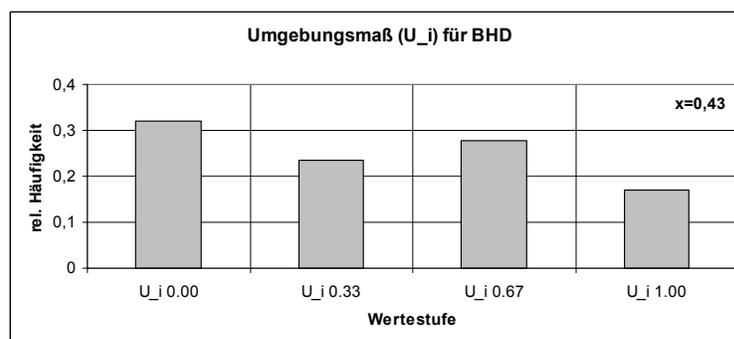


Abbildung 5.23: Darstellung des Umgebungsmaßes

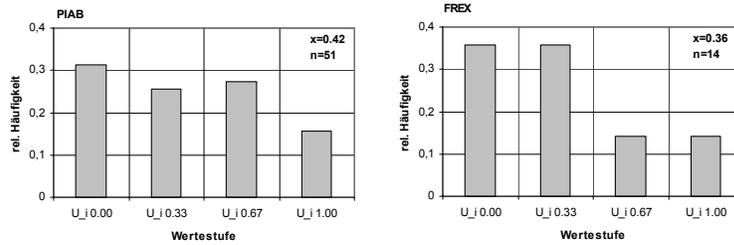


Abbildung 5.24: Artspezifisches Umgebungsmaß für die Baumarten Fichte, Buche und Esche

Abstandsverteilung

Die Baum-Baum-Abstände entfallen in die Klassen 1 bis 8. Die meisten Abstände sind in den Klassen 2, 3 und 4 zu finden, mit einem Verteilungsmaximum in der dritten Klasse. Der Mittelwert liegt bei 2.6 m (Abbildung 5.25).

Die Baumarten Fichte und Esche zeigen ebenfalls ein Verteilungsmaximum in der dritten Abstandsklasse. Der Mittelwert für die Fichte liegt bei 2.6 m, der für die Esche bei 2.3 m (Abbildung 5.26).

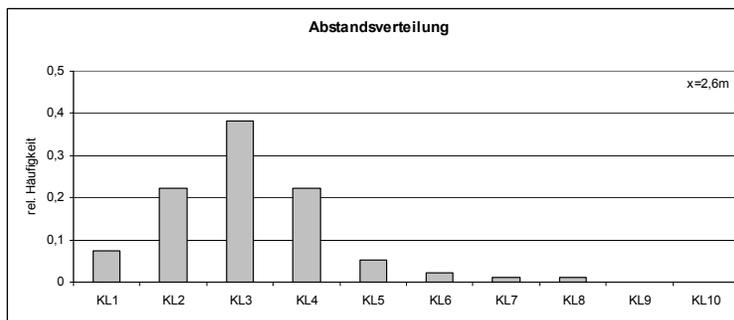


Abbildung 5.25: Abstandsverteilung für die WWG Mostviertel-West

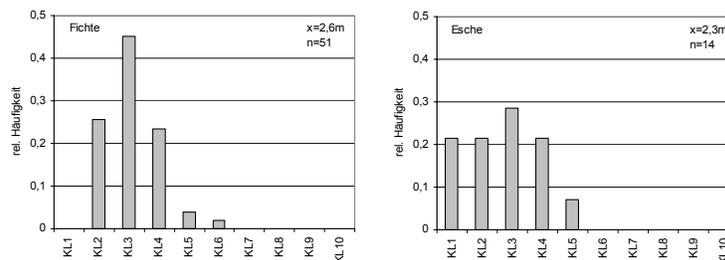


Abbildung 5.26: Artspezifische Abstandsverteilung für die WWG Mostviertel-West

5.2.4 Totholz

Bei der Totholzansprache wurden 2 % der Individuen ab dem Probekreis 2 als tot und absterbend eingestuft. Die Verteilung des Totholzes für die Kreissegmente, in Prozent an der Stammzahl wird in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Auch hier liegt das Verteilungsmaximum im Kreissegment 2. Fast zwölf Prozent der hier erhobenen Individuen wurden als tot eingestuft. Der Anteil im Kreis 3 liegt bei 5 %. Die geringsten Anteile liegen im Kreis 4 (Abbildung 5.27). Der geringe Totholzanteil wird auch in der Vorratshaltung für das liegende und stehende Totholz sichtbar. Auf drei Probepunkten wurden Totholz mengen über 3 fm, und auf 5 bis 3 fm festgestellt. Somit ergibt sich auf 92 % der Aufnahme punkte ein Totholzanteil unter 3 fm. Gemessen am mittleren Gesamt vorrat beträgt die Totholzmenge rund 2 %.

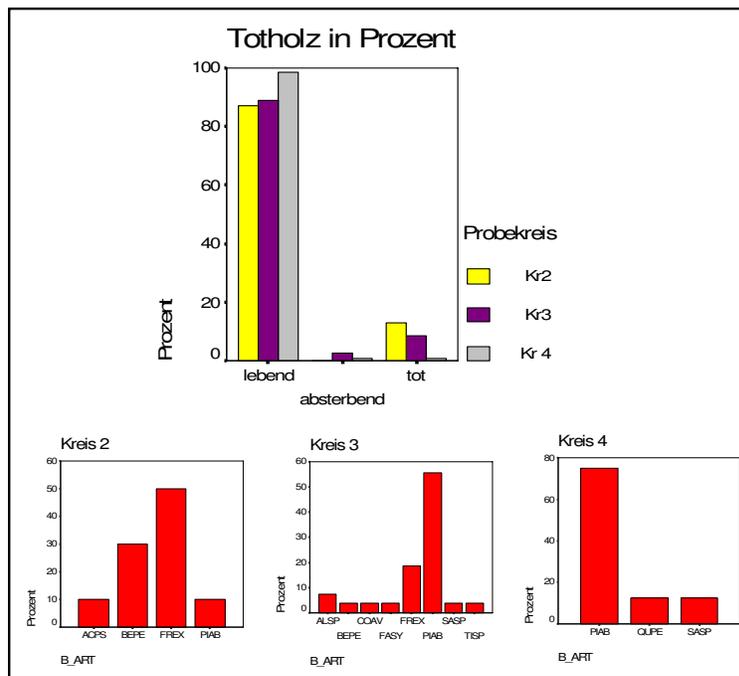


Abbildung 5.27: Totholzverteilung für die Kreissegmente in Prozent an der Stammzahl

5.2.5 Altersklassenstruktur

Einen Überblick über die Altersklassenstruktur vermittelt Abbildung 5.28. Im Vergleich zu der Untersuchungseinheit Waidhofen liegt hier eine achte Altersklasse vor. In der vorliegenden Abbildung werden noch die relativen Anteile für das Laub- und Nadelholz innerhalb der Altersklasse betrachtet. Die Altersklassenstruktur der Bauernwälder zeigt einen annähernd normalverteilten Verlauf mit einem deutlichen Schwerpunkt in der dritten und vierten Altersklasse. Diese beiden Klassen nehmen über 40 % ein. Die Laubbaumarten weisen in den Probekreisen 1 und 2 ausgeprägte

Anteile auf. Dominierende Baumarten ab einer Kluppschwelle ≥ 8 cm BHD sind die Nadelhölzer. Diese Durchmesserklassen sind gekennzeichnet durch einen Mangel an Laubbaumarten. Bei den Laubbäumen geht lediglich ein hoher Anteil an älteren Beständen einher.

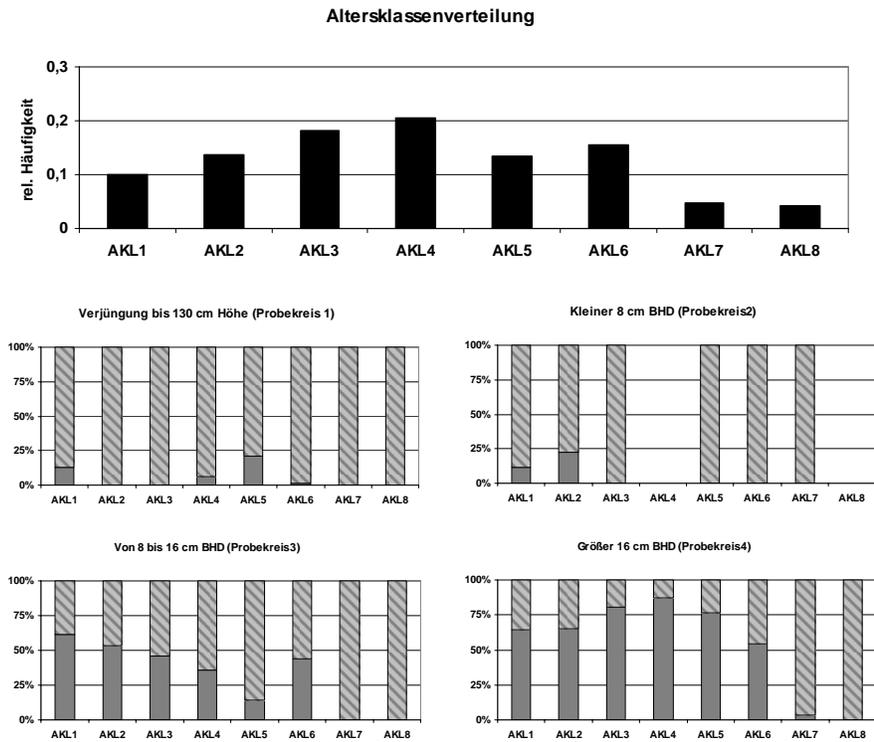


Abbildung 5.28: Altersklassenstruktur Waldwirtschaftsgemeinschaft - alle Baumarten in den Altersklassen 1 bis 8 (1AKL: 1-20 jährig; 2AKL: 21-40 jährig usw.) und relative Anteile an Laub- und Nadelholz in den Klassen (grau Nadelholz, schraffiert Laubholz)

5.2.6 Überschildung

Für die Untersuchungseiheit WWG-West zeigt sich ein ähnliches Bild wie für den Stadtwald Waidhofen. Auch hier nimmt die Klasse $> 9/10$ die höchsten Anteile ein.

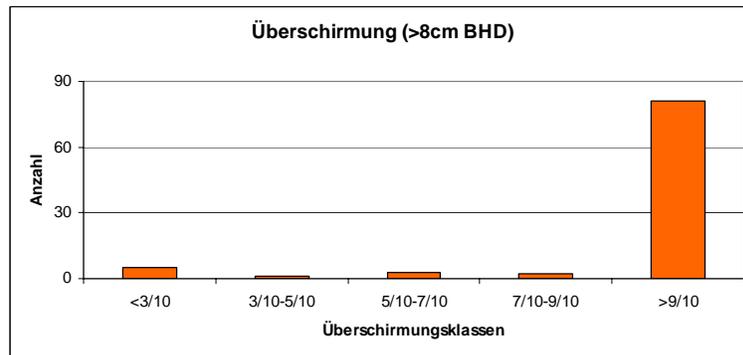


Abbildung 5.29: Darstellung der Überschirmung in 5 Klassen

5.3 Wald-Funktions-Bewertung (WFB)

Die Bewertungen der Stichprobenpunkte mittels dem funktionalen Waldbewertungssystem liegt für den Stadtwald Waidhofen in den nachfolgenden Abbildungen vor.

Zur Erfassung der Zielwaldkriterien für die Untersuchungsbestände dienten zwei Aufnahmeverfahren. Zu unterscheiden sind das Inventurverfahren, bestehend aus dem „Fixen Probekreis“, der „WZP“ und der „Strukturellen Vierergruppe“ und das verbale Verfahren der „Taxativen“ Bestandesansprache.

Die Aufnahmen sollten möglichst gut die Untersuchungseinheit (Stichprobenpunkt) reproduzieren, um so eine genaue Bewertung der Zielerfüllungstabelle vornehmen zu können.

In der nachfolgenden Tabelle werden diese Verfahren gegenübergestellt und bewertet welche Kriterien sie Sehr Gut (+++), Gut (++), weniger Gut (+) und nicht erfüllen (-) können.

Der im Folgenden skizzierte Vergleich der verschiedenen Aufnahmeverfahren bezieht sich auf die in dieser Arbeit verwendeten Kluppschwellen (Tabelle 5.7).

5.3.1 Stadtwald Waidhofen

In den beiden vorliegende Abbildungen (5.30 und 5.31) werden die Funktionserfüllungen der Stichprobenpunkte dargestellt.

Die Auswertung der 85 Stichprobenpunkte zeigt den höchsten Anteil der Funktionserfüllung in den Klassen 0,4 bis 0,5 und 0,5 bis 0,6. Dies wird auch durch den Mittelwert von 0,49 ersichtlich. Die Verteilung in den Stufen unter 0,4 und über 0,6 liegt bei rund 20 %.

Gemessen an ihrer Funktionserfüllung in Prozent nehmen die Kriterien Deckung und Schäden die höchsten Erfüllungsgrade ein. Sie erfüllen ihre Funktion im Mittel um 80 %. Der Anteil der Kriterien Deckung (Jungwuchs), Bodenvegetation und Mischungsform liegt im Mittel bei 60 % Funktionserfüllung. Die niedrigsten Erfüllungsgrade gehen durch die Baumartenzusammensetzung (sowohl Bestand als auch Verjüngung) und durch das Alter ein.

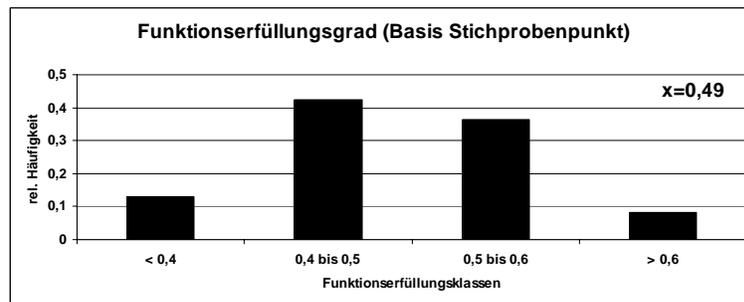


Abbildung 5.30: Buchenberg Bewertung der Funktionserfüllung

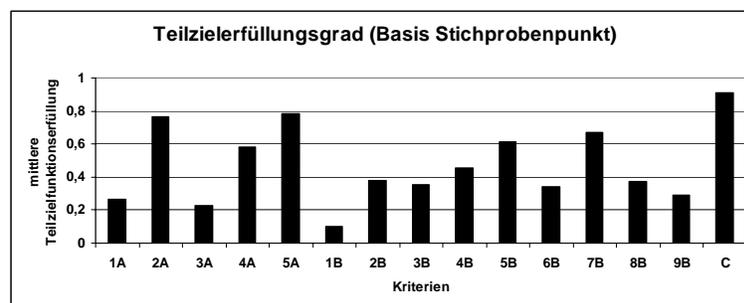


Abbildung 5.31: Buchenberg Bewertung der Funktionserfüllung:(1A)Baumart-BE,(2A)Deckung-BE,(3A)Baumart-JW, (4A)Deckung-JW, (5A)Anteil NV., (1B)Alter, (2B)Altersstruktur, (3B)Schichtung, (4B)Mischungsform-BE, (5B)Mischungsform-JW, (6B)Textur, (7B)Boden Vegetation, (8B)Toth.liegend, (9B)Toth.stehend, (C)Schäden

Kriterium	Aufnahmeverfahren			
	Probekreis	WZP	ST-Vierergr.	Taxation
(1A)Baumart-BE	+++	+++	+++	++
(2A)Deckung-BE	+++	+++	+++	++
(3A)Baumart-JW	+++	-	—	++
(4A)Deckung-JW	+++	-	-	++
(5A)Anteil NV.	+++	-	-	++
(1B)Alter	++	-	+++	+++
(2B)Altersstruktur	++	-	+++	+++
(3B)Schichtung	+++	+	+++	+++
(4B)Mischungsform-BE	+	+	++	+++
(5B)Mischungsform-JW	+	-	-	+++
(6B)Textur	-	-	+++	+++
(7B)Boden Vegetation	-	-	-	+++
(8B)Toth.liegend	+++	-	-	++
(9B)Toth.stehend	+++	+++	+++	++
(C)Schäden	+++	+++	+++	++

Tabelle 5.7: Gegenüberstellung der Aufnahmeverfahren (Inventurverfahren bestehend aus „Fixer Probekreis“, „WZP“, „Strukturelle Vierergruppe“ und „Taxation“) mit den Bewertungsmöglichkeiten: Sehr Gut (+++), Gut (++), weniger Gut (+) und nicht erfüllt (-)

Kapitel 6

Bewirtschaftungsempfehlungen

6.1 Ziele und Behandlungsgrundsätze

Wasserwirtschaftliche Planung entsteht als Folge von Ansprüchen Einzelner, von Interessensgruppen oder der Gesellschaft insgesamt an die Umwelt [72]. Über die Waldbewirtschaftung können meteorologische Ergebnisse in ihren Auswirkungen, sowohl negativ als auch positiv, beeinflusst werden [54].

Als Leitziel für eine regionale/bestandesbezogene Waldentwicklung kann zusammenfassend formuliert werden:

1. Stabile und elastische Waldökosysteme als Basis für die Erhaltung und Förderung eines zielgerichteten Wasserhaushaltsregimes
2. Erhaltung einer Multifunktionalität der Waldbestände
3. Für das Erreichen dieser Zielsetzungen sollten auf der Grundlage einer ökologisch orientierten Waldbewirtschaftung folgende Grundsätze Berücksichtigung finden:
 - Erhaltung eines permanenten Schlussgrades/Überschirmung
 - Vermeidung von Kahlschlägen und Abdeckung etablierter Verjüngung vor Beginn des Dickungsstadiums
 - Förderung einer standortsgerechten und zielorientierten Baumartenzusammensetzung und eines entsprechenden Mischungsgrades
 - Erhaltung des standortsspezifischen Produktivitätsniveaus
 - Konsequente ziel- und situationsgerechte Anwendung waldbaulicher Pflege- und Nutzungstechniken

Berücksichtigt man den Zielwaldaufbau und die damit verbundene zielgerichtet erforderliche Bestandesdynamik so zeigt sich, dass für die Waldbewirtschaftung eine Abkehr von der schlagweisen Waldbewirtschaftung die Hinwendung zu einer

schlagfreien Bewirtschaftung erforderlich ist. Dies bedeutet, dass die derzeit vorhandenen Bestandesstrukturen, welche ein Ergebnis der schlagweisen Waldbewirtschaftung sind, in Dauerwald (-artige) Waldaufbauformen umzubauen sind. Dabei stehen beim bestandesweisen Waldumbau die zielgerichtete Verjüngung und Pflege im Vordergrund. Als wichtige Leitziele stehen:

- die Förderung der Verjüngung
- eine Verbesserung /Änderung der Baumartenzusammensetzung
- die Überführung gleichaltriger/einschichtiger Bestände in mehraltrige/mehrschichtige Bestände im Vordergrund.

Entsprechend den bestandesweisen Zielsetzungen, welche sich z.B. aus dem Gesamt- bzw. Teilzielerfüllungsgrad ableiten lassen, sind situationsbezogen die geeigneten waldbaulichen Verfahren auszuwählen und die Maßnahmen zu planen. Dabei bieten sich für die Einleitung/Förderung der Verjüngung von Beständen im Überführungsstadium als Verjüngungsverfahren, welche an die lichtökologischen Ansprüche der Baumarten sehr flexibel angepasst werden können, Schirm- und Femelhiebe mit langen Verjüngungszeiträumen an. Wichtig ist, dass Jungwuchsstadien nur kleinflächig und unter Schirm auftreten. Bei Pflegemaßnahmen ab dem Stangenholzstadium gilt es vor allem strukturfördernde Eingriffe zu tätigen (Strukturdurchforstung).

In der Tabelle 6.1 sind für Teilkriterien, welche im Mittel unterdurchschnittlichen Funktionserfüllungsgrad aufweisen waldbauliche Planungsempfehlungen dargestellt. Ergänzend sind für die jeweiligen Teilkriterien die mittelfristig zu erwartenden positiven Effekte angeführt. Dies könnte in weiter Folge die Basis für die Durchführung von Kosten - Wirksamkeitsanalysen bilden.

Teilkriterium/Schwächenanalyse		Ziel	Maßnahme	positiver Einfluss auf
1A	Baumarten (Di)	Änderung Baumartenzusammensetzung und Mischungsgrades (-form)	Mischwuchsregelung (Dickungspflege, Strukturdurchforstung)	Baumarten (Di), Schichtung
1B	Baumarten (JW)	Änderung der Baumartenzusammensetzung	Mischwuchsregelung (Jungwuchspflege)	Baumarten (JW)
1+2B	Alter Altersstruktur	Förderung von Mehraltrigkeit	Strukturdurchforstung, Femelhieb; Schirmhieb; Zielstärkenutzung	Altersstruktur, Deckung, Textur
3B	Schichtung	Zwei bis Mehrschichtigkeit	Strukturdurchforstung, Verjüngungshiebe (Femelhieb; Schirmhieb; Zielstärken)	Schichtung Altersstruktur Deckung
6B	Textur	Förderung einer horizontalen Mosaikstruktur	Strukturdurchforstung, Verjüngungshiebe	Deckung (JW)
C	Totholz	Förderung von Totholz	belassen von Totholz	Totholz, Habitatqualität

Tabelle 6.1: Waldbauliche Maßnahmenplanung (mittelfristig für einen Zeitraum von 10 Jahren)

Kapitel 7

Zusammenfassung

Der Bewirtschaftung des Waldes kommt ein immenser Einfluss auf den Wasserhaushalt zu. So wirken sich, nach Hager [33] Maßnahmen in der Waldbewirtschaftung sowohl auf die abfließenden Wassermengen als auch auf die Wasserqualität aus. Im Waldökosystem besteht somit die Möglichkeit vorgesehene Funktionen aktiv zu gestalten. Diese werden direkt oder indirekt von einer geeigneten Baumartenmischung und/oder einer gewünschten Bestandesstruktur etc. beeinflusst und sind je nach örtlichen Gegebenheiten (Bestand, Boden, Klima) unterschiedlich zu gewichten.

Die beiden Untersuchungseinheiten, der Buchen- und Schnabelberg sowie die WWG-Flächen im Raum Amstetten liegen in unterschiedlichen Wuchsbezirken und variieren in Standort und Höhenlage. In beiden Fällen handelt es sich jedoch um Wirtschaftswälder mit der Hauptbaumart Fichte, die mehr oder weniger im „klassischen Alterklassenwald“ stockt. Während die Verjüngung - Dickung noch vom Laubholz geprägt wird, vor allem von Buche, Esche und Bergahorn zeigt das Waldbild ab der Kluppschwelle ≥ 8 cm BHD fast reinen Nadelholz Charakter. Da Empfehlungen für waldbauliche Maßnahmen immer situationsbezogen - sie haben sich an den spezifischen walddhydrologischen Vorgaben zu orientieren - zu definieren sind, werden für die im Untersuchungsgebiet dominierenden Waldgesellschaften, welche im Rahmen dieser Arbeit kartiert wurden Zielwaldbeschreibungen vorgenommen. Als Hauptprinzipien werden die Erhaltung eines permanenten stanortsspezifischen Bestandesschlusses, eine an der natürlichen Waldgesellschaft orientierte Baumartenzusammensetzung und ein kontinuierlicher Verjüngungsprozess auf Bestandesebene empfohlen. Mit dem Instrument des entwickelten Waldbewertungssystems (WFB) können über leicht zu erhebende Parameter auf der Bestandesebene oder wie im Fall dieser Arbeit auf einer Stichprobenfläche durch einen SOLL- IST- Vergleich Stärken und Schwächen erhoben werden, und geeignete waldbauliche Maßnahmen abgeleitet werden.

Anhang A

Abkürzungsverzeichnis

A.1 Baumartenabkürzungen

Nadelhölzer:

PIAB	Fichte
ABAL	Tanne
PISY	Weißkiefer
PINI	Schwarzkiefer
LADE	Lärche
PSME	Douglasie

Laubhölzer:

FASY	Rotbuche
QUSP	Eiche sp.
QURO	Stieleiche
QUPE	Traubeneiche
QUCE	Zerreiche
QURU	Roteiche
CABE	Hainbuche
ACPS	Bergahorn
ACPL	Spitzahorn
ACCA	Feldahorn
COAV	Hasel
SASP	Weide sp.
SAAL	Silberweide
ALIN	Grauerle
ALGL	Schwarzerle
FREX	Gemeine Esche
POTR	Aspe
POAL	Silberpappel
PONI	Schwarzpappel

SOAU	Vogelbeere
SOAR	Mehlbeere
TISP	Linde sp.
TIPL	Sommerlinde
TICO	Winterlinde
PRAV	Vogelkirsche
ULGL	Bergulme
JURE	Walnuß
ROPS	Robinie
BEBE	Sandbirke
PRPA	Traubenkirsche
ULLA	Flatterulme
ULMI	Feldulme

A.2 Verwendete Symbole

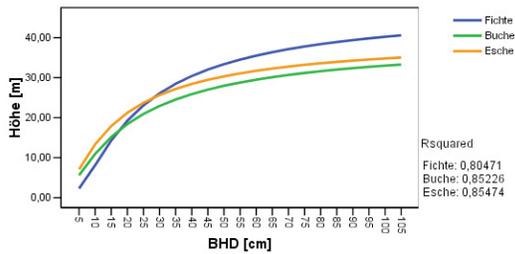
n	Anzahl der Fälle
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
s_x	Standardabweichung
N/ha	Stammzahl pro Hektar
G/ha	Grundfläche pro Hektar
Vpoll/ha	Vorrat Schaftholz nach Pollanschütz pro Hektar

Anhang B

Abbildungen

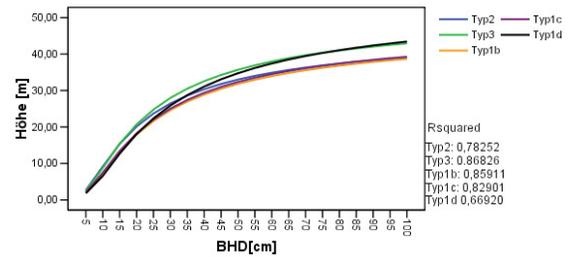
B.1 Höhenkurven

Baumarten



(a) Fichte, Buche, Esche

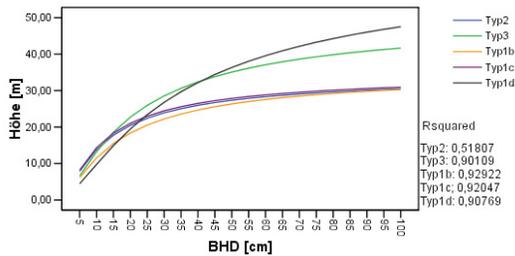
FICHTE (POLLANSCHÜTZ)



(b) Fichte

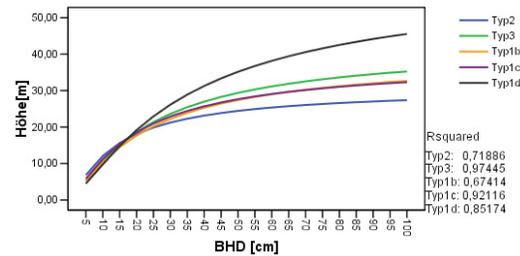
Abbildung B.1: Höhenkurven Stadtwald Waidhofen

ESCHE (PETTERSON)



(a) Esche

BUCHE (PETTERSON)



(b) Buche

Abbildung B.2: Höhenkurven Stadtwald Waidhofen

B.2 Vergleich der drei Aufnahmeverfahren

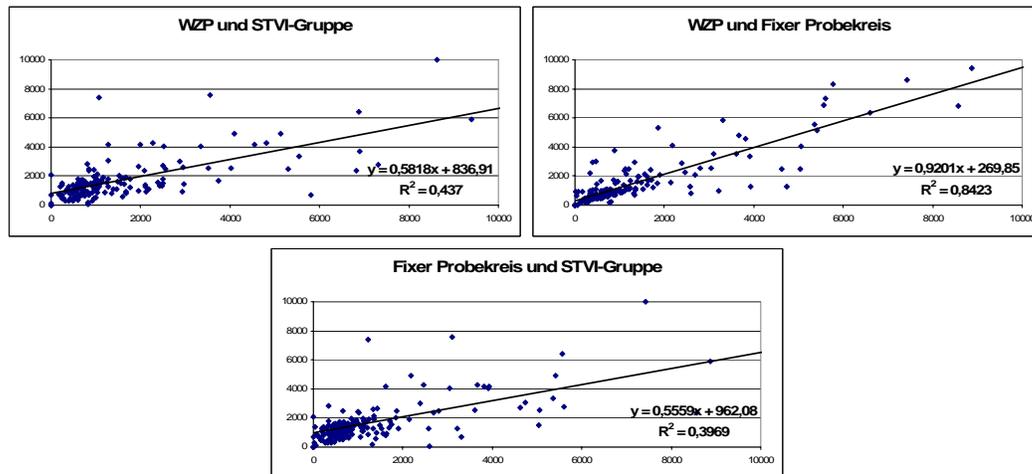


Abbildung B.3: Stammzahlvergleich; WZP, Fixer Probekreis und STVI-Gruppe

B.3 WFB für die Einheit Waidhofen

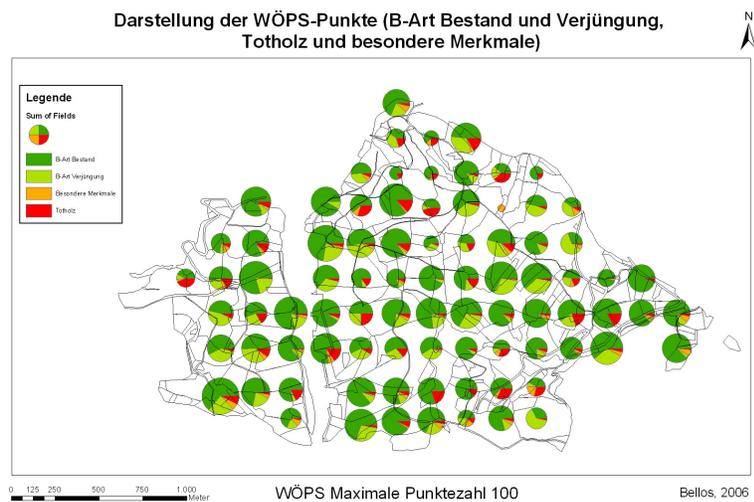


Abbildung B.4: Buchen- und Schnabelberg: Bewertung der Stichprobenpunkte mittels WFB

Literaturverzeichnis

- [1] AKÇA, A.: Waldinventuren. In: *J.D. Sauerländers Verlag, Frankfurt am Main* (2001), S. 210
- [2] AULITZKY, H.: Die Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt und Erosion. In: *Vortrag, gehalten an der Forst-Universität in Beijing am 26.9.1989, Wien* (1989), S. 40
- [3] AULITZKY, H. ; TURNER, H.: Bioklimatische Grundlagen einer standortsgemäßen Bewirtschaftung des subalpinen Lärchen-Arvenwaldes. In: *Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen* 58 (1982), S. 327–580
- [4] BADOUX, A. ; WITZIG, J. ; GERMANN, P. ; LÜSCHER, P. ; WEINGARTNER, R. ; HEGG, C.: Einfluss auf den Wasserhaushalt. - In: Hegg, C.; Thormann, J.-J.; Böll, A.; Germann, P.; Kienholz, H.; Lüscher, P.; Weingartner, R. (Eds) *Lothar und Wildbäche. Schlussbericht eines Projektes im Rahmen des Programms „Lothar Evaluations- und Grundlagenprojekte“*. In: *Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL* (2004), S. 75–76
- [5] BALÁZS, Á. ; BRECHTEL, H.M.: Wieviel Wasser kommt aus dem Wald. In: *AFZ/Der Wald, München* (1993), S. 1083–1090
- [6] BARNER, J.: Die Wechselwirkungen von Wald und Wasser im Lichte amerikanischer Forschung. In: *Mitteilungen des Arbeitskreises „ Wald und Wasser“* 4 (1961), S. 64
- [7] BARTSCH, N. ; BAUHUS, J. ; VOR, T.: Auswirkungen von Auffichtungen und Kalkung auf das Sickerwasser in einem Buchenbestand (*Fagus sylvatica* L.) im Solling. In: *Forstarchiv* 70 (1999), S. 218–223
- [8] BAUMGARTNER, A. ; LIEBSCHER, H.-J.: Allgemeine Hydrologie. In: *Boerntraeger Verlag, Berlin* (1990), S. 637
- [9] BAUMGARTNER, A. ; LIEBSCHER, H.-J.: Allgemeine Hydrologie - Quantitative Hydrologie. - In: *Lehrbuch der Hydrologie*. In: *Borntraeger Verlag, Berlin-Stuttgart* (1996), S. 669

- [10] BENECKE, P.: Potentielle und aktuelle Verdunstung von Waldbeständen. In: *Beiträge zur Hydrologie Sonderheft 4, Kirchzarten* (1982), S. 195–218
- [11] BENECKE, P.: Der Wasserumsatz eines Buchen- und eines Fichtenwaldökosystems im Hochsolling. In: *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 77* (1984), S. 153
- [12] BENECKE, P. ; LIEBSCHER, H.P. ; MEYER, E.: Forstlich -hydrologische Untersuchungen im Kaufunger Wald. In: *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 63* (1980), S. 333
- [13] BOSCH, J.M. ; HEWLETT, J.D.: A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. In: *Journal of Hydrology 55* (2003), Nr. 1-4, S. 3–23
- [14] BRECHTL, H.M. ; PAVLOV, M.P.: Niederschlagsbilanz von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen in der Rhein-Main-Ebene (Vorläufige Schätztabelle). In: *Hessische Forstliche Versuchsanstalt und Kuratorium für Wasser und Kulturbauwesen* (1977), S. 80
- [15] BURGER, H.: Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer Mitteilung 2: Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1915/16 bis 1926/27. In: *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers. wes.* 18 (1934), Nr. 2, S. 311–416
- [16] CASPARIS, E.: 30 Jahre Wassermessstation im Emmental. In: *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Vers. wes.* 35 (1959), Nr. 1, S. 179–224
- [17] CIESLAR, A.: Einiges über die Rolle des Lichtes im Walde. In: *Frick, Wien* (1904), S. 105
- [18] DELFS, J.: Die Niederschlagszurückhaltung im Walde. In: *Mitteilungen des Arbeitskreises „Wald und Wasser“ 2* (1955), S. 54
- [19] DVWK: Merkblätter zur Wasserwirtschaft. Ermittlung des Interzeptionsverlustes in Waldbeständen bei Regen. In: *Kommisionsvertrieb, Verlag Paul Parey, Hamburg Berlin* 211 (1989), S. 11
- [20] EBERMAYER, E.: Die gesammte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues. In: *Springer Verlag, Berlin* (1876), S. 116
- [21] EIDMANN, F.E.: Beiträge zur Stoffproduktion, Transpiration und Wurzelatmung einiger wichtiger Baumarten. In: *Parey Verlag, Hamburg* (1967), S. 46

- [22] ENGLER, A.: Untersuchungen über den „Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer“. In: *Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen XII Band, Kommissionsverlag von Beer und Cie* (1919), S. 626
- [23] ERNSTSBERGER, H.: Einfluss der Landnutzung auf Verdunstung und Wasserbilanz: Bestimmung der aktuellen Evapotranspiration von unterschiedlich genutzten Standorten zur Ermittlung der Wasserbilanz von Einzugsgebieten in unteren Mittelgebirgslagen Hessens. In: *Beiträge zur Hydrologie; Kirchzarten* (1987)
- [24] FORSTER, F. ; KELLER, H-M. ; RICKENMANN, D. ; RÖTHLISBERGER, G.: Hochwasser. In: *Forum für Wissen* (1993), S. 23–32
- [25] FUCHS, W.: Wien und Umgebung, 1 Karte mit 2 Beilagen. In: *Geologische Bundesanstalt, Wien* (1984)
- [26] FÜHRER, H.-W. ; HÜSER, R.: Bioelementausträge aus mit Buche bestockten Wassereinzugsgebieten im Krodorfer Forst; Zeittrends und Effekte von Verjüngungseingriffen. In: *Forstw. Cbl.* 110 (1991), S. 240–247
- [27] FÜLDNER, K.: Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. In: *Dissertation an der Universität Göttingen, Cuviller Verlag Göttingen* (1995), S. 163
- [28] GADOW, v. K.: Struktur und Wachstum. In: *Universitätsdrucke Göttingen* (2003)
- [29] GADOW, v. K. ; FÜLDNER, K.: Zur Beschreibung forstlicher Eingriffe. In: *Forstw. Cbl.* 117 (1995), S. 151–159
- [30] GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. In: *Vieweg Verlag, Braunschweig* (1961), S. 646
- [31] GURTZ, J. ; BALTENSWEILER, A. ; LANG, H.: Spatially distributed hydrotopo-based modelling of evapotranspiration and runoff in mountainous basin. In: *Hydrological Processes* 13 (1999), S. 2751–2768
- [32] HAGER, H.: Stammzahlreduktion Die Auswirkungen auf Wasser-, Energie- und Nährstoffhaushalt von Fichtenjungwüchsen. In: *Österr. Ges. für Waldökosystemforschung u. Experimentelle Baumforschung, Wien* (1988), S. 189
- [33] HAGER, H.: Der Waldstandort und eine gewässerverträgliche Waldbewirtschaftung. In: Gewässerverträgliche Landbewirtschaftung. In: *Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft Band1* (1995), S. 25–35

- [34] HARFLINGER, O. ; KNESS, G.: Klimahandbuch der österreichischen Bodenschätzung. In: *Universitätsverlag Wagner, Innsbruck* (1999), S. 196
- [35] HARTMANN, K.F.: Abwasserverrieselung im Waldgelände der nordwestlichen Senne. In: *Mitteilungen des Arbeitskreises „ Wald und Wasser“* 3 (1959), S. 13–31
- [36] HEGG, C. ; BADOUX, A. ; WITZIG, J. ; LÜSCHER, P.: Waldwirkung auf Hochwasser. In: *Zür. Wald* 6 (2004), S. 14–17
- [37] HEGG, C. ; LÜSCHER, P.: Nicht jeder Wald schützt vor Hochwasser. In: *Jahresbericht WSL* (2004), S. 17
- [38] HINTERLEITNER, F. ; FRANK, G.: Das Niederösterreichische Waldökopunktesystem. Der methodische Ansatz. In: *AFZ/Der Wald, München* 51 (1996), Nr. 1, S. 27–30
- [39] HOFFMANN, M.: Welchen Einfluss hat die Entwaldung auf das Klima. In: *Allg. F. und J. Zeit* (1861), S. 125
- [40] HÖHNEL, F-R.: Über die Transpirationsgrößen der forstlichen Holzgewächse mit Beziehung auf die forstlich meteorologischen Verhältnisse. In: *Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs II,I*, Braumüller Verlag (1879), S. 44
- [41] HOPPE, H.: Einfluss der Freilandvegetation und Bodenbedeckung auf die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft. In: *K u.K. Hofbuchhandlung W. Frick, Wien* (1896), S. 75
- [42] HORTON, J.S.: Trees and Shrubs for erosion control in Southern California mountains. In: *United States Departement of Agriculture, Forest Service, California Departement of Natural Resources, Division of Forestry* (1949), S. 72
- [43] HUI, G. Y. ; ALBERT, M. ; GADOW, v. K.: Das Umgebungsmass als Parameter zur Nachbildung von Bestandesstrukturen. In: *Forstw. Cbl.* 117 (1998), S. 258–266
- [44] ITEM, H.: Ein Modell für den Wasserhaushalt eines Laubwaldes (Unter besonderer Berücksichtigung der funktionellen Zusammenhänge zwischen Witterungsfaktoren, Bodenwassergehalt und Evapotranspiration. In: *Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt fr das forstliche Versuchswesen* 50 (1974), S. 137–331
- [45] KATZENSTEINER, K.: Wasser- und Stoffhaushalt von Waldökosystemen in den Nördlichen Kalkalpen. In: *Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien* 15 (2000), S. 159

- [46] KILIAN, W. ; MÜLLER, F. ; STARLINGER, F.: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs: Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. In: *Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien* (1994), S. 60
- [47] KIRWALD, E.: Forstlicher Wasserhaushalt und Forstschutz gegen Wasserschäden. In: *Ulmer, Verlag Ludwigsburg* (1950), S. 160
- [48] KIRWALD, E.: Gewässerkundliche Untersuchungen und landschaftliche Grundausstattung von Einzugsgebieten. Vulkan-Verl, Essen (1976), S. 149
- [49] KLOTZ, K.: Die forstwirtschaftlichen Manahmen zur Sicherung und Verbesserung der Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Schwarzen Regen. In: Wald und Wasser. In: *Mitteilungen des Arbeitskreises „Wald und Wasser“* 3 (1959), S. 62–69
- [50] KÖCK, R. ; HOCHBICHLER, E.: Modelle der Vegetationsentwicklung unter veränderten nutzungs- und Klimaverhältnissen und ihre Auswirkungen auf den Karstwasserhaushalt in den Quelleinzugsgebieten der Stadt Wien. Teil Hochlagen (A), Teil Wald (B). In: *Appendix 9: Hydrotopbuch. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums fr Bildung, Wissenschaft und Kultur, der Magistratsabteilung 31 (Wiener Wasserwerke) und der Magistratsabteilung 49 (Forstamt und Landwirtschaftsbetriebe der Stadt Wien, Wien.* (2003), S. 109
- [51] KÖCK, R. ; KOLLARITS, S. ; HOCHBICHLER, E. ; MAGAGNA, B. ; KUSCHNIG, G.: Hydrotope-based forest ecosystem stratification for improving drinking-water protection strategies. In: *In: Czech Association of Hydrogeologists Hrsg., Hydro Eco* (2006)
- [52] KRAMER, A: Leitfaden zur Waldmesslehre. In: *Sauerländer, Frankfurt am Main* (1995), S. 266
- [53] KRAMER, P. ; BOYER, J.: Measuring the water status of plants and soils. In: *Acad. Press, San Diego, Calif.* (1995), S. 178
- [54] KRAPPENBAUER, A.: Standortlehre I Teil 2 Forstmeteorologie - Waldklima. In: *Vorlesungsskript Universität für Bodenkultur, Wien* (1990), S. 144
- [55] KRENMAYER, H-G.: Rocky Austria. In: *Geologische Bundesanstalt, Wien* (1999), S. 63
- [56] KREUTZER, K.: Aufgaben, Methoden und Arbeitsfeld der forsthydrologischen Forschung. In: *Beiträge zur Hydrologie, Sonderh.; 4, Kirchzarten* (1982), S. 33–48
- [57] KROMP-KOLB, H. ; FORMAYER, H.: Schwarzbuch Klimawandel. Wieviel Zeit bleibt uns noch. In: *ecowin Verlag der TopAkademie GmbH, Salzburg* (2005), S. 222

- [58] LAMBOR, J.: Liefert der Wald Wasser. In: *Mitteilungen des Arbeitskreises „Wald und Wasser“* 3 (1958), S. 32–37
- [59] LIBURNAU, v. L.: Resultate forstlich-meteorologischer Beobachtungen insbesondere in den Jahren 1885-1887. In: *Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs Heft II* (1890), S. 97
- [60] LÜBBERS, P.: Diversitätsindices und Stichprobenverfahren. In: *Sektion Biometrie und Informatik, Freiburg* (1997)
- [61] MARKART, G. ; KOHL, B.: Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage zur Abschätzung von Abfluss- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden-, Vegetationseinheiten. In: *Forstl. Bundesversuchsanst., Waldforschungszentrum, Wien* 89 (1996), S. 38
- [62] MARKART, G. ; KOHL, B. ; ZANETTI, P.: Oberflächenabfluss bei Starkregen - Abflussbildung auf Wald-, Weide- und Feuchteflächen (am Beispiel des oberen Einzugsgebietes der Schesa-Bürsenberg, Vorarlberg). In: *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 114 (1997), S. 123–144
- [63] MAYER, H.: Forstliche Hydrometeorologie. In: *Skript , Meteorologisches Institut der Universität Freiburg* (2005), S. 192
- [64] MCCULLOCH, JSG. ; ROBINSON, M.: History of forest hydrology. In: *Journal of Hydrology* 150 (1993), S. 189–216
- [65] MITSCHERLICH, G.: Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. In: *Waldklima und Wasserhaushalt, Frankfurt/M., Sauerländer* 2 (1971), S. 365
- [66] MITSCHERLICH, G.: Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. In: *Waldklima und Wasserhaushalt, Frankfurt/M., Sauerländer* 2 (1981), S. 365
- [67] MITTERLEHNER, C. ; GUTTMANN, S. ; HINTERLEITNER, F. ; PENINGER, H. ; UNFER, G. ; HINTERSTEINER, R.: Die Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in der Ybbs: Derzeitiger Bestand, Gefährdungsursachen und Empfehlungen für Schutzmaßnahmen. In: *Verein zur Rettung der Ybbs-Äsche, Opponitz* (2002), S. 21
- [68] MOESCHKE, H.: Abflussgeschehen im Bergwald. Untersuchungen in drei Kleinzugsgebieten im Flysch der Tegernseer Berge. In: *Forstliche Forschungsberichte, München* 169 (1998), S. 276
- [69] MOLČANOV, A.: The hydrological role of forests. In: *Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem* (1966), S. 407

- [70] MUELLER, J.: 30 Jahre forstshydrologische Forschung auf der Grolysimeteranlage in Britz- Zielstellung und Ergebnisse. In: *11. Gumpensteiner Lysimetertagung, Irding* (2005), S. 29–32
- [71] MÜLLER, F.: Waldbauliche Strategien für das pannonische Tief- und Hügel-land bei sich ändernden Umweltbedingungen. In: *Forstliche Bundesversuchsanstalt* (2006), S. 1–9
- [72] NACHTNEBEL, H.P.: Wasserwirtschaftliche Planungsmethoden. In: *Studienblätter; Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, BOKU, Wien* (2003/04), S. 139
- [73] NAGL, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Trinkwasserversorgung aus den Alpen. In: *Jahresfachtagung: Trinkwasser aus den Alpen, Salzburg CIPRA - Österreich* (1993), S. 71–81
- [74] NÜTZMANN, G.: Einführung in die Hydrologie. In: *Vorlesungsskript, Humboldt Universität zu Berlin* (2005), S. 78
- [75] OBERDORFER, E.: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzenden Gebiete. In: *Ulmer, Verlag Stuttgart* (2001), S. 1051
- [76] OBERHAUSER, R.: Der geologische Aufbau Österreichs. In: *Geologische Bundesanstalt, Wien* (1980), S. 699
- [77] OTTO, H.-J.: Waldökologie. In: *Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart* (1994), S. 391
- [78] PECK, A.: Hydrometeorologische und mikroklimatische Kennzeichen von Buchenwäldern. In: *Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg* 10 (2004), S. 187
- [79] PECK, A. ; MAYER, H.: Einfluss von Bestandesparametern auf die Verdunstung von Wäldern. In: *Forstw. Cbl.* 115 (1996), S. 1–9
- [80] POMMERENING, A.: Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Wäldern. In: *Diss. an der Univ. Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen* (1997), S. 187
- [81] POMMERENING, A. ; BIBER, P. ; STOYAN, D. ; PRETSCH, H.: Neue Methoden zur räumlichen Reproduktion von Waldbeständen und ihre Bedeutung für forstliche Inventuren und deren Fortschreibung. In: *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 171 (2000), S. 164–170
- [82] PRETZSCH, H.: Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Methodische Überlegungen am Beispiel niedersächsischer Buchen-Lärchen-Mischbestände. In: *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 112 (2) (1995), S. 91–117

- [83] RIEGLER, W.: Beiträge zur Lehre von den Moosdecken und von der Waldstreu. In: *Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs Heft II* (1881), S. 200–233
- [84] RIEGLER, W.: Beobachtungen über die Abfuhr meteorischen Wassers entlang den Hochstämmen. In: *Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs Heft II* 234–246 (1881)
- [85] RÖHNISCH, F.: Das Wuchsverhalten des Nachwuchses in den Plenterüberführungsbeständen von La-Joux-Pelichet. In: *Diplomarbeit, Göttingen* (2003), S. 91
- [86] SCHEFFER, F. ; SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. In: *Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart* (1998), S. 494
- [87] SCHERZINGER, W.: Naturschutz im Wald. In: *Ulmer Verlag, Stuttgart* (1996), S. 447
- [88] SHTÜZ, J-Ph.: Die Prinzipien der Waldnutzung und der Waldbehandlung. In: *Skript zur Vorlesung Waldbau I* (2002), S. 226
- [89] SECKENDORFF, v. A.: Studien über die Arbeiten der Wiederbewaldung und Berasung der Gebirge. In: *Hauptbd.* (1880), S. 381
- [90] SPÖRK, J. ; B., Wolfslehner: Unterlagen aus dem elektronischen Vorlesungsskript, Waldbau. In: *Institut für Waldbau, Universität f. Bodenkultur, Wien* (2001), S. 22
- [91] STERBA, H.: Holzmesslehre. In: *Berichte aus der Abteilung Holzmesskunde und Inventurfragen, Inst. f. forstl. Ertragslehre der Univ. f. Bodenkultur, Wien* (1991), S. 169
- [92] THENIUS, R.: Niederösterreich. In: *Geologische Bundesanstalt, Wien* (1974), S. 280
- [93] THOMASIIUS, H.: Wald, Landeskultur und Gesellschaft. In: *Verlag Theodor Steinkopf, Dresden* (1973), S. 439
- [94] THOMASIIUS, H. ; SCHMIDT, P.: Wald, Forstwirtschaft und Umwelt. In: *Economica-Verlag, Bonn* (1996), S. 435
- [95] TOLDRIAN, H.: Wasserabfluss und Bodenabtrag in verschiedenen Waldbeständen. In: *AFZ/Der Wald, München* (1993), S. 1107–1109
- [96] TRIMBLE, G. R. ; WEITZMAN, S.: Site Index studies of upland oaks in the northern Appalachians. In: *Forest Science* 19 (1956), Nr. 2, S. 139–145

- [97] TURNER, H.: Standortsuntersuchungen in der subalpinen Stufe: Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. In: *Mitt. d. forstl. Bundes.-Vers.-Anst. Mariabrunn* 59 (1962), S. 265–315
- [98] TÜXEN, R.: Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. In: *Bundesanst. für Vegetationskartierung, Stolzenau* (1954), S. 55
- [99] ULRICH, E.: Abflussverhalten eines forstlichen Einzugsgebietes in der Rosalia 1983-1988 und Ansätze zu einem chemischen Input - Output - Modell. In: *Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien* (1989), S. 231
- [100] VÁLEK, Z. ; KIRWALD, E.: Wälder, Felder und Weiden in der Hydrologie der Quellgebiete. In: *Ustav, Prag* (1962), S. 115
- [101] VISCHER, D-L.: Die Forsthydrologie und Hans M. Keller: Wissenschaftliche und persönliche Würdigung. In: Hydrologie kleiner Einzugsgebiete - Gedenkschrift Hans M. Keller. In: *Beiträge zur Hydrologie der Schweiz* 35 (1994), S. 7–17
- [102] WEIHE, J.: Warum noch immer Interzeptionsmessungen im Wald? In: *Mitteilungen des Arbeitskreises „Wald und Wasser“* 5 (1970), S. 10–22
- [103] WIKIPEDIA: (2006)
- [104] WITTICH, W.: Die Bedeutung des Waldes für die Wasserwirtschaft. In: *Allgemeine Forstzeitschrift* 9 (1954), Nr. 2, S. 23–27
- [105] WITZIG, J. ; BADOUX, A. ; HEGG, C. ; LÜSCHER, P.: Waldwirkungen und Hochwasserschutz - eine standörtlich differenzierte Betrachtung. In: *Forst Holz* 59 (2004), Nr. 10, S. 476–479
- [106] ZANGEMEISTER, C.: Nutzwertanalyse in der Systematik. Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. In: *Wittemann; München* (1970), S. 370
- [107] ZÖHRER, F.: Forstinventur: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. In: *Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin* (1980)
- [108] ZUKRIGL, K.: Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand unter mitteleuropäischen, pannonischem und illyrischem Einfluss. In: *Habilitationsschrift zur Erlangung der Venis legendi an der Hochschule für Bodenkultur* (1972), S. 365