



Waldbauliche Analyse von Buchen– niederwäldern in Mazedonien

Inventur unterschiedlicher Altersstufen von Buchenniederwäldern in
der Region Kochani und Malesh

Autor:

Patrick Schwab

Studiengang:

Forstwirtschaft

Vorgelegt bei:

Dr. Jürgen Blaser

Vertiefung:

Wald und Gesellschaft

Abgegeben am:

18.12.2015

Ort:

HAFL Zollikofen

Experten:

Oliver Gardi und Erich Oberholzer

Selbstständigkeitserklärung

Selbstständigkeitserklärung

Durch meine Unterschrift erkläre ich, dass

- ich den „Verhaltenskodex HAFL zur Verwendung von Informationsquellen“ kenne und mir die Konsequenzen bei dessen Nichtbeachtung bekannt sind,
- ich diese Arbeit in Übereinstimmung mit diesen Grundsätzen erstellt habe,
- ich diese Arbeit persönlich und selbständig erstellt habe.

Ort, Datum

Unterschrift

Mitteilung über die Verwendung von Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften

Alle Rechte an Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften sind im Besitze des/der Verfasser/in der Arbeit. Die HAFL genießt jedoch ein kostenloses, unbefristetes, nicht-exklusives Nutzungsrecht an den Arbeiten ihrer Studierenden.

Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten sind Bestandteile des Ausbildungsprogramms und werden von den Studierenden selbständig verfasst. Die HAFL übernimmt keine Verantwortung für eventuelle Fehler in diesen Arbeiten und haftet nicht für möglicherweise daraus entstehende Schäden.

Mitteilung über die Verwendung von Semesterarbeiten, Bachelor- Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL. Alle Rechte an Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL sind im Besitze des/der Verfasser/in der Arbeit. Die HAFL genießt jedoch ein kostenloses, unbefristetes, nicht-exklusives Nutzungsrecht an den Arbeiten ihrer Studierenden. Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten sind Bestandteile des Ausbildungsprogramms und werden von den Studierenden selbständig verfasst. Die HAFL übernimmt keine Verantwortung für eventuelle Fehler in diesen Arbeiten und haftet nicht für möglicherweise daraus entstehende Schäden

Zollikofen, Mai 2011
Der Direktor

Inhaltsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Zusammenfassung	X
Summary	XI
1 Einleitung	1
1.1 Rahmen der Arbeit	1
1.2 Ziele und Fragestellungen	2
2 Stand des Wissens	3
3 Mazedonien	3
3.1 Kurzer Überblick	3
3.2 Die Rotbuche: Artbeschreibung	6
3.2.1 Provenienz und Vorkommen	6
3.2.2 Bodenansprüche	7
3.2.3 Gefährdungen	7
3.2.4 Rotbuche in Mazedonien	8
3.3 Niederwald	10
3.3.1 Definition	10
3.3.2 Die Geschichte des Niederwaldes	11
3.3.3 Bewirtschaftung eines Niederwaldes	12
3.3.4 Waldwachstum Niederwald	14
3.4 Forstwirtschaft in Mazedonien	15
3.4.1 Forstsektor in Mazedonien: ein Überblick	15
3.4.2 Bewirtschaftung der Wälder	15
3.4.3 Niederwald in Mazedonien	16
4 Untersuchungsgebiete	17
4.1 Überblick	17
4.2 Osogovo	18
4.2.1 Grundinformationen zum Standort	18
4.2.2 Klima	18
4.2.3 Geologie / Boden	19
4.2.4 Vegetation	19

4.3 Malesh.....	19
4.3.1 Grundinformationen zum Standort.....	19
4.3.2 Klima	20
4.3.3 Geologie / Boden.....	21
4.3.4 Vegetation	21
5 Material und Methoden	22
5.1 Erhebung der Felddaten	22
5.1.1 Planung und Vorbereitung.....	22
5.1.2 Stichprobeninventur Buchenniederwälder	22
5.1.3 Feldformular für die Inventur.....	23
5.1.4 Altersstufen definieren.....	24
5.1.5 Aufnahme der Kreisprobeflächen	25
5.2 Statistische Methode und Modellierung.....	27
5.2.1 Statistische Auswertung.....	27
5.2.2 Wachstumsanalyse der Buchenniederwälder	30
5.2.3 Vergleich der Resultate.....	31
5.3 Literaturrecherche.....	31
6 Resultate	32
6.1 Inventur	32
6.1.1 Durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser.....	32
6.1.2 Stammzahl.....	33
6.1.3 Stockzahl.....	34
6.1.4 Ausschläge pro Stock.....	35
6.1.5 Basalfläche	36
6.1.6 Volumen.....	37
6.2 Wachstumsmodell.....	38
6.2.1 Grundflächen Wachstumskurve	38
6.2.2 Zuwachs Grundfläche pro Jahr	39
6.2.3 Wachstumskurve Volumen.....	40
6.2.4 Volumenzuwachs pro Jahr	41
7 Diskussion.....	42
7.1 Methodik.....	42
7.1.1 Definition und Auslese der Altersstufen.....	42
7.2 Resultate	42
7.2.1 Inventur	42

7.2.2	Wachstumsmodell	44
7.2.3	Vergleich Niederwald Hochwald	45
7.3	Perspektiven Buchenniederwald	48
8	Folgerungen.....	50
9	Literaturverzeichnis.....	52
	Dank	56
	Anhang.....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grundinformationen zur Republik Mazedonien (Quelle: Stein und Feucht 2013) ..	4
Tabelle 2: Wichtigsten Merkmale der Buche (Quelle: Mühlethaler et al. 2011)	6
Tabelle 3: Baumartenverteilung in ha in Mazedonien und Ost-Mazedonien (Quelle: State Statistical Office Macedonia 2014)	9
Tabelle 4: Verbreitung der Niederwälder nach Fläche in ha in Europa (Quelle: Stajic et al. 2009).....	12
Tabelle 5: Verteilung der Niederwälder nach Baumarten (Quelle: Nestorovski et al. 2009) .	16
Tabelle 6: Temperatur von Kochani (Quelle: Climate data, 2015).....	18
Tabelle 7: Niederschlagsmenge von Kochani (Quelle: Climate data, 2015).....	18
Tabelle 8 Temperatur Malesh auf 823m ü. M.	20
Tabelle 9 Temperatur Males auf 1372m ü. M.	20
Tabelle 10 Niederschlag Malesh auf 824m ü. M.	20
Tabelle 11 Niederschlag Malesh auf 1372m ü. M.	20
Tabelle 12: Parameter die für den gesamten Plot aufgenommen wurden.....	23
Tabelle 13: Parameter die für den Einzelbaum aufgenommen wurden.....	23
Tabelle 14: Altersstufen der Buchenniederwälder für die Feldarbeit	24
Tabelle 15: Korrekturfaktor bei Hangneigung für den Radius (Quelle: Keller, 2013)	25
Tabelle 16: Werte die Berechnung des Grundflächenwachstums mit der Formel von Schumacher	38
Tabelle 17: Werte die Berechnung des Volumenwachstums mit der Formel von Schumacher	40
Tabelle 18: Daten aus einer Inventur von Buchenniederwäldern in Italien (Quelle: Coppini und Hermanin, 2007).....	43
Tabelle 19: Mittelwerte aus der Inventur in Mazedonien für zwei ausgewählte Altersstufen	43
Tabelle 20: Rotationszeit mit entsprechendem jährlichen Zuwachs pro Hektar und Jahr für alesh und Kochani.....	44
Tabelle 21: Optimale Rotationszeit mit dem höchsten Zuwachs pro Hektar und Jahr	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Südosteuropa mit der Balkanhalbinsel und Mazedonien (Quelle: Google Maps, bearbeitet).....	3
Abbildung 2: Topographie und Landschaft von Mazedonien (Quelle: Google Maps, bearbeitet).....	5
Abbildung 3: Klimazonen von Mazedonien (Quelle: Trendafilov et al. 2007).....	5
Abbildung 4: Verbreitung von <i>Fagus sylvatica</i> in Europa (Quelle: EUFORGEN, 2008).....	7
Abbildung 5: Physiologisches Ökogramm der Buche (Quelle: Mühlethaler et al. 2011)	8
Abbildung 6: Potentielles Verbreitungsgebiet der Buche in Mazedonien nach (Trendafilov et al. 2007)	10
Abbildung 7: Buchenstockausschlag in einem ca. 25 jährigen Bestand in Kochani (Quelle: eigenes Bild)	13
Abbildung 8: Sukzessionsphasen im Niederwald in Abhängigkeit der Zeit (Quelle: Bayerischer Waldbesitzerverband, Datum unbekannt)	13
Abbildung 9: Entwicklung der Stöcke nach unterschiedlicher Rotationszyklen (Quelle: eigene Zeichnung)	14
Abbildung 10: Kochani und Malesh in Mazedonien (Quelle: Andonovski et al. 2014)	17
Abbildung 11: Osogovo Gebirge mit den Waldgesellschaften (Quelle: Dedoc und Mitev, 2010).....	19
Abbildung 12: Prinzip der Zeitreihen im Vergleich (Quelle: Pretzsch, 2001)	22
Abbildung 13: Einmessung von Distanz und Azimut vom Zentrum aus (linkes Bild) Einmessung der BHD-Werte der Ausschläge am Stock (rechtes Bild).....	26
Abbildung 14: Durchschnittlicher BHD pro Altersstufen	32
Abbildung 15: Stammzahl pro Hektar nach Altersstufen	33
Abbildung 16: Stockzahl pro Hektar nach Altersstufen	34
Abbildung 17: Durchschnittliche Ausschläge pro Stock nach Altersstufen	35
Abbildung 18: Grundfläche in m ² pro Hektar nach Altersstufen.....	36
Abbildung 19: Volumen in m ³ pro Hektar nach Altersstufen	37
Abbildung 20: Wachstumskurve Grundfläche pro Hektar.....	38
Abbildung 21: Zuwachs der Grundfläche pro Hektar Jahr.....	39
Abbildung 22: Wachstumskurve des Volumens pro Hektar	40
Abbildung 23: Zuwachs Volumen pro Jahr und Hektar	41
Abbildung 24: Vergleich Grundflächenwachstum Buchenniederwald mit Buchenhochwald .	46
Abbildung 25: Vergleich Volumenwachstum Buchenniederwald mit Buchenhochwald	47
Abbildung 26: Buchenstockausschlag bei einem Alter von 70-75 Jahren (Trajkov 2015).....	50

Abkürzungsverzeichnis

BHD	Brusthöhendurchmesser auf 1.3m
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit
EUFORGEN	European Forest Genetic Resources Programme
G	Grundfläche pro Hektar
H/D Wert	Schlankheitsgrad: Verhältnis zwischen Baumhöhe und BHD
N	Stammzahl pro Hektar
N/ST	Anzahl Ausschläge pro Stock
ST	Stockzahl pro Hektar
WSL	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

Zusammenfassung

Autor: Patrick Schwab

Titel: Waldbauliche Analyse von Buchenniederwäldern in Mazedonien

Die Niederwaldwirtschaft ist eine Form der Waldnutzung, die auf der vegetativen Regenerationsfähigkeit von Laubbäumen basiert. Diese Form der Waldnutzung hat eine sehr lange Tradition und hatte in Mitteleuropa und auch in der Schweiz bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts einen hohen Stellenwert. Mittlerweile ist der Anteil an Niederwäldern in der Schweiz nur noch sehr geringfügig und die Bewirtschaftung wird kaum noch gepflegt. In den Ländern des Balkans jedoch wird diese Bewirtschaftungsform immer noch ausgeübt und die Niederwälder machen einen wesentlichen Anteil der Waldfläche aus. In Mazedonien liegt der Flächenanteil an Niederwäldern bei 59%, davon sind 15% Buchenniederwälder.

Das Kernthema der vorliegenden Arbeit ist, die wirtschaftliche Attraktivität von Buchenniederwäldern anhand einer waldbaulichen Analyse zu beurteilen. Zusätzlich wurde untersucht, wie lange die optimale Rotationszeit eines Buchenniederwaldes ist.

Um fundierte Ergebnisse zu liefern, wurde neben der Literaturrecherche mittels einer Inventur unterschiedlicher Altersstufen von Buchenniederwäldern an zwei verschiedenen Standorten Feldforschung durchgeführt. Dabei wurden die Bestände auf ihre dendrometrischen Werte (Stammzahl, Grundfläche, Volumen usw.) und ihren Zuwachs untersucht. Zudem wurden die Ergebnisse mit vergleichbaren Daten für einen Hochwald verglichen.

Die Grundfläche der untersuchten Buchenniederwälder erreicht im Alter von 20 einen Wert von 20m^2 pro Hektar und beträgt im Alter von 60 knapp über 40m^2 pro Hektar. Dies mit einem jährlichen Zuwachs von 1.3m^2 pro Hektar im Alter 20 und noch 0.3m^2 pro Hektar im Alter 60. Zum Vergleich rein unbehandelter Hochwald der Bonitätsklasse 20 erreicht erst im Alter 35 einen Wert von 20m^2 pro Hektar und im Alter 60 erreicht er den selben Wert wie der Buchenniederwald.

Beim Volumenwachstum erreicht ein Buchenniederwald einen Wert von 150m^3 pro Hektar im Alter von ca. 30 Jahren und einen Wert von 250m^3 pro Hektar im Alter von 60 Jahren. Dies mit einem jährlichen Zuwachs von 6.5m^3 pro Hektar im Alter 30 und 4.3m^3 pro Hektar im Alter 60. Ein unbehandelter Hochwald der Bonitätsklasse 20 erreicht einen Wert von 150m^3 pro Hektar erst im Alter von ca. 40 Jahren, jedoch ist der Vorrat im Alter von 60 Jahren mit 441m^3 pro Hektar deutlich grösser.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass besonders in den jungen Altersstufen ein Buchenniederwald im Vergleich zum Buchenhochwald höhere Werte für das Volumen und die Grundfläche aufweist. Die ermittelten Resultate konnten aufzeigen, dass der optimale Erntezeitpunkt für die Buchenniederwälder im Alter zwischen 40 und 60 Jahren ist. Durch die im Vergleich zum Hochwald kurze Umtriebszeit bietet der Niederwald zudem bessere Bedingungen für die Umstellung der Baumart im Hinblick auf den Klimawandel.

Summary

Author: Patrick Schwab

Title: Silvicultural analysis of beech (*Fagus* spp) coppice forests in Eastern Macedonia

Coppicing is a silvicultural form of forest use, which is based on the vegetative regeneration capacity of deciduous trees. This form of forest management had a very long tradition all over Europe until the mid-20th century. Meanwhile, in all Central European countries, including Switzerland, the proportion of coppice forests isn't insignificant and the management is hardly practised anymore. In the countries of the Balkans, however, coppice forests is still widely practiced and coppice forests make a substantial proportion of the productive forest area. Out of the 983 thousand ha of total forest area in Macedonia, 59% has traditionally been managed as coppice forests. Beech (*Fagus* spp) coppice forests occupy about 15% of the whole coppice forests area. The aim of the present study is to investigate the stand characteristics and stand dynamics of beech coppice forests in two different locations in mountainous upper Bregalinica region in Eastern Macedonia. In addition, it was investigated how long the optimal rotation time of a beech coppice forest is.

To get well-grounded results in addition to the literature research an inventory in coppice forests was carried out.

The coppice stands were analysed according to silvicultural parameters (number of stems, basal area, volume, etc.) and their growth rate. In addition, the results were compared with similar data from neighbouring high forests.

The basal area growth of the studied beech coppice forests reaches at the age of 20 a value of 20m^2 per hectare and amounts at age of 60 just over 40m^2 per hectare. The annual growth rate is 1.3m^2 per hectare at the age of 20 and 0.3m^2 per hectare at the age of 60. For comparison, an untreated high forest stand only reached at the age of 35 a value of 20m^2 per hectare; at the age of 60, it reached similar value as beech coppice forest.

Regarding growth in volume a beech coppice reached a value of 150m^3 per hectare at the age of about 30 years and 250m^3 per hectare at the age of 60. This corresponds to an annual growth rate of 6.5m^3 per hectare at age of 30 and 4.3m^3 per hectare at age 60. An untreated high forest in similar growing conditions reached a value of 150m^3 per hectare until the age of about 40 years; however, the stock at the age of 60 years is with 441m^3 per hectare significantly larger.

The results indicate that especially in young ages a beech coppice forest compared to the beech high forest has higher values for the volume and the basal area. Based on the results of the study it can be shown that the optimal harvesting time for the beech coppice forests are between the age of 40 and less than 60 years. The shorter rotation time of a beech coppice forest compared to the rotation time of a beech high forest potentially can be considered as an interesting silvicultural method to manage beech forests in times of climate change in Europe, particularly in respect to increased resilience of forest stands to changing environmental conditions.

1 Einleitung

Der Niederwald, auch Stockausschlagwald genannt ist eine in der Schweiz schon fast in Vergessenheit geratene Form der Waldbewirtschaftung mit Laubhölzern. Keine vergleichbare Form der geregelten Nutzung von Wald hat eine so lange Tradition wie der Niederwald (Egidi und Mauerhof, 2013). Während in der Schweiz der Anteil an Niederwald mit 2.1 % (Brändli 2010) nur noch sehr geringfügig ist und kaum noch Bedeutung hat, stellt der Niederwald in Mazedonien mit einem Flächenanteil von 59% immer noch einen wesentlichen Anteil der Waldfläche dar (Stajc et al. 2009). Davon sind 61% Eichenniederwälder und die Rotbuche (*Fagus Sylvatica*) ist mit 15% bereits die zweithäufigste Baumart in den Niederwäldern von Mazedonien (Nestorovski et al. 2009). In der Schweiz ist die Rotbuche gesamthaft die zweithäufigste Baumart und mit Abstand die häufigste Laubbaumart (Brändli 2010). Der grösste Teil der Waldstandorte in den tieferen Lagen gehört einer Buchenwaldgesellschaft an und ohne menschliches Eingreifen würde sich die Buche meist mit einem hohen Anteil durchsetzen (Steiger 2010). Um im Schweizer Wald eine traditionelle Waldbewirtschaftungsform wie den Niederwald wieder vermehrt in Betracht zu ziehen, würde sich die Buche sehr gut anbieten, da die Standortbedingungen meistens ideal sind. Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit die Buchenniederwälder in Mazedonien untersucht, um das mögliche Potential dieser Baumart in der Niederwaldbewirtschaftung besser abschätzen zu können. Die aufkommende Energiewende sowie die angesichts knapper werdender Ressourcen erhöhte Holznachfrage, lassen das Interesse an einer nachhaltigen Energieversorgung aus dem Wald steigen. So verfügen neuerdings die Niederwälder wieder über ein grosses Potenzial als nachhaltige Quelle zur Brennholzversorgung, die auch aus Sicht des Naturschutzes positive Eigenschaften besitzt (Egidi und Mauerhof, 2013).

1.1 Rahmen der Arbeit

Die Untersuchung der Buchenniederwälder fand im August und September 2015 im nordöstlichen Teil von Mazedonien statt. Insgesamt wurde vier Wochen in den Wäldern gearbeitet um die nötigen Daten zu erhalten. Gemeinsam mit Marija Sterjovska von der Forstfakultät der Universität Skopje wurde die Feldarbeit vor Ort durchgeführt. Es gab auch eine Zusammenarbeit mit Christian Aeschlimann und Daniel Gjenchevski, die in den gleichen Niederwäldern Beständen zur Thematik Kohlenstoffspeicherpotential Untersuchungen durchführten. Das ganze Projekt konnte im Rahmen des von der DEZA finanzierten Projektes „Nature Conservation Program in the Upper Bregalnica Region (NCP)“ durchgeführt werden.

1.2 Ziele und Fragestellungen

Im Frühlingssemester 2015 wurde eine Semesterarbeit basierend auf der Thematik der Niederwaldbewirtschaftung verfasst. Das Ziel dieser Arbeit war es, aufgrund von Literaturrecherchen zu überprüfen, inwiefern die Niederwälder ökonomisch und ökologisch zu bewirtschaften sind. Mit dieser Arbeit konnte aufgezeigt werden, dass sich die Niederwaldwirtschaft grundsätzlich anbietet. In der vorliegenden Arbeit wird nun spezifischer auf die waldbaulichen Aspekte der Buchenniederwaldwirtschaft eingegangen. Zu folgenden Fragestellungen liefen die Untersuchungen zu Buchenniederwäldern in Mazedonien:

Fragestellung 1: *Inwiefern sind Buchen-Niederwälder interessant für die Holzproduktion?*

Fragestellung 2: *Wie sieht die optimale Bewirtschaftung von Buchen-Niederwäldern aus?*

Fragestellung 3: *Wie sieht die Entwicklung von Stammzahl , Grundfläche und Volumen in Buchenniederwäldern aus?*

Fragestellung 4: *Welche Zuwächse sind in den Buchenniederwäldern zu erwarten?*

Fragestellung 5: *Was ist die optimale Rotationszeit für Buchenniederwälder?*

2 Stand des Wissens

Um den Einstieg in die Arbeit zu erleichtern, werden in diesem Kapitel wichtige Daten und Fakten zu folgenden Themen gegeben: die Republik Mazedonien, die Rotbuche, Niederwald und Forstwirtschaft in Mazedonien.

3 Mazedonien

3.1 Kurzer Überblick

Die Republik Mazedonien, amtlich „Ehemalige Jugoslawische Republik Mazedonien“, ist ein Staat in Südosteuropa (siehe Abb. 1). Das Binnenland ist durch die wirtschaftlichen Bindungen stark vom europäischen Marktgeschehen abhängig. Das Land strebt eine EU-Mitgliedschaft an und gilt als offizieller Beitrittskandidat (Stein und Feucht 2013). Hauptstadt und zugleich grösste Stadt ist Skopje, in der ein Viertel der Bevölkerung lebt (siehe Tab. 1).

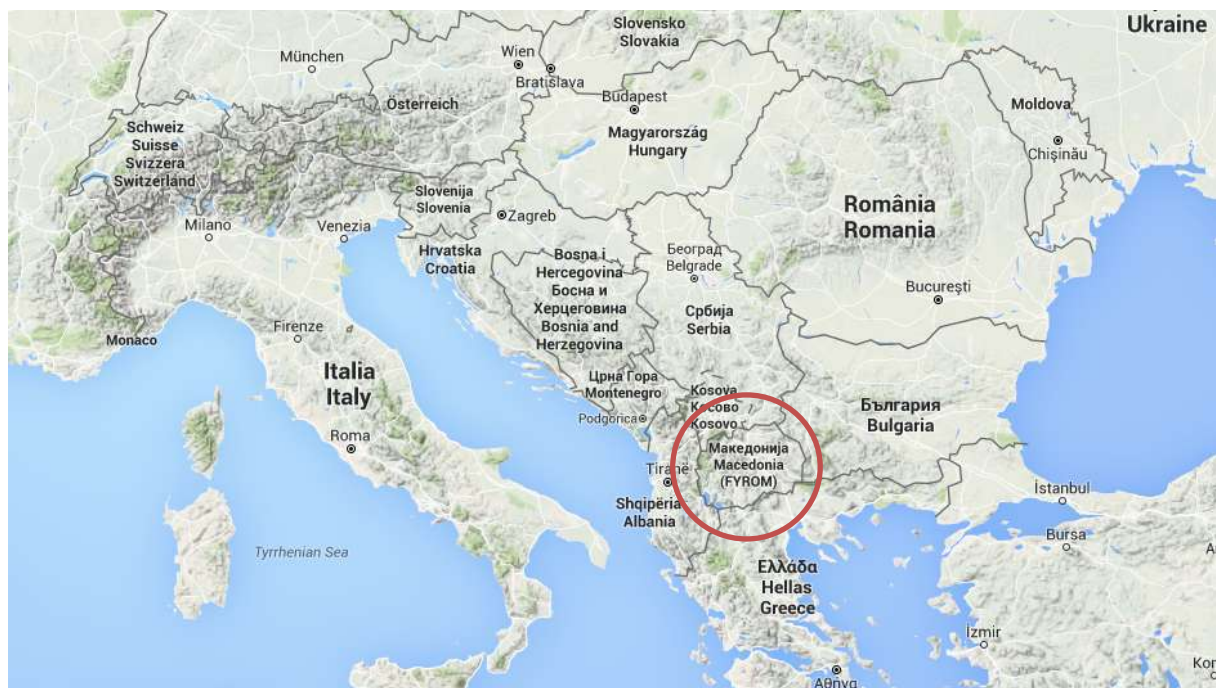


Abbildung 1: Südosteuropa mit der Balkanhalbinsel und Mazedonien (Quelle: Google Maps, bearbeitet)

Tabelle 1: Grundinformationen zur Republik Mazedonien (Quelle: Stein und Feucht 2013)

Staatsform:	Republik
Verwaltungsapparat:	84 Gemeinden
Fläche:	25.713 km ²
Einwohnerzahl:	2.065.800; Dichte: 80 Einwohner/km ²
Offizielle Sprache:	Mazedonisch
Hauptstadt:	Skopje 506,926 Einwohner
Wirtschaftsstandorte:	Bitola 74.550 Einwohner Kumanovo 70.842 Einwohner Prilep 66.246 Einwohner Tetovo 52.194 Einwohner
Ethnische Gruppierungen:	64 % Mazedonier, 25 % Albaner, 4 % Türken, 3 % Roma, 2 % Serben, 1 % Bosnier, 1 % andere
Religion:	70 % Mazedonisch-Orthodox, 25 % Muslime, 5 % andere

Wirtschaft

Die Wirtschaftsleistung von Mazedonien ist sehr schwach und die Arbeitslosenquote ist mit 30% eine der höchsten in Europa. Die Wirtschaftstätigkeit in Mazedonien ist stark auf die Hauptstadt Skopje konzentriert. Das Land leidet unter den Kollateralschäden der globalen Finanzkrisen und zudem ist die Korruption ein grosses Problem. Der EU-Fortschrittsbericht von 2012 sagt zwar aus, dass sich die Bedingungen verbessert haben, jedoch sind die Wirtschaftsdaten immer noch relativ schlecht und Reformen haben faktisch keine grosse Wirkung (Stein und Feucht 2013).

Landschaft

Mazedonien ist ein Gebirgsland mit unterschiedlichen Landschaften. 44 % der Landesfläche befindet sich zwischen 500 und 1000 Metern über Meer (Trendafilov et al. 2007). Schroffes Hochgebirge mit Gipfeln die über 2500 m hoch sind, prägen den westlichen Teil von Mazedonien und sind Teil der Dinarischen Alpen. Der Osten von Mazedonien wird vom Mittelgebirge geprägt. Die höchsten Gipfel reichen hier bis auf 1700m, die Berge sind jedoch überwiegend niedriger als 1000m. Im Zentrum zwischen den Gebirgen im Westen und Osten liegt das weite Tal des Flusses Vardar, das den Kernraum Mazedoniens bildet (siehe Abb. 2). Diese vielfältige Landschaft und alte Seen wie der Ohrid und der Prespa See bilden die Grundlage für eine grosse Biodiversität der Flora und Fauna (Intemann et al. 1999). Die Feldarbeit zur vorliegenden Arbeit fand in Ost-Mazedonien an der Grenze zu Bulgarien statt.



Abbildung 2: Topographie und Landschaft von Mazedonien (Quelle: Google Maps, bearbeitet)

Klima

In den tieferen Lagen herrscht mediterranes Klima mit milden feuchten Wintern und heißen trockenen Sommern. Die heißen Luftmassen aus dem Mittelmeerraum dringen über die Flussebene des Vadar Tals bis weit nach Norden vor (siehe Abb. 3). Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge beträgt etwa 550mm. In den Gebirgsregionen des Westens und des Ostens nehmen die kontinentalen Einflüsse zu. Die Sommer sind ebenfalls heiß, aber die Winter dagegen sehr frostig und besonders schneereich (Intemann et al. 1999).

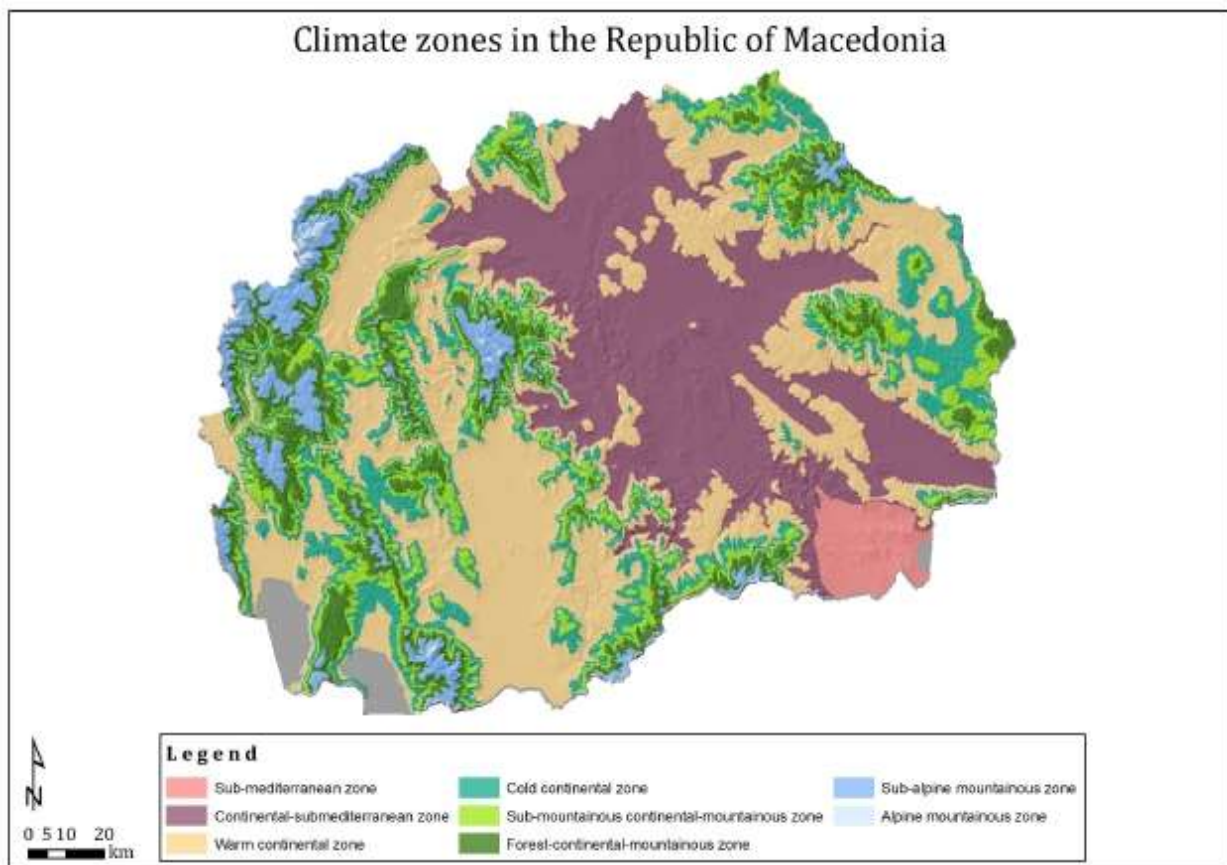


Abbildung 3: Klimazonen von Mazedonien (Quelle: Trendafilov et al. 2007)

3.2 Die Rotbuche: Artbeschreibung

3.2.1 Provenienz und Vorkommen

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) ist in Europa beheimatet und kommt dank der grossen genetischen Breite ihrer Erbanlagen mit dem mitteleuropäischen Klima und den Standortverhältnissen bestens zurecht. Die Rotbuche ist eine typische Waldbaumart Mitteleuropas und hat als Klimax-Baumart eine breite ökologische Amplitude (Abb. 4 und Tab. 2). Ihr Verbreitungsgebiet reicht von Südschweden bis in die drei europäischen Halbinseln: Balkan, Italien und Iberien hinein (Much et al. 2009). Nach der letzten Eiszeit, vor zirka 12`000 Jahren, ist die Rotbuche nach Mitteleuropa rückgewandert und wieder heimisch geworden. Es wird vermutet, dass es aufgrund verschiedener Pollenfunde zwei Refugialgebiete für die Rotbuche gibt, eines in Süditalien und ein weiteres auf der Balkanhalbinsel (Geburek, 2006).

Die Buche weist eine relativ grosse vertikale Verbreitung auf. Während sie in den nördlichen Schweizer Alpen bis auf 1400m ü.M vorkommt, steigt sie im Südosten von Europa bis in die subalpine Stufe, wo sie stellenweise sogar die klimatische Wald- und Baumgrenze bildet (Mühlethaler et al. 2011). Die Dauer der Vegetationsperiode muss etwa fünf Monate betragen, andere Autoren geben auch eine kürzere Periode an. Die absolute Mindest-Jahresniederschlagsmenge, bei der die Buche wachsen kann, liegt bei 500 mm. Jedoch sollte der Niederschlag gleichmässig über das Jahr verteilt sein, längere Dürreperioden, besonders im Frühsommer verträgt die Buche nicht. In Naturwäldern verjüngt sie sich am besten im Halbschatten (Much et al. 2009).

Tabelle 2: Wichtigsten Merkmale der Buche (Quelle: Mühlethaler et al. 2011)

<i>Fagus sylvatica</i>	
Deutscher Name	Rotbuche
Englischer Name	Common beech
Verbreitung	Zentraleuropa, Südosteuropa, Nordspanien, Italien, Südschweden
Baumhöhe	Maximal 45m
Alter	Höchstalter etwa 300 Jahre
Blätter	Oval 5-10 cm lang, ganzrandig leicht gezähnt
Früchte	Scharf dreikantige, braune 1-2 cm grosse Nüsse
Wurzeln	Herzwurzelsystem mit hoher Feinwurzeldichte

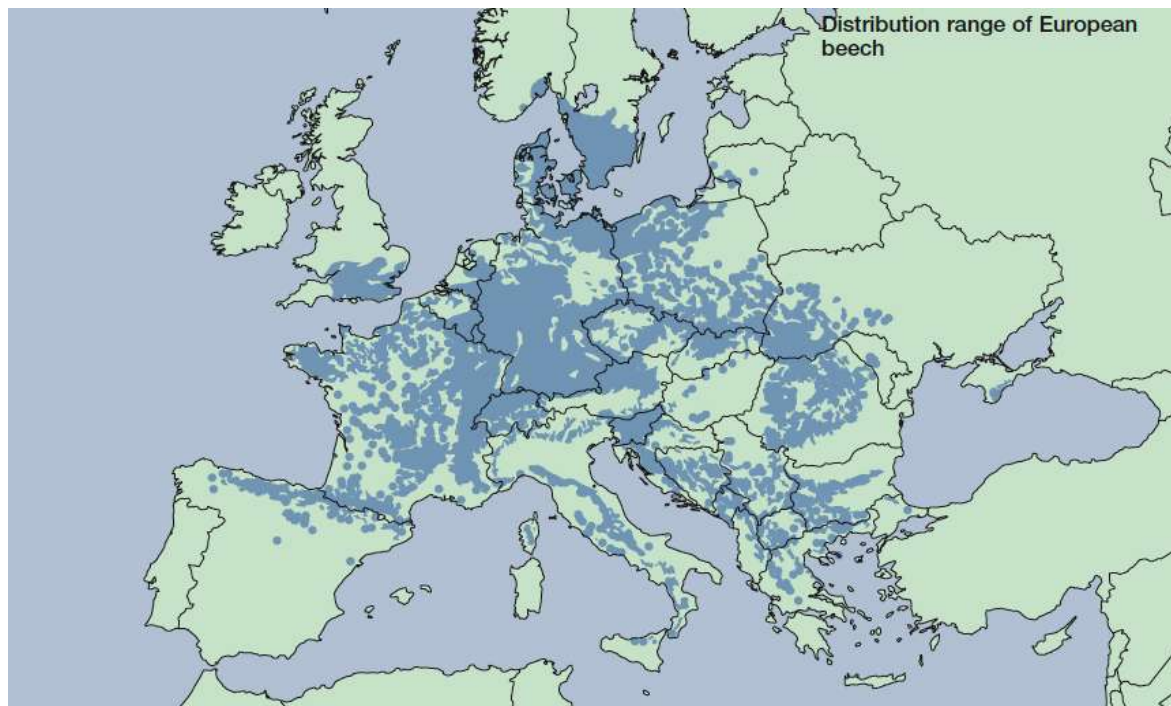


Abbildung 4: Verbreitung von *Fagus sylvatica* in Europa (Quelle: EUFORGEN, 2008)

3.2.2 Bodenansprüche

An mittleren Standorten, die weder besonders trocken noch besonders feucht und weder besonders warm oder kalt sind, ist die Buche nahezu konkurrenzlos. Die Buche kann sowohl auf kalkreichen wie auch auf sauren Böden wachsen. Wenn der Mensch die Wälder nicht gerodet oder umgestaltet hätte, wären die tieferen Lagen bis 1500m in Mitteleuropa ein einziger grosser Buchenwald (Felbermeier und Mosandl 2014). Die Rotbuche meidet nasse Böden, wenn der Wurzelraum von Wasser durchdrungen ist, leiden die empfindlichen Wurzeln unter Luftmangel. Zudem verträgt die Rotbuche keine Überschwemmungen. Daher sind Flusstäler und sumpfige Lagen keine Standorte für die Rotbuche (Much et al. 2009).

Grundsätzlich meidet die Rotbuche extreme Standorte, ihr Optimum (siehe Abb. 5) findet sie bei mittlerer Nährstoffversorgung, auf frischen und tiefgründigen Böden (Mühlethaler et al. 2011).

3.2.3 Gefährdungen

Abiotische Gefährdungen

Die Rotbuche ist dürr empfindlich und dabei besonders in der Ansamungs- und Jungwuchsphase gefährdet. Wichtiges Kriterium bei der dürr empfindlichkeit ist vor allem die Wechselwirkung von Strahlungshaushalt und Topographie beim Standort. Auf nordexponierten Hängen wo die Temperaturschwankungen kleiner sind und die Luftfeuchtigkeit ausgeglichener ist, vermag die Rotbuche auch eine drei monatige Trockenperiode überstehen (Felbermeier und Mosandl 2014). Weiter ist die Rotbuche gegenüber sommerlicher Überschwemmung und Vernässung sehr empfindlich. Wechselfeuchte Standorte erträgt sie auch schlecht. Grund-

sätzlich gilt die Rotbuche aufgrund des Herzwurzelsystems als sturmfeste Baumart (Mühlethaler et al. 2011). Englisch (2006) bestätigt jedoch auch die Aussage, dass sie auf zur Vernässung neigenden Böden zunehmend flach wurzelt und die Windwurfanfälligkeit dadurch zunimmt.

Eine weitere abiotische Gefährdung ist die Empfindlichkeit gegen Stammbesonnung und Steinschlag aufgrund der empfindlichen Rindenstruktur (Mühlethaler et al. 2011).

Biotische Gefährdungen

Gegenüber biotischen Gefährdungen ist die Rotbuche bezüglich Pilzkrankheiten empfindlich. Dazu zählen Buchenkrebs (*Nectria ditissima*), verschiedene Fäuleerreger (Wund- bzw. Schwächeparasiten) und weitere Komplexkrankheiten wie Rindennekrose / Schleimfluss welche in Folge von Lausbefall oder Verletzungen entstehen (Mühlethaler et al. 2011).

Die wichtigsten Insekten, der Schädlinge für die Rotbuche auftreten, sind der Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die beiden Borkenkäferarten (*Taphorychus bicolor* und *Ernoporus fagi*). In der Regel werden mehr oder weniger stark geschwächte Bäume und nicht gesunde Exemplare angefallen (Tomiczek et al. 2009).

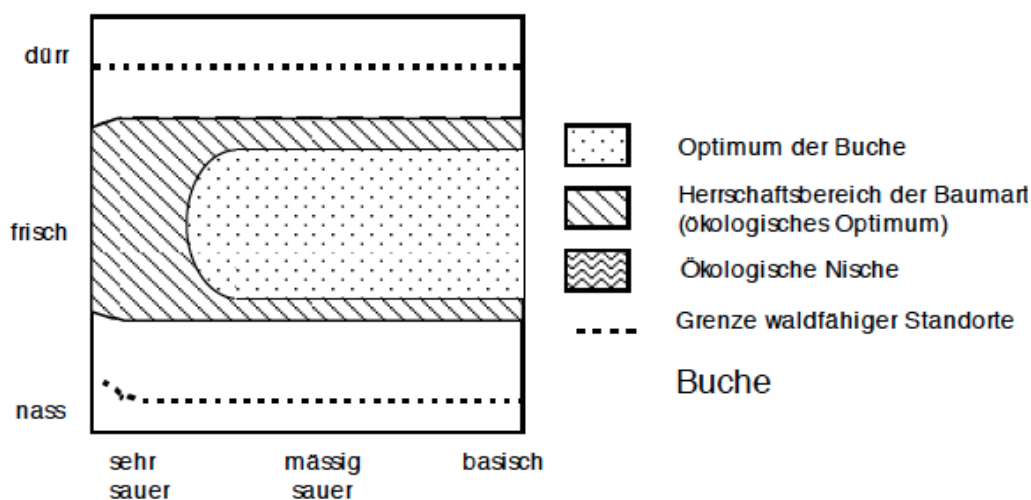


Abbildung 5: Physiologisches Ökogramm der Buche (Quelle: Mühlethaler et al. 2011)

3.2.4 Rotbuche in Mazedonien

Grundsätzlich wird in Mazedonien bezüglich Buchenwäldern oft von der *Fagus moesiaca* gesprochen, auf Deutsch die Balkan Buche. Die Meinungen der wissenschaftlichen Literatur über die Artzugehörigkeit der *Fagus moesiaca* gehen auseinander. Teils wird sie als eigene Art oder auch als Unterart der *Fagus sylvatica* dargestellt (Nonid et al. 2015). Oft wird sie auch mit der *Fagus sylvatica* gleichgestellt (Ostojic et al. 2008). Laut Denk (1999) sei die Buchenpopulation in Europa viel homogener als allgemein angenommen und daher könne die *Fagus moesiaca* der *Fagus sylvatica* gleichgestellt werden.

Der Flächenanteil an Buchen in Mazedonien beträgt 23 Prozent und ist damit nach den verschiedenen Eichenarten die zweithäufigste Baumart in Mazedonien (siehe Tab. 3). In Ost-Mazedonien wo die Untersuchungen der Niederwälder stattgefunden haben, beträgt der Anteil der Buchenwälder 23 Prozent (State Statistical Office Macedonia, 2014)

Die Abbildung 6 zeigt die potentiell geeigneten Standorte für die Rotbuche in Mazedonien. Laut Trendafilov et al. (2007) seien die höheren Lagen zwischen 800-1200 m.ü.M mit hoher Luft- und Bodenfeuchtigkeit die bestgeeigneten Standorte für die Rotbuche in Mazedonien.

Tabelle 3: Baumartenverteilung in ha in Mazedonien und Ost-Mazedonien (Quelle: State Statistical Office Macedonia 2014)

Baumart	Mazedonien in ha	in %	Ostmazedonien in ha	in %
Totale Waldfläche	983 388		139 553	
Laubhölzer	600 847	61	86 120	62
Rotbuche	232 243	23	32 226	23
Eichen	308 058	31	49 760	36
Übrige Laubhölzer	60 546	6	4 134	3
Nadelhölzer	68 670	7	11 031	8
Fichte	1 152	<1	-	-
Tanne	5 847	<1	-	-
Schwarzkiefer	45 360	5	9 406	7
Übrige Nadelhölzer	16 311	2	1 490	1
Mischwälder	270 525	28	39 430	28
Degradierete Wälder	43 346	4	2 972	2

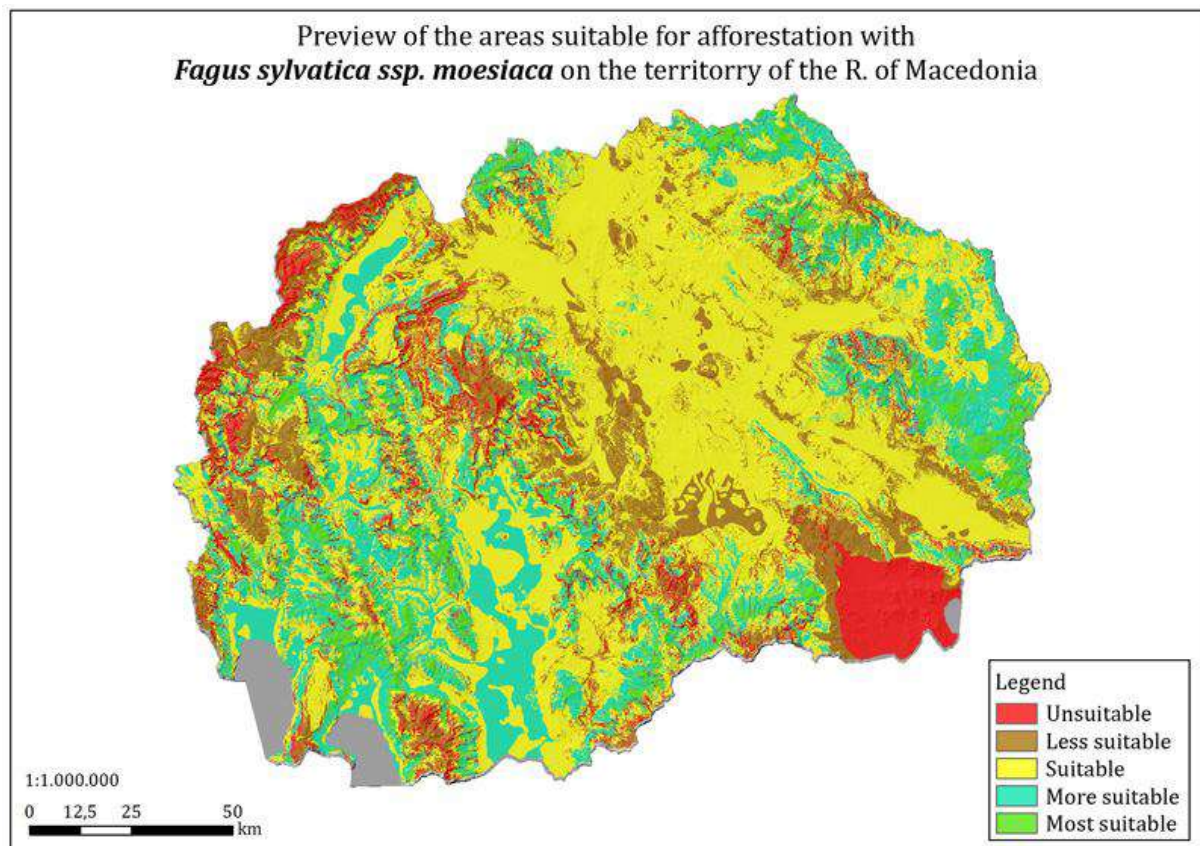


Abbildung 6: Potentielles Verbreitungsgebiet der Buche in Mazedonien nach (Trendafilov et al. 2007)

3.3 Niederwald

3.3.1 Definition

Als charakteristischen Niederwald gilt ein Wald, bei dem die Verjüngung durch den Wiederausschlag der aus der Nutzung zurückgebliebener Stöcke erfolgt. Es wird daher auch von Ausschlagwald gesprochen (Röhring et al. 2006). Die Nutzung des Holzes erfolgt jeweils nach einer kurzen Wachstumsperiode von 15-60 Jahren durch einen Kahlschlag. Durch die Nutzung im Niederwald werden die Bäume „auf den Stock gesetzt“, also kurz über der Wurzel abgehauen oder abgesägt (Conrady et al. 2007). Die Niederwaldwirtschaft funktioniert nur, wenn genügend ausschlagfähige Baum- und Straucharten vorhanden sind. Dabei handelt es sich überwiegend um Laubhölzer. Über die schlafenden Augen des Sekundärmeristems können die Stöcke unter der Schnittfläche wieder austreiben. Durch den periodischen Wundreiz beim Nutzen der Bäume werden die Wurzelstöcke immer wieder zu Regeneration angeregt und können daher ein Alter von mehreren 100 Jahren erreichen (Burschel und Huss 1997).

3.3.2 Die Geschichte des Niederwaldes

Die Niederwaldwirtschaft weist in Mittel- und Westeuropa eine mindestens 2000-jährige, vermutlich sogar 6000 jährige Geschichte auf (Milad und Konold 2013). Schon von den Pfahlbauern am Bodensee wurden Stockausschläge genutzt (Ellenberg 1996). In der Literatur wird über verschiedene mögliche Erklärungen für die Entstehung der Niederwälder in Mitteleuropa diskutiert.

Anfängliche Formen der Nutzung von Niederwäldern war die Brennholzgewinnung, zu Beginn nur durch das Sammeln von dürrer liegenden Holz und Windfallholz. Neben dem Sammeln von Holz kam bald die Nutzung von Laubholzbüschen mit dem Handbeil dazu was zu einem regelrechten Ausschlagwald führte. Mit dem Anstieg der Bevölkerung nahm die Nutzung der Laubhölzer zu und bewirkte bei regelmässigem Aushieb des jungen Laubholzes, dass die Wurzelstöcke immer wieder neue Triebe hervorbrachten (Mantel 1990).

Sehr wahrscheinlich wurde der Niederwald auf den von den Römern besetzten Gebieten übernommen und es steht ohne Zweifel fest, dass die Römer die Niederwaldbewirtschaftung gekannt und genutzt haben. Die Römer benutzten die Niederwälder um den hohen Brennholzbedarf für die Fussbodenheizungen und Bäder zu decken und Lohe als Gerbstoff für die Lederherstellung. Die Schlagwälder wurden „silvae caeduae“ genannt (Suchomel und Konold 2008).

Der Niederwald war vom Mittelalter bis ins 19. Jahrhundert sehr weit verbreitet. Hauptnutzung aus dem Niederwald war Holz für den Hausbrand und vor allem für die Köhlerei, welche die Holzkohle an Glashütten und Erzhütten lieferte. Auch für die bäuerliche Wirtschaft war der Niederwald ideal, da er durch die kurzen Umtriebszeiten jährliche Einnahmen aus dem Wald lieferte (Suchomel und Konold 2008).

Der Niederwald ist bis heute noch ein verbreitetes waldbauliches System in Europa mit einer totalen Fläche von etwa 23 Millionen Hektar (UN/ECE-FAO 2000). Während in Zentral- und Nordeuropa die Niederwälder nur einen kleinen Anteil an der Gesamtwaldfläche ausmachen, sind sie mit 22% bis über 60% Anteil an der Gesamtwaldfläche (siehe Tab. 4) immer noch ein wesentlicher Bestandteil der Waldressourcen in Südosteuropa (Stajic et al. 2009).

Tabelle 4: Verbreitung der Niederwälder nach Fläche in ha in Europa (Quelle: Stajic et al. 2009).

Land	Waldfläche total in 1000 Hektar	Niederwald	
		Fläche in 1000 Hektar	Anteil (%)
Albanien	942	405	43
Österreich	3 992	70	2
Bulgarien	3 700	1 750	47
Kroatien	2 403	512	21
Mazedonien	948	557	59
Griechenland	2 512	1 640	65
Ungarn	1 702	501	29
Montenegro	543	298	55
Rumänien	5 617	369	7
Serbien (ohne Kosovo)	2 252	1 456	65
Frankreich	14 470	6 822	47
Italien	6 013	3 397	56

3.3.3 Bewirtschaftung eines Niederwaldes

Verjüngung

In Niederwäldern beruht die Verjüngung bzw. Regeneration hauptsächlich auf der Fähigkeit der Baumarten, nach der Nutzung durch Spross oder Wurzelanlagen wieder auszutreiben. Bei diesem Prozess ist von der vegetativen Verjüngung die Rede. Auslöser für einen Wiederaustrieb der Stöcke ist der in kurzen Intervallen wiederkehrende Verjüngungs- bzw. Ernte- teib (siehe Abb. 7 und 8) (Pyttel 2012).

Infolgedessen ist die wichtigste Grundvoraussetzung für die Verjüngung der Niederwälder die Beantwortung der Frage, ob Stockausschlagwälder noch in der Lage sind eine Folgege- generation aus ihren Stöcken entstehen zu lassen. Um ältere Niederwälder, wo die Stöcke nicht mehr in der Lage sind auszutreiben, wieder in dynamische und wuchskräftige Bestände umzuwandeln, braucht es jedoch auch im Niederwald eine generative Verjüngung (Pyttel 2012). Laut Waring und Hagget (1991) sind max. 15 Überhälter pro ha sinnvoll, um einen Niederwald zu verjüngen. Da sonst bei zu vielen Überhältern durch die Beschattung der grosskronigen Bäume das typische Freiflächenklima gefährdet wäre.



Abbildung 7: Buchenstockausschlag in einem ca. 25 jährigen Bestand in Kochani (Quelle: eigenes Bild)

Rotationszeit

Die Umtriebszeit oder Rotationszeit eines Niederwaldes richtet sich nach dem Wirtschaftsziel des Waldbesitzers und nach dem Regenerationsverhalten der bewirtschafteten Baumarten. Bei Weiden für die Faschinengewinnung reichen fünf bis 10 Jahre, 20 Jahre sind nötig bei Eichenschälwäldern für die Gerbstoffgewinnung, 20-30 Jahre bei reiner Brennholzgewinnung vor allem mit Hainbuche und bei Rotbuche 30-60 Jahre für Nutz- und Brennholzgewinnung (Conrady 2007).

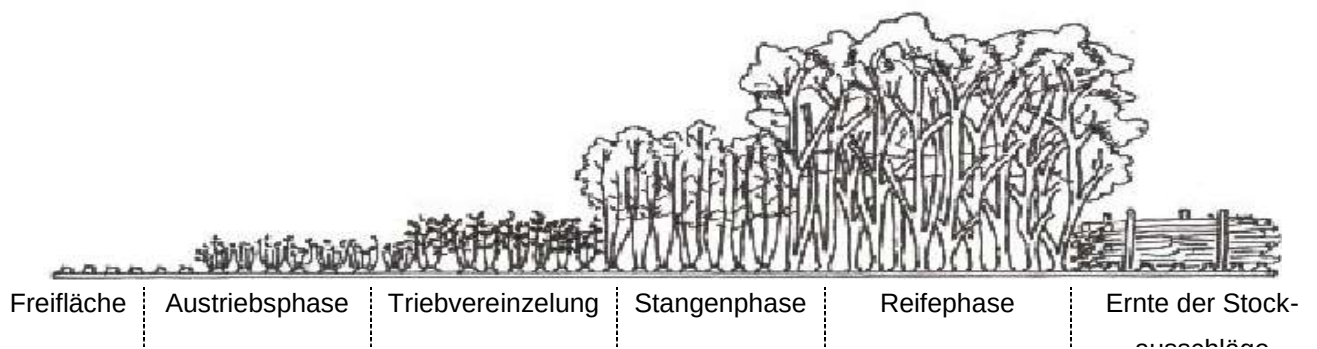


Abbildung 8: Sukzessionsphasen im Niederwald in Abhängigkeit der Zeit (Quelle: Bayerischer Waldbesitzerverband, Datum unbekannt)

Rotationszyklus

Der Rotationszyklus beschreibt wie oft ein Baum schon auf den Stock gesetzt wurde unabhängig von der Dauer der Rotationszeit. Die Stöcke der untersuchten Buchenniederwälder befanden sich in unterschiedlichen Rotationszyklen, besonders die Grösse der Stöcke veranschaulichte dies sehr gut und es konnte erahnt werden wie oft ein Stock schon ausgetrieben hat. (siehe Abb. 9). Grundsätzlich waren die Stöcke der Bestände nie alle gleich alt, es verjüngten sich immer wieder auch generativ Bäume zwischen den Stöcken.

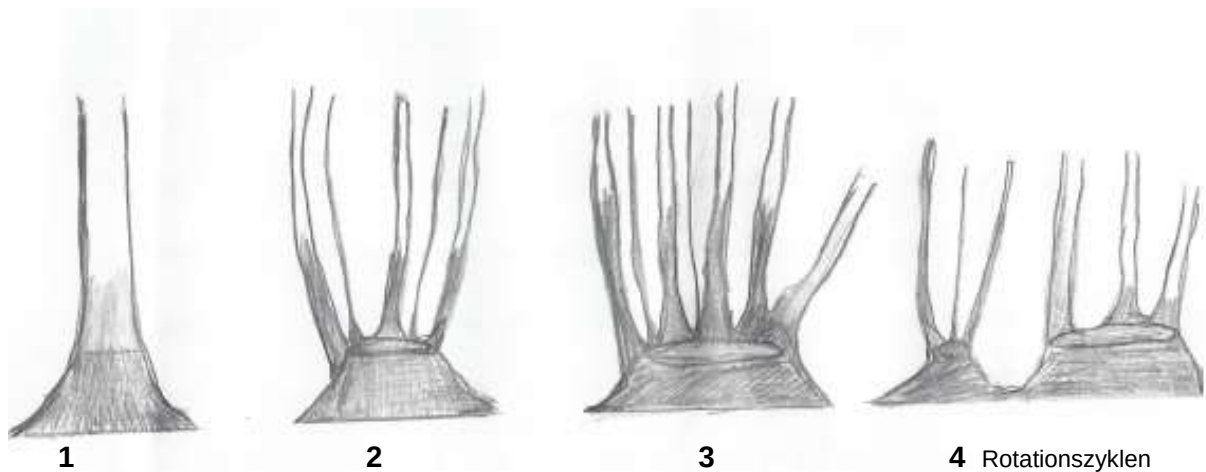


Abbildung 9: Entwicklung der Stöcke nach unterschiedlicher Rotationszyklen (Quelle: eigene Zeichnung)

Baumarten

Die Niederwaldwirtschaft basiert auf dem Vermögen der Baumarten zur vegetativen Verjüngung. Diese Fähigkeit geschieht entweder durch die Vermehrung der Stämme oder durch Wurzelbrut. Während die meisten Nadelbäume keine Ausschlüsse bilden, besitzen fast alle Laubbäume und Sträucher die Fähigkeit nach einem Hieb wieder auszutreiben. Baumarten wie Eiche, Hainbuche, Edelkastanie, Linde und Robinie verfügen über ein sehr gutes Stockausschlagvermögen. Bei der Rotbuche sind allerdings die Meinungen über die Ausschlagfähigkeit geteilt (Helfrich und Konold, 2013). Während nach Schmithüsen (1934) die Rotbuche besonders in jungen Jahren noch sehr gut austreiben könne, könne nach Härdtle et al. (2004) die Rotbuche allgemein nur mässig gut austreiben. Grundsätzlich eignet sich die Rotbuche unter geeigneten Standortbedingungen für die Niederwaldbewirtschaftung. Weitere Faktoren, welche die Ausschlagfähigkeit von Baumarten beeinflussen, sind u.a die ehemalige Nutzung, Standorteigenschaften, das Alter der Stöcke, der Verbiss der jungen Triebe und die Schnitthöhe (Helfrich und Konold, 2013).

3.3.4 Waldwachstum Niederwald

Das Waldwachstum im Niederwald ist wie im Hochwald stark abhängig vom Standort und von der Baumart. Grundsätzlich kann jedoch gesagt werden, dass der Niederwald in der Jugend ein rascheres Wachstum aufweist. In dieser Hinsicht ist der Niederwald dem Hochwald überlegen, da die jungen Stockausschlüsse in den ersten Jahren die Energie der alten Wurzel nutzen können und daher ihr Wachstum auf die oberirdische Biomasse beschränken können. Genau dieses starke Jugendwachstum macht man sich bei der Niederwaldbewirtschaftung durch die relativ kurzen Umtriebszeiten zunutze. Der Hochwald hat zu Beginn ein geringeres Wachstum, überholt aber den Niederwald im Zuwachs bei der Eiche im Alter von 60-80 Jahren (Groos 1953).

3.4 Forstwirtschaft in Mazedonien

3.4.1 Forstsektor in Mazedonien: ein Überblick

Die totale Waldfläche Mazedoniens beträgt laut Trendafilov et al. (2008) 1'159'600 ha, von der jedoch nur 947'653 ha bewaldet sind. Mit einer Landesfläche von 2'571'300 ha macht der Anteil an bewaldeter Fläche ca. 37 Prozent aus. Der totale Holzvorrat von Mazedonien beträgt 74'343'000 m³ mit einem jährlichen totalen Zuwachs von 1'830'000 m³, was einem durchschnittlichen Zuwachs von 2.02 m³/ha pro Jahr entspricht. 90% der totalen Waldfläche sind Staatswald und 10% sind Privatwald. Die Privatwaldfläche besteht aus ca. 220'000 Teilflächen, welche im Durchschnitt 0.4 Hektaren gross sind und sich auf über 65'000 Besitzer verteilen. Die Wälder der Privatwaldbesitzer sind oft degradiert oder übernutzt und werden kaum nachhaltig bewirtschaftet (Chiani et al. 2010). Die Wälder Mazedoniens sind gekennzeichnet durch ihre hohe Biodiversität und sie bieten auch eine grosse Palette an Nicht-Holzressourcen, wie Beeren, Pilze, Heilpflanzen und weitere Produkte. Zudem ist der grösste Teil der Landfläche Mazedoniens, der unter Naturschutz steht bewaldet. Mazedoniens Wälder bestehen hauptsächlich aus den folgenden neun Baumarten: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens*, *Quercus cerris*, *Quercus coccifera*, *Carpinus orientalis*, *Ostrya carpinifolia*, *Abies alba* und *Pinus nigra* (Trendafilov et al. 2008).

3.4.2 Bewirtschaftung der Wälder

Die jährlich genutzte Menge an Holz in Mazedonien betrug laut Trendafilov et al. (2008) im Zeitraum zwischen 1996 und 2006 durchschnittlich 1'300'000 m³, jedoch wird Schätzungen von Nikolov (2004) zufolge 30% davon illegal genutzt. Von der total geschlagenen Holzmenge wird ca. 80-85% als Energieholz genutzt und der restliche Anteil wird anders weiterverarbeitet. Mehr oder weniger wird die gesamte Holzmenge in Mazedonien selber verbrannt oder verarbeitet, nur eine unbedeutende Menge an Holz wird exportiert (Chiani et al. 2010). Die Aufteilung der Waldfläche in Mazedonien nach Waldfunktionen sieht folgendermassen aus:

- 92% Holzproduktionswälder
- 2% Schutzwälder
- 6% der Waldfläche befindet sich in einem Nationalpark

Die Hauptprobleme und Herausforderungen im Forstsektor in Mazedonien sind häufige Waldbrände, zunehmende illegale Holzerei aufgrund der ungünstigen wirtschaftlichen Lage der Bevölkerung und Anstieg von Waldsterben aufgrund des Klimawandels (Chiani et al. 2010).

3.4.3 Niederwald in Mazedonien

Laut Nestorovski et al. (2009) hat Mazedonien 565 000 ha Niederwald, was etwa 59% der Gesamtwaldfläche von 947`653 ha entspricht. Dabei machen die Buchen- und Eichenniederwälder den grössten Anteil aus sowohl in Fläche wie in Vorrat (siehe Tab. 5). Jedoch haben die Eichenniederwälder im Schnitt mit 46m³/ha einen kleineren Vorrat als die Buchenniederwälder mit einem Vorrat von 109 m³/ha der mehr als doppelt so gross ist. Bezüglich des jährlichen Zuwachs pro Hektar weisen die Eichenniederwälder mit 0.7 m³/ha/Jahr einen etwas höheren Wert auf als die Buchenniederwälder mit 0.4 m³/ha/Jahr.

Der totale jährliche Holzzuwachs in den Niederwäldern beträgt 820`000m³.

Tabelle 5: Verteilung der Niederwälder nach Baumarten (Quelle: Nestorovski et al. 2009)

Baumart	Flächen- anteil (ha)	Anteil (%)	Vorrat (m ³)	Anteil (%)	Vorrat pro Hektar (m ³ /ha)	Jährlicher Zuwachs (m ³)	Zuwachs pro Jahr pro Hektar (m ³ /ha/yr)
<i>Quercus</i> <i>spp.</i>	343`830	61	15`644`422	55	46	466`475	1.36
<i>Fagus spp</i>	84`192	15	9`159`568	33	109	206`329	2.45
<i>Carpinus</i> <i>spp</i>	46`334	8	1`214`244	4	26	48`035	1.03
Andere Laubhölzer	90`691	16	2`274`586	8	25	99`161	1.09
Total	565`047		28`292`820		50	820`000	1.45

4 Untersuchungsgebiete

4.1 Überblick

Die Untersuchung der Niederwaldbestände fand jeweils während zwei Wochen an zwei unterschiedlichen Standorten statt. Der erste Standort waren die Wälder der Gemeinde Kochani die sich im Osogovo-Gebirge befinden. Der zweite Standort waren die Wälder der Gemeinden Berovo und Pehchevo die zusammen die Region Malesh bilden (siehe Abb. 10).

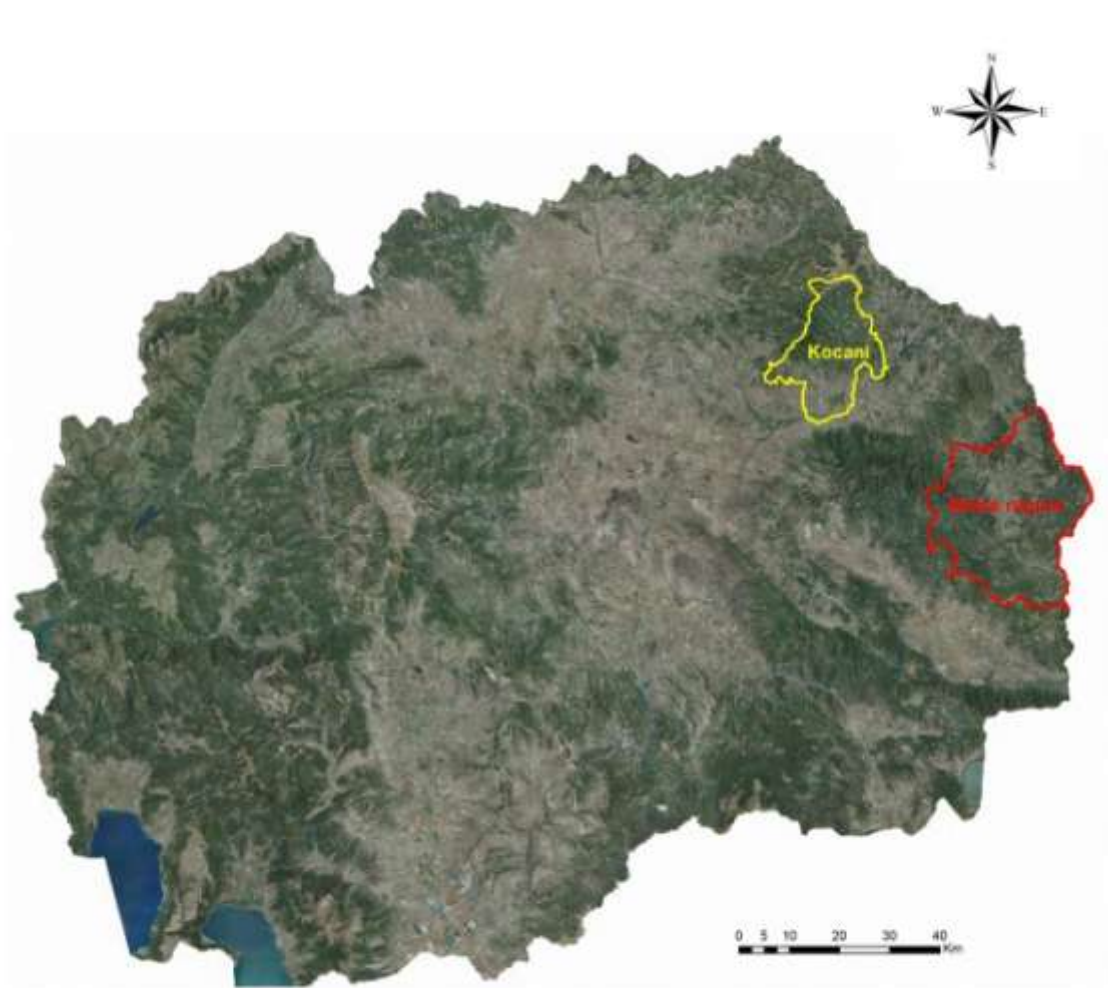


Abbildung 10: Kochani und Malesh in Mazedonien (Quelle: Andonovski et al. 2014)

4.2 Osogovo

4.2.1 Grundinformationen zum Standort

Das Osogovo-Gebirge befindet sich in der Grenzregion zwischen Mazedonien und Bulgarien. Die höchsten Gipfel sind über 2000m hoch (2252m ü.M. Ruen). 70% des Gebirges befindet sich in Mazedonien und 30% in Bulgarien (Dedov und Mitec, 2010).

Der Ort Kochani hat 38`000 Einwohner und befindet sich auf einer Höhe von 400m ü. M. am südwestlichen Rande des Osogovogebirges im Kochani-Tal, wo auch der Fluss Bregalnica durchfließt.

4.2.2 Klima

Temperatur

Während die mittlere Jahrestemperatur in Kochani auf 400m ü.M. 12.2°C beträgt (siehe Tab. 6), sinkt sie im Osogovo-Gebirge auf einer Höhe von 700m ü.M. auf 10°C. Auf einer Höhe von 1400m. ü. M. wo sich die höchsten Bestände der untersuchten Buchenniederwälder befinden sinkt die mittlere Jahrestemperatur auf 6°C. Der im Jahresverlauf wärmste Monat in Kochani ist im Durchschnitt mit 22.3°C der Juli. Die niedrigste Durchschnittstemperatur ist im Januar und beträgt 1°C (Climate data, 2015).

Tabelle 6: Temperatur von Kochani (Quelle: Climate data, 2015)

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ø Jahr
Ø Monat	1.0	3.5	7.5	11.8	16.4	20.2	22.3	22.1	18.7	13.3	7.1	2.5	12.2

Niederschlag

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge für Kočani beträgt 475mm (siehe Tab. 7). Die Niederschläge sind über das ganze Jahr relativ gleichmässig verteilt. Der trockenste Monat ist der Februar mit durchschnittlich 31mm und der niederschlagsreichste Monat ist der Mai und weist eine Menge von 57mm auf. In den höheren Lagen des Osogovo-Gebirges wo die Buche vorkommt, beträgt der durchschnittliche jährliche Niederschlag zwischen 500-700mm (Climate data, 2015).

Tabelle 7: Niederschlagsmenge von Kochani (Quelle: Climate data, 2015)

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ø Jahr
Ø Monat	32	31	34	39	57	47	37	32	32	40	52	42	475

4.2.3 Geologie / Boden

Das Osogovo-Gebirge ist vulkanischen Ursprungs und hauptsächlich aus magmatischen und silikaten Granitgesteinen. In den Höhenlagen zwischen 800 und 1500m. ü. M. liegen hauptsächlich Braunerde-Böden vor und in den höheren Lagen ab 1500m ü. M. hat es vorwiegend Ranker-Böden (Dedoc und Mitev, 2010).

4.2.4 Vegetation

Das Osogovo Gebirge hat drei Hauptvegetationsstufen – die submontane Stufe bis 1000m wird von Eichen, Hagebuchen und Buchen dominiert; die montane Stufe zwischen 1000-1800m, welche fast nur von der Buche dominiert wird, und die subalpine Stufe, wo vorwiegend Weide- und Grasflächen dominieren (siehe Abb. 11) (Dedoc und Mitev, 2010).

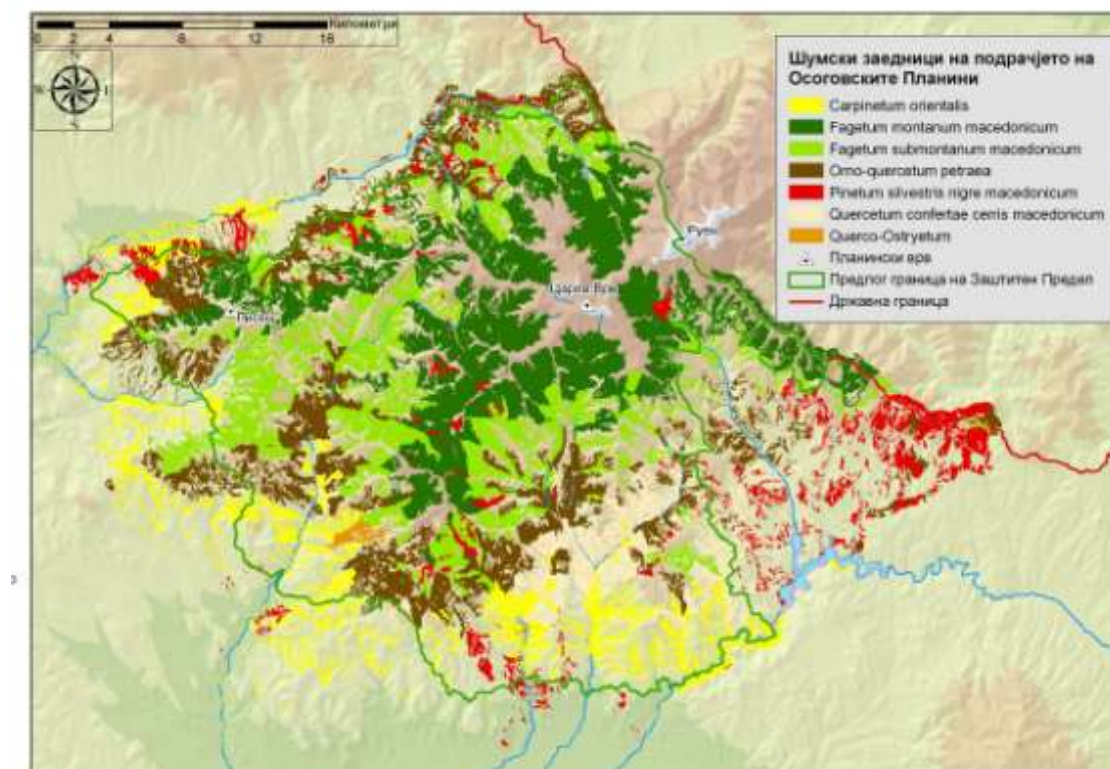


Abbildung 11: Osogovo Gebirge mit den Waldgesellschaften (Quelle: Dedoc und Mitev, 2010)

4.3 Malesh

4.3.1 Grundinformationen zum Standort

Die Gemeinden Berovo und Pehchevo des zweiten Untersuchungsgebietes befinden sich auch im östlichen Teil von Mazedonien in der Region Malesh. Die beiden Ortschaften liegen auf einem Plateau, welches von Gipfel umgeben ist, die bis zu 1900 Meter hoch sind. In der Region entspringt der Fluss Bregalnica, der zweitgrößte Fluss Mazedoniens ist.

4.3.2 Klima

Temperatur

Die Daten über das Klima in der Region Malesh stützen sich auf Meteodaten der Wetterstation von Berovo, die sich auf einer Höhe von 824m ü. M. befindet (siehe Tab 8). Dabei handelt es sich um die Klimadaten aus der Quelle Andonovski et al. (2014), die zwischen 2001 und 2010 aufgenommen wurden. Die mittlere Temperatur über das ganze Jahr beträgt in Berovo 9.3°C, wobei im Januar der tiefste Mittelwert (-0.5°C) und im Juli der höchste Mittelwert (19.5°C) gemessen wird (siehe Tab. 9). Auf einer Höhe von 1372m ü. M beträgt die mittlere Temperatur für das gesamte Jahr noch rund 6°C (siehe Tab. 8)

Tabelle 8 Temperatur Malesh auf 823m ü. M.

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ø Jahr
Ø Monat	-0.5	0.3	4.5	8.5	13.8	17.4	19.5	19.0	14.3	9.6	4.7	0.4	9.3

Tabelle 9 Temperatur Males auf 1372m ü. M.

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ø Jahr
Ø Monat	-3.8	-3.0	1.2	5.2	10.5	14.1	16.2	15.7	11.3	6.3	1.4	-2.9	6.0

Niederschlag

Der mittlere Niederschlag für Berovo beträgt 699 mm pro Jahr (siehe Tab. 10) und verteilt sich relativ gleichmässig über das Jahr. Die niederschlagsärmsten Monate sind Januar bis März, und danach kann eine leichte Zunahme des Niederschlags beobachtet werden. Auf einer Höhe von 1372m ü. M. beträgt die mittlere Jahresniederschlagsmenge 919 mm (siehe Tab. 11), ähnlich wie auf 824m ü. M sind die Monate von Januar bis März die niederschlagsärmsten Monate und ansonsten ist die Niederschlagsmenge relativ ausgeglichen (Andonovski et al. 2014).

Tabelle 10 Niederschlag Malesh auf 824m ü. M.

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ø Jahr
Ø Monat	45.1	33.5	44	58.8	67.8	72.2	54.5	71.6	49.7	75.9	51.6	74.7	699.4

Tabelle 11 Niederschlag Malesh auf 1372m ü. M.

Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ø Jahr
Ø Monat	63.6	52	62.5	77.3	86.3	90.7	73	90.1	68.2	94.4	70.1	93.2	919.4

4.3.3 Geologie / Boden

Die geologische Grundfläche der Region Malesh besteht aus Silikat- Ausgangsgestein. Hauptgesteine in der Region sind dementsprechend Granite wie Granodiorit oder Feldspate, zudem hat es in der Region metamorphose Gesteine wie Gneis.

In der Region kommen im Wald hauptsächlich vier verschiedene Bodentypen vor:

- Regosol
- Ranker
- Braunerde
- Saure Braunerde

Dabei machen die Braunerde und die saure Braunerde den grössten Teil aus gefolgt von Ranker- und Regosolböden.

4.3.4 Vegetation

Ein grosser Teil der Waldgesellschaften in der Region, besonders in den tieferen Lagen, bilden die Eichenwälder, die meist aus folgenden Eichenarten bestehen: *Quercus cerris*, *Quercus frainetto* oder *Quercus petrea*. Die Buchenwaldgesellschaften lassen sich in der Region grob in zwei Typen einteilen. Die Submontanen Buchenwälder (*Festuco heterophyllae-Fagetum*), welche sich auf einer Höhe von 950-1300m ü. M. befinden, und die Montanen Buchenwälder (*Calamintho grandiflorae-Fagetum*), welche sich auf einer Höhe zwischen 1360 bis 1750m ü. M. befinden (Andonovski et al. 2014).

In den Submontanen Buchenwälder kommen neben der Buche noch Baumarten wie *Pinus niagra*, *Populus tremula* und *Carpinus betulus* vor. Die Bodenvegetation ist hauptsächlich aus folgenden Arten zusammengesetzt: *Primula acaulis*, *Cyclamen neapolitanum*, *Lathyrus inermis*, *Pulmonaria officinalis*, *Danna cornubiensis*, *Festuca heterophylla* (ebd.)

In den Montanen Buchenwäldern kommen neben der *Fagus sylvatica* als dominanteste Baumart noch *Populus tremula*, *Prunus avium* und *Salix caprea* vor. Die Bodenvegetation besteht häufig aus folgenden Arten: *Calamintha grandiflora*, *Lamium galeobdolon*, *Epilobium montanum* (*Chamaenerion angustifolium*), *Aremonia agrimonoides* (ebd.)

5 Material und Methoden

5.1 Erhebung der Felddaten

In diesem Kapitel werden sämtliche Schritte erklärt, welche mit der Inventur in Verbindung stehen und die zur Erarbeitung der Ergebnisse notwendig waren.

5.1.1 Planung und Vorbereitung

Bevor mit der detaillierten Planung und Vorbereitung begonnen werden konnte, wurde mit der Universität in Skopje und mit Marija Sterjovska Kontakt aufgenommen, um die genauen Bedingungen und Umstände bezüglich der Feldarbeit zu klären. Anschliessend wurde eine erste Methodologie (siehe Anhang) zur Feldarbeit auf Englisch verfasst, in der Schritt für Schritt grob erklärt wird, was genau untersucht werden soll und was für Material nötig ist.

5.1.2 Stichprobeninventur Buchenniederwälder

Um die Fragestellungen bezüglich Zuwachs und optimale Rotationszeit beantworten zu können, sind Inventardaten von Buchenniederwäldern nötig, um das Wachstum zu modellieren. Da solche jedoch nicht vorhanden waren, wurde eine Inventur in der Region Kochani und Malesh durchgeführt. Um die Entwicklung eines Waldes zu messen, muss der Zustand in verschiedenen Zeitabschnitten gemessen werden. Da jedoch alle Daten auf einmal erhoben werden mussten blieb nur die Möglichkeit, unterschiedliche Altersstufen zu untersuchen und diese in einer unechten Zeitreihe (*Chronosequenz*, space-for-time substitution) zusammenzusetzen. Die einzelnen Bestände repräsentieren jeweils unterschiedliche Zeiträume seit der letzten Endnutzung. Dadurch ergibt sich ein räumliches Nebeneinander verschiedener Stadien als Ersatz für ein zeitliches Nacheinander (siehe Abbildung 12). Es wurde festgelegt, dazu pro Standort fünf unterschiedliche Altersstufen zu definieren, um die unechte Zeitreihe zusammensetzen zu können.

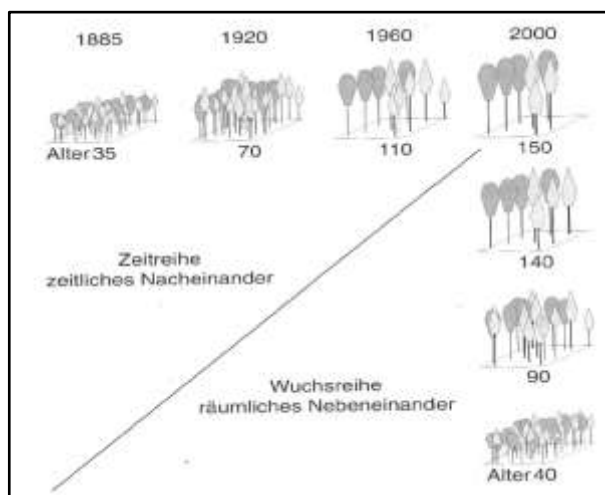


Abbildung 12: Prinzip der Zeitreihen im Vergleich (Quelle: Pretzsch, 2001)

Um eingermassen repräsentative Daten zu den verschiedenen Altersstufen zu erhalten, wurden jeweils fünf kreisförmige Probeflächen à 500m² pro Altersstufe durchgeführt. Total konnten pro Standort (Malesh und Kochani) jeweils fünf verschiedene Altersstufen analysiert werden, was total 50 Kreisprobeflächen ergibt. Da bisher keine Daten zu einer Buchenniederwaldinventur vorliegen, wurde entschieden, permanente Kreisprobeflächen einzurichten, die zu einem späteren Zeitpunkt wieder am selben Ort durchgeführt werden können.

5.1.3 Feldformular für die Inventur

Bevor mit der Inventur begonnen werden konnte, wurde ein Feldformular erarbeitet. Auf diesem Feldformular sollten sowohl Daten über den Bestand als auch über jeden einzelnen Baum erfasst werden (siehe Tab. 12 und 13). Zudem musste das Formular spezifisch für einen Niederwald erarbeitet werden.

Tabelle 12: Parameter die für den gesamten Plot aufgenommen wurden

Parameter	Art der Datenerhebung
Alter des Bestandes seit der letzten Endnutzung	Messen der Jahrringe an einzelnen Bäumen die gefällt wurden
durchschnittliche Baumhöhe	Messung der Länge der gefällten mit dem Messband
Hangneigung	Gefällsmesser des Wyssen-Kompasses
pH-Wert	pH Mess-Set
Koordinaten des Stichprobezentrums	Mit dem GPS-Gerät
Höhe in Meter über Meer des Stichprobezentrums	Mit dem GPS-Gerät
Plot-Radius	Korrekturfaktor Hangneigung

Tabelle 13: Parameter die für den Einzelbaum aufgenommen wurden

Parameter	Art der Datenerhebung
Baumnummer	Aufzählung der einzelnen eingemessenen Bäume, einzelne Ausschläge wurden nicht nummeriert
Baumart	Beurteilung der Art
Brusthöhendurchmesser	Durchmessermessband auf 1.3m Höhe immer hangseitig
Azimut des Baumes	Wyssen-Kompass
Distanz des Baumes	Mitte des Stockes aus dem Kreisprobezentrum mit dem Messband

5.1.4 Altersstufen definieren

Ehe mit der Inventur der Buchenniederwälder begonnen werden konnte mussten die geeigneten Bestände mit entsprechender Altersstufe aufgesucht werden. Sowohl in Kochani wie auch in Malesh erfolgte dies mit Hilfe des lokalen Forstbetriebes und Prof. Nikolčo Velkovski, dem Professor für Waldbau an der Universität Skopje. In der Region Kochani waren die unterschiedlichen Altersstufen relativ nahe beieinander und konnten daher innert zweier Tage alle definiert werden. In der Region Malesh brauchte die Suche nach geeigneten Altersstufen viel mehr Zeit, da die Buchenniederwälder in der Region viel verteilter sind. In Malesh wurden laufend neue Bestände gesucht und es dauerte gegen 14 Tage bis alle geeigneten Altersstufen gefunden waren. Hauptherausforderung war, Bestände zu finden, die möglichst gleichförmig betreffend Alter, Baumartenzusammensetzung und der Bewirtschaftung waren. Eine weitere Herausforderung war es, überhaupt Niederwälder zu finden. Besonders jüngere Altersstufen waren nur schwer zu finden. Da die lokalen Forstbetriebe die Niederwälder in Hochwälder umwandeln wollen, wurden in den letzten 20 Jahren keine Kahlschläge mehr durchgeführt. Daher waren die jüngsten Niederwälder, die aufgefunden werden konnten, um die 20 Jahre alt (siehe Tab 14).

Das definitive Alter der Bestände konnte jeweils erst bestimmt werden, nachdem mind. 2 Bestandes-repräsentative Bäume oder Ausschläge gefällt wurden, um die Jahrringe zählen zu können. Das Alter der Bestände ist nie gleichförmig und je nach Eingriff und Behandlung ist das Alter der Bäume homogener oder heterogener (siehe Anhang 1).

Tabelle 14: Altersstufen der Buchenniederwälder für die Feldarbeit

Alter	Standort
25	Kochani
30	Kochani
40	Kochani
55	Kochani
65	Kochani
20	Malesh
35	Malesh
45	Malesh
60	Malesh
75	Malesh

5.1.5 Aufnahme der Kreisprobeflächen

Mittels folgender zwei Schritte wurde bei der Aufnahme der Daten in den Kreisprobeflächen vorgegangen:

1. Plot einrichten und Grundinformationen sammeln

Zuerst wurde das Zentrum des Plots zufällig meist eher in der Mitte im Bestand definiert, welches dann mit einem Jalon markiert wurde. Dabei wurde geschaut, dass sich der Plot nicht am Rande des Bestandes befindet. Anschliessend wurden die Koordinaten und die Expositionen des Plots mit Hilfe des GPS-Gerätes ermittelt. Danach wurde das Zentrum mittels einer kleinen Eisenstange fixiert, die im Boden versenkt wurde. Zudem wurden die Eisenstange und einige Bäume, die sich um das Zentrum befanden, jeweils mit Farbspray markiert. Um den exakte Probekreisradius zu bestimmen, musste jeweils mit Hilfe des Wytzen Kompasses die mittlere Hangneigung in Prozent gemessen werden. Mit der mittleren Hangneigung wurde der Probekreisradius korrigiert und der Hangneigung angepasst (siehe Tab. 15)(Keller, 2013). Abschliessend wurde mit dem pH-Mess-Set der pH-Wert des Oberbodens in einer Tiefe von ca. 10cm gemessen und mit dem Laser-Dendrometer wurde die Baumhöhe ermittelt.

Tabelle 15: Korrekturfaktor bei Hangneigung für den Radius (Quelle: Keller, 2013)

Neigung in %	500m ² Radius	Neigung in %	500m ² Radius
0-10	12.62	40	13.09
15	12.69	45	13.21
20	12.74	50	13.34
25	12.81	55	13.48
30	12.89	60	13.62
35	12.99	65	13.78

2. Erhebung der Daten am Baum

Um die Verteilung der Stöcke visuell darstellen zu können um die Individuen in einer Folgeinventur wieder identifizieren zu können, wurde jeweils mit Hilfe des Wyssen Kompass das Azimut des einzelnen Baumes gemessen. Für die Stöcke, die mehrere Ausschläge aufwiesen, wurde jeweils das Zentrum des Stockes als Messpunkt genommen. Zudem musste von jedem Baum die Distanz vom Zentrum aus gemessen werden, für grosse Stöcke wurde auch jeweils die Mitte des Stockes als Messpunkt genommen (siehe Abb. 13). Bei Bäumen die sich am Rande des Plot-Radius befanden, wurde jeweils die Stockmitte als Kriterium genommen, um zu entscheiden ob der Baum sich noch innerhalb des Plots befindet.

Der Brusthöhendurchmesser wurde jeweils hangseitig mit einem Durchmesserband am Stamm gemessen. Die Schwelle, ab wann ein Stamm mit dem Durchmesserband gemessen wurde, betrug 7cm. Um zu verhindern, dass die jüngeren Altersklassen nicht unterbewertet wurden, da viele Ausschläge kleiner als 7cm waren, wurde die Anzahl Stämme zwischen 3-7cm erfasst, ohne jeweils einzeln zu messen.



Abbildung 13: Einmessung von Distanz und Azimut vom Zentrum aus (linkes Bild) Einmessung der BHD-Werte der Ausschläge am Stock (rechtes Bild)

5.2 Statistische Methode und Modellierung

Die Felddaten wurden zuerst auf Papier festgehalten und anschliessend in eine Excel-Tabelle übertragen. Jegliche statistische Auswertungen der Daten aus der Inventur wurden mit der freiverfügbaren Statistik-Software **R** berechnet. Mit Hilfe der open source Software R-Studio als Benutzeroberfläche wurden die konkreten statistischen Berechnungen durchgeführt.

5.2.1 Statistische Auswertung

Im folgenden Abschnitt wird der Rechnungsweg für die Resultate beschrieben.

Durchschnittlicher BHD pro Plot

Der durchschnittliche BHD der Austriebe oder Einzelstämme wurde ganz einfach berechnet, die Summe aller Durchmesser die sich innerhalb der Kreisprobestfläche mit Radius r um den Probepunkt z befinden, geteilt durch die entsprechende Stammzahl. Für die BHD-Werte zwischen 3-7cm wurde ein Mittelwert von 5cm genommen und auch durch die entsprechende Stammzahl geteilt.

$$\emptyset_{BHD} = \frac{d_1 + d_1 + d_1 \dots d_n}{N} = \frac{1}{N(z)} * \sum_{i=1}^n di(z)$$

wobei:

$\emptyset_{BHD}$: Durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser pro Stichprobe

d : BHD der Bäume, die in der lokalen Stichprobe mit dem Zentrum z aufgenommen wurden.

N : Anzahl Stämme, die in der lokalen Stichprobe mit dem Zentrum z aufgenommen wurden.

Stammzahl N pro Hektar

Die Stammzahl N ist die Anzahl Stämme, egal ob Einzelbaum oder mehrere Ausschläge aus einem Stock pro Hektar. Die Stammzahl lässt sich relativ leicht berechnen, indem alle Stämme die sich innerhalb der Kreisprobestfläche mit Radius r um den Probepunkt z befinden, zusammengezählt und auf einen Hektar hoch gerechnet werden.

$$N = \frac{10\,000}{\pi r^2} N(z)$$

wobei:

N:	Stammzahl am Punkt z pro Hektar
$N(z)$:	Anzahl Stämme, die in der lokalen Stichprobe mit Zentrum z aufgenommen wurden (Anzahl gezählter Bäume)
r	Radius in Meter

Anzahl Stöcke pro Hektar

Die Anzahl Stöcke wurde gleich wie die Stammzahl berechnet, Stöcke, die mehrere Ausschläge aufwiesen, wurden jedoch als Einzelstock gerechnet. In der Berechnungsformel wurde für N anstatt alle Stämme, nur die Anzahl Stöcke genommen.

$$ST = \frac{10\,000}{\pi r^2} ST(z)$$

wobei:

ST:	Stockzahl am Punkt z pro Hektar
$ST(z)$:	Anzahl Stöcke, die in der lokalen Stichprobe mit Zentrum z aufgenommen wurden (Anzahl gezählter Bäume)

Durchschnittliche Stammzahl pro Stock pro Hektar

Die Stammzahl pro Stock stellt die durchschnittliche Anzahl an Ausschlägen pro Stock dar. Dazu wurde die Stammzahl N durch die Stockzahl ST geteilt.

$$N/ST = \frac{N}{ST}$$

wobei:

N:	Stammzahl pro Hektar
ST:	Stockzahl pro Hektar
N/ST:	Durchschnittliche Stammzahl pro Stock

Basalfläche G pro Hektar

Die Grundfläche G ist die Summe der Einzelbaum-Grundfläche eines Bestandes bezogen auf einen Hektar in m^2 / ha . Berechnen lässt sich nach Kramer und Akca (2007) die Grundfläche G folgendermassen:

$$G = \frac{10000}{\pi r^2} \quad G(z) = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n d_i^2 * \frac{10'000}{\pi r^2}$$

wobei:

- G:** Grundfläche am Punkt **z** in m^2 pro Hektar
- d:** Durchmesser in cm der Stämme auf 1.3m Höhe
- G(z):** Grundfläche in m^2 , die in der lokalen Stichprobe mit Zentrum **z** aufgenommen wurden

Volumen V

Das Volumen V lässt sich nach Kramer und Akca (2007) folgendermassen mit der Grundfläche pro Hektar und der durchschnittlichen Baumhöhe berechnen:

$$V = G * h * f$$

wobei:

- V:** Volumen in m^3 pro Hektar
- G:** Grundfläche in m^2 pro Hektar
- h:** Durchschnittliche Baumhöhe
- f:** Formzahl

Grundsätzlich würde sich die Formzahl an einzelnen stehenden Bäumen mit Hilfe optischer Instrumente messen lassen, jedoch standen keine solche zur Verfügung. Es wird allgemein mit durchschnittlichen Formzahlen gerechnet, leider wurden keine Formzahlen gefunden die spezifisch für Buchenniederwälder gültig sind. Da die Bäume der Untersuchten Beständen viel kürz und abholziger waren im Vergleich zu einem Hochwald wurde ein Wert von 0.4 verwendet.

5.2.2 Wachstumsanalyse der Buchenniederwälder

Wachstumskurve

Alle Wachstumskurven wurden mit der Funktion von Schumacher berechnet (Bachmann 2009). Die Funktion wird für die Beschreibung der zeitlichen Entwicklung verschiedener forstlicher Grössen verwendet, so für das Wachstum des Volumens oder die Grundfläche eines Baumes oder Bestandes. Die Wachstumskurve stellt eine graphische Darstellung der erreichten Grössen als Funktion der Zeit dar.

Folgende Formel wurde dazu als Beispiel für das Volumen verwendet:

$$y = a * e^{-b/t}$$

wobei:

- y:** Volumen (in m³/ha)
- a:** Maximales Volumen (Asymptote, in m³/ha)
- b:** Wachstumsparameter
- t:** Alter (in Jahren)

Identifizierung der Parameter a und b durch lineare Regression der linearisierten Wachstumsfunktion $\log(y) = \log(a) - b * 1/t$ mit Intercept $\log(a)$ und Effekt $-b$.

Zuwachs Volumen pro Jahr

Entspricht der Wachstumskurve, abgeleitet nach der Zeit $y' = \partial y / \partial t$

$$y' = \frac{a * b * e^{-b/t}}{t^2}$$

5.2.3 Vergleich der Resultate

Um die Resultate der Inventur besser in Wert setzen zu können, wurden in der Diskussion Vergleiche mit Daten aus bisherigen Studien zum Buchenniederwald gemacht. Leider stehen nur wenige Daten zur Thematik Buchenniederwald zur Verfügung, bis auf eine Studie von Coppini und Hermanin (2007) aus Italien, welche vergleichbare Daten aufweist.

Um die Resultate mit einem Hochwald zu vergleichen wurde mit dem Waldwachstumssimulationsmodell *SiWaWa* (Rosset et al. 2013) gearbeitet, welches einem ermöglicht, die Entwicklung eines Buchenhochwaldes ohne Eingriff zu simulieren.

Ausgehend von der Grundfläche und der Stammzahl pro Hektar lässt sich der Ausgangszustand eines Bestandes sowie dessen Entwicklung möglichst realitätsnah nachbilden (Rosset et al. 2013). Als Ausgangsdaten für den Hochwald wurden Daten aus den Ertragstafeln der WSL (1983) für die Rotbuche verwendet. Es wurde jeweils die Grundfläche und die Stammzahl der 20 bis 30 Jahre alten Beständen der Bonitätsklassen 16, 20, 22 und 24 aus der Ertragstafel genommen. Somit ist das Ausgangsalter dieser Daten gleich hoch wie das, der untersuchten Buchenniederwälder. Als Hilfsmittel zur Bearbeitung der Wachstumssimulationen mit *SiWaWa* diente die Anleitung von Rosset et al. (2013).

5.3 Literaturrecherche

Bei der beigezogenen Literatur handelt es sich vorwiegend um Fachliteratur, die im Internet konsultiert worden ist oder über das Netzwerk von Bibliotheken und Informationsstellen in der Schweiz (NEBIS) bezogen wurde. Dabei ging es vorzugsweise um Fachliteratur über den Niederwald oder Waldbau. Literatur über die Niederwälder und die Forstwirtschaft in Mazedonien wurde hauptsächlich über das Netzwerk für Forschung und Wissenschaft ResearchGate bezogen.

Nebst der Literatur aus dem Internet wurden auch die Fachpersonen vor Ort zu allfälliger Literatur befragt. Weitere Literatur konnte an der EuroCoppice Konferenz, die im Oktober 2015 stattgefunden hat, von Fachpersonen wie Patrick Pyttel und Christian Suchomel bezogen werden.

6 Resultate

6.1 Inventur

Im folgenden Kapitel werden die Resultate der Inventur dargestellt. Auf der x-Achse ist jeweils die Untersuchten Altersstufen dargestellt, wobei **Blau für Malesh** steht und **Grün für Kochani**.

6.1.1 Durchschnittlicher Brusthöhendurchmesser

Die folgenden zwei Grafiken zeigen den durchschnittlichen Durchmesser in cm auf 1.3 m Höhe der verschiedenen Altersstufen (siehe Abb. 14). Die Werte für die zwei Standorte sind sich in den vergleichbaren Altersstufen sehr ähnlich. In den zwei jüngsten Altersstufen beider Standorte liegt der durchschnittliche Durchmesser unter 10 cm. An beiden Standorten haben die jeweils jüngsten einen höheren Median als die zweitjüngsten Altersstufen. Wie in der Beschreibung der Altersstufe im Anhang ersichtlich, sind die Bestände nie ganz gleichförmig und gleichaltrig und daher können die Resultate nie als absolut betrachtet werden. In den älteren Altersstufen ab 55 Jahren sind die Werte um 20 cm herum wobei die Altersstufen in Kochani einen höheren durchschnittlichen Durchmesser aufweisen als die in Malesh. Es zeigt sich, dass für die untersuchten Bestände bis zum Alter 35 kein grosses Durchmesserwachstum stattfand und ab dem Alter 40 fast doppelt so gross ist. Sehr wahrscheinlich liegt dies daran, dass es in den jüngeren Altersstufen noch viele kleine Durchmesser hat, die dann durch die Mortalität abrupt wegfallen. Bei einer Klupp-Schwelle von 7 cm machen die kleinen Durchmesser in den jüngeren Altersstufen noch einen sehr grossen Anteil aus.

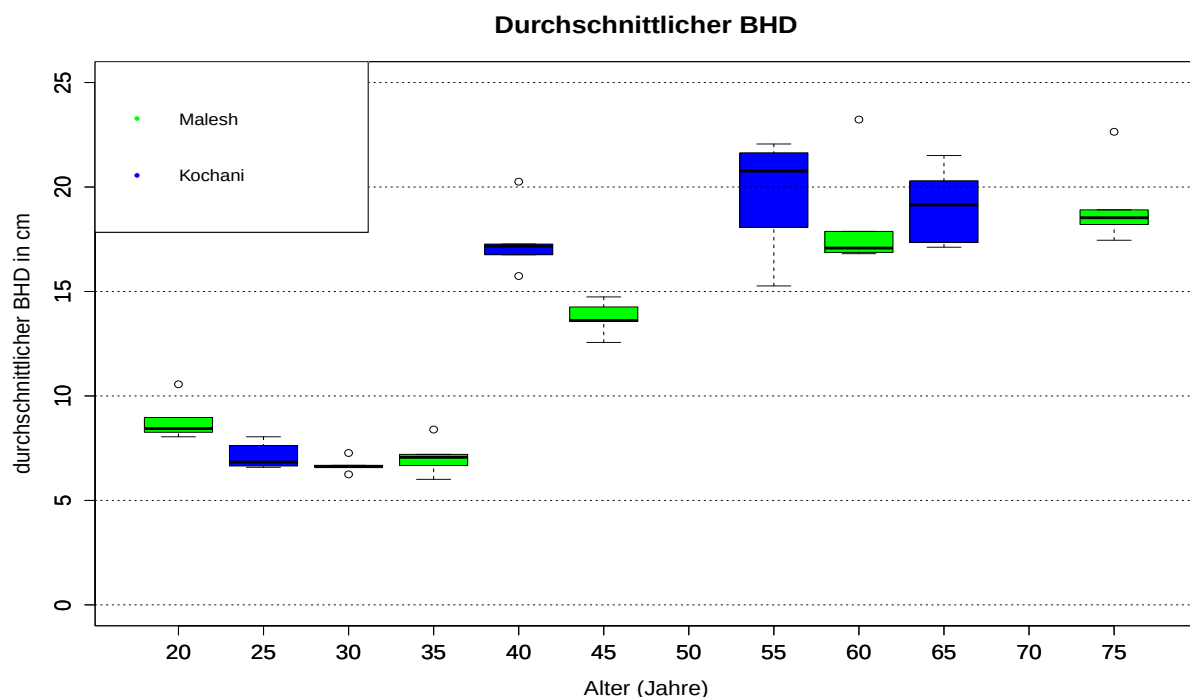


Abbildung 14: Durchschnittlicher BHD pro Altersstufen

6.1.2 Stammzahl

Bei der Stammzahl (N) pro Hektar handelt es sich um jegliche Ausschläge, die entweder aus einem Stock oder direkt als Einzelbaum unabhängig von generativer oder vegetativer Vermehrung der Pflanze aus dem Boden kommen (siehe Abb. 15). Die Ergebnisse zur Stammzahl sind an beiden Standorten relativ ähnlich und gut vergleichbar, besonders ab dem Alter 40 sind die Werte ähnlich. An beiden Standorten ist deutlich zu erkennen, dass die Stammzahl bis zum Alter von 35 Jahren deutlich bei über 3000 liegt. Zudem ist bei beiden Standorten zu erkennen, dass die Stammzahl ab einem Alter von ca. 40 Jahren unter 3000 liegt, in Kochani sogar unter 2000. Die Phase der Selbstdurchforstung in der die Zahl der Bäume je Hektar abnimmt, findet in den untersuchten Beständen zwischen 30 und 45 Jahren statt, was zu einer grossen Stammzahlabnahme führt (Röhring et al. 2006). Es zeigt sich zudem, dass bei tieferem Durchmesser (siehe Abb. 15) die Stammzahl auch deutlich höher ist

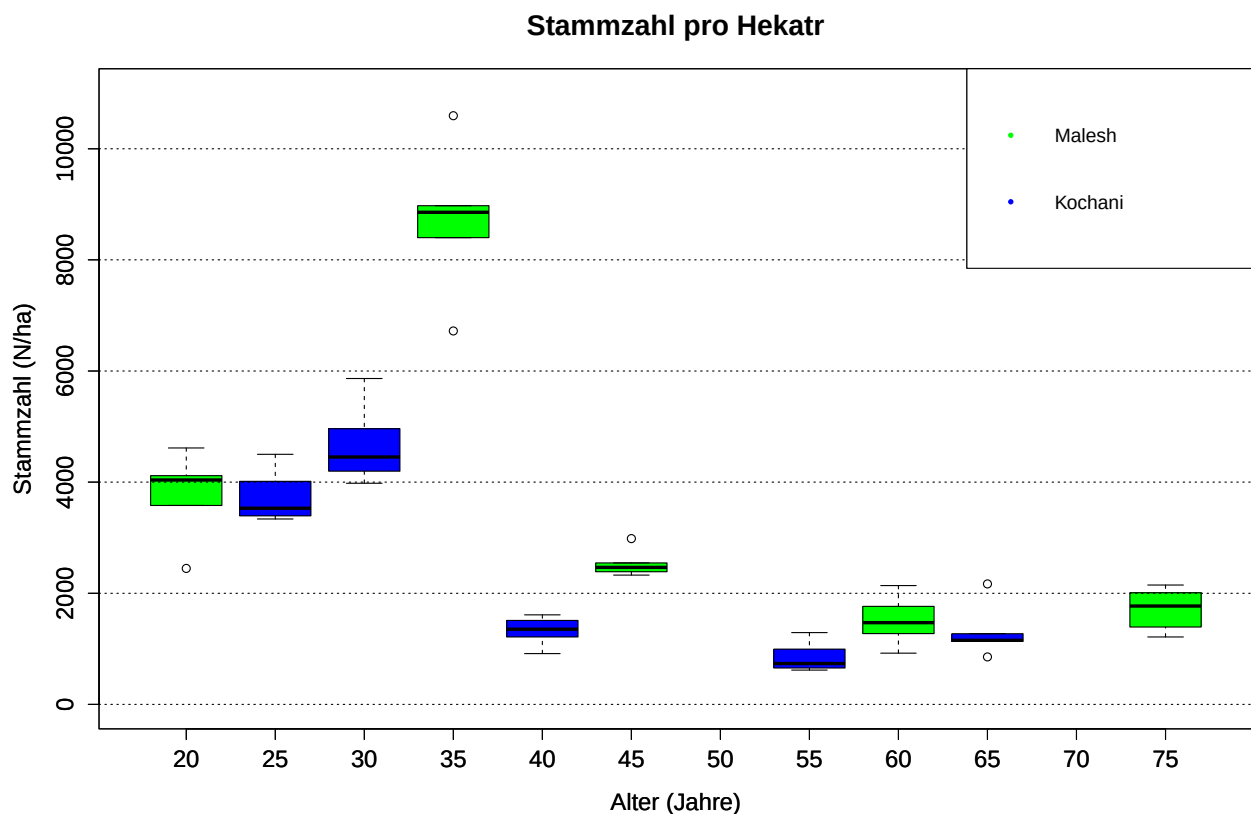


Abbildung 15: Stammzahl pro Hektar nach Altersstufen

6.1.3 Stockzahl

Bei der Stockzahl handelt es sich um alle Stöcke, die aus dem Boden kommen, unabhängig von der Anzahl an Ausschlägen, die ein Stock aufweist (siehe Abb. 16). Ob ein Stock aus zehn oder einem Ausschlag besteht, spielt keine Rolle, er wird als einzelner Stock gezählt.

Die Ergebnisse zeigen für die zwei Standorte relativ unterschiedliche Werte auf, besonders die drei ersten Altersstufen in Malesh weisen eine deutlich höhere Stockzahl auf als die Vergleichbaren in Kochani der drei jüngsten Altersstufen. Die Bestände in Kochani sind betreffend der Stockzahl über alle Altersstufen sehr ausgeglichen, der Median ist in allen Altersstufen zwischen 500 und 1000 Stöcke pro Hektar. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Bestände in Kochani schon eine ähnliche Anzahl an Rotationszyklen hinter sich haben. Einzelne Untersuchungen an den Stöcken der Bestände mit dem Alter 25 und 30 Jahre ergaben eine Anzahl von ca. drei Rotationszyklen.

In Malesh hingegen sind die Rotationszyklen der einzelnen Altersstufen viel heterogener, besonders in den Altersstufen 20 und 45 befinden sich die meisten Stöcke im ersten Rotationszyklus. Da die Stöcke dadurch noch jünger und kleiner sind, weisen diese weniger Ausschläge auf und es besteht deutlich mehr Zwischenraum für Einzelbäume und Stöcke mit Ausschlägen.

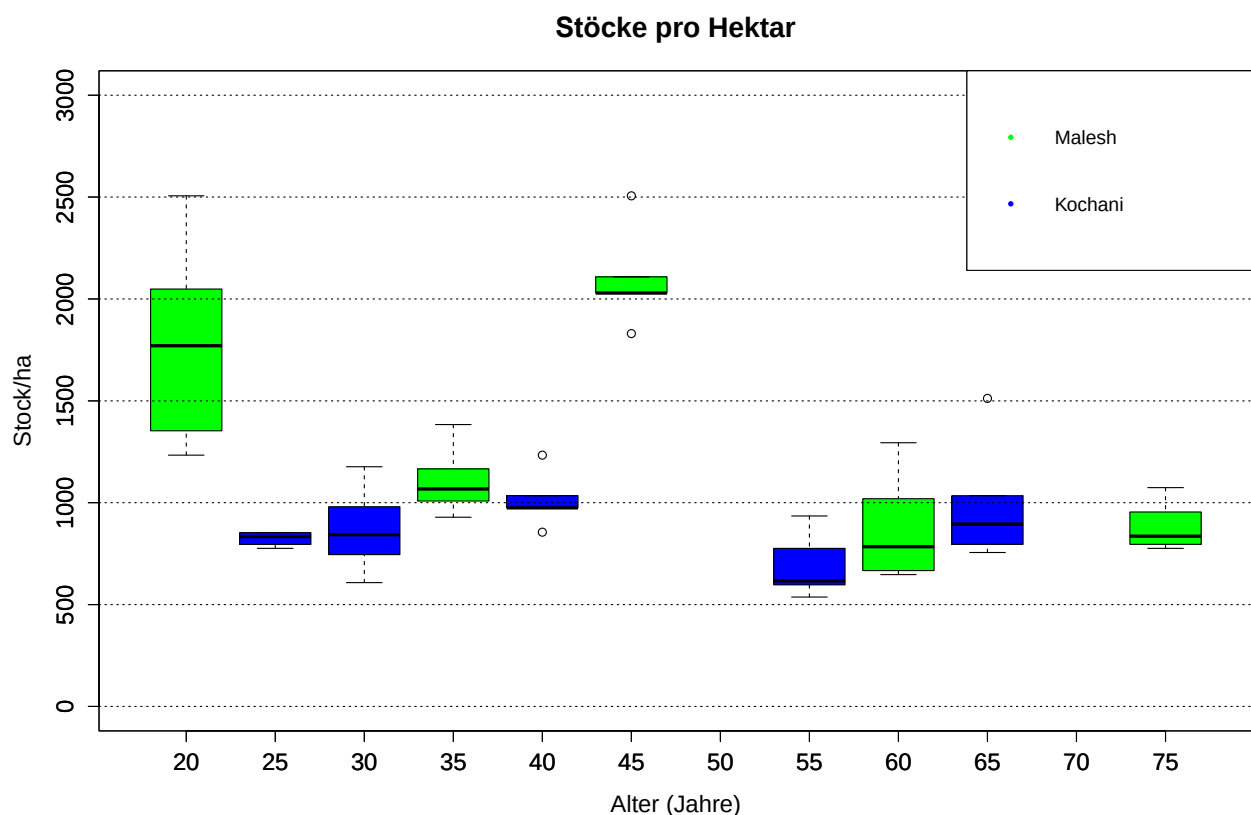


Abbildung 16: Stockzahl pro Hektar nach Altersstufen

6.1.4 Ausschläge pro Stock

Die folgenden zwei Grafiken zeigen auf, wie viele Ausschläge im Durchschnitt die Stcke pro Altersstufe und Hektar aufweisen (siehe Abb. 17). Die zwei jüngsten Altersstufen von Kochani (25 und 30 Jahre alt) und der 35 Jahre alte Bestand von Malesh haben dabei mit durchschnittlich mehr als 4 Ausschlägen pro Stock deutlich mehr Ausschläge als die restlichen Altersstufen. Diese drei Altersstufen befinden sich im zweiten oder dritten Rotationszyklus und haben dadurch schon ältere und grössere Stcke, die viel mehr Ausschläge aufweisen.

Da sich der jüngste Bestand von Malesh im ersten Rotationszyklus befindet, sind die meisten Stcke noch kleiner und weisen daher im Schnitt nur zwei Ausschläge pro Stock auf. Bei den Altersstufen ab 40 Jahren sind die durchschnittlichen Ausschläge pro Stock fast identisch an beiden Standorten. Durch die natürliche Selbstdurchforstung bleiben im Schnitt pro Stock nur noch 1-2 Stämme übrig. Zudem wurde auch in einzelne Altersstufen bereits eingegriffen und einzelne Stämme entfernt. Die Anzahl Ausschläge pro Stock ist ein sehr guter Indikator um in den jüngeren Altersstufen die Ausschlagfähigkeit und Mächtigkeit der Stcke abzuschätzen. Dadurch lässt sich auch erahnen, ob sich der Bestand im ersten Rotationszyklus befindet oder schon mehrere Nutzungen stattgefunden haben.

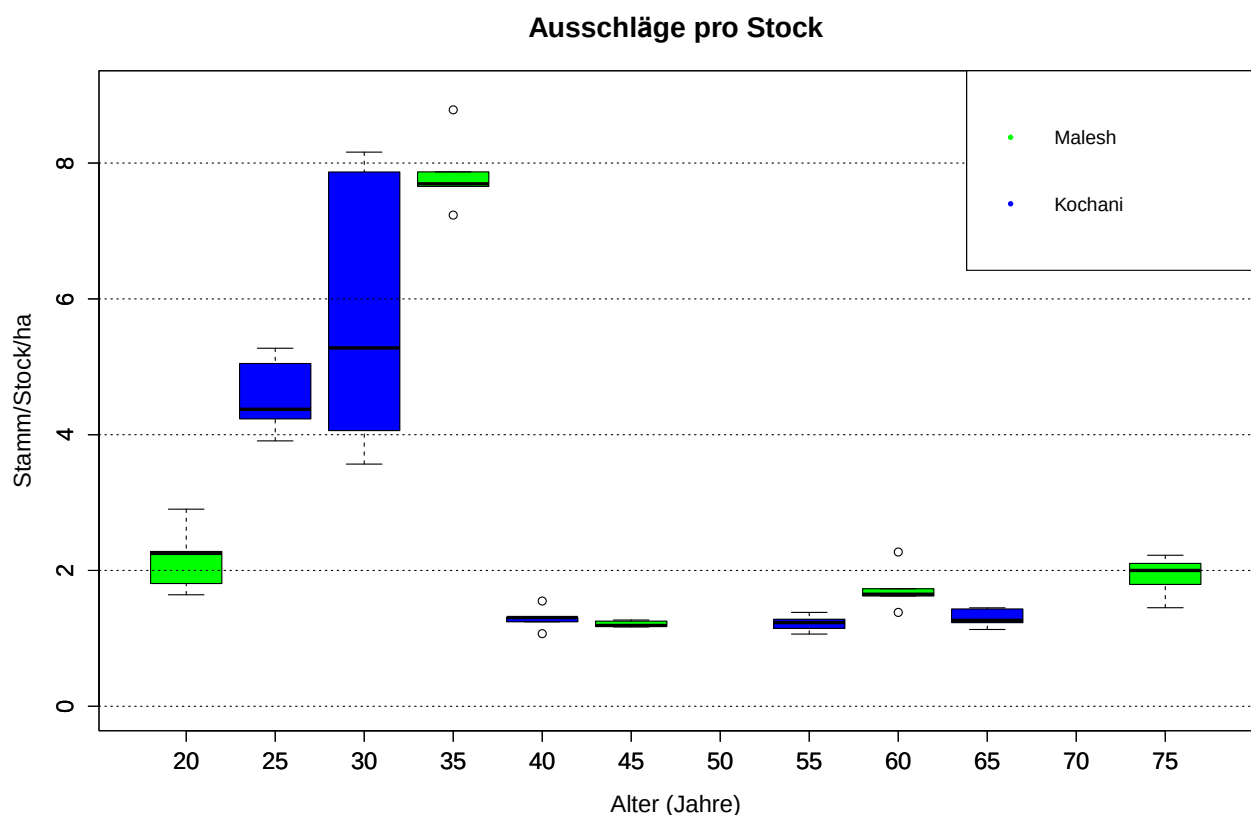


Abbildung 17: Durchschnittliche Ausschläge pro Stock nach Altersstufen

6.1.5 Basalfläche

Die Grundfläche stellt die Querschnittfläche auf Brusthöhe (1.3m über dem Boden) aller einzelnen Stämme auf einen Hektar bezogen dar (siehe Abb. 18). Die Grundfläche pro Hektar ist ein verbreitetes Mass zur Bestimmung der Dichte eines Bestandes.

Hier zeigen die Resultate für die zwei Standorte deutliche Unterschiede auf. Der Median der Grundfläche pro Hektar ist in Kochani in allen fünf Altersstufen unter dem Wert von $40\text{m}^2/\text{ha}$. Alle vergleichbaren Altersstufen in Kochani weisen durchschnittlich $15\text{m}^2/\text{ha}$ weniger auf als die vergleichbaren Altersstufen von Malesh. Die fünf Altersstufen von Malesh weisen alle deutlich einen Wert von über $20\text{m}^2/\text{ha}$ pro Hektar auf und ab einem Alter von 35 Jahren sogar durchgehend Median-Werte von über $40\text{m}^2/\text{ha}$. Sehr wahrscheinlich ist der Grund für die deutlich höhere Bestandes-Dichte von Malesh bzw. die tiefere von Kochani die unterschiedliche Behandlung der Bestände. Die Bestände von Kochani waren deutlich besser erschlossen als die von Malesh, was darauf schliessen lässt, dass in den Beständen von Kochani schon mehr Holz genutzt wurde in Form von legalen wie auch illegalen Durchforstungen als in Malesh. Besonders im 55 Jahre alten Bestand in Kochani ist dies deutlich erkennbar an den frischen ausgetriebenen Ausschlägen, die ca. 15 Jahre alt sind. In den 40 und 65 Jahre alten Beständen war dies nicht so deutlich erkennbar, jedoch wurde ziemlich sicher auch schon Holz genutzt, nur dass Eingriffe schon länger zurückliegen.

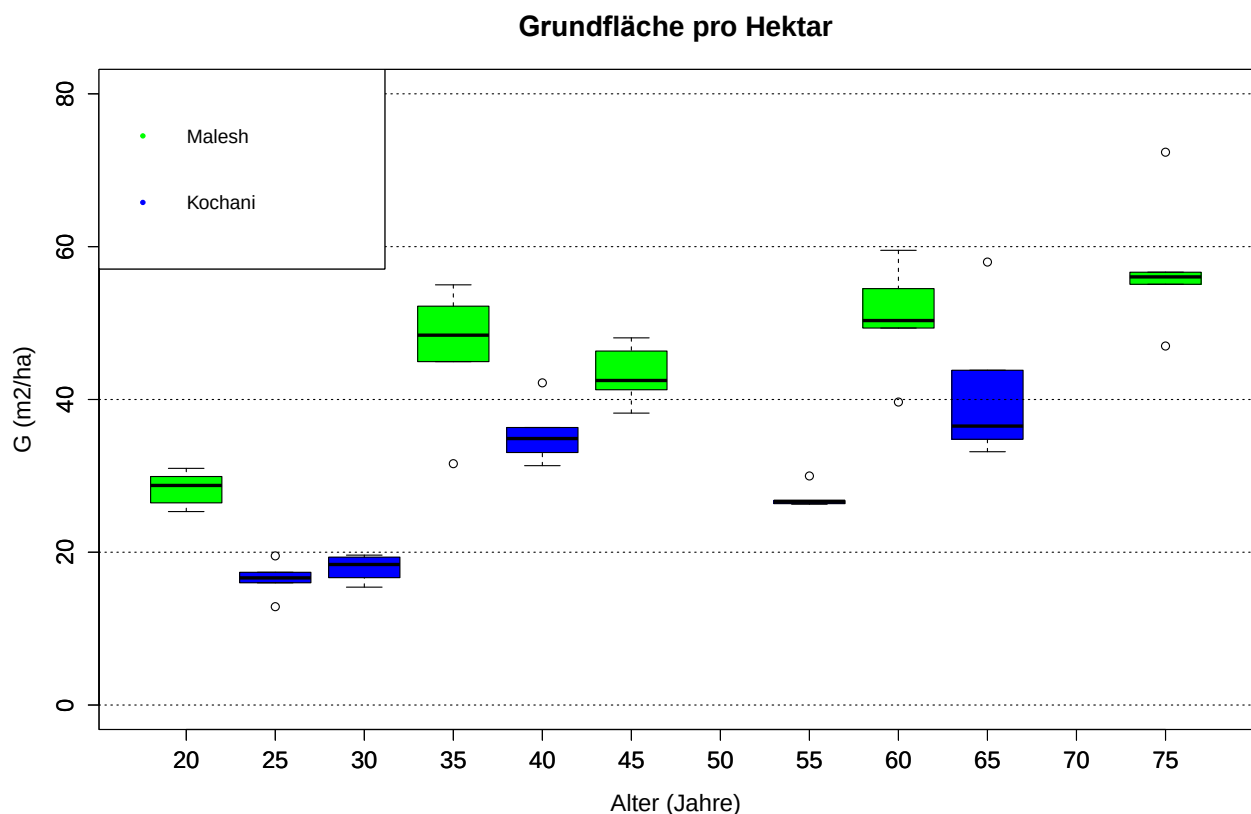


Abbildung 18: Grundfläche in m^2 pro Hektar nach Altersstufen

6.1.6 Volumen

Die Resultate für das Volumen weisen für beide Standorte in den vergleichbaren Altersklassen relativ ähnliche Werte auf (siehe Abb. 19). Wie schon bei der Grundfläche ist auch das Volumen pro Hektar in Malesh etwas höher, jedoch nicht so markant. Absoluter Ausreisser bildet der älteste Bestand in Malesh, der mit dem Median bei über 500m³/ha ein Spezialfall darstellt und sehr wahrscheinlich eine Ausnahme ist. Dieser Bestand weist eine sehr hohe Grundfläche auf und ist mit durchschnittlicher Oberhöhe von 25m mit Abstand auch der höchste aller untersuchten Bestände. Zudem wurde aus diesem Bestand sehr wahrscheinlich kaum Holz entnommen, was zu diesem hohen Holzvorrat führt. An beiden Standorten weisen die Bestände in den Altersstufen zwischen 20 und 40 Jahre Werte von 70m³/ha bis knapp 200m³/ha auf. Ähnlich vergleichbar sind auch die Altersstufen zwischen 40 und 65 Jahre, die an beiden Standorten Werte zwischen 200m³/ha und 350m³/ha aufweisen. Auch beim Volumen zeigt sich, dass die durchschnittlichen Werte von Malesh höher sind als diejenigen von Kochani, was auch wieder darauf zurückzuführen ist, dass in den Beständen in Malesh weniger Holz als in Kochani oder gar kein Holz genutzt wurde.

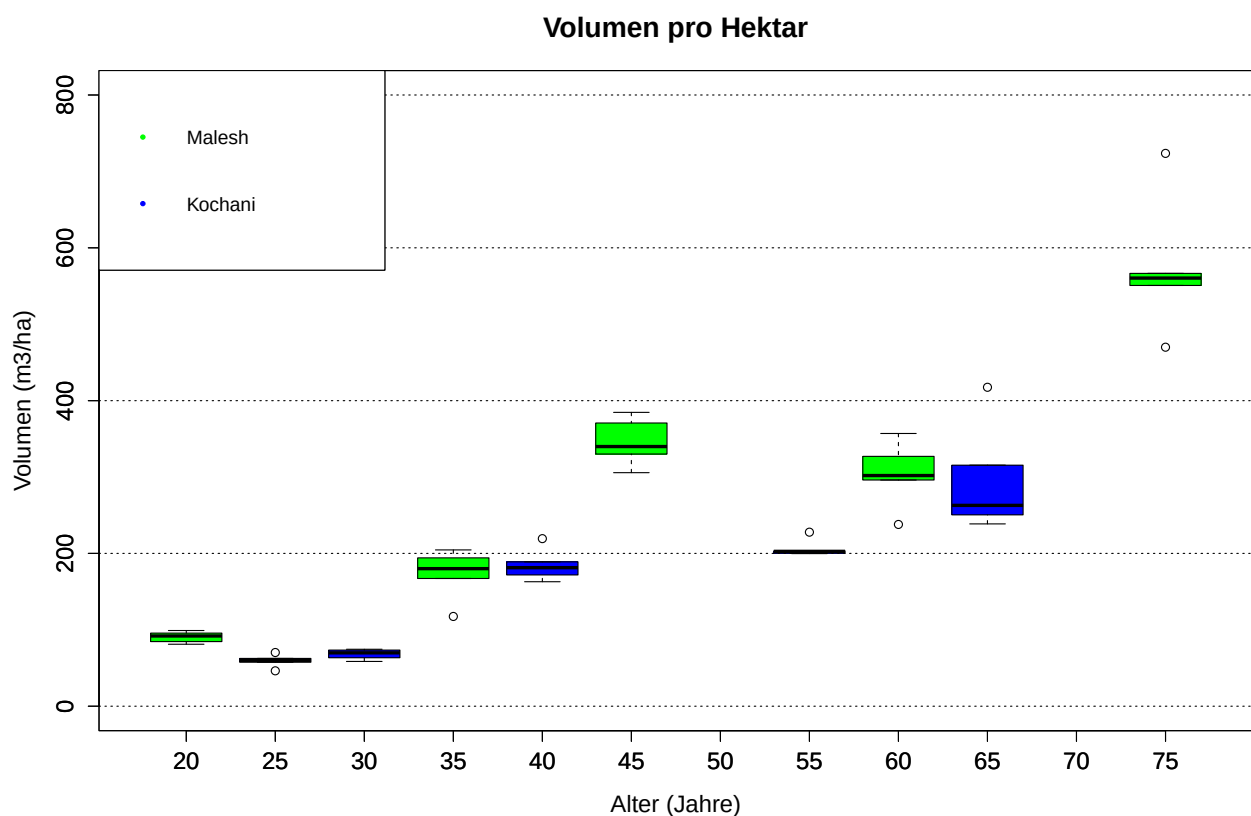


Abbildung 19: Volumen in m³ pro Hektar nach Altersstufen

6.2 Wachstumsmodell

Im folgenden Kapitel werden die Resultate der Wachstum-Funktion dargestellt, auch hier steht immer **Blau für Malesh** und **Grün für Kochani**.

6.2.1 Grundflächen Wachstumskurve

Die folgende Grafik stellt das Grundflächenwachstum in m² pro Hektar in Abhängigkeit zum Alter dar (siehe Abb. 20). Malesh weist im Vergleich zu Kochani ein deutlich grösseres Grundflächenwachstum auf, nämlich um durchschnittlich 8 m²/ha mehr. Im Alter 60 kommt Kochani auf einen Wert von 38m²/ha, der Mittelwert beider Standorte auf 42 m² und Malesh auf ca. 52 m². Um den Rechnungsweg zu verfolgen siehe Tabelle 16.

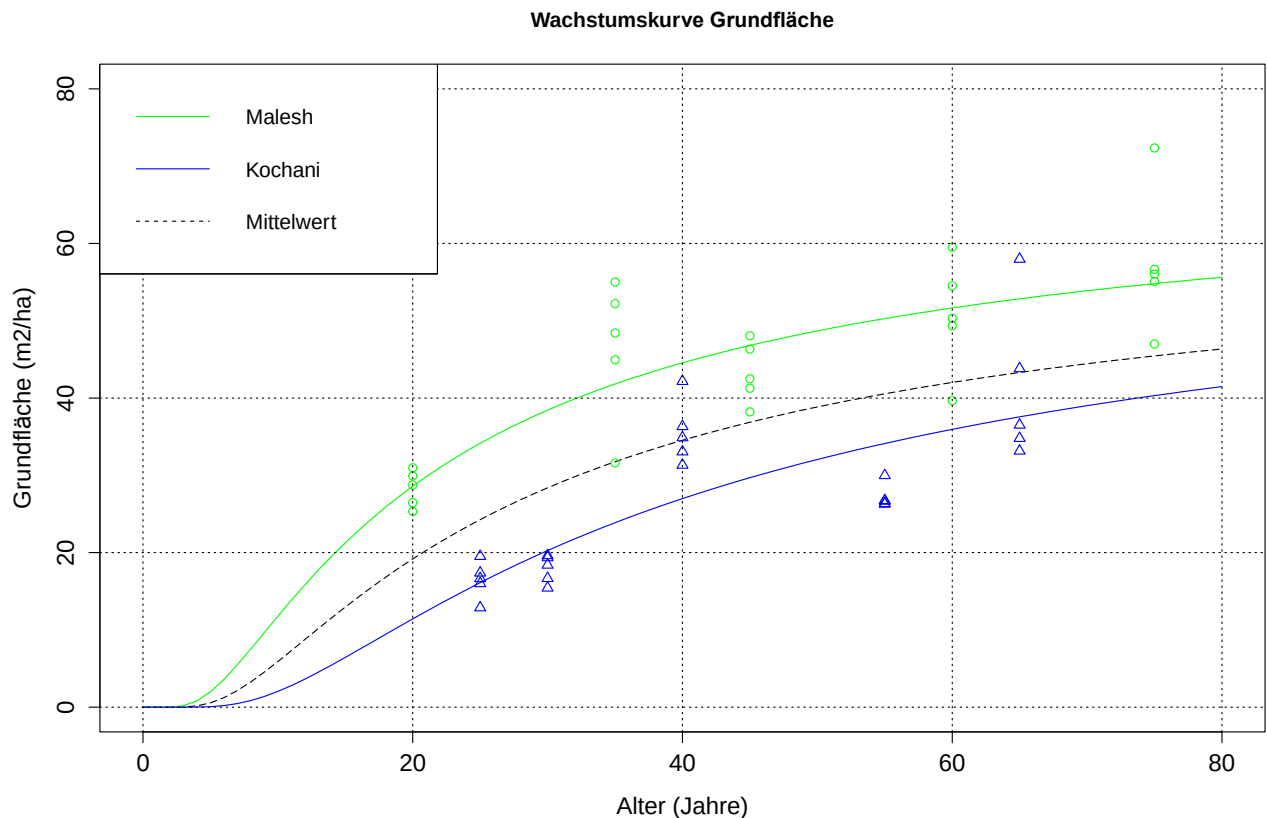


Abbildung 20: Wachstumskurve Grundfläche pro Hektar

Berechnet mit der Zuwachsfunktion von Schumacher:

$$y = a * e^{-b/t}$$

Tabelle 16: Werte die Berechnung des Grundflächenwachstums mit der Formel von Schumacher

	a	b	R2	RMSE
Mittelwert (	62.19	23.53	0.40	11.01
Malesh	69.42	17.74	0.09	13.50
Kochani	63.75	34.38	0.04	13.89

6.2.2 Zuwachs Grundfläche pro Jahr

Die folgende Grafik stellt den jährlichen Grundflächenzuwachs in m² pro Hektar in Abhängigkeit zum Alter dar (siehe Abb. 21). Das maximale Wachstum der Kurven endet nach ca. 15 Jahren, für Malesh schon etwas früher. Malesh weist bis zum Alter 10 einen deutlich höheren jährlichen Grundflächenzuwachs als Kochani auf. Malesh erreicht einen Höchstwert von über 2m² pro Jahr und Kochani mit 1m² nur halb so viel. Der mittlere Höchstwert beider Standorte beträgt 1.5 m² im Alter von ca. 18 Jahren. Ab dem Alter 30 nähern sich die Kurven beider Standorte einander an und flachen mehr oder weniger identisch ab. Der jährliche Grundflächenzuwachs pro Hektar beträgt im Alter von 60 Jahren noch etwa 0.3 m². Der Mittlere jährliche Grundflächenzuwachs pro Hektar und Jahr über den gesamten Zeitraum bis 80 Jahren beträgt für Malesh 0.70 m³, für Kochani 0.52 m³ und der Durchschnitt beider Standorte 0.58 m³.

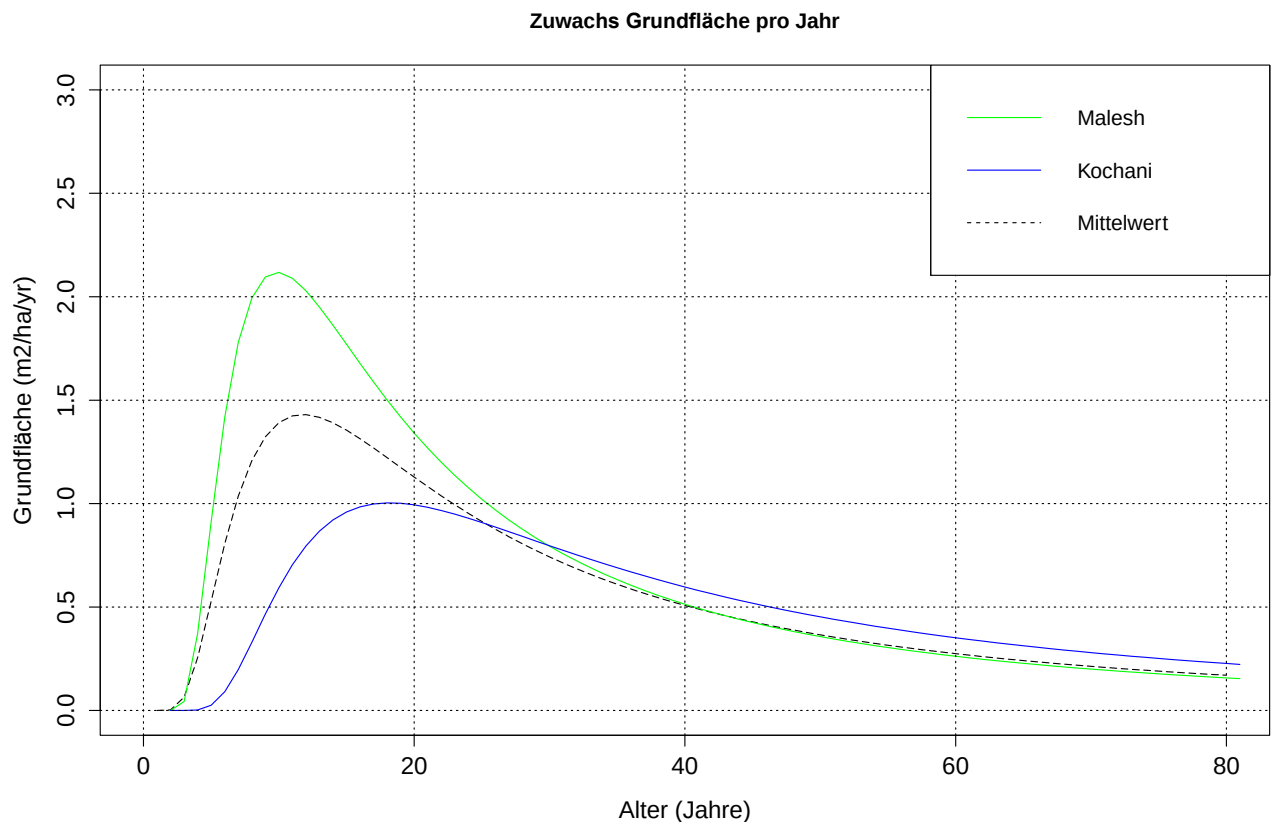


Abbildung 21: Zuwachs der Grundfläche pro Hektar Jahr

Ableitung der Zuwachsfunktion von Schumacher:

$$y' = \frac{a * b * e^{-b/t}}{t^2}$$

6.2.3 Wachstumskurve Volumen

Die folgenden drei Wachstumskurven stellen die Volumenentwicklung pro Hektar in Abhängigkeit des Alters dar (siehe Abb. 22). Das Wachstum für beide Standorte ist im Alter zwischen 20 und 40 Jahren sehr gleichmässig. Allgemein zeigt Malesh ein stärkeres Volumenwachstum auf als Kochani was auch auf den hohen Holzvorrat des 75 Jahre alten Bestandes in Malesh zurückzuführen ist. Malesh erreicht im Alter von 80 einen Wert von über 400 m³/ha. Der Mittelwert beider Standorte kommt auf einen Vorrat von ca. 380 m³/ha und Kochani auf ca. 340 m³/ha. Um den Rechnungsweg zu folgen siehe Tabelle 17.

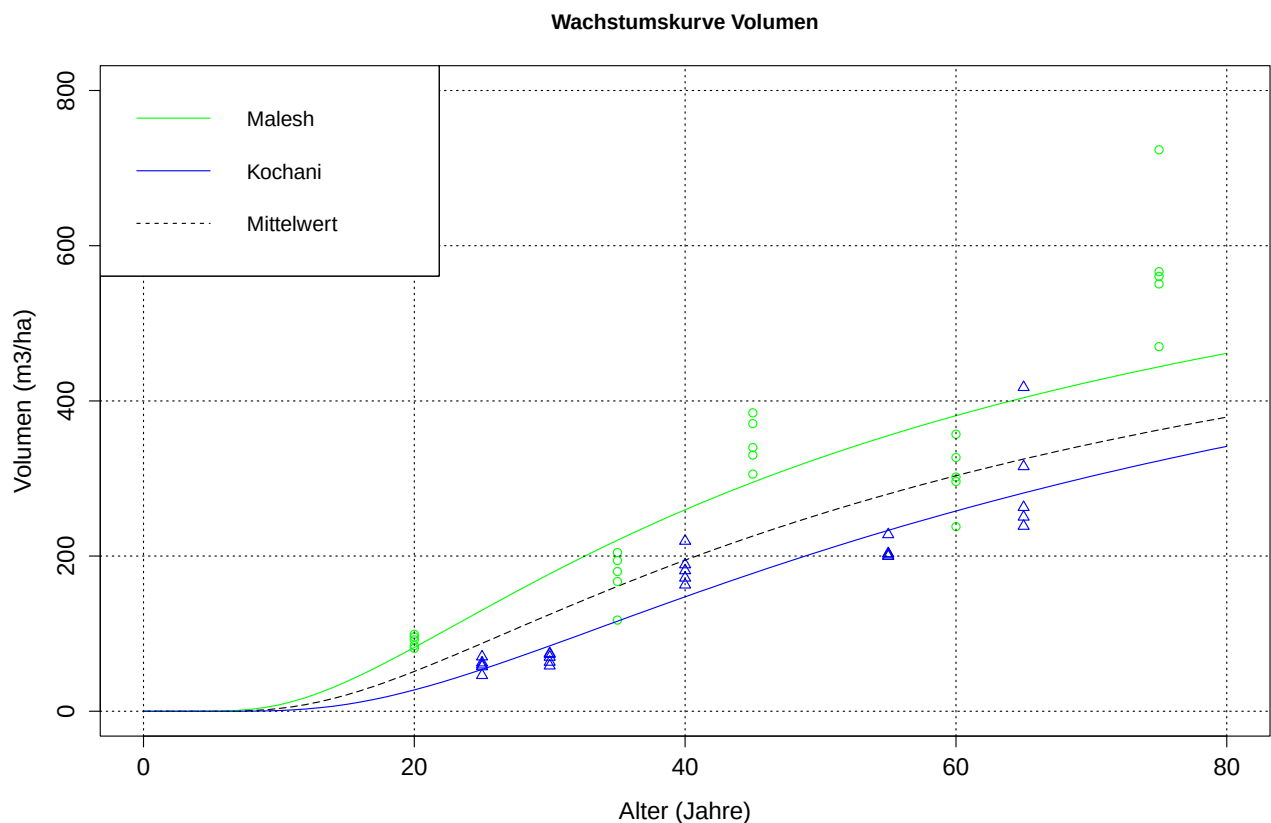


Abbildung 22: Wachstumskurve des Volumens pro Hektar

Berechnet mit der Zuwachsfunktion von Schumacher:

$$y = a * e^{-b/t}$$

Tabelle 17: Werte die Berechnung des Volumenwachstums mit der Formel von Schumacher

	a	b	R2	RMSE
Mittelwert	737.87	53.29	0.64	92.87
Malesh	819.33	45.96	0.58	99.44
Kochani	790.11	67.12	0.50	108.85

6.2.4 Volumenzuwachs pro Jahr

Die folgende Grafik stellt den Volumenzuwachs in m³ pro Hektar und Jahr in Abhängigkeit vom Alter für die zwei Standorte dar (siehe Abb. 23). Der jährliche Volumenzuwachs ist bis zum Alter 60 in Malesh höher, danach flachen die Kurven ähnlich ab. Die Unterschiede sind 3m³ im Alter zwischen 20 bis 30 am grössten. Die Kurven zeigen sehr deutlich auf, dass der jährliche Zuwachs für beide Standorte bis ca. zum Alter 20 exponentiell steigend ist und danach abnimmt. Malesh erreicht einen Maximalwert von knapp 10m³ und Kochani von über 6m³ pro Hektar und Jahr. Das Maximum des Mittelwertes beider Standorte beträgt im Alter von 25 Jahren ca. 7m³. Ab dem Alter 60 flacht die Kurve beider Standorte immer mehr ab und kommt auf einen Wert von ungefähr 3.5m³. Der Mittlere jährliche Volumenzuwachs pro Hektar und Jahr über den gesamten Zeitraum bis 80 Jahren beträgt für Malesh 5.79 m³, für Kochani 4.29 m³ und der Durchschnitt beider Standorte 4.76 m³.

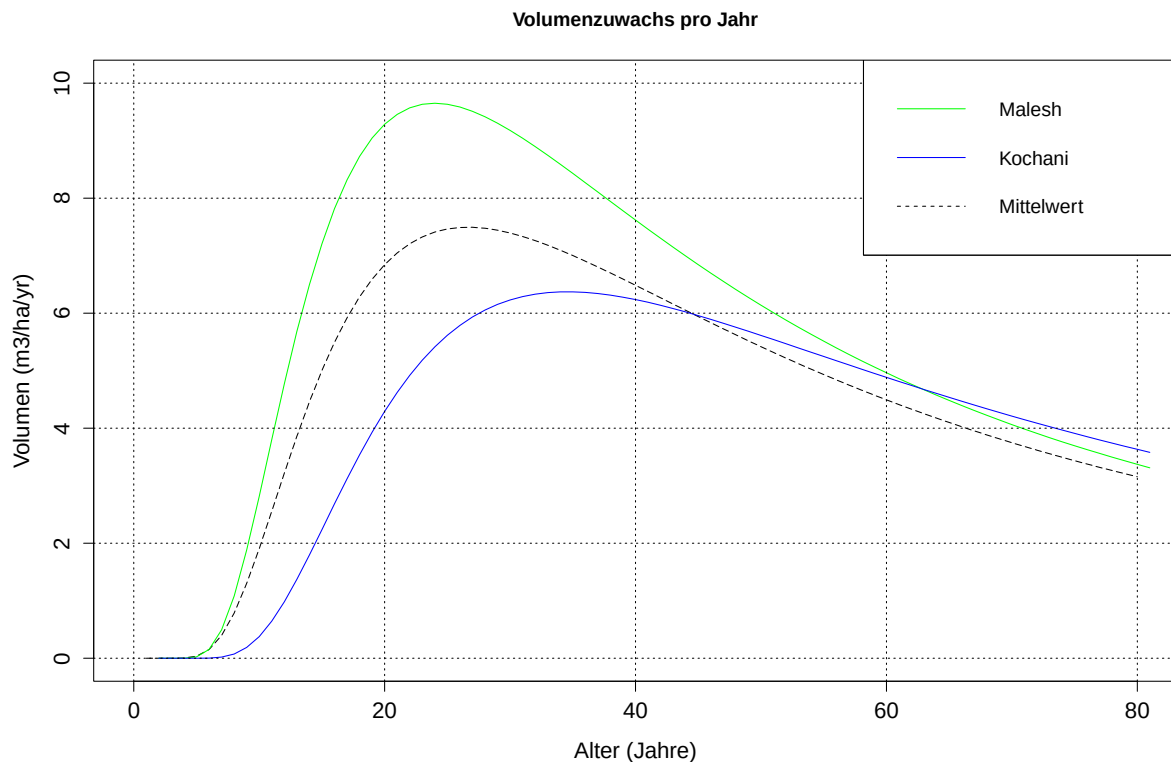


Abbildung 23: Zuwachs Volumen pro Jahr und Hektar

Ableitung der Zuwachsfunktion von Schumacher:

$$y' = \frac{a * b * e^{-b/t}}{t^2}$$

7 Diskussion

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse aus den einzelnen Kapiteln und Unterkapiteln diskutiert.

7.1 Methodik

7.1.1 Definition und Auslese der Altersstufen

Die Bestände in Kochani sind betreffend der standörtlichen Bedingungen sehr viel ähnlicher als diejenigen in Malesh und daher besser vergleichbar. Alle Altersstufen in Kochani befinden sich zwischen 1000 m und 1300 m über Meer, im Vergleich zu Malesh, wo der tiefste Bestand auf einer Höhe von 1171 m und der höchste auf 1750m liegt. Diese Differenzen bezüglich der unterschiedlichen Höhenstufen der einzelnen Altersstufen muss man sich stets bewusst sein. Besonders zwischen dem 20 jährigen und den 35 jährigen Bestand zeigen sich die Auswirkungen der Höhendifferenz. Trotz eines Altersunterschieds von 15 Jahren weisen beide Bestände einen ähnlichen Mittendurchmesser auf. Nicht nur in Bezug auf die Höhenstufe sind die Unterschiede in Malesh grösser, auch die Verteilung der Altersstufen ist viel grösser. Während diejenigen in Kochani sehr nahe beieinander liegen und besonders was die Bewirtschaftung betrifft ähnlichere Gegebenheiten aufweisen, sind die Altersstufen in Malesh teils in der Gemeinde Berovo teils in Pehchevo. Grundsätzlich wurde in den älteren Altersstufen von Kochani mehr Holz genutzt als in denjenigen von Malesh da die Erschliessung der Bestände in Kochani viel besser ist. Betreffend Angaben über die bisherige Bewirtschaftung der Niederwälder war es nicht einfach an Daten zu kommen. Sicher ist, dass in den Untersuchten Altersstufen keine regelmässigen Eingriffe durchgeführt wurden und wenn doch, dann vor allem in den älteren Beständen von Kochani. Letztlich musste mit den Beständen gearbeitet werden, die zur Verfügung standen..

7.2 Resultate

7.2.1 Inventur

Ein Hauptfaktor, der die Resultate der Inventur stark beeinflusste, ist ganz klar die Grösse der Stöcke. Je grösser der Stock, desto älter ist er und desto mehr einzelne Ausschläge weist er auf. Dabei sticht besonders der 35 Jahre alte Bestand in Malesh hervor, der sehr mächtige Stöcke aufweist und einzelne Stöcke über 20 Ausschläge haben. Dieser Bestand zeigt auf, wie hoch die Stammzahl und die Stammzahl pro Stock sein kann, wenn die Bedingungen für die Buche ideal sind und die Stöcke optimal ausschlagen können.

Ein weiterer Einfluss auf die Ergebnisse ist die unterschiedliche Dichte der Bestände. Verdeutlicht wird dies an den 25 und 30 jährigen Beständen in Kochani, die teils sehr grosse

und mächtige Stöcke aufweisen jedoch viel lückiger sind und daher die Werte wie Stammzahl, Grundfläche und Volumen kleiner sind als zum Beispiel im 35-jährigen Bestand in Malesh mit einem vergleichbaren Mitteldurchmesser.

Bei einer Untersuchung von Coppini und Hermanin (2007) wurde eine Inventur in Buchenniederwäldern gemacht um den Einfluss einer Durchforstung in solchen zu untersuchen. Die Ausgangsdaten der Inventur vor dem Eingriff eignen sich gut um die Resultate der Inventur in Kochani und Malesh zu vergleichen (siehe Tab 18). Die untersuchten Buchenniederwälder in Italien befinden sich auf ähnlicher Höhe über Meer und das durchschnittliche Alter der Bäume beträgt ca. 50 Jahre.

Um die Daten zu vergleichen, wurden jeweils die Mittelwerte des 35 Jahre alten Bestandes in Malesh und des 55 Jahre alten Bestandes von Kochani genommen (siehe Tab. 19). Beim direkten Vergleich zeigt sich, dass der grösste Unterschied bei der Stammzahl festzustellen ist. Der 55 Jahre alte Bestand aus Kochani weist eine Stammzahl auf, die nur einen Viertel so gross ist wie der Mittelwert der Buchenniederwäldern in Italien. Die Werte des Bestandes aus Malesh befinden sich in einem ähnlichen Bereich wie der Mittelwert des italienischen Buchenniederwaldes. Es bestätigt sich zudem wieder, dass die Werte der Altersstufe aus Kochani auch im Vergleich zu den Werten aus Italien eher tief sind. Sehr wahrscheinlich ist dies auch auf die Nutzungen zurückzuführen.

Tabelle 18: Daten aus einer Inventur von Buchenniederwäldern in Italien (Quelle: Coppini und Hermanin, 2007)

Plot	N	G	V	h _d
A	5660	43	306	17.4
B	3393	39	297	18
C	2926	44	337	18.4
Mittelwert	3993	42	313	17.9

Tabelle 19: Mittelwerte aus der Inventur in Mazedonien für zwei ausgewählte Altersstufen

Altersstufen	N	G	V	h
Kochani 55	859	27.2	207	19
Malesh 45	2542	43	346	20

7.2.2 Wachstumsmodell

Grundsätzlich ist zu erwähnen, dass die erstellten Modelle geeignet sind um eine Vorstellung über das Wachstum und die Entwicklung der Buchenniederwälder zu haben. Um jedoch eine exakte Wachstumsmodellierung zu erhalten, wären mehr Daten nötig.

Besonders um die vierte Fragestellung zur optimalen Rotationszeit zu beantworten, sind Angaben über das Wachstum der Bestände nötig. Allgemein wird für die Niederwaldbewirtschaftung mit einer Rotationszeit von 25 bis 30 Jahren ausgegangen. Dies gilt laut Ciancio et al. (2005) auch für die Rotbuche. Weitere Literatur zeigt jedoch auf, dass die Rotbuche auch mit einer längeren Rotationszeit, die bis zu 60 Jahre dauert, bewirtschaftet werden kann (Conrady 2007). Auf der Tabelle 20 sind die zu erwartenden jährlichen Zuwächse pro Hektar zu entsprechend unterschiedlichen Rotationszeiträumen ersichtlich. Die höchsten Zuwächse für Malesh sind bei einer Rotationszeit von 40 bis 50 Jahren und die von Kochani bei 60 und 70 Jahren. Für Beide Standorte wäre daher ein Abtrieb vor 40 Jahren noch zu früh zudem wäre der Vorrat pro Hektar und der durchschnittliche Durchmesser noch zu klein. Werden die Buchenniederwälder älter als 70 Jahre würde man ein grösseres Risiko eingehen das die Stöcke nicht mehr gut ausschlagen. Betrachtet man den Mittelwert für beide Standorte liegen die höchsten jährlichen Zuwachswerte pro Hektar und Jahr bei einer Rotationszeit von 50 bis 60 Jahren. Am zweckmässigsten würde die Endnutzung in einem Zeitraum zwischen einem 40 und 60 Jahre alten Bestand erfolgen wobei in Malesh eher etwas früher und in Kochani eher etwas später. In diesem Zeitraum beträgt der durchschnittliche Vorrat pro Hektar mindestens 200 m³ und der jährliche Zuwachs beträgt immer noch mehr als 4.5 m³ pro Hektar und Jahr bei beiden Standorten. Die fünfte Fragestellung bezüglich der optimalen Rotationszeit ist somit mit einem Zeitraum zwischen 40 und 60 Jahren beantwortet.

Tabelle 20: Rotationszeit mit entsprechendem jährlichen Zuwachs pro Hektar und Jahr für alesh und Kochani

Zeitraum (in Jahren)	Ø-Zuwachs (m ³ /ha/yr)	Ø-Zuwachs Kochani (m ³ /ha/yr)	Ø-Zuwachs Malesh (m ³ /ha/yr)
1-30	4.28	2.92	6.05
1-40	4.94	3.77	6.59
1-50	5.14	4.18	6.60
1-60	5.10	4.34	6.39
1-70	4.95	4.36	6.10
1-80	4.76	4.29	5.79

Tabelle 21: Optimale Rotationszeit mit dem höchsten Zuwachs pro Hektar und Jahr

Optimum (Jahren)	Ø-Zuwachs (m ³ /ha/yr)	Standort
1-52	5.14	Mittelwert
1-65	4.36	Kochani
1-45	6.63	Malesh

7.2.3 Vergleich Niederwald Hochwald

Die Hauptherausforderung bei der Gegenüberstellung der Daten von untersuchten Altersstufen mit Daten aus einem Hochwald ist die Vergleichbarkeit der Nutzung der Bestände. Grundsätzlich werden bei Niederwäldern je nach Rotationszeit bis zum Endabtrieb keine Nutzungen durchgeführt, was bei einem Buchenhochwald anders ist. Dazu kommt, dass an den beiden untersuchten Standorten die Bestände unterschiedlich behandelt wurden. In den älteren Altersstufen in Kochani wurde bisher deutlich mehr geholzt als in Malesh wo die Altersstufen teils noch gar nie genutzt wurden. Mittels einer Simulation mit dem Programm SiWaWa konnte ein Vergleich mit unbehandelten Buchenhochwäldern unterschiedlicher Bonitäten aus den Ertragstafeln der WSL (1983) gemacht werden. Als Ausgangsdaten dienten die Werte der jüngsten Altersklassen der jeweiligen Bonitäten. Mittels dieser Daten konnten Wachstumskurven für einen Buchenhochwald berechnet werden (siehe Abb. 20).

Die Ertragstafeln sind nach Höhenklassen eingeteilt, die durch die mittlere Höhe der 100 stärksten Bäume je Hektare im 50. Altersjahr definiert sind. Die Bonität 22 zum Beispiel steht für die Oberhöhe von 22 m im Alter von 50.

Grundfläche

Der Vergleich für die Grundfläche (m^2 pro Hektar) zeigt auf, dass die Buchenniederwaldbestände im Durchschnitt eine höhere Grundfläche aufweisen als ein Buchenhochwald. Erst ab einem Alter von 50 kommt die Bonität 24 auf denselben Wert eines Buchenniederwaldes. Die Buchenniederwälder weisen in den jungen Altersstufen eine höhere Dichte auf als ein Buchenhochwald, was sehr wahrscheinlich auf die hohe Anzahl an Stockausschlägen zurückzuführen ist. Die Kurve für die Buchenhochwälder steigt im Vergleich zum Buchenniederwald viel flacher an und ca. ab dem Alter von 70 haben alle Bonitätsklassen einen höheren Wert erreicht als der Buchenniederwald (siehe Abb. 24).

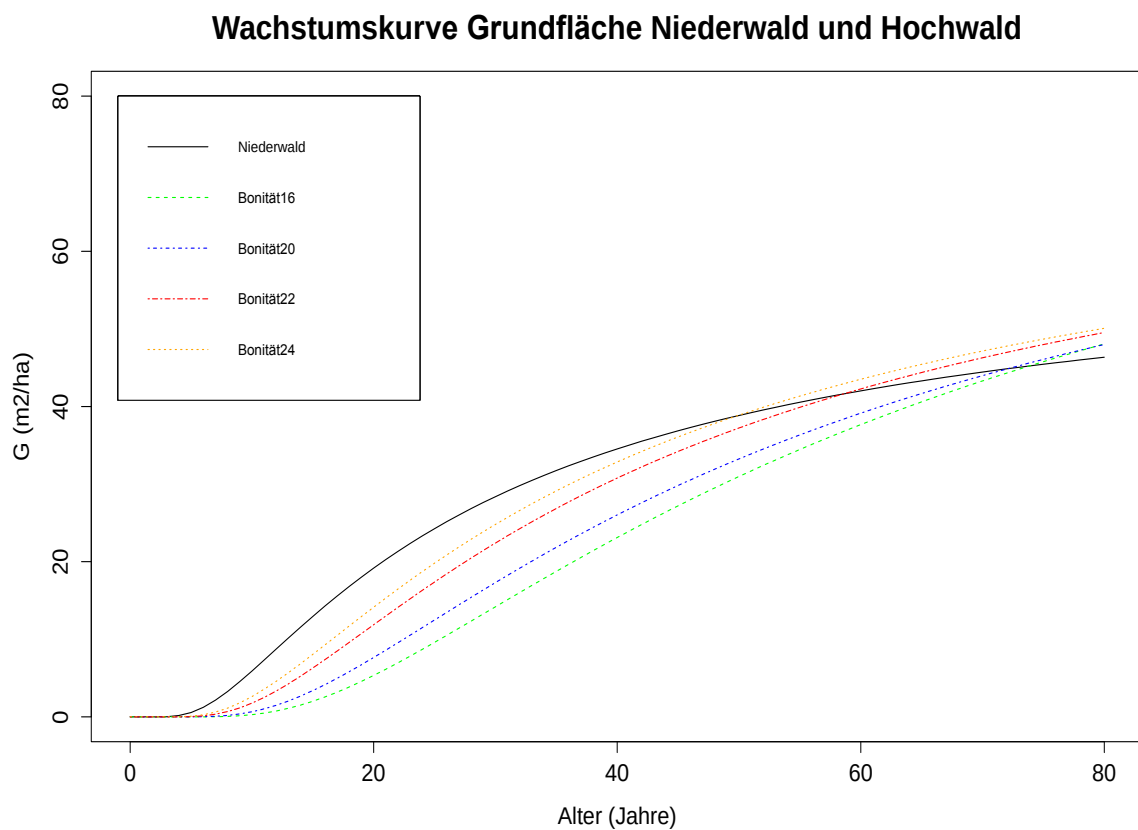


Abbildung 24: Vergleich Grundflächenwachstum Buchenniederwald mit Buchenhochwald

Volumen

Es zeigt sich, dass die Kurven der Bonitäten 16, 20 und 22 in jungen Jahren tiefere Volumenwerte pro Hektar aufweisen. Die untersuchten Buchenniederwälder in Mazedonien haben im Vergleich zu unbehandelten Buchenhochwäldern in den jüngeren Altersklassen einen höheren Vorrat. Jedoch holt jede Wachstumskurve der Buchenhochwälder den Niederwald bald mal ein. Die Bonitätsklasse 24 weist schon von Beginn an die selben Vorratswerte auf und ab dem Alter von 20 Jahren mehr als der Niederwald. Der Buchenniederwald ist also nur in den tieferen Bonitätsklassen in jungen Jahren im Vorteil (siehe Abb. 25). Leider lässt sich nicht beurteilen, in welche Bonitätsklassen sich die untersuchten Bestände in Mazedonien zuteilen lassen, da die untersuchten Bestände zu verschieden sind. Der Buchenniederwald hat in Bezug auf die Wuchsleistung in den jüngeren Altersstufen durchaus Potential für die Holzproduktion.

Wachstumskurve Volumen Niederwald und Hochwald

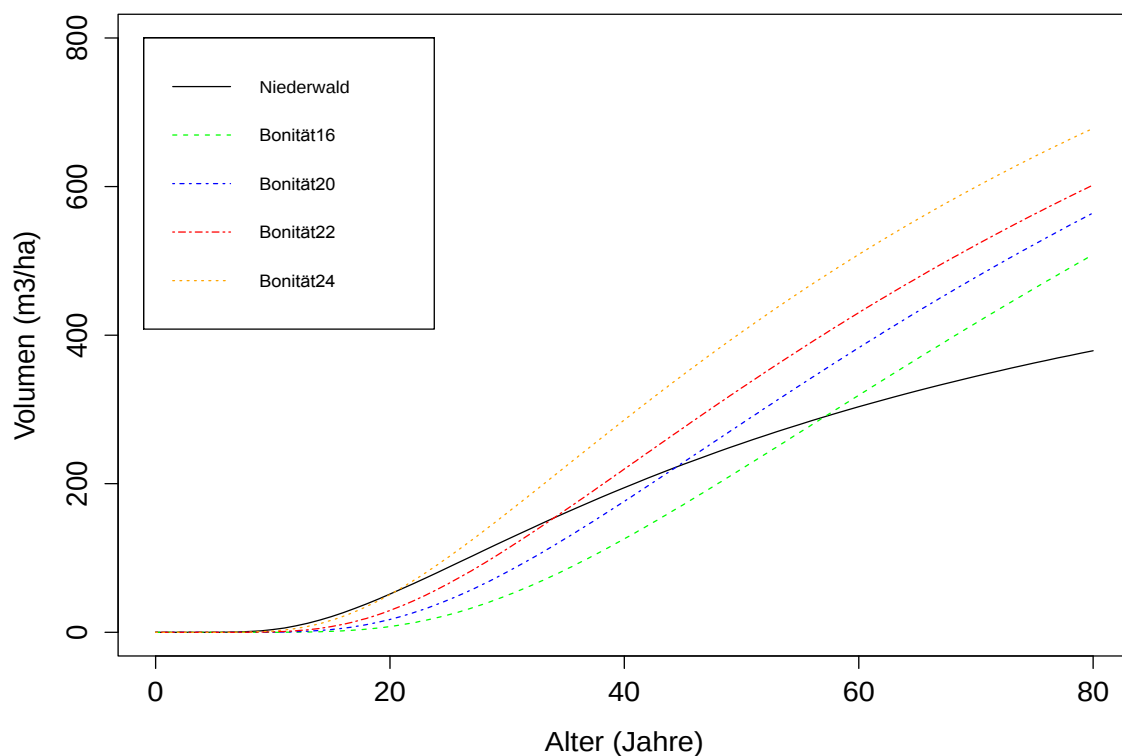


Abbildung 25: Vergleich Volumenwachstum Buchenniederwald mit Buchenhochwald

7.3 Perspektiven Buchenniederwald

Niederwald-Umbau in einen Hochwald

Die Thematik des Umbaus der Niederwälder in Hochwälder ist sehr aktuell in Mazedonien. Ein grosser Teil der Niederwälder in Mazedonien befindet sich in einer Überführungsphase. Genaue Zahlen und Gründe zu diesem Trend konnten leider nicht gefunden werden. Welche Entwicklung für Niederwälder die vorteilhafteste ist, hängt laut Becker (2001) von folgenden Einflussfaktoren ab:

- Standort
- Willen des Waldbesitzers
- Baumartenzusammensetzung
- Ausschlagfähigkeit der Stöcke
- Verwendbarkeit des Holzes
- finanzielle Leistungsfähigkeit der Waldbesitzer
- forstpolitische Gesamtsituation

Besonders die forstpolitische Situation wird bei der Umwandlung der Niederwälder in Mazedonien eine wichtige Rolle spielen. Laut Velkovski (2015, persönlichen Mitteilung) sind die Forstbetriebe der öffentlichen Wälder in Mazedonien sehr zentralistisch organisiert und die Anweisung, die Wälder in einen Hochwald zu führen kommt direkt vom Forstministerium, die lokalen Förster haben kaum etwas dazu zu sagen.

Grundsätzlich gibt es laut Becker (2002) zwei Entwicklungsmöglichkeiten einen Niederwald in einen Hochwald zu führen:

- Überführung = langsamer Umbau mit den vorhandenen Stockausschlägen, die genutzt werden als Samenbäume und als Vorbau, um mittels Naturverjüngung in der Folgekultur einen Hochwald zu erhalten.
- Umwandlung = schneller Umbau durch Abtrieb der Stockausschläge und Wiederaufforstung mit Samenbäumen.

Umwandlungen in Hochwälder konnten in Mazedonien nicht direkt beobachtet werden, es hat oft *Pinus Silvestris* Pflanzungen, jedoch ist nicht klar ob sich zuvor ein Niederwald auf dieser Fläche befand. Es hat jedoch einige Überführungsflächen: der 55 Jahre alte Bestand in Kochani ist ein solcher Bestand, der sich sehr wahrscheinlich in einer Überführungsphase befindet. Bevor ein Niederwald umgewandelt wird, sollte das Potential beurteilt werden. Die Resultate zeigen, dass die Buchenniederwälder durchaus Potential haben können. Besonders der hohe Energieholzbedarf der Bevölkerung würde die Buchenniederwaldbewirtschaftung legitimieren.

Klimawandel und Niederwald

Im Hinblick auf den Klimawandel stellt sich die Frage, in welchen Fällen die Wiederaufnahme oder Beibehaltung der Niederwälder sinnvoll und möglich ist. Dabei spielt die Resilienz von Niederwäldern eine sehr wichtige Rolle. Leider wurden keine spezifischen Untersuchungen zur Thematik Niederwald und Klimawandel gefunden.

Nach Brang et al. (2013) sollten bei der Wahl der Baumarten bei unsicherer Klimaentwicklung tendenziell solche mit kurzer Umtriebszeit bevorzugt werden. Falls sich nämlich herausstellen sollte, dass eine Baumart kommende Belastungen nicht gut verträgt, ist bei kurzer Umtriebszeit eine Umstellung auf eine andere Baumart schneller und mit kleineren ökonomischen Verlusten möglich. Amman (2012) empfiehlt die Rotbuche im Hochwald mit einer Umtriebszeit von 100 bis 120 Jahren zu bewirtschaften. Würde man nun von einem Buchenhochwald auf einen Buchenniederwald wechseln, wäre die optimale Umtriebszeit entsprechend den Resultaten mit 40 bis 60 Jahren nur noch halb so lange. Aus dieser Perspektive der Umtriebszeit bietet der Niederwald betreffend den Folgen des Klimawandels seine Hauptstärken. In einem Buchenniederwald wäre eine Umstellung der Baumart schneller und mit kleineren ökonomischen Verlusten möglich. Es stellt sich jedoch allgemein die Frage, wie klimatauglich die Rotbuche in Zukunft in der Schweiz sein wird. Laut den waldbaulichen Empfehlungen des Kantons Berns (Anonym 2013) gehört die Buche zu den Verliererinnen des Klimawandels. Besonders Trockenheit und Temperaturextreme werden der Buche im Hauptverbreitungsgebiet zusetzen. Es ist aber auch denkbar, dass sich die Buche durch Selektion an die veränderten Bedingungen aufgrund der breiten ökologischen Amplituden anpassen kann. Zudem könnten trockenresistente Buchen aus Italien oder dem Balkan, zum Beispiel auch aus Mazedonien, in Zukunft in der Schweiz angepflanzt werden.

Wege zur Buchenniederwalderhaltung

Für die Niederwalderhaltung wird vorausgesetzt, dass die Bäume regelmässig auf den Stock gesetzt werden. Laut Becker (2002) muss jährlich ein Anteil von etwa 5% der potentiellen Niederwälder auf den Stock gesetzt werden, im Falle der Rotbuche nach 40-60 Jahren. Ansonsten veralten die Bestände und die Stöcke sind nicht mehr fähig Ausschläge zu bilden. Trajkov (2015) zeigt jedoch auf, dass in Mazedonien sogar noch im Alter von 70-75 Jahren fähig sind auszuschlagen (siehe Abb. 26). Daher wäre es sogar bei den ältesten Altersklassen, die untersucht wurden, möglich, die Bäume wieder auf den Stock zu setzen, um die Niederwaldbewirtschaftung zu erhalten.



Abbildung 26: Buchenstockausschlag bei einem Alter von 70-75 Jahren (Trajkov 2015)

8 Folgerungen

Die Resultate zeigen auf, dass die Buchenniederwälder einen vergleichbar grossen Volumenzuwachs wie Buchenhochwälder haben. Besonders in den jüngeren Altersstufen können die Buchenniederwälder sogar einen grösseren Volumenzuwachs aufweisen, worin das Hauptpotential der Buchenniederwälder liegt. Ein Buchenniederwald ist betreffend Holzzuwachs in den Altersstufen bis 60 Jahren, einem Buchenhochwald ebenbürtig. Bei der Betrachtung der Umtriebszeit eines Buchenniederwaldes gilt es jedoch, diese im Vergleich zu der eines Hochwalds kürzer zu halten, um das Wachstumspotential und den daraus zu generierenden Ertrag ideal zu nutzen. Mit einer optimalen Umtriebszeit von maximal 60 Jahren ist die Rotationszeit nur halb so lang wie in einem Buchenhochwald mit 120 Jahren (Amman 2012). Jedoch müssen diese Aussagen, wie auch in der Arbeit schon erwähnt, mit grosser Vorsicht betrachtet werden, da es sich um eine unechte Zeitreihe von unterschiedlichen Buchenniederwaldaltersstufen handelt. Um die Fragestellung betreffend optimaler Umtriebszeit statistisch besser beantworten zu können, müsste eine Langzeitstudie mit mehreren Aufnahmen in den selben Beständen durchgeführt werden. Die Resultate zeigen dennoch Tendenzen und interessante Werte auf und geben einem eine Vorstellung einer möglichen Wachstumsentwicklung von Buchenniederwäldern.

Die Buchenniederwaldbewirtschaftung hat durchaus Potential und es wäre schade, wenn diese nicht mehr weitergeführt werden würde. Besonders im Hinblick auf den Klimawandel,

da die Niederwälder mit einer kurzen Umtriebszeit über eine flexiblere und alternative Einsatzmöglichkeit verfügen als der Hochwald. Um die Buchenniederwaldwirtschaft zu erhalten, müssen die Bestände auch in Zukunft auf den Stock gesetzt werden. Optimal wäre es, wenn dies bis zum Alter von 60 Jahren geschehen würde.

Neben der waldbaulichen und wirtschaftlichen Bedeutung eines Buchenniederwaldes sind noch viele weitere Aspekte zu untersuchen. Für eine gezielte Erhaltung und Wiederaufnahme der Niederwaldwirtschaft sind auch kulturhistorische und ökologische Aspekte zu beurteilen sowie die „Non-Timber Forest Products“, die ein Niederwald liefern kann.

9 Literaturverzeichnis

2013. Wald und Klimawandel. Waldbauliche Empfehlungen für Baumarten. Amt für Wald des Kantons Bern (KAWA), abgerufen am 27.11.2015, http://www.vol.be.ch/vol/de/index/wald/wald/berner_wald/wald_klimawandel.assetref/dam/documents/VOL/KAWA/de/Berner_Wald/waldbau-klimawandel_merkblatt-baumarten_de.pdf

Ammann P, 2012. Jungwaldpflege mit biologischer Rationalisierung. Zürcher Wald 2/2012, 12-15

Andonovski V, Acevski J, Vasilevski K, Velkovski N, 2014. Forest Ecology and Management in the upper Bregalnica Region of Macedonia (Malesh). Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Forestry in Skopje
Abgerufen am: 30.06.2015, http://www.bregalnicancp.mk/files/Document/Forest_Ecology_and_Management_in_the_Upper_Bregalnica_Region_of_Macedonia_Malesh-0.pdf

Bachmann P, 2009. Waldwachstum: Skript für die Vorlesung , Stand November 2009 - Modul Waldmess- und Ertragskunde, Modellierung des Waldwachstums. überarbeitet und ergänzt von Andreas Zingg. unveröffentlicht. Hochschule für Agrar- Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, 100 S.

Brang P, Bugmann H, Bürgi A, Mühlethaler U, Rigling A, Schwitter R, 2008. Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. Schweiz Z Forstwes 159 (2008) 10: 362–373

Brändli U, 2010. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004-2006. WSL. Bern, BAFU. 312 S.

Burschel P, Huss J, 1997. Grundriss des Waldbaus: ein Leitfaden für Studium und Praxis – Parey, Berlin, 485 S.

Chiani F, Corradi C, Perugini L, Rappuoli V, Valentini R, Angelova E, Nestervoski L, 2010. Biomass availability in the territory of Republic of Macedonia. University of Tuscia and University of Cyril and Methodius of Skopje, abgerufen am 20.07.2015, http://www.taskforcecee.com/files/files/Biomass%20availability%20in%20the%20Republic%20of%20Macedonia_2010.pdf

Ciancio O, Corona P, Lamonaca A, Portoghesi L, Travaglini D, 2006. Conversion of clearcut beech coppices into high forests with continuous cover: A case study in central Italy. University of Florence, abgerufen am 18.11.2015 https://www.researchgate.net/publication/223481811_Conversion_of_clearcut_beech_coppices_into_high_forests_with_continuous_cover_A_case_study_in_central_Italy

Coppini M., Hermanin L. (2007): Restoration of selective beech coppices: A case study in the Apennines (Italy). For est Ecology and Management, 249: 18–27.

Climate data, 2015. Klimadiagramm Kochani. Climate data, abgerufen am 10.11.2015, <http://de.climate-data.org/location/44252/>

Conrady D, Herhaus F, Wasner U, 2007. Niederwald und Naturschutz in Nordrhein-Westfalen. Eine Einführung. In: LANUV (LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHER-SCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN) (Hrsg.): Niederwälder in Nordrhein-Westfalen. Beiträge zur Ökologie, Geschichte und Erhaltung. LANUV-Fachbericht 1. Martina Galunder-Verlag, Recklinghausen, S. 9-16.

Dedov I, Mitev T, 2010. Mollusks Fauna (Mollusca: Gastropoda: Bivalvia) of Mountain Osogovo. ACTA ZOOLOGICA BULGARICA abgerufen am 13.10.2015, <http://www.acta-zoologica-bulgarica.eu/downloads/acta-zoologica-bulgarica/2011/63-1-037-046.pdf>

Denk T, 1999b. The taxonomy of *Fagus* in western Eurasia, 2. *Fagus sylvatica* subsp. *sylvatica*. Feddes Repertorium, 110 (5-6), 381–412.

Egidi H, Mauerhof H, 2013. Das Projekt „Schutz durch Nutzung: Ein Raum- Zeit-Konzept für die multifunktionale Entwicklung der Stockausschlagwälder in Rheinland-Pfalz“. Eine Einführung. In: Becker G, Bauhus J, Konold W (Hrsg.). Schutz durch Nutzung: Ein Raum- Zeit-Konzept für die multifunktionale Entwicklung der Stockausschlagwälder in Rheinland-Pfalz. Verlag der Professur für Landespflege der Universität Freiburg, Freiburg, S. 1-4

Ellenberg H, 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Ulmer, Stuttgart, 1095 S.

English M, 2006 Die Rotbuche – ein Baumartenportrait. BFW-Praxisinformation, 12, 3-5. abgerufen am 09.10.2015, http://bfw.ac.at/030/pdf/1818_pi12.pdf

Felbermeier B, Mosandl R, 2014. *Fagus sylvatica*. Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie. 1-20

Fortschrittsbericht der EU zu Makedonien 2012. Brüssel, abgerufen am 28.11.2015, http://ec.europa.eu/enlargement/pdf/key_documents/2012/package/mk_rapport_2012_fr.pdf

Geburek T, 2006. Die österreichische Rotbuche - wo sind ihre Wurzeln?. BFW-Praxisinformation, 12, 5-6. abgerufen am 09.10.2015, http://bfw.ac.at/030/pdf/1818_pi12.pdf

Groos R, 1953. Der Eichen-Ausschlagwald. Eine ertragskundliche Untersuchung. Universität Göttingen, Göttingen, 2000 S.

Keller M, 2013. Schweizerisches Landesforstinventar. Feldaufnahme-Anleitung 2013. abgerufen am 28.05.2015. https://www.lfi.ch/publikationen/publ/LFI4_AAnleitung_2013.pdf

Härdtle, W.; Ewald, J.; Hölzel, N. 2004: Wälder des Tieflandes und der Mittelgebirge – 41 Tabellen, Ulmer, Stuttgart, 252 S.

Helfrich T, Konold W, 2013. Formen ehemaliger Niederwälder und ihre Strukturen in Rheinland-Pfalz. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Institut für Landespflege Abgerufen am 10.06.2015, http://www.landespflege.de/gremium/beitraege/346_Helfrich%20&%20Konold%20Niederwald%20RP%20AFL_10_4.pdf

Intemann G, Snoussi-Zenter A, Venhoff M, Wiktorin D, 1991. Diercke Länderlexikon. Westermann Verlag. Braunschweig. 936 S.

LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen) 2007: Niederwälder in Nordrhein-Westfalen. Beiträge zur Ökologie, Geschichte und Erhaltung. – LANUV-Fachbericht 1. Recklinghausen: Martina Galunder-Verlag. 510 S.

Mantel K, 1990. Wald und Forst in der Geschichte: Ein Lehr- und Handbuch – Ulmer, Alfeld/Hannover, 518 S.

Much P, Borchert H, Hahn J, Immler T, Joos A, Konnert M, Walentowski H, Walter A. 2009. Die Rotbuche – Mutter des Waldes. In Zeiten des Klimawandels kommt unserer heimischen Buche im Waldbau eine tragende Rolle zu.

Milad M, Konold W, 2013. Kulturhistorische Bedeutung der Niederwälder. : In: Becker G, Bausch J, Konold W, 2013. Schutz durch Nutzung: Ein Raum-Zeit-Konzept für die multifunktionale Entwicklung der Stockausschlagwälder in Rheinland-Pfalz (Hrsg.). Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, S. 25-31.

Mühlethaler U, Kamm U, Bärtschi H, Mohni Ch, Aas G, Sieber M, Holdenrieder O, Schütz J-Ph, Brang P, 2011. Waldbaumarten der Schweiz, Artbeschreibung und Ökologie. Skript, HAFL Zollikofen. 300 S.

Nestrovski L, Trajkov P, Hinkov G, Dekanic S, Vuckovic M, 2009. Contribution towards Energetic Potential and Possibilities for Forestry Biomass Energy Utilization from Coppice Forests in some Countries of South - Eastern Europe. Silva Balcanica.

Nonid M., Heinze B., Mengli M., Devetakovic J., Slunsky R. (2015). Intra-population genetic diversity of beech in northeast Serbia assessed by microsatellite markers. In: Ivetid V., Stankovic D. (eds.) Proceedings: International conference Reforestation Challenges. 03-06 June 2015, Belgrade, Serbia. Reforesta. pp. 266-275.

Nikolov N, 2004. Country report of the Republic of Macedonia. Illegal logging and trade of illegally - derived forest products in the UNECE region: causes and extent. UNECE, abgerufen am 30.06.2015, http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/docs/sem/2004-1/fyr_macedonia.pdf

Ostojić D, Jovanović B, Kisin B, 2008. Beech virgin reserves in Serbia. Proceedings of the III Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation, 06-09.10.2007, Struga. Special issues of Macedonian Ecological Society, Vol. 8, Skopje.

PAULE, L. 1995: Gene conservation in European beech (*Fagus sylvatica* L.). For. Genet. 2(3): 161-170.

Pyttel P, 2012. Aspekte einer nachhaltigen Bewirtschaftung durchgewachsener Niederwälder. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg 166 S.

Röhring E, Bartsch N, von Lüpke B, 2006. Waldbau auf ökologischer Grundlage. (7. Auflage). Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 479 S.

Rosset C, Schütz J.P, Lanz A, Menk J, Gollut C, Weber D, 2013. SiWaWa: Wachstumssimulationsmodell der neuen Generation. Das Waldwachstum für den Praktiker leicht gemacht. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wald. abgerufen am 12.11.2015
http://www.bafu.admin.ch/wald/01198/06021/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCHdlJ3e2ym162epYbg2c_JkbnKSn6A
==

Schmithüsen, J. 1934: Der Niederwald des linkrheinischen Schiefergebirges. Ein Beitrag zur Geographie der rheinischen Kulturlandschaft. Beiträge zur Landeskunde der Rheinlande, 2 (4): 106.

Stein F, Feucht M, 2013. Die Ehemalige Jugoslawische Republik Mazedonien. Perspektiven des EU-Beitritts. abgerufen am 28.11.2015,

http://www.uni-regensburg.de/philosophie-kunst-geschichte-gesellschaft/geschichte-suedost-osteuropa/medien/03-stein_und_feucht_eu_ambitionen_neu_.pdf

State Statistical Office Macedonia, 2014. Statistical Review: Agriculture. abgerufen am 05.11.2015,
<http://www.stat.gov.mk/Publikacii/5.4.15.04.pdf>

Stajic B, Zlatanov T, Velichkov I, Dubrava T, Trajkov P, 2009. Past and recent coppice forest management in some regions of south eastern Europe. Silva Balcanica, abgerufen am 26.05.2015
https://www.researchgate.net/publication/266850794_Past_and_recent_coppice_forest_management_in_some_regions_of_South_Eastern_Europe

Steiger P, 2010. Wälder der Schweiz. Von Lindengrün zu Lärchengold. Hep Verlag AG. Bern. 462 S.

Suchomel C, Konold W, 2008. Niederwald als Energiequelle – Chancen und Grenzen aus Sicht des Naturschutzes. Landespflege Freiburg, abgerufen am 26.05.2015
http://www.landespflege-freiburg.de/ressourcen/suchomel_niederwald.pdf

Trendafilov B, Minčev I, Simovski B, Velkovski N, 2007. Suitability for Tree species Afforestation using GIS aided Landscape model in the Republic of Macedonia. University Ss.Ciryl and Methodius in Skopje, Faculty of Forestry in Skopje.

Trendafilov A, Rizovska Atansovska J, Simovski B, 2008 Analyses of private forestry in Macedonia and its role in the National Forestry Strategy process, Skopje, 35 S.

Tomiczek C, Perny B, Cech T, 2006. Zur Waldschutzsituation der Buche. BFW-Praxisinformation, 12, 3-5 abgerufen am 09.10.2015,
http://bfw.ac.at/030/pdf/1818_pi12.pdf

Velkovski N, 2015. Waldbauprofessor der Forstfakultät Skopje. Gespräch vom 22.08.2015

Waring P, Hagget G, 1991. Coppiced woodland habitats. In: FRY, R.; LONSDALE, D. (Hrsg.): Habitat conservation for insects – a neglected green issue. The Amateur Entomologist, Bd. 21. Middlesex. S. 68-92.

WSL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft), 1983 Ertragstafeln Buche abgerufen am 10.11.2015,
<http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/502.pdf>

Dank

Ich möchte hier die Gelegenheit nutzen, mich bei allen Personen zu bedanken, die mir bei der Erarbeitung dieser Bachelor-Thesis geholfen haben. Ein besonderer Dank gilt folgenden Personen:

Jürgen Blaser für seine Betreuung dieser Bachelor-Thesis, die Unterstützung während des Arbeitsprozesses sowohl auf dem Feld wie an der Fachhochschule und für die Möglichkeit in Mazedonien an einer interessanten Thematik zu forschen.

Oliver Gardi für die hilfsbereite Mitbetreuung der Thesis, die Unterstützung bei den statistischen Auswertungen und für seine Spontanität bei aufkommenden Problemen und Fragen.

Marija Sterjovska für die Zusammenarbeit bei den Feldaufnahmen, und deren soziokulturelles Wissen was mir Verhalf das Wissen und Verständnis zur Region und Bevölkerung zu erweitern.

Nikolčo Velkovski für die Unterstützung bei den Feldaufnahmen, der Hilfe die passenden Bestände zu finden und die waldbauliche Beurteilung und Beratung von Niederwäldern.

Cvetan Nikolovski für die Planung und Organisation des Aufenthalts in Mazedonien.

Daniel Gjenchevski und **Boris Najdovski** für die Unterstützung bei den Feldaufnahmen die Hilfe bei alltäglichem in Mazedonien.

Jelena Markovic für die Vorbereitung und Planung des Aufenthaltes in Mazedonien und die einfache Erreichbarkeit bei Fragen.

Christian Rosset für die Unterstützung bei der Analyse und Interpretation der Ergebnisse.

Sabina Meyer für das kritische Gegenlesen der Arbeit auf sprachliche und grammatikalische Fehler.

Ein Weiterer Dank gilt allen **lokalen Förster, Fahrer und Gastgeber** die uns in Mazedonien äusserst gut Versorgten und uns bei jeglichen alltäglichen Angelegenheiten wie auch bei Arbeitsprozessen zur Unterstützung bei standen.

Ein Abschliessender Dank gilt meiner **Familie** und **meiner Freundin**, speziell aber meinen Eltern, für die Unterstützung während dieser Arbeit und die ganze Studienzeit.

Anhang

Anhang 1: Portrait der Probeflächen nach Altersstufen	58
Anhang 2: Formulare der Feldarbeit.....	89
Anhang 3: Erste Methodik für Mazedonien	90
Anhang 4: Elektronischer Anhang.....	94

Anhang 1: Portrait der Altersstufen

Im folgenden Teil des Anhangs werden die untersuchten Altersstufen steckbriefartig beschrieben um Resultate der Inventur besser verstehen zu können. Wichtige Bestandes-Merkmale, die beobachtet wurden, sind in diesem Kapitel beschrieben.

Kochani

25 Jahre alt

ø Höhe über Meer	ø Hangneigung	ø Exposition	ø pH Ober- boden	ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1100m	25-30°	Nordost	4	9m	41.98658 022.31987

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	7.15	3755	822	4.57	16.5	59

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1100 m ü. M. und ist nordöstlich ausgerichtet. Der Bestand ist ziemlich gleichförmig aufgebaut, was die Buchen-Stockausschläge betrifft, die teils sehr mächtig sind und viele Stämme besitzen. Im Bestand hat es vereinzelt auch Hagebuchen- Stockausschläge und gelegentlich hat es auch einzelne Kirschbäume oder Eichen-Stockausschläge.

Anhand der Stöcke konnte beurteilt werden, dass sich der Bestand mindestens im zweiten Rotationszyklus befindet und dass die Rotationszeiträume bisher vergleichsweise kurz gehalten wurden. Grob geschätzt, mit Hilfe des lokalen Försters, waren die Rotationszeiträume ca. 40 Jahre. Es hat in der Nähe der Waldstrasse vereinzelt deutliche Anzeichen von illegalen Holzerei-Aktivitäten.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.04	3530	834	4.23	19.5	70.3

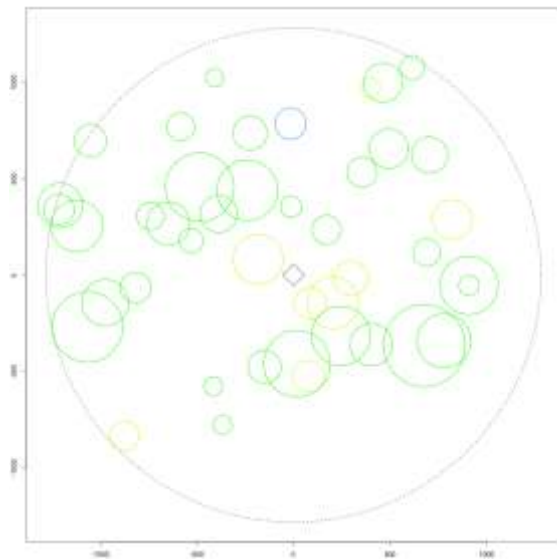
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.83	4015	795	5.04	16.0	57.6

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.65	3394	775	5.37	12.8	46.3

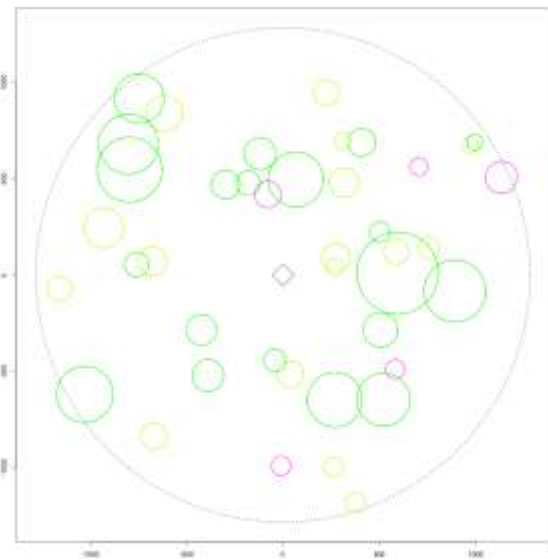
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.58	4500	853	5.27	16.6	59.9

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	7.62	3336	845	3.94	17.3	62.6

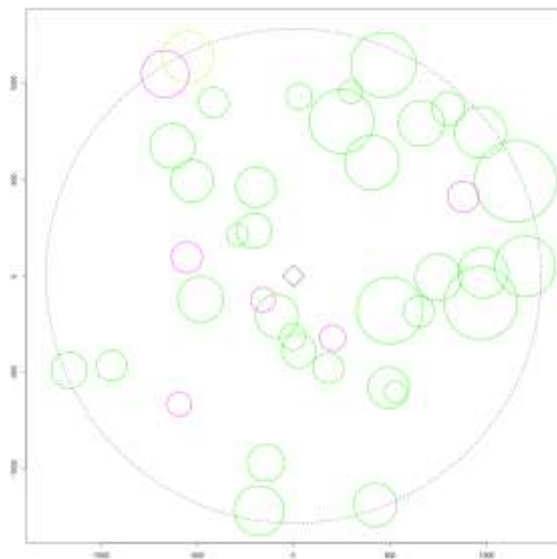
Plot 1



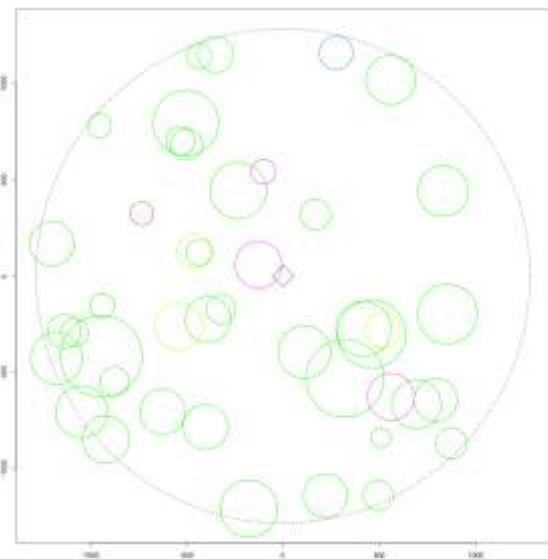
Plot 2



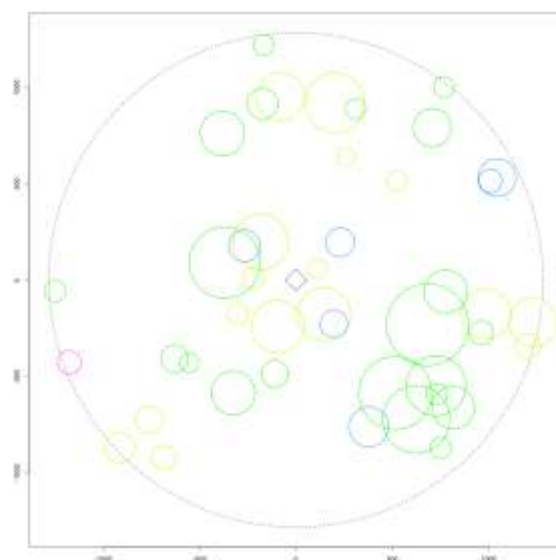
Plot 3



Plot 4



Plot 5



30 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1131m	25-30°	Nordost	4	9.3m	41.98408 022.32509

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.68	4691	871	5.38	17.9	68

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1131m ü. M. und ist nordöstlich ausgerichtet. Dieser Bestand ist grundsätzlich ziemlich ähnlich wie der 25 Jahre alte Bestand von Kochani und beide liegen auch nicht weit voneinander entfernt. Der Hauptunterschied ist, dass sich in diesem Bestand deutlich mehr Hagebuchen befinden und diese in einzelnen Plots sogar ein Drittel stellen. Speziell an diesem Bestand sind auch die Trittpfade der Hirte, welche mit Ihren Kühen und Kälbern durch diesen Bestand gehen, um zu höher gelegenen Weiden zu kommen. Vereinzelt hat es auch kleinere Lücken, wo Gras wächst. Auch dieser Bestand befindet sich mindestens im zweiten Rotationszyklus und die Stöcke sind teils sehr mächtig mit vielen Ausschlägen.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.61	4451	843	5.27	16.6	63.3

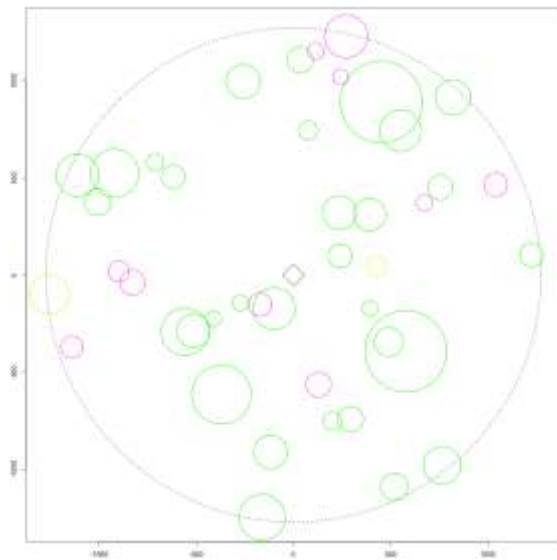
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.58	4961	607	8.16	18.3	69.8

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.68	3981	980	4.06	15.4	58.6

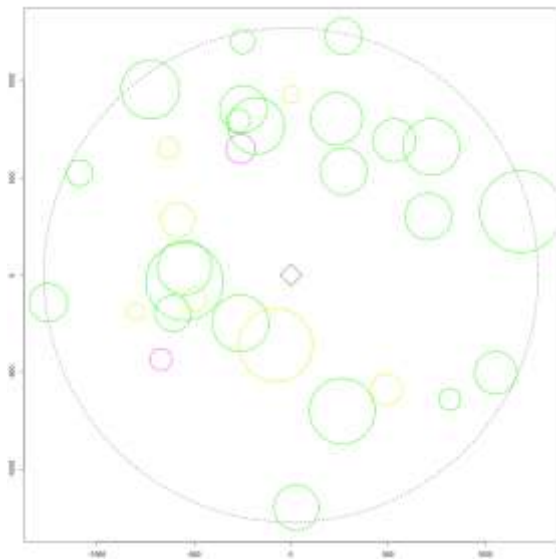
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	7.26	4196	1176	3.56	19.3	73.6

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.24	5863	745	7.86	19.6	74.6

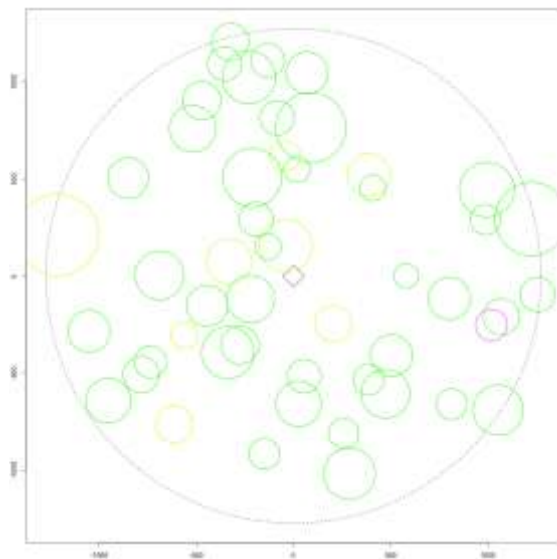
Plot 1



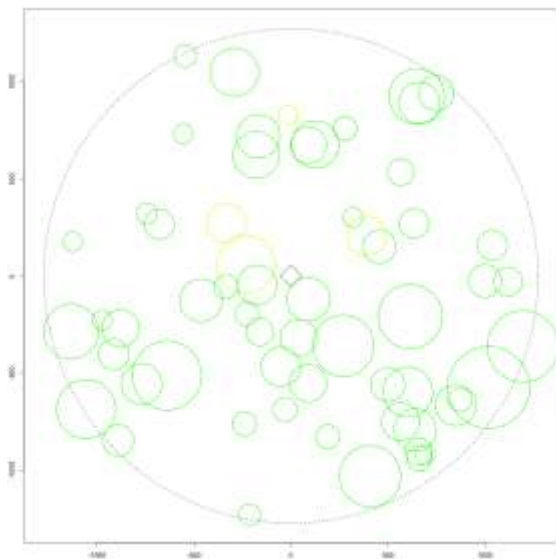
Plot 2



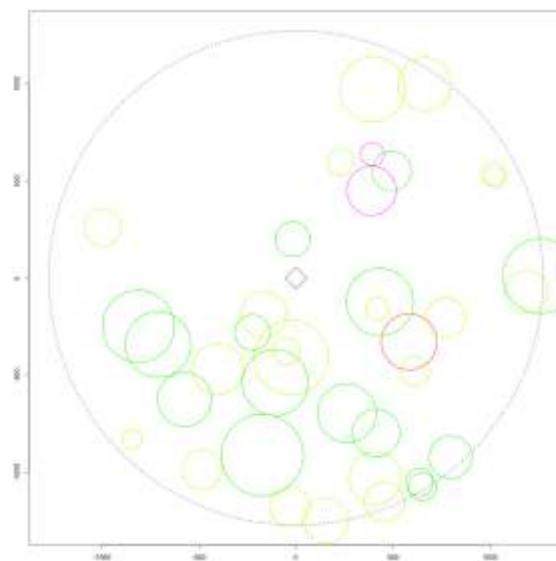
Plot 3



Plot 4



Plot 5



40 Jahre Alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1245m	15-20°	Süd	4	13m	41.98924 022.33782

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.43	1320	1014	1.30	35.6	185

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1245m ü. M. und ist südlich ausgerichtet. Diese Altersstufe bildet ein reiner Buchenbestand, der eine sehr homogene Struktur aufweist. Die Stöcke sind teils sehr mächtig und haben zwei bis drei noch übrig gebliebene Stämme mit einem BHD von über 10cm. Jedoch befinden sich im Bestand schon sehr viele Stöcke, die nur noch einen einzigen Stamm aufweisen. Im Bestand finden sich keine Merkmale, die auf eine Durchforstung oder einen Eingriff deuten. Auch in diesem Bestand befinden sich die meisten Stöcke in der zweiten Rotationszeit.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	15.74	1511	974	1.55	34.8	181.4

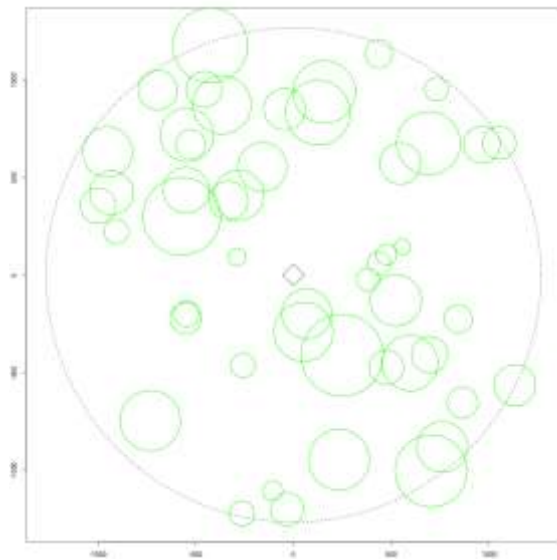
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.26	1213	974	1.24	31.3	162.9

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.17	1611	1233	1.30	42.1	219.3

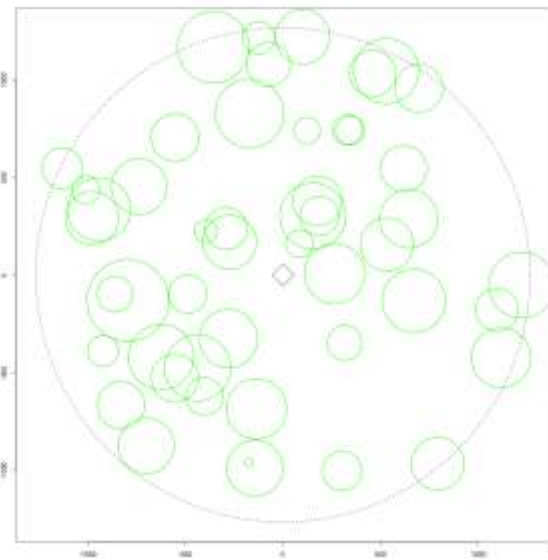
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	20.25	915	855	1.06	36.3	188.0

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	16.75	1352	1034	1.30	33.0	171.8

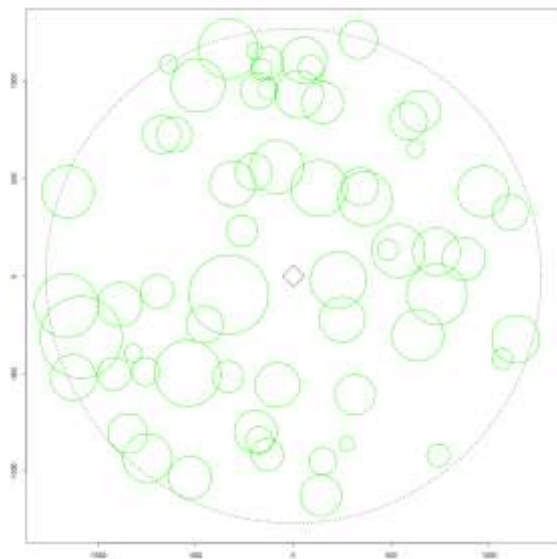
Plot 1



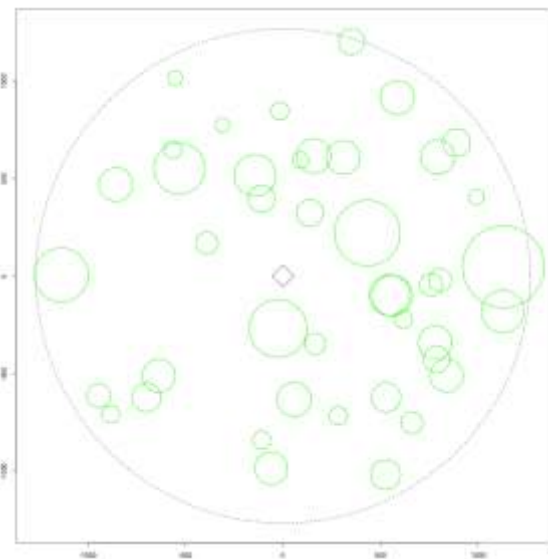
Plot 2



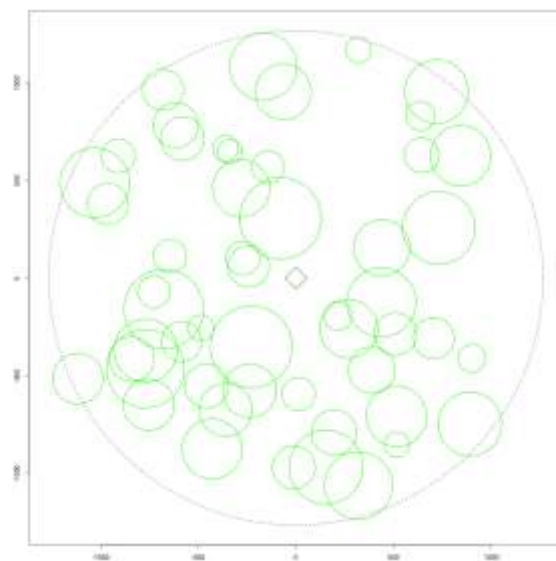
Plot 3



Plot 4



Plot 5



55 Jahre Alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1330m	15-20°	West	4	19m	42.00277 022.34642

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	19.55	859	692	1.22	27.2	207

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1330 m ü. M. und ist westlich ausgerichtet. Diese Altersstufe bildet ein reiner Buchenbestand, mit einer vergleichsweise heterogenen Struktur. In diesem Bestand gibt es einzelne grosse Stöcke mit meist noch zwei Stämmen und dazwischen sehr viele grosse und kleine Einzelbäume. Hier gibt es auch sehr deutliche Merkmale, dass eine Durchforstung stattfand. Am deutlichsten sind die übriggebliebenen Stöcke, welche frische Austriebe haben, die einen zweischichtigen Bestand bilden. Bei der Analyse des Alters der frischen Austriebe ergab sich ein Zeitraum von 15 Jahren, seit der letzte Eingriff stattgefunden hat. Zudem hat es vereinzelt grosse Einzelbäume, die deutlich älter als 55 Jahre alt sind. Die Stockausschläge, welche untersucht wurden, sind jedoch alle ca. 55 Jahre alt. Dieser Bestand ist daher der heterogenste aller untersuchten Altersstufen.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	18.07	994	775	1.28	29.9	227.8

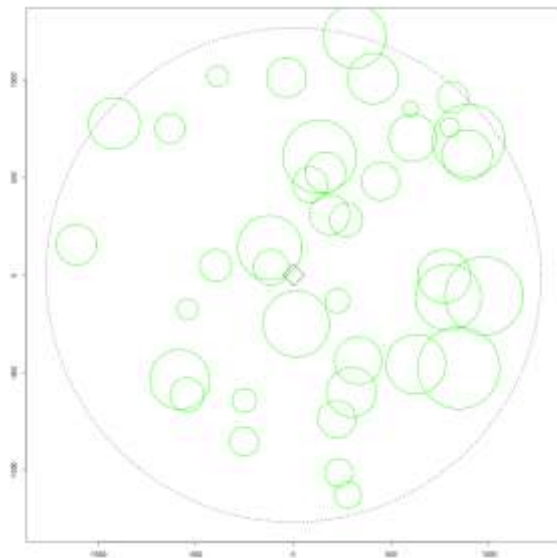
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	20.75	735	596	1.23	26.7	203.3

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	15.26	1292	934	1.38	26.6	202.7

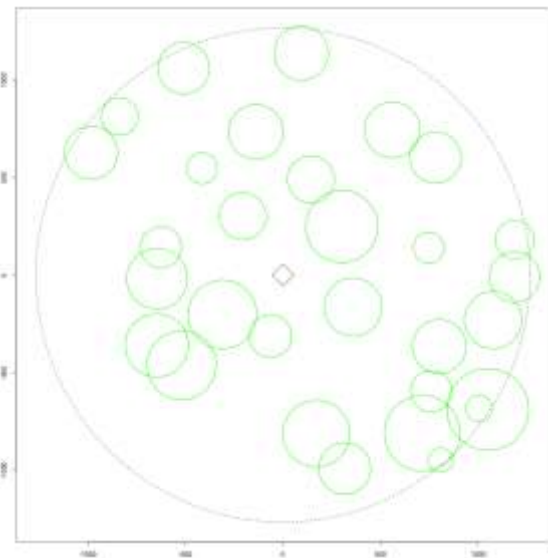
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	22.05	616	537	1.14	26.3	199.8

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	21.63	656	616	1.06	26.4	200.4

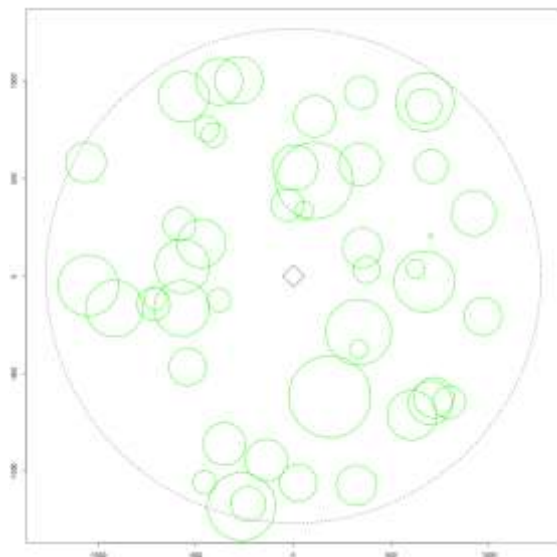
Plot 1



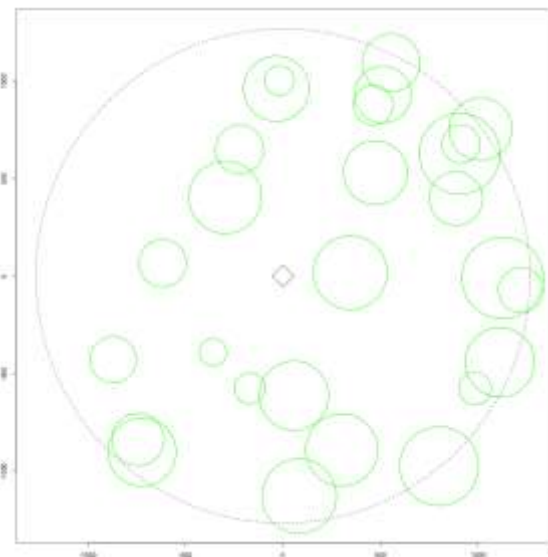
Plot 2



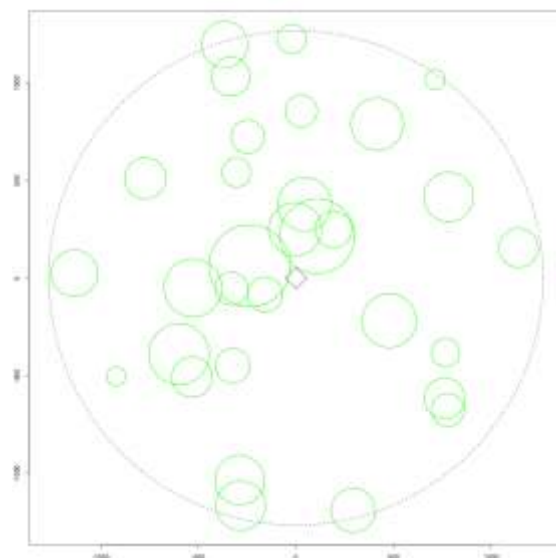
Plot 3



Plot 4



Plot 5



65 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1224m	15-20°	Süd	4	18m	41.98962 022.34826

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	19.08	1316	998	1.30	41.3	297

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1224m ü. M. und ist südlich ausgerichtet. Diese Altersstufe bildet auch ein reiner Buchenbestand, welcher eine relativ homogene Struktur aufweist. Der Bestand befindet sich direkt unterhalb des 35 Jahre alten Bestandes und weist ähnliche Merkmale auf. Im Bestand gibt es einige grössere Stöcke, die mindestens noch zwei Stämme oder mehr pro Stock aufweisen. Der Bestand hat jedoch auch viele Stöcke mit nur noch einem Baum und vereinzelt hat es grosse Überhalter, die sehr wahrscheinlich älter als 65 Jahre alt sind. Im Bestand gibt es keine Merkmale, die auf eine Durchforstung deuten, welche in den letzten 10-15 Jahren stattgefunden hätte. Die Wahrscheinlichkeit, dass es vor längerer Zeit einen Eingriff gab, ist jedoch relativ hoch, da die Bäume verhältnismässig viel Raum im Bestand haben. Die Anzahl an Rotationszyklen des Bestandes lässt sich nur sehr schwierig bestimmen, da die Stöcke keine Merkmale vom letzten Eingriff mehr haben und diese schon verrottet sind.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.34	2168	417	1.43	57	417.5

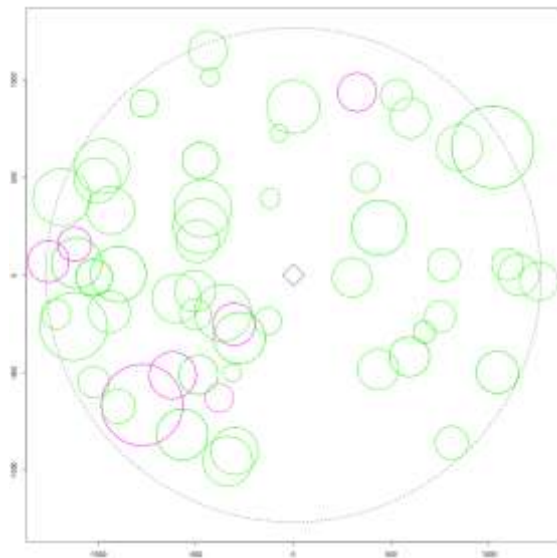
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	21.50	855	238	1.13	33.1	238.6

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.11	1273	250	1.23	34.7	250.5

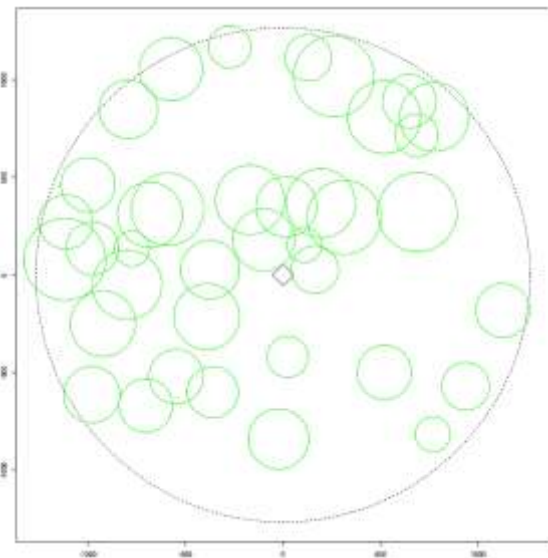
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	19.14	1133	262	1.26	36.5	262.9

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	20.30	1153	315	1.45	43.8	315.5

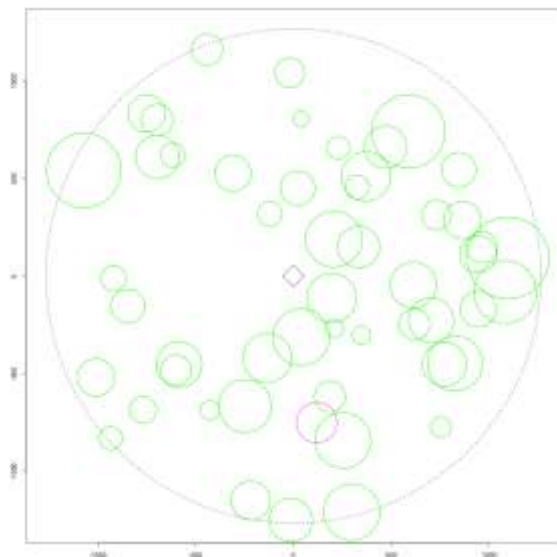
Plot 1



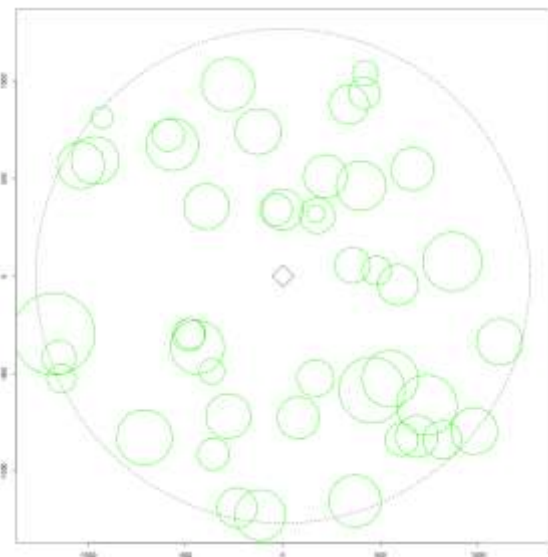
Plot 2



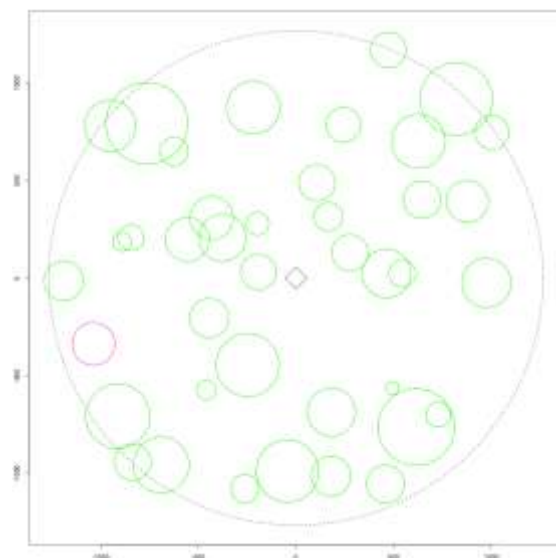
Plot 3



Plot 4



Plot 5



Malesh

20 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1171m	15-20°	Nordost	4	8m	41.56709 022.84719

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.85	3759	1782	2.17	28.3	90

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1171m ü. M. und ist nordöstlich ausgerichtet. Diese Altersstufe ist die jüngste aller untersuchten Altersstufen auf beiden Standorten, zudem ist es die am tiefsten gelegene in Malesh. Der Bestand besteht hauptsächlich aus Buchen, weist jedoch die grösste Artenvielfalt aller Bestände auf. Es hat jeweils vereinzelt Kiefern, Douglasien, Weiden, Birken und Pappeln. Dieser Bestand und die meisten Buchenstockausschläge befinden sich mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit im ersten Rotationszyklus. Die meisten Stöcke weisen daher nur ein bis zwei Ausschläge auf, vereinzelt hat es etwas grössere und kräftigere Stöcke, die zwischen drei bis fünf Ausschläge aufweisen.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.26	4118	2506	1.64	28.7	91.9

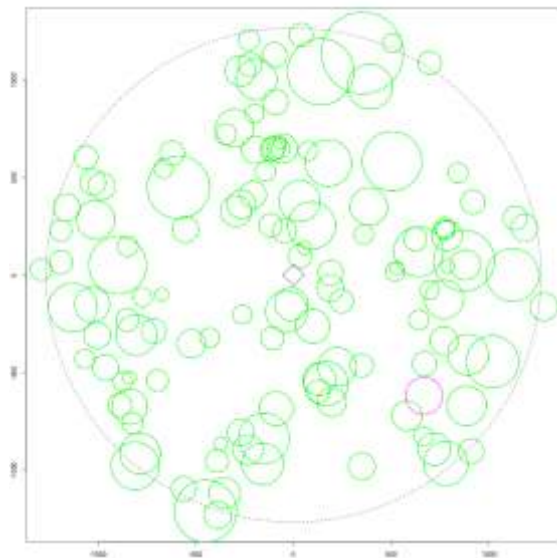
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.96	4037	1770	2.28	30.9	99.1

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.43	3580	1233	2.90	25.3	81.0

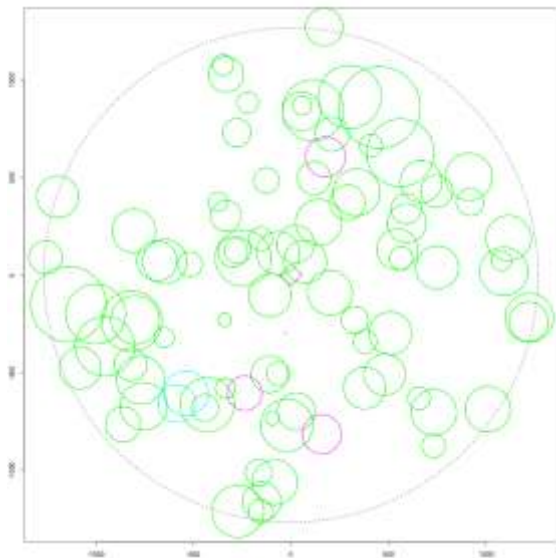
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	10.55	2446	1352	1.8	26.4	84.7

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.04	4614	2048	2.25	29.9	95.7

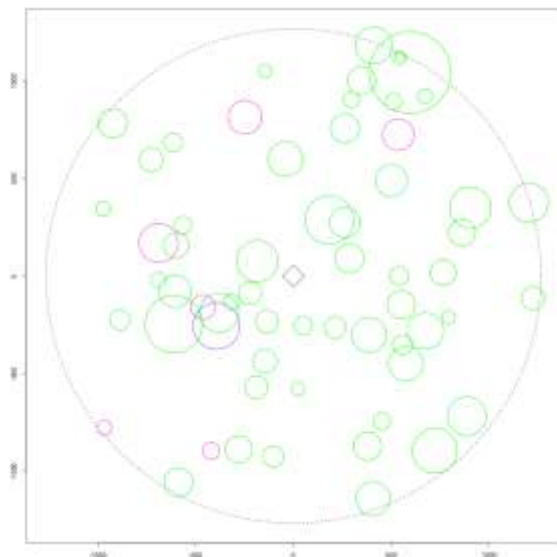
Plot 1



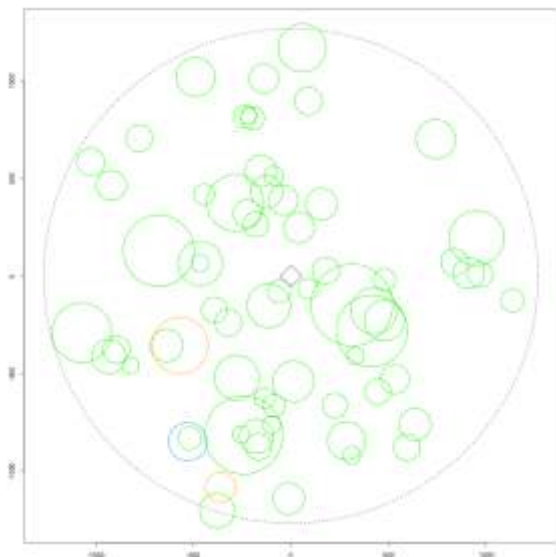
Plot 2



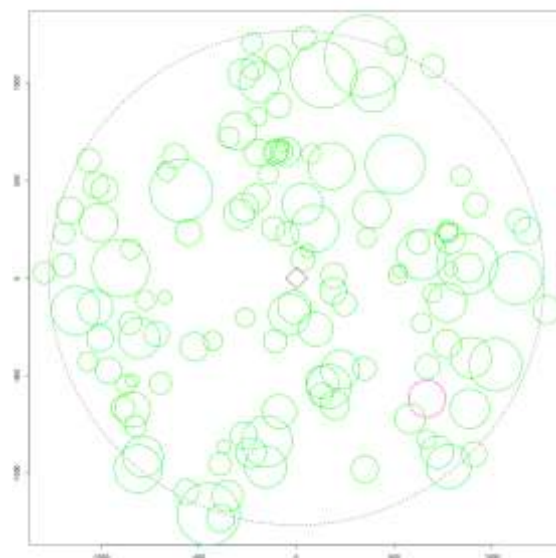
Plot 3



Plot 4



Plot 5



35 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1740m	10-15°	Südwest	4	9.5m	41.76474 023.00926

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	7.06	8709	1110	7.84	46.4	172

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1740m ü. M. und ist südwestlich ausgerichtet. Diese Altersstufe ist die höchstgelegene aller untersuchten Altersstufen auf beiden Standorten. Dieser Bestand besteht fast ausschliesslich aus Buchen, vereinzelt sieht man mal eine Kiefer. Der Bestand ist auch vom Aufbau her sehr homogen und gleichförmig. Die meisten Stöcke sind ähnlich mächtig und weisen ähnlich viele Ausschläge auf, es gibt vergleichbar nur sehr wenige einzelne Bäume. Die genauer untersuchten Stöcke deuten darauf hin, dass sich der Bestand sehr wahrscheinlich im zweiten Rotationszyklus befindet. Der Bestand sieht auf den ersten Blick jünger aus, als er ist. Da er jedoch so hoch gelegen ist und die Vegetationszeit kürzer ist bleibt auch der Zuwachs kleiner. Der Bestand weist keine Merkmale eines Eingriffs auf.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.00	8400	1067	7.87	31.6	117.5

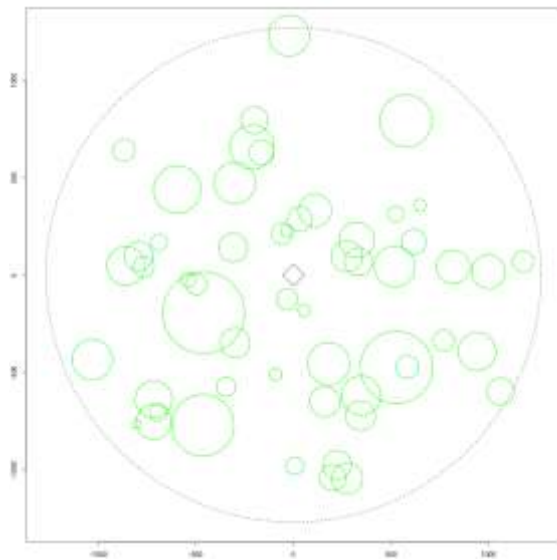
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	8.39	6720	929	7.23	48.4	180.0

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	6.67	10594	1383	7.65	55.0	204.6

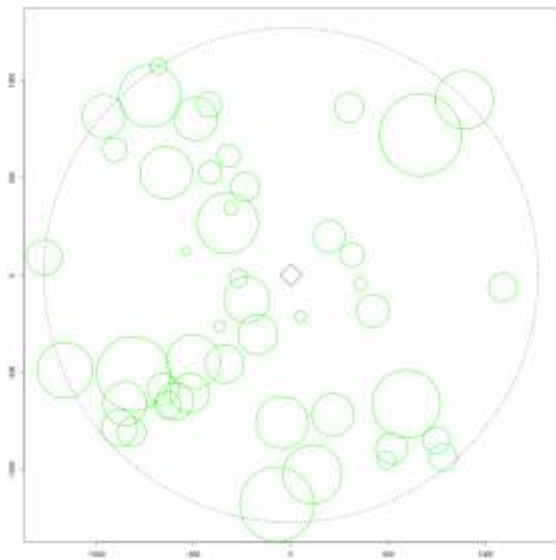
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	7.06	8855	1008	8.78	52.2	194.2

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	7.20	8973	1166	7.69	44.9	167.2

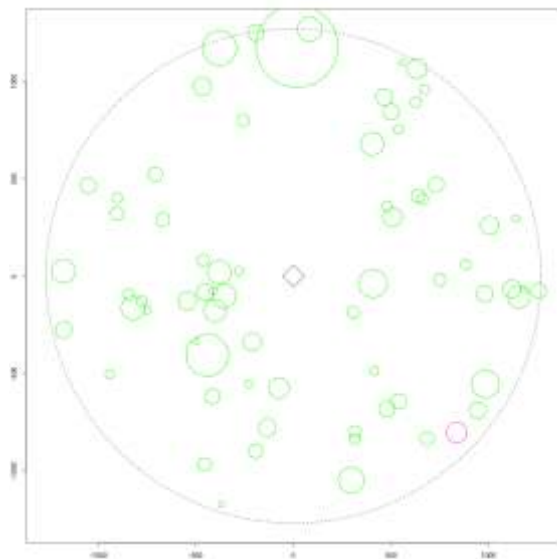
Plot 1



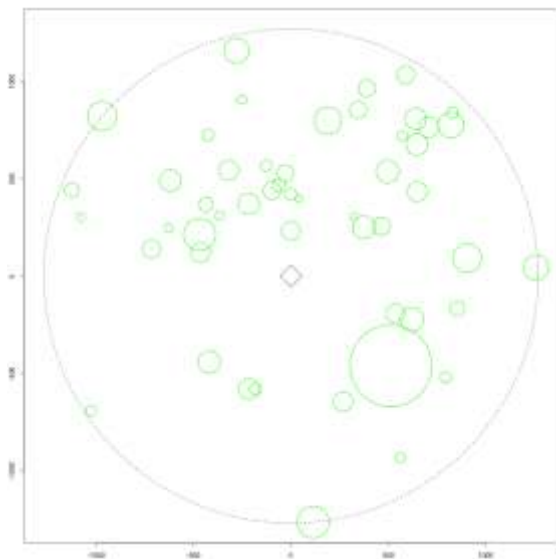
Plot 2



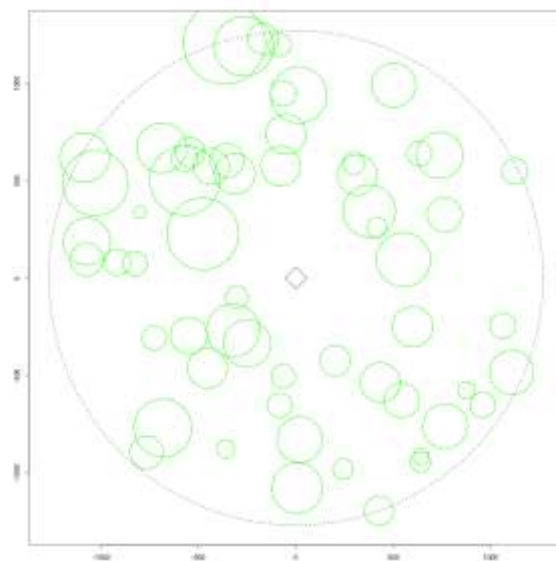
Plot 3



Plot 4



Plot 5



45 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1240m	0-5°	Nordwest	4	20m	41.63474 022.93260

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	13.74	2542	2100	1.21	43.3	346

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1240m ü. M. und ist nordwestlich ausgerichtet. Dieser Bestand bildet auch ein reiner Buchenbestand, vereinzelt hat es Kiefern und Weiden. Der Bestand ist homogen und gleichförmig aufgebaut. Die Buchen sind für das Alter verhältnismässig sehr hoch, was der durchschnittlich berechnete H/D Wert von über 100, auch bestätigt. Sehr wahrscheinlich befindet sich der Bestand auch im ersten Rotationszyklus, die grösseren Stöcke weisen nur selten mehr als zwei oder drei Ausschläge auf. Die meisten Stämme im Bestand sind Einzelbäume. Der Bestand weist keine Merkmale eines Eingriffs auf.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	12.56	2983	2506	1.19	42.5	339.9

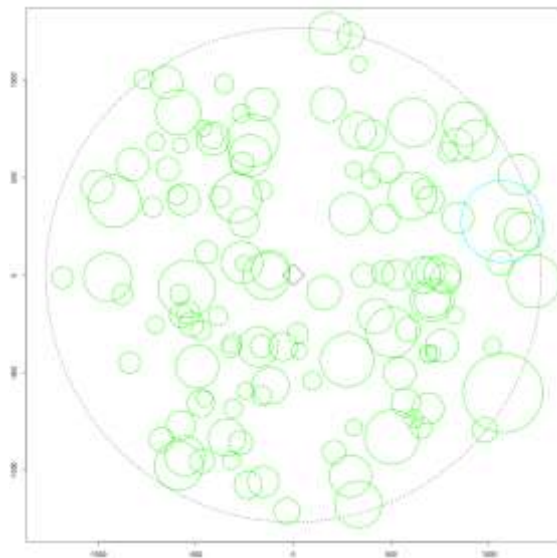
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	13.56	2327	1830	1.27	38.2	305.6

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	13.60	2466	2108	1.16	41.2	330.0

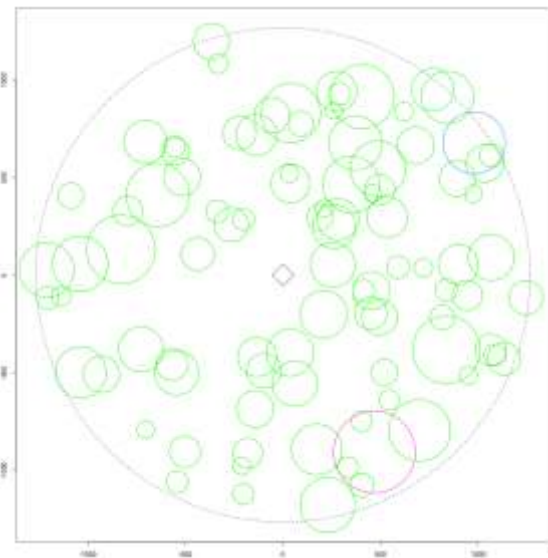
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	14.73	2386	2028	1.17	46.3	370.7

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	14.25	2546	2020	1.26	48.0	384.5

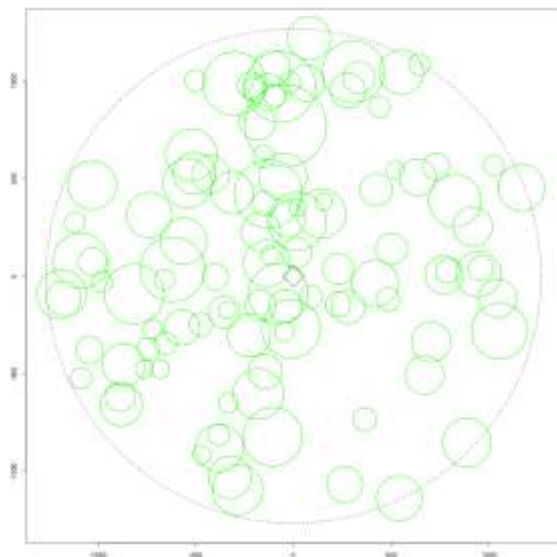
Plot 1



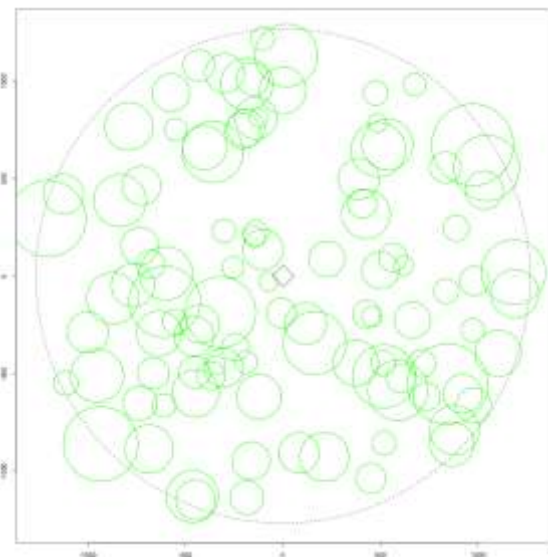
Plot 2



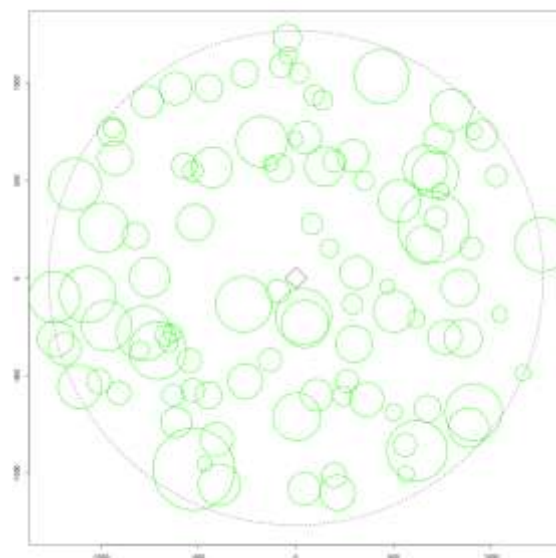
Plot 3



Plot 4



Plot 5



60 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1529m	15-20°	Südost	4	15m	41.76516 022.98263

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	18.37	1514	882	1.73	50.7	303

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1529m ü. M. und ist südöstlich ausgerichtet. Diese Altersstufe ist ein reiner Buchenbestand, welcher eine etwas ungleichförmige Struktur aufweist. Die Buchenausschläge sind meist sehr gleichförmig, jedoch hat der Bestand auch Einzelbuchen, die deutlich älter als der übrige Bestand sind und einen BHD von über 50cm aufweisen. Die Anzahl der Rotationszyklen lässt sich kaum mehr bestimmen. Die Stöcke sind jedoch relativ mächtig und weisen für das Alter noch relativ viele Ausschläge auf. Es gibt Anzeichen, dass vor kurzem ein kleiner Eingriff stattgefunden hat. Es wurden jedoch nur Stämme mit kleinem Durchmesser entfernt.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.87	1470	647	2.27	49.3	296.0

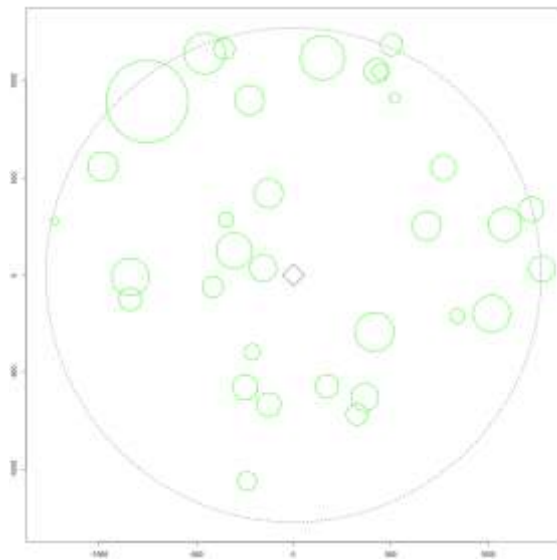
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	23.22	921	666	1.38	50.3	301.9

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	16.87	1765	1019	1.73	54.5	326.9

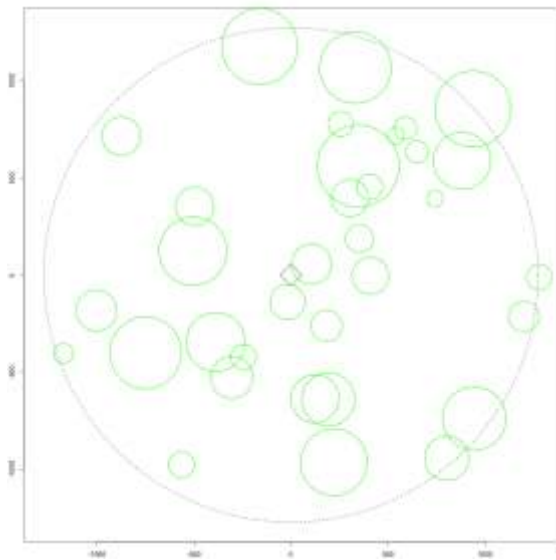
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.07	1274	784	1.62	39.7	237.0

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	16.80	2137	1294	1.65	59.5	357.0

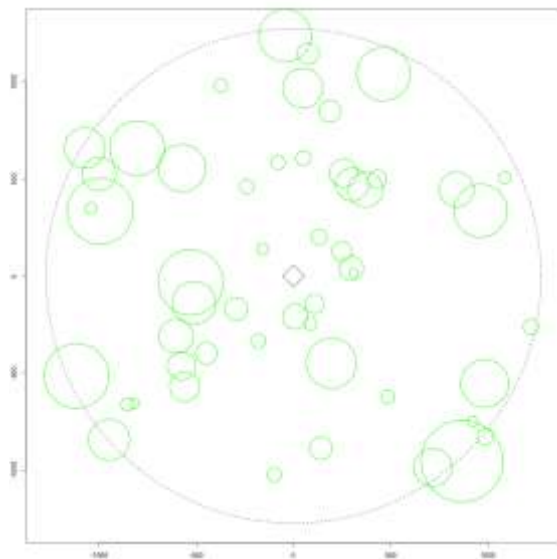
Plot 1



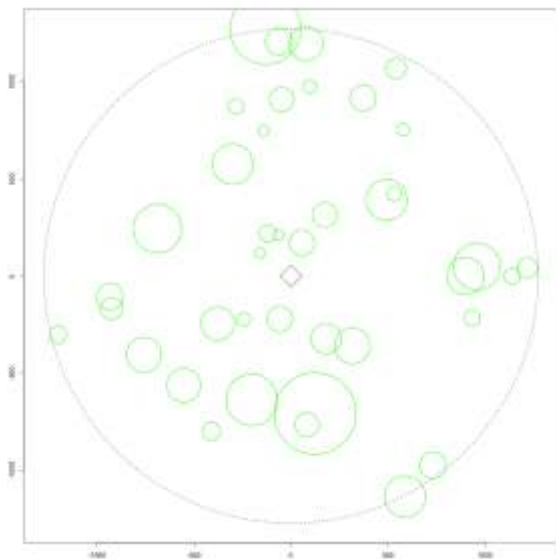
Plot 2



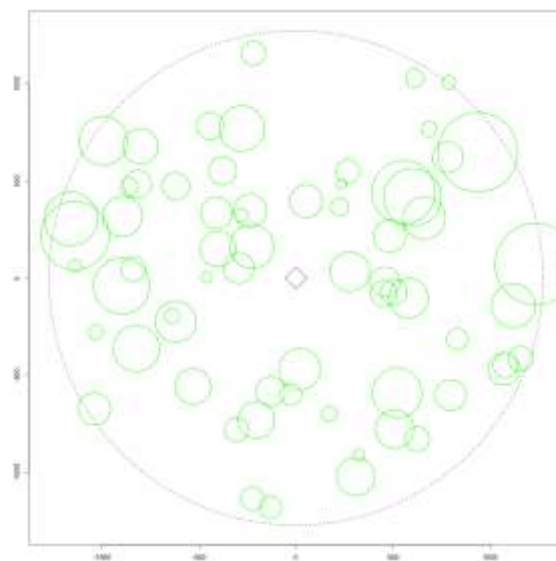
Plot 3



Plot 4



Plot 5



75 Jahre alt

Ø Höhe über Meer	Ø Hangneigung	Ø Exposition	Ø pH Ober- boden	Ø Bestandeshöhe	Koordinaten
1590m	5-10°	Süd	4	27m	41.73423 023.01393

Kennzahlen	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	19.14	1706	887	1.92	57.4	574

Diese Altersstufe befindet sich auf einer Höhe von 1590m ü. M. und ist südlich ausgerichtet. Diese Altersstufe ist ein reiner Buchenbestand. Es wurde in allen fünf Plots keine andere Baumart eingemessen. Der Bestand ist sehr homogen und relativ gleichförmig. Der Bestand ist sehr hoch und dicht, daher weisen die einzelnen Bäume auch einen labilen H/D Wert auf, der bei über 100 liegt. Die Stöcke sind teils sehr mächtig und weisen trotz des hohen Alters noch relativ viele übrig gebliebene Stämme auf. Es gibt keine Merkmale eines Eingriffs in diesem Bestand.



Kennzahlen Plot 1	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	17.45	2009	954	2.10	55.0	550.7

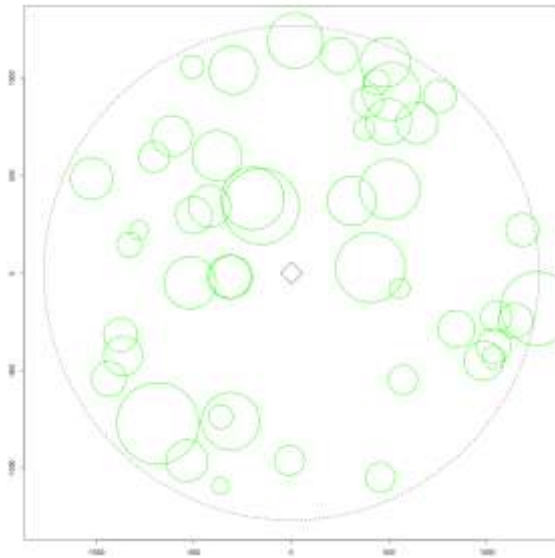
Kennzahlen Plot 2	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	18.20	1770	795	2.22	56.0	560.4

Kennzahlen Plot 3	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	18.52	1392	775	1.79	46.0	469.8

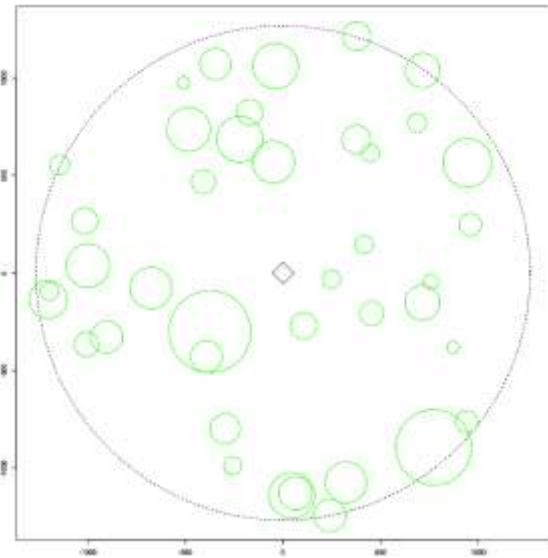
Kennzahlen Plot 4	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	22.64	1213	835	1.45	56.7	566.5

Kennzahlen Plot 5	BHD	N	ST	N/ST	G	V
	18.90	2148	1074	2.00	72.4	723.5

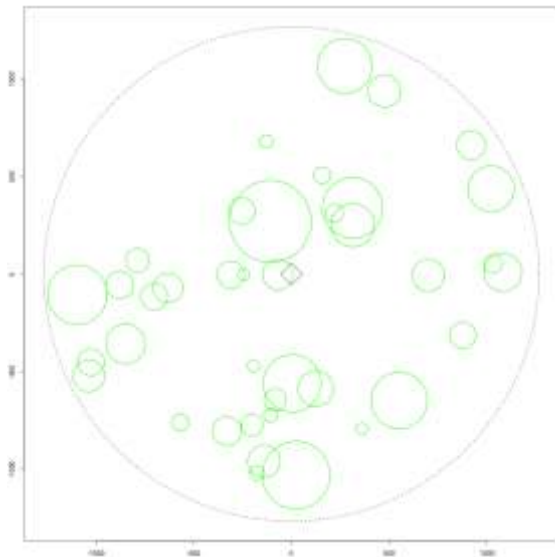
Plot 1



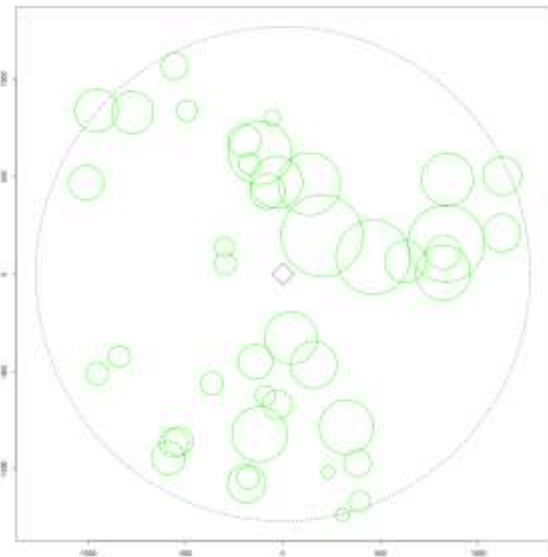
Plot 2



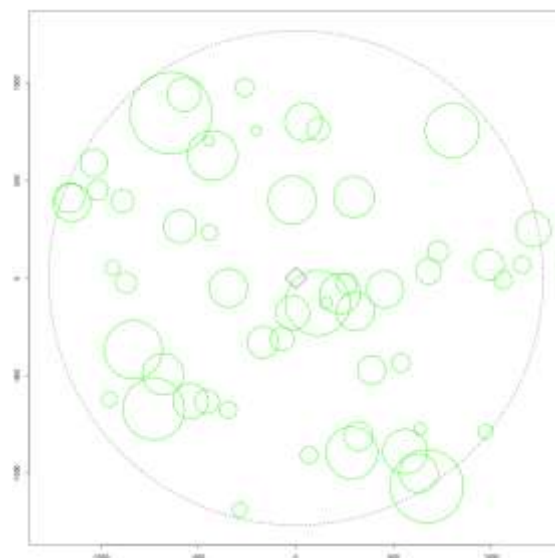
Plot 3



Plot 4



Plot 5



Anhang 2: Formulare der Feldarbeit

Age:				Plot:		High:		pH:						
Radius:				Slope:		Koordinaten:								
Tree Number		Azimut		Distance	Tree	BHD (Stemnumber)							BHD <7cm	Notice
						1	2	3	4	5	17	Total		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
....50														

Anhang 3: Erste Methodik für Mazedonien

The Introduction

Silvicultural analysis of coppice forests

The aim of this work is to investigate the growth of coppice forests at two different locations in Macedonia. This research is carried out to analyse the sticks and the coppice.

These circle-scale plots are excreted in an inauthentic time series (chronosequence) that represent different time periods after the end use.

For each coppice stands with different age after end use will be investigated, in a way that for each stand one random sample plot will be established.

The main objective is to identify and analyse six coppice forests stands on the same location with different ages to a maximum of 30 years after the last harvest.

In addition, is attempted to evaluate the age of the sticks.

From this, a kind of model for the optimal end use of beech coppice forests should be developed.

Research Questions

- In what ways beech coppice forests are interesting for timber production?
- What is the optimal management of beech coppice forests?
- What is the optimal rotation time for beech coppice forests?
- Which growth performance has beech coppice forests depending on the age of the sticks?
- Which growth is expected in beech coppice forests?

Unreal time series (chronosequences)

As a „unreal time series" refers to a series of forest sites of increasing age representing the typical development of a forest type. Soil types and local climatic conditions are matched as far as possible, which results to a spatial juxtaposition of different stages as a substitute for a temporal succession.

Procedure for the field surveys

Criteria for the selection of areas

- Location comparability of individual experimental plots.
- Minimum spatial proximity of each experimental plot to limit the local climatic variation within the growth range.
- A wide range of ages from all phases of development of a coppice forest.
- If possible there was a comparable silvicultural treatment of the individual surfaces.
- Select the recording surfaces with a randomized assignment.
- Establishment of 500-1000m² large circular areas

Procedure for the field surveys (methodology)

1. Determine Location:

- ground
- air
- Geology
- Terrain
- time since the last rotation

2. Setting up of the investigation area

- Set up, if possible, of permanent circular areas for inventory sampling
- circular area of 1000m²
- anchoring the centre via GPS or spatial anchoring with colours
- Size radius in an area of 1000m² = 17.85m

3. Data collection in stock

- BHD to 1.3m shaft height with a measuring band
- Mapping of sample trees for Kraft'schen class from suppresses to dominant.
- Measurement of the tree height using an electronic Winkle- and distance measuring instrument (Dendrometer)

For fieldwork at least 3 people are needed:

- Person who is at the centre of the circle and holds the measuring tape
- Person that runs the circuit and makes measurements
- Person that records in writing and one of these people or an extra has to be driver and guide

4. Number of field surveys

Location	time after last harvest	recordings
1. Kochani	stock 1 >5 years	1
		2
		3
		4
		5
	stock 2 >10 years	1
		2
		3
		4
		5
	stock 3 > 15 years	1
		2
		3
		4
		5
	stock 4 > 20 years	1
		2
		3
		4
		5
	stock 5 > 25 years	1
		2
		3
		4
		5
	stock 6 > 30 years	1
		2
		3
		4
		5
2. Malesh	""	""

Total at least 60 recordings

5. Characteristics which are taken

tree	
age	
Stem number	N/ha
height	m
diameter	cm
Base surface	m ²
volume	V/ha

Organisational

Material List for recordings

- Forest maps if possible with representation of the wood utilization (times of harvest)
- caliper for trees
- Measuring tape for measuring BHD (provided from Switzerland)
- Altimeter Suunto (provided from Switzerland)
- pH measurement set (provided from Switzerland)
- Dendrometer (provided from Switzerland)
- Spray or paint
- GPS equipment (provided from Switzerland)

Calendar

week	date	work	location
31	27.07.-31.07.2015	Arrival and Setting	Skopje
32	03.08.-07.08.2015	field recording	...
33	17.08.-21.08.2015	field recording	...
35	24.08.-28.08.2015	field recording	...
36	31.08.-04.09.2015	field recording	...
37	07.09.-11.09.2015	field recording	...
38	14.09.-18.09.2015	field recording data analysis	Skopje
39	21.09.-25.09.2015	return journey	Skopje

Anhang 4: Elektronischer Anhang

Im Elektronischen Anhang befinden sich folgende Dokumente:

- Datensatz aller Plots der Inventur
- Datensatz der Bonitätsklassen aus SiWaWa
- R-Scripts für die Statistischen Berechnungen