Eschentriebsterben im Leipziger Auwald in Abhängigkeit von Baumparametern und Grundwasserstand

Bachelorarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
„Bachelor of Science“
im Studiengang Ökosystemmanagement (B.Sc)

Vorgelegt an der Fakultät für Geowissenschaften und Geographie der Georg-August-Universität Göttingen

Verfasser: Torben Frahm
Geb. 29.01.1989 in Bad Segeberg
Matrikelnummer: 21355794

Erstgutachter: Dr. Norbert Bartsch
Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen – Abteilung Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen

Zweitgutachter: Dipl. Ing. Mathias Scholz
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

Abgabedatum: 27. April 2017

Danksagung

Hiermit bedanke ich mich bei allen, die mich bei der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen Betreuern Dr. Norbert Bartsch und Dipl. Ing. Mathias Scholz für die Überlassung des Themas und die hilfreiche Unterstützung bei der Arbeit.

Des Weiteren danke ich den Wissenschaftlern, die am Projekt „Lebendige Luppe“ arbeiten, insbesondere Rolf Engelmann und Hans Dieter Kasperidus, für das Bereitstellen von Daten, die für die Anfertigung dieser Bachelorarbeit essentiell waren.

Bedanken möchte ich mich auch bei Heiko Linhart für das Bereitstellen von Daten und die Einarbeitung in die Bonitur des Eschentriebsterbens.

Inhalt

I. Abbildungsverzeichnis IV
II. Tabellenverzeichnis V
III. Kurzfassung VI
IV. Abstract VI
1 Einleitung 1
1.1 Motivation 1
1.2 Fragestellungen 2
2 Material 3
2.1 Das Untersuchungsgebiet 3
2.1.1 Lage 3
2.1.2 Klima 3
2.1.3 Geologie, Hydrologie und Boden 3
2.1.4 Vegetation 4
2.1.5 Forstliche Bewirtschaftung 6
2.1.6 Die Dauerbeobachtungsflächen 7
2.2 Die Esche im Leipziger Auwald 11
2.3 Standortansprüche der Esche 11
2.4 Das Eschentriebsterben 12
3 Methoden 13
3.1 Schadbonitur 13
3.2 Baumparameter 14
3.3 Standortfaktor Grundwasserflurabstand 15
3.4 Auswertung 16
4 Ergebnisse 16
4.1 Ergebnisse der Schadbonitur 18
4.2 Zusammenhang zwischen Baumparametern und Eschentriebsterben 19
4.2.1 BHD 20
4.2.2 Baumhöhe 21
4.2.3 KRAFT‘sche Klasse 22
4.2.4 Zusammenhang der einzelnen Baumparameter 23
4.3 Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben 25
5 Diskussion 27
5.1 Schadbonitur 27
5.2 Zusammenhang zwischen Baumparametern und Eschentriebsterben 30
5.3 Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben 32
6 Schlussfolgerungen 33
V. Literaturverzeichnis VII
VI. Anhang XI
Eidesstattliche Erklärung XX

I. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Lage der Dauerbeobachtungsflächen im Nordwestteil des Leipziger Stadtwaldes, auf denen die Eschen bonitiert wurden (Quelle: UFZ) 9

Abb. 2: Verbreitungsgebiet der Gemeinen Esche mit der Jahreszahl des ersten Auftretens des Eschentriebsterbens in den einzelnen Ländern bis 2014 (Quelle: Bartha et al. 2014)..... 12

Abb. 3: Boniturschlüssel der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt von 2009 (Quelle: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt 2009)..... 14

Abb. 4: Anteile der Schadstufen unter den Eschen jeder einzelnen Dauerbeobachtungsfläche 18

Abb. 5: Anteile (%) der Schadstufen 0 bis 5 aller untersuchten Eschen (N= 367)..... 19

Abb. 6: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen BHD-Klassen 20

Abb. 7: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Klassen der Baumhöhe..... 21

Abb. 8: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen KRAFT'schen Klassen..... 22

Abb. 9: Zusammenhang zwischen BHD und KRAFT'scher Klasse der untersuchten Eschen 24

Abb. 10: Zusammenhang zwischen Baumhöhe und KRAFT'scher Klasse der untersuchten Eschen 24

Abb. 11: Zusammenhang zwischen Baumhöhe und BHD der untersuchten Eschen..... 25

Abb. 12: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Grundwasserflurabstand-Klassen.... 25

Abb. 13: Verteilung der BHD der untersuchten Eschen auf die Grundwasserflurabstand-Klassen 27

Abb. 14: Lage von untersuchten Beständen in Sachsen und Anteil der vom Eschentriebsterben betroffenen Eschen im jeweiligen Bestand (Quelle: Baumann et al. 2012)..... 30

II. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Veränderungen der Baumartenanteile im Leipziger Auwald vom 19. bis in das 20. Jahrhundert (% Deckungsgrad im Oberstand) (Quelle: Gläser 2005) 6

Tab. 2: Grober, idealer Zielbestand für alle Wälder im „LSG Leipziger Auwald“ (Deckungsgrad im Oberstand) (Quelle: Stadt Leipzig 2012)..... 7

Tab. 3: Standortparameter und Vorkommen von Baumarten auf den untersuchten Dauerbeobachtungsflächen (DBF) 10

Tab. 4: Anteile der Schadstufen jeder einzelnen Dauerbeobachtungsfläche und der gesamten untersuchten Eschen (%) 18

Tab. 5: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen BHD-Klassen (%) 20

Tab. 6: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Klassen der Baumhöhe (%) 21

Tab. 7: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen KRAFT’schen Klassen (%) 23

Tab. 8: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Grundwasserflurabstand-Klassen (%) 26

Tab. 9: Schadstufenverteilung bei Eschen mit einem BHD von >70 cm im Nordwestteil des Leipziger Stadtwaldes im Jahre 2016 mit N=179 (Quelle: H. Linhart, unveröffentlicht) und Vergleich mit den Ergebnissen dieser Bachelorarbeit für Eschen mit einem BHD von >70 cm (N=59) 30

III. Kurzfassung

In dieser Bachelorarbeit wird die Ausbreitung und Intensität des Eschentriebsterbens im Nordwestteil des Leipziger Stadtwaldes erfasst und ein Zusammenhang zu Baumparametern und zum Grundwasserstand untersucht. Dafür wurden auf Dauerbeobachtungsflächen, die im Rahmen des Renaturierungsprojektes „Lebendige Luppe“ angelegt wurden, Gemeine Eschen (*Fraxinus excelsior*) bonitiert und in verschiedene Schadstufen eingeteilt. Dann wurden die Bäume in verschiedene Klassen nach Baumparametern (Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe und soziale Stellung) und dem Grundwasserflurabstand eingeteilt und geprüft, wie sich die Anteile der Schadstufen auf die Klassen verteilen.

Der Großteil der untersuchten Bäume ist befallen, einige davon bereits in einem fortgeschrittenen Stadium. Abgestorbene Bäume bleiben allerdings die Ausnahme. Größere Eschen sind stärker betroffen als kleinere, der Grundwasserflurabstand scheint jedoch keinen Einfluss auf das Eschentriebsterben zu haben.

IV. Abstract

The goal of this bachelor thesis was to record the distribution and intensity of ash dieback in the northwestern part of the Leipziger Stadtwald and to survey a connection to tree characteristics and depth of groundwater. So on monitoring plots that are part of the renaturation project ‘Lebendige Luppe’ common ash trees (*Fraxinus excelsior*) have been rated in different levels of damage. Then the trees were arranged in different classes according to tree characteristics (diameter at breast height, tree height and social rank) and groundwater-surface-distance to check how the percentages of levels of damage distribute across the classes.

Most of the observed ash trees are already affected, some of them severely. But dead trees are very seldom. Bigger ash trees are more strongly affected than small ones, but the groundwater-surface-distance seems not to have an influence on ash dieback.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Der Leipziger Auwald wird, obwohl er seinen auentypischen Charakter teilweise verloren hat, als mitteleuropäisch bedeutsame Auenlandschaft eingestuft (Putkunz 2011). Er erfüllt sowohl forstwirtschaftliche als auch ökologische Funktionen und dient durch seine Stadtnähe als Erholungsgebiet für die Bürger Leipzigs. Verschiedene flussregulierende Maßnahmen hatten allerdings eine unvorteilhafte Wirkung auf den Auwald. Periodisch auftretende Überschwemmungen kommen seit den 1930er Jahren nicht mehr vor, der Grundwasserspiegel wurde gesenkt und die Flora hat sich verändert (Putkunz 2011). Aus u. a. diesen Gründen und aufgrund forstwirtschaftlicher Maßnahmen gestaltet sich die Zusammensetzung der Baumschicht heute deutlich anders als z.B. im Jahre 1870 (Gläser 2005) (vgl. Tab. 1).

Heute ist die Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*, im weiteren Text als Esche bezeichnet) die dominierende Baumart im Leipziger Auwald (Engelmann & Seltmann 2010a). Diese leidet zurzeit an dem sogenannten Eschentriebsterben (Sievert 2013), welches durch die *Chalara fraxinea* genannte Nebenfruchtform des Schlauchpilzes „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöst wird (Queloz et al. 2011).

Da die Esche etwa 40 % (Baumartenzusammensetzungen sind in dieser Bachelorarbeit, sofern nicht anders ausgewiesen, als Anteil des Deckungsgrades im Oberstand angegeben) aller Bäume im LSG Leipziger Auwald ausmacht (Engelmann & Seltmann 2010a) und auch eine große ökologische Bedeutung hat, z.B. für den seltenen Eschen-Scheckenfalter (*Euphydryas maturna*) (Freese et al. 2006), der in den Wäldern in und um Leipzig noch vorkommt (Dolek et al. 2013), sollte ein Rückgang der Esche, wie er seit 1920 bei der Ulme auftrat, verhindert werden. Hierzu ist es zunächst erforderlich, Vorkommen und Intensität des Eschentriebsterbens im Bestand des Leipziger Auwaldes zu erfassen und zu bewerten.

Ziel des Projektes „Lebendige Luppe“, das von der Stadt Leipzig koordiniert wird, ist eine Wiedervernässung der Luppeaue und ein Anheben des Grundwasserstandes. Dafür sollen die Altarme der Luppe renaturiert und teilweise neu angelegt und der Nordwestteil des Leipziger Auwaldes wieder regelmäßigen Überschwemmungen ausgesetzt werden. Im Rahmen des Projektes führen das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und die Universität Leipzig ein begleitendes naturwissenschaftliches Langzeitmonitoring durch. Dabei wird der Status Quo des Untersuchungsgebietes erfasst, um nach der Durchführung des Projektes Veränderungen nachweisen zu können. Für die wissenschaftliche Begleitung ist es essentiell her-

auszufinden, ob das Eschentriebsterben mit sich ändernden Umweltbedingungen wie dem Grundwasserflurabstand korreliert.

Des Weiteren ist es aus forstwirtschaftlichen und waldökologischen Gesichtspunkten wichtig, herauszufinden ob Parameter der Bäume wie Baumhöhe, Brusthöhendurchmesser (Stammdurchmesser auf 1,3 m Höhe; im weiteren Text mit BHD abgekürzt) oder soziale Stellung eine Auswirkung auf die Intensität des Eschentriebsterbens haben. In dieser Bachelorarbeit sollen diese Fragen beantwortet werden.

1.2 Fragestellungen

1. In welchem Ausmaß und mit welcher Intensität ist das Eschentriebsterben im Nordwestteil des Leipziger Stadtwaldes verbreitet?
2. Besteht im Leipziger Auwald ein Zusammenhang zwischen Dimension bzw. sozialer Stellung der Eschen und dem Eschentriebsterben?
3. Besteht im Leipziger Auwald ein Zusammenhang zwischen dem Grundwasserflurabstand und dem Eschentriebsterben?

2 Material

2.1 Das Untersuchungsgebiet

2.1.1 Lage

Das Leipziger Auengebiet setzt sich aus der Elster-, Pleiße- und Luppeaue sowie den Auen derer Nebenflüsse zusammen. Der größte Teil dieses Gebietes (etwa 5900 ha) ist als „Landschaftsschutzgebiet Leipziger Auwald“ ausgewiesen, worin sich die Naturschutzgebiete „Burgaue“, „Elster-Pleiße-Auwald“, „Lehmlache Lauer“ und teilweise „Luppeaue“ befinden. Etwa 1/3 der Fläche ist mit Wald bedeckt, größtenteils mit Hartholzauwald. Rund 1163 ha des LSG Leipziger Auwald gehören zum Leipziger Stadtwald (Thier 2010). Dieser erstreckt sich in etwa von 51° 23’N; 12° 15’E bis 51° 15’N; 12° 23’E durch das Leipziger Stadtgebiet (Stadt Leipzig) und wird von diesem in einen nördlichen sowie einen südlichen Teil getrennt (Thier 2010). Die teilweise unmittelbare Stadtnähe des Leipziger Stadtwaldes stellt eine Besonderheit dar (Stadt Leipzig).

Das untersuchte Gebiet liegt im nördlichen Teil des Stadtwaldes in den Gebieten „Burgaue“ und „Leutzscher Holz“.

2.1.2 Klima

Der Leipziger Raum ist ein Übergangsgebiet zwischen maritim beeinflusstem im mittleren sowie südlichen und stärker kontinental geprägtem Klima im westlichen Bereich. Zudem hat der Regenschatten des Harzes unterschiedliche Auswirkungen auf den Niederschlag in den verschiedenen Teilen des Gebietes. Der Leipziger Stadtwald im Gebiet des LSG Leipziger Auwald liegt in der forstlichen Klimastufe UT (Untere Berglagen und Hügelland mit trockenem Klima) (Stadt Leipzig).

In der Zeit von 1901 bis 1950 betrug die durchschnittliche Jahrestemperatur in Leipzig 9,3 °C und der durchschnittliche jährliche Niederschlag 545 mm. Der kälteste Monat war der Januar mit durchschnittlich 0,2 °C, der wärmste der Juli mit 18,7 °C. Die mittlere Frostdauer vor Beginn der Hauptvegetationsperiode betrug 79,3 Tage. Die Hauptwindrichtung ist Westen (Stadt Leipzig).

2.1.3 Geologie, Hydrologie und Boden

Im Zusammenhang mit menschlicher Besiedlung wurde vor etwa 7400 Jahren begonnen, in den Einzugsgebieten der Flüsse den Wald zu roden. Seitdem wurde dort der freigelegte Boden durch Niederschläge erodiert und im Bereich der Leipziger Flussauen sedimentiert (Stadt Leipzig), wo er ältere Kiese und Schotter überlagerte, die heute noch ein wichtiger Grundwas-

serleiter sind (Schmidt 2010). Durch die so entstandene Auenlehm-Schicht wurde das Oberflächenniveau erhöht, was zu weniger Überschwemmungen und kürzeren Überschwemmungszeiträumen führte. Daraus resultierende Folgen waren ein trockenerer Standort, weniger Erosion des Auenlehms, Ausbleiben großer Umlagerungsprozesse und eine natürliche Bändigung der Flüsse (Sickert 2005). Durch das Ausbleiben von Überschwemmungen konnte die Bodenbildung einsetzen. Heute findet man im Bereich der Flussauen oft den Bodentyp „Vega“, der teilweise leicht pseudovergleyt ist. Dieser typische Auenboden hat sich aus dem abgelagerten Auenlehm entwickelt. Die biologische Aktivität in diesem nährstoffreichen Boden ist sehr hoch, sodass sich die Humusform Mull ausbilden konnte (Schmidt 2010). Trockenere Standortverhältnisse, Nährstoffreichtum und der relativ hohe pH-Wert von 5–6 waren Voraussetzungen für die Etablierung einer Hartholzaue (Sickert 2005).

Das Wasserregime in der gesamten Aue wurde durch Regulierungsmaßnahmen grundlegend verändert. Der erste Eingriff war die Anlegung des Pleißemühlgrabens um 1100. Im Jahre 1855 wurde von der sächsischen Regierung das Gesetz über die Berichtigung der Wasserläufe erlassen. Die damit verbundenen Maßnahmen hatten eine starke Verkleinerung des Überflutungsgebietes zur Folge (Gläser 2001). Weitere Regulierungsmaßnahmen waren die Anlegung des Elsterbeckens (1912–1922) und des Palmengartenwehres (1917), der Bau des Elsterflutbettes (1925–1928), der Ausbau der Neuen Luppe (1934–1938) und der Ausbau der Nahle (1966–1968) (Siebert 2005). Dies führte zu einem Ausbleiben der zuvor periodisch auftretenden Überschwemmungen des Auwaldes. Insbesondere der Bau der Neuen Luppe führte in der Nordwestaue zu einer Austrocknung der Alten Luppe samt all ihrer Nebenarme und Flussverwilderungen. Da die Neue Luppe tiefer liegt als die natürlichen Flussläufe, wirkt sie sogar entwässernd, was ein Absinken des Grundwasserspiegels bewirkt (Putkunz 2011).

2.1.4 Vegetation

Die im Jahre 1870 stattgefundene Umstellung von Mittelwaldbetrieb auf Hochwaldwirtschaft sowie die gewässerregulierenden Maßnahmen und das damit verbundene Ausbleiben der Überflutungen und Absinken des Grundwasserspiegels führte zu einer starken Veränderung der Baumartenzusammensetzung. Der Anteil der Lichtbaumarten an der Baumschicht sank, während der Anteil der schattentoleranten Baumarten, die zuvor nur in geringer Anzahl vertreten waren, stetig stieg (Gläser 2001). So sank der Anteil der Stiel-Eiche (*Quercus robur*) im LSG Leipziger Auwald von 60 bis 70 % im 19. Jahrhundert auf heute etwa 20 % (vgl. Tab. 1). Dafür konnten die Esche sowie der Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und der Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), die heute eine sehr hohe Naturverjüngungsrate aufweisen, ihren

Anteil stark vergrößern (Engelmann & Seltmann 2010a). Dabei spielte auch die zweite Welle des Ulmensterbens ab 1960 eine Rolle, die zu einem nahezu vollständigen Rückgang der Feldulme (*Ulmus minor*) in der Baumschicht führte. Im Jahre 1925 hatte sie noch einen Anteil von 21,5 % (Gläser 2005) (vgl. Tab. 1). Obwohl sich der Leipziger Auwald starken Veränderungen unterzogen hat, ist er noch immer ein schützenswerter, vielfältiger Lebensraum (Gläser 2001), der sich jedoch ohne gezielte Eingriffe immer mehr in Richtung eines artenarmen Ahorn- bzw. Ahorn-Eschenwaldes entwickeln würde (Engelmann & Seltmann 2010a).

Im Leipziger Auwald dominiert vor allem die Waldgesellschaft *Querco-Ulmetum minoris*. An sehr trockenen Standorten tritt zudem teilweise ein feuchtes *Galio-Carpinetum* auf und an sehr nassen ein *Pado-Fraxinetum*. Meist bilden Stiel-Eiche, Esche, Berg-Ahorn und Winterlinde (*Tilia cordata*) die obere Baumschicht und die Hainbuche (*Carpinus betulus*) die untere (Gläser 2001). In der Strauchschicht sind Roter Hartriegel (*Cornus sanguinea*), Pfaffenhütchen (*Euonymus europaeus*), Zweigriffliger Weißdorn (*Crataegus laevigata*), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Gewöhnlicher Hasel (*Corylus avellana*), die Traubenkirsche (*Padus avium*) sowie der Jungwuchs der Bäume vertreten, darunter auch die Feldulme, die aufgrund des Ulmensterbens kaum noch in der Baumschicht vertreten ist (Engelmann & Seltmann 2010a). Die Krautschicht wird im Frühling durch eine Vielfalt von Geophyten, darunter der massenhaft auftretende Bärlauch (*Allium ursinum*) und verschiedene Windröschenarten (*Anemone*) und weiteren Frühblühern wie der echten Sternmiere (*Stellaria holostea*) und der gefleckten Taubnessel (*Lamium maculatum*) dominiert. Im Sommer kommen hauptsächlich Stauden wie das große Hexenkraut (*Circaea lutetiana*) und Gräser, z.B. das Waldflattergras (*Milium effusum*) sowie das Wald-Knaulgras (*Dactyles polygama*) und das Wiesen-Knaulgras (*Dactyles glomerata*), vor (Engelmann & Seltmann 2010b).

Tab. 1: Veränderungen der Baumartenanteile im Leipziger Auwald vom 19. bis in das 20. Jahrhundert (% Deckungsgrad im Oberstand) (Quelle: Gläser 2005)

Baumart	**1870**	**1925**	**1993**
Eiche (*Quercus*)	63,5	18,3	19,2
Rüster/Ulme (*Ulmus*)	16	21,5	0,6
Hainbuche (*Carpinus betulus*)	10,15	5,85	4,1
Zitter-Pappel (*Populus tremula*) u.a.	2,65	0,1	0
Pappel (*Populus*)	0	3,05	8,1
Birke (*Betula*)	0	0,6	0
Erle (*Alnus*)	1,6	2,8	0
Linde (*Tilia*)	3,95	4,95	4,1
Ahorn (*Acer*)	1,55	12,25	21,3
Esche (*Fraxinus*)	0,6	26	37,8
Rot-Buche (*Fagus sylvatica*)	0	2,15	0
Rot-Eiche (*Quercus rubra*)	0	1,5	0
Kastanie (*Aesculus hippocastanum*)	0	0,5	0
Feld-Ahorn (Acer campestre)	0	0,35	0
Kirsche (*Prunus padus*, *P. avium*), Apfel (*Malus*)	0	0,1	0
Sonstige	0	0	4,8

2.1.5 Forstliche Bewirtschaftung

Ein Grundsatz der Forstbetriebsplanung des Leipziger Stadtwaldes ist, die hohe Artenvielfalt nachhaltig zu sichern oder zu verbessern und dabei auch ökonomische Aspekte und die Funktion als Erholungsgebiet zu berücksichtigen (Stadt Leipzig 2012).

Die biologische Vielfalt des Auwaldes ist nicht natürlich, sondern eine Folge der bis 1870 angewandten Mittewaldbewirtschaftung mit Bevorzugung der Eiche. Um die Vielfalt aufrecht zu erhalten und den Anteil der ökologisch wichtigen Stiel-Eiche zu vergrößern, ist es also nötig, gezielte Maßnahmen zu ergreifen (Engelmann 2010). Dafür wurde in der „Konzeption zur Pflege des Leipziger Auwaldes“ ein langfristiger, ökologisch wertvoller Zielbestand (s. Tab. 2) festgelegt, an dem sich jede forstliche Bewirtschaftungsmaßnahme orientieren soll. Um dies zu ermöglichen, wird heutzutage im Leipziger Auwald hauptsächlich Femelbetrieb angewandt. Es werden Femellöcher mit einem Durchmesser von 30 bis 50 m geschlagen, um dort lichtbedürftige Baumarten, hauptsächlich die Stiel-Eiche, zu pflanzen. Die Bestände werden außerhalb der Femellöcher ebenfalls durchforstet, um schwächer vertretene Zielbaumarten zu fördern oder zu pflanzen (Engelmann 2010). Seit 2013 wird der Umkreis von 10 bis 20 m um die Femellöcher noch stärker durchforstet, um dort und auf den Freiflächen mehr Sonneneinstrahlung zur Verfügung zu stellen. Außerdem werden einige Bereiche von den Durchforstungen ausgenommen, um schattenliebenden und störungsanfälligen Arten eine Existenz zu ermöglichen (Sickert 2011). Für die Pflanzungen wird, wenn möglich, Saat aus den Leipziger Flussauen verwendet (Engelmann 2010). Im NSG „Burgaue“ wird aus Gründen

des Naturschutzes (Stadt Leipzig 2012) und zu Vergleichszwecken neben dem Femelbetrieb Mittelwaldbewirtschaftung und Prozessschutz angewandt (Richter & Teubert 2011). Bei allen Maßnahmen wird darauf geachtet, dass vor allem auenwalduntypische und überrepräsentierte Baumarten entnommen werden, die auch ökonomischen Zielsetzungen entsprechen, auch im Hinblick auf die Altersklasse. Ökologisch wertvolle Totbäume werden dabei bewusst belassen (Engelmann 2010).

Tab. 2: Grober, idealer Zielbestand für alle Wälder im „LSG Leipziger Auwald“ (Deckungsgrad im Oberstand) (Quelle: Stadt Leipzig 2012)

Baumart	Anteil (%)
Stiel-Eiche (*Quercus robur*)	40
Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*)	5
Ulmen (*Ulmus spec.*)	5
Winterlinde (*Tilia cordata*)	10
Hainbuche (*Carpinus betulus*)	10
Feld-Ahorn (*Acer campestre*)	5
Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*)	20
Wildobstarten	5

2.1.6 Die Dauerbeobachtungsflächen

Für die naturwissenschaftliche Begleitforschung des Projektes „Lebendige Luppe“ hat das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung gemeinsam mit der Universität Leipzig im Projektgebiet Dauerbeobachtungsflächen angelegt. Diese befinden sich in verschiedenen Abständen (nah, mittel, fern), jedoch in einem Mindestabstand von 20 m zur Trasse der geplanten Maßnahme und haben eine Fläche von je 2500 m². Sie liegen in Beständen, die dem FFH Lebensraumtypen Hartholzauwald oder Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald zugeordnet werden, mindestens 80 Jahre alt sind und die Baumarten *Acer*, *Fraxinus* und *Quercus* enthalten. Auf Mittelwaldflächen wurden keine Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Der Abstand zum nächsten befahrbaren Weg beträgt höchstens 100 m, die Flächen selbst werden allerdings nicht durch Wege, die Flüsse Weiße Elster, Neue Luppe, Nahle, Kleine Luppe oder die Trasse der Maßnahme berührt. Einige der Flächen befinden sich im Stadtwald Leipzig, andere im Bereich des Auwaldes, der vom Staatsbetrieb Sachsenforst bewirtschaftet wird. Im Stadtwald liegen sie südlich der Neuen Luppe und westlich der Kleinen Luppe. Sie werden genutzt, um nach Durchführung der Renaturierungsmaßnahmen Veränderungen erfasster Parameter festzustellen. Die Maßnahmen wurden noch nicht durchgeführt. Die derzeitige Forschungsarbeit dient der Erfassung des Status Quo, um diesen später mit dem Zustand nach der Renaturie-

rung vergleichen zu können. Auf 29 der Flächen (Abb. 1), die sich im Stadtwald befinden, wurden bereits Daten über Vegetation von Krautschicht im Frühlings- sowie Sommeraspekt und alle Bäume mit einem BHD ≥ 5 cm sowie verschiedene Baumparameter erfasst. Erwähnungen von Eschen oder anderen Bäumen im weiteren Text beziehen sich daher auf Individuen mit einem BHD ≥ 5 cm.

Für die Beantwortung der Fragestellungen dieser Bachelorarbeit ist die Erfassung der Eschen mitsamt der verschiedenen Baumparameter relevant. Daher fand die Bonitur des Eschentriebsterbens auf diesen Flächen statt.

Informationen über die 29 Dauerbeobachtungsflächen befinden sich in der Tab. 3.

Auf den Flächen stehen insgesamt 377 Eschen, die untersucht wurden. Einige davon wurden nachträglich jedoch aus der Liste entfernt (s. Punkt 3.1). Der Anteil der Esche an der Bestandesgrundfläche beträgt auf den untersuchten Flächen 39 %. Daher repräsentieren diese den gesamten Auwald, der einen Anteil der Esche von knapp 40 % (Deckungsgrad im Oberstand) aufweist, recht gut. Daten über die Deckungsgrade stehen für die Dauerbeobachtungsflächen nicht zu Verfügung. Neben der einheimischen Esche kommt die Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) auf den Dauerbeobachtungsflächen 12 mal vor sowie 7 mal *Fraxinus spec.*, also Eschen, die nicht genauer spezifiziert werden konnten. Bei der Bonitur wurde lediglich die Gemeine Esche berücksichtigt.

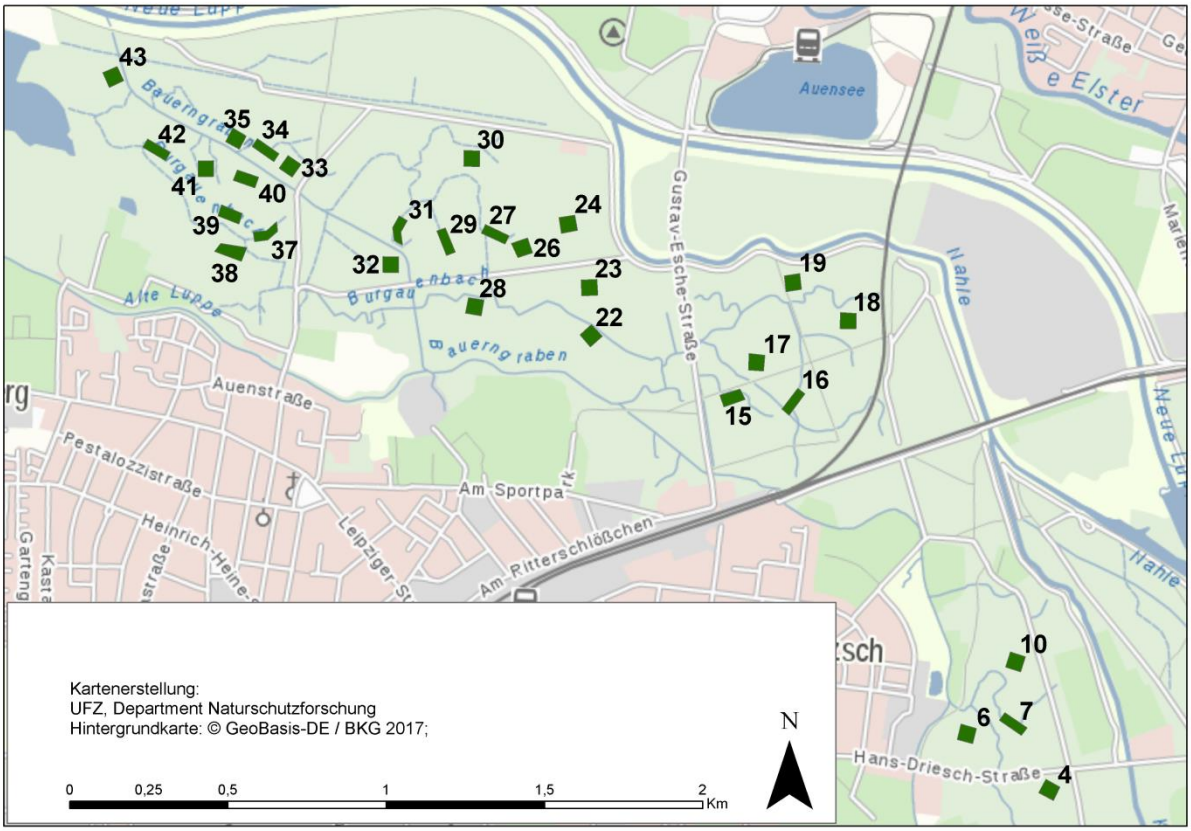

Abb. 1: Die Lage der Dauerbeobachtungsflächen im Nordwestteil des Leipziger Stadtwaldes, auf denen die Eschen bonitiert wurden (Quelle: UFZ)

Tab. 3: Standortparameter und Vorkommen von Baumarten auf den untersuchten Dauerbeobachtungsflächen (DBF)

DBF	Höhe (m ü. NN)	Abstand zum Waldrand (m)	Grundwasser-flurabstand (m)	Kronenöff-nung (%)	Anzahl der Baumarten	Bestandesgrundfläche (m²/DBF) Hainbuche	Ahorn	Esche	Eiche	Linde	Ulme	Rest	gesamt
4	104,84	46,10	1,33	5,76	11	0,11	0,47	3,86	1,17	0,15	1,26	0,18	7,19
6	104,97	77,20	1,69	19,11	11	0,65	2,54	0,21	1,16	0,90	0,02	0,91	6,39
7	104,14	138,70	0,93	16,33	8	0,16	1,87	3,41	0,00	1,85	0,13	0,01	7,41
10	104,36	43,80	1,44	21,14	8	0,80	2,04	2,36	1,48	0,30	0,92	0,00	7,91
15	102,65	23,60	1,49	23,08	10	0,11	1,11	0,01	6,87	0,05	0,17	0,01	8,34
16	102,73	102,00	1,46	34,64	8	0,15	0,96	1,91	3,51	0,32	0,48	0,02	7,36
17	103,11	54,50	1,87	19,72	8	0,00	1,92	2,35	0,13	2,74	0,28	0,01	7,43
18	103,26	60,90	2,12	12,97	8	0,01	2,80	1,43	0,44	0,53	0,18	0,63	6,01
19	103,55	45,30	2,78	8,99	8	0,02	4,05	0,66	1,13	0,10	0,11	0,09	6,16
22	102,72	81,00	1,88	19,92	7	0,00	0,28	4,13	2,20	0,89	0,74	0,00	8,24
23	103,01	50,80	2,33	21,62	8	0,42	1,21	5,79	0,00	1,33	0,30	0,00	9,06
24	102,48	42,10	2,13	13,89	9	0,80	2,37	3,24	4,93	0,26	0,11	0,00	11,71
26	102,17	69,50	1,77	21,25	6	0,37	1,25	4,48	0,00	1,16	0,23	0,00	7,49
27	101,32	125,70	1,49	23,74	10	0,21	2,56	2,69	0,00	0,30	0,01	0,45	6,21
28	102,34	60,60	1,62	25,32	10	0,64	1,12	2,20	2,76	0,37	0,06	0,15	7,29
29	101,29	118,20	1,34	18,89	10	0,27	3,30	0,89	0,47	1,33	0,33	0,79	7,38
30	102,19	50,00	2,16	23,00	8	0,67	1,40	3,69	1,97	1,03	0,02	0,00	8,77
31	100,60	178,20	0,94	25,63	9	0,34	0,99	2,26	0,24	0,10	0,19	1,82	5,94
32	101,81	68,70	1,62	14,95	8	0,80	2,01	3,62	0,00	0,06	0,31	0,01	6,81
33	101,68	55,70	2,22	27,57	6	0,46	1,94	3,89	0,00	1,07	0,03	0,00	7,39
34	100,39	129,80	1,59	34,12	12	0,25	0,91	1,44	0,65	0,76	0,36	0,29	4,67
35	101,35	151,60	2,14	26,04	7	0,20	1,11	3,20	0,00	0,63	0,53	1,92	7,59
37	100,70	91,20	1,28	19,52	9	0,16	0,87	2,97	0,00	0,87	0,68	1,37	6,93
38	100,78	31,50	1,38	23,88	13	1,15	2,16	4,12	0,18	1,73	0,29	2,52	12,14
39	101,44	86,10	1,82	20,48	8	0,60	1,60	5,97	0,00	0,77	0,61	0,00	9,55
40	101,63	30,00	2,10	16,32	10	0,74	0,80	4,95	0,56	1,60	0,03	0,06	8,73
41	101,17	50,00	1,87	12,07	12	0,27	0,67	5,25	0,50	0,46	0,49	0,21	7,84
42	100,47	29,30	1,93	26,54	10	0,70	1,24	2,85	0,16	1,53	0,11	3,08	9,67
43	100,96	83,70	2,43	21,31	10	0,04	1,78	5,31	2,10	1,43	0,20	0,08	10,94

2.2 Die Esche im Leipziger Auwald

Im Jahre 1833 wurde erstmals der Anbau der Esche im Leipziger Auwald dokumentiert. Davor kam sie nur in unbedeutender Anzahl vor (Gläser 2005). Seit 1861 sind Schlagmengen notiert, welche stetig stiegen. So wurde die Esche von einer im Leipziger Auwald unbedeutenden zur dominierenden Baumart. Ihr Anteil stieg von 1870 bis 1925 von 0,6 % auf 26 % (Tab. 1). Dies wurde erst durch den Wechsel zur Hochwaldwirtschaft und das Ausbleiben der Überflutungen und Staunässe möglich (Gläser 2001).

Heute liegt der Anteil der Esche im LSG Leipziger Auwald bei etwa 40 % womit sie die häufigste Baumart ist. Allerdings sind viele Bestände überaltert und dürften in den nächsten Jahren absterben. Der angestrebte Anteil der Esche liegt bei 20 % zu Gunsten der Stiel-Eiche (Engelmann & Seltmann 2010a) (Tab. 2).

2.3 Standortansprüche der Esche

Die Esche erreicht ihr optimales Wachstum auf tiefgründigen, mineralischen, frischen bis feuchten Böden in spätfrostfreien Lagen (Roloff & Pietzarka 1997). Da sie stark transpiriert, ist eine gute Wasserversorgung notwendig, besonders in den Monaten Mai und Juni (Roloff & Pietzarka 1997). Außerdem benötigt sie viel Licht und eine recht hohe Luftfeuchtigkeit (Roloff & Pietzarka 1997). Aufgrund ihrer hohen ökologischen Potenz, vor allem in Bezug auf den Wasserhaushalt, kann sie allerdings auch Standorte besiedeln, die recht weit außerhalb ihres Optimums liegen. Dazu wird sie häufig sogar gezwungen, da sie in ihrem optimalen Habitat oft von der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) verdrängt wird und deshalb hauptsächlich auf Standorten vorkommt, die für diese zu trocken oder zu feucht sind. Daher findet man die Esche oft an Auenstandorten oder aber auch auf flachgründigen Rendzinen (Roloff & Pietzarka 1997). Die Toleranz gegenüber Überflutungen ist standortabhängig (Gläser 2001) und beträgt 1 bis 3 Monate in der Vegetationsperiode. Allerdings ist die Esche intolerant gegenüber stehendem, sauerstoffarmem Wasser (Thomas et al. 2016).

Während die Esche in der Jugend noch sehr schattentolerant ist, entwickelt sie sich später zu einer Lichtbaumart. Daher wächst die junge Esche schnell in die Höhe, um das Kronendach zu durchbrechen (Roloff & Pietzarka 1997).

2.4 Das Eschentriebsterben

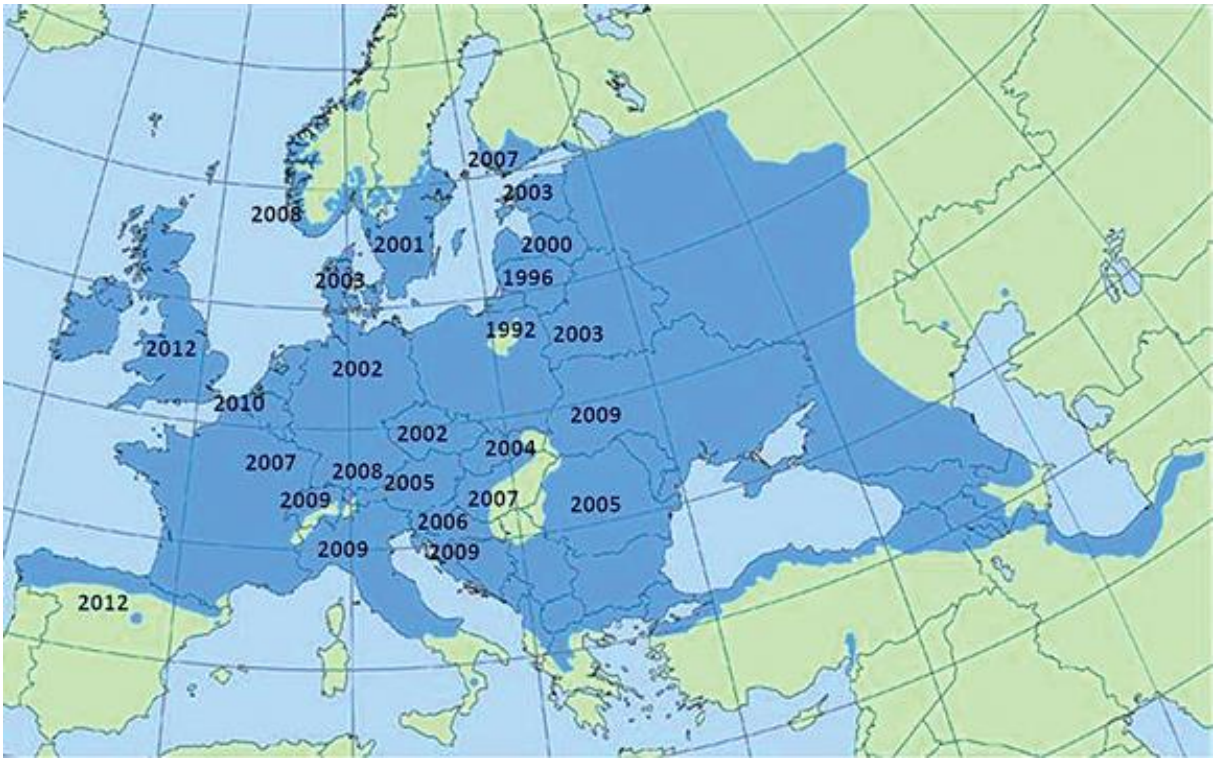

Abb. 2: Verbreitungsgebiet der Gemeinen Esche mit der Jahreszahl des ersten Auftretens des Eschentriebsterbens in den einzelnen Ländern bis 2014 (Quelle: Bartha et al. 2014)

Im Jahre 2006 entdeckte T. Kowalski in Polen den Zusammenhang zwischen dem Eschentriebsterben und einer neuen Schlauchpilzart, die er *Chalara fraxinea* nannte (vgl. Kowalski 2006). Später wurde diese fälschlicherweise als die Anamorphe des Weißen Stängelbecherchens (*Hymenoscyphus albidus*) deklariert. Allerdings sprach die rasante Verbreitung der neuen Krankheit gegen *H. albidus* als Verursacher des Eschentriebsterbens, da dieser eine in Europa einheimische und weit verbreitete Pilzart ist (Kowalski & Holdenrieder 2009). Es stellte sich heraus, dass *H. albidus* zwei Untergruppen umfasst, die morphologisch nicht eindeutig auseinanderzuhalten sind, *H. albidus* und *H. pseudoalbidus*. Letzterer ist Verursacher des Eschentriebsterbens (Queloz et al. 2011). Heute wird er *H. fraxineus* genannt (Baral et al. 2014). Dieser ist wahrscheinlich aus Asien eingewandert, wo er als *Lambertella albida* beschrieben war, was solange als Synonym für *H. albidus* galt. Dort wird die Mandschurische Esche (*Fraxinus mandshurica*) ebenfalls befallen, zeigt dabei jedoch kaum Symptome des Eschentriebsterbens (Zhao et al. 2013).

Das Eschentriebsterben wurde zum ersten Mal in den frühen 1990er Jahren in Polen beobachtet (Gross et al. 2014). Kurz darauf trat es in Litauen auf, dann im ganzen Baltikum, Skandinavien und Mitteleuropa (Abb. 2). Im Jahre 2002 wurde es zum ersten Mal in Norddeutsch-

land beobachtet (Schumacher 2011). Seit 2011 sind auch die Eschen im Leipziger Auwald betroffen (Sievert 2013). Im November 2015 hatte sich das Eschentriebsterben auf 29 europäische Länder verbreitet und damit auf den Großteil des Verbreitungsgebietes der Esche (Kirisits et al. 2016).

3 Methoden

3.1 Schadbonitur

Die Bonitur der Eschen erfolgte vom 27.07.2016 bis zum 05.08.2016 auf den beschriebenen Dauerbeobachtungsflächen im Leipziger Stadtwald (Abb. 1). H. Linhart, ein Förster der Abteilung Stadtforsten der Stadt Leipzig, hat bereits seit 2011 auf anderen Flächen die Intensität des Eschentriebsterbens im Leipziger Stadtwald erfasst. Dafür verwendete er den Boniturschlüssel der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt von 2009 (Abb. 3). Um Vergleiche der beiden Bonituren zu ermöglichen, wurde jener auch für diese Arbeit verwendet.

Symptome wie Käferbefall oder sekundärer Pilzbefall sind bei den teilweise über 40 m hohen Eschen schwierig zu beobachten. Daher wurde für die Bewertung lediglich das Bild der Krone verwendet. So wurden die Eschen einzeln angelaufen und mit einer der Schadstufen 0–5 (Abb. 3) bewertet.

Einigen Eschen konnte aufgrund von Sturmschäden keine Schadstufe zugeordnet werden. Anderen, da sie vermutlich durch die Überschwemmungen von 2011 bzw. 2013 oder damit zusammenhängendes Stauwasser abgestorben waren und nicht durch das Eschentriebsterben. Dies war auf den Dauerbeobachtungsflächen 16 und 37 der Fall. Dort befanden sich die Bäume in einer Senke, in der auch andere Baumarten, unter anderem Stiel-Eichen, abgestorben waren. In einem anderen Fall war ein Spitz-Ahorn irrtümlicherweise als Esche erfasst worden. Diese Bäume wurden vor der Auswertung aus der Liste entfernt. Dafür wurde eine Esche, die fälschlicherweise als Berg-Ahorn erfasst worden war, hinzugefügt. So änderte sich die Anzahl der Eschen von 377 auf 367.

Stufe 0		**Stufe 1**	
vitale Esche, ohne Symptome des ETS im Kronenbereich; volle Belaubung; kein Käferbefall		Krone mit etwas reduzierter Belaubung; noch keine typische Triebschädigung erkennbar; kein Käferbefall	
Stufe 2		**Stufe 3**	
Krone mit schütterer Belaubung und mit beginnenden typischen ETS-Symptomen in der Kronenperipherie: verbraunte junge Triebspitzen; kein Befall durch rindenbrütende Käfer oder durch andere sekundäre Schaderreger		Krone von außen her stärker aufgelichtet, mit zahlreichen Totästen und typischen ETS-Symptome im Kronenbereich (verbraunte junge Triebspitzen); nur vereinzelt Einbohrversuche von Rindenbrütern (i. d. R. noch erfolglos)	
Stufe 4		**Stufe 5**	
„Zurücktrocknen“ der Krone von außen nach innen; viele Totäste; nur noch im inneren Kronenbereich büschelige Restbelaubung; typische ETS-Symptome nach Probefällung sichtbar; stärkere belaubte Äste tlw. schon halbseitig trocken; beginnender Befall rindenbrütender Käfer (Kleiner Bunter und Gr. Schwarzer Eschenbastkäfer); beginnender Befall Holz abbauender Schwächeparasiten (z.B. Hallimasch)		Baum abgestorben oder absterbend; Krone ohne Belaubung; im Stammbereich teilweise noch vereinzelte Nottriebe; starker Befall mit rindenbrütenden Käfern (z.B. Kleiner Bunter und Großer Schwarzer Eschenbastkäfer) in der Krone, aber auch am Stamm beginnend; Weißfäule am Stammfuß und im Wurzelbereich	

Abb. 3: Boniturschlüssel der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt von 2009 (Quelle: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt 2009); ETS ≙ Eschentriebsterben

3.2 Baumparameter

Bei der Waldinventur von 2014 wurden die Bäume der Dauerbeobachtungsflächen erfasst und nummeriert. Dabei wurde jeder Baum digital unter einer Nummer gespeichert und mit einer Plakette gekennzeichnet. Zusätzlich wurde die Position jedes Baumes und die Geländehöhe

des Stammfußes mithilfe eines Tachymeters und eines Differential GPS-Gerätes erfasst und auch eine Vielzahl von Baumeigenschaften, darunter neben der Baumart auch der BHD, die Baumhöhe, die Kronenansatzhöhe, die soziale Stellung (KRAFT'sche Klasse) und die Überschirmung. Die Merkmale BHD, Baumhöhe und KRAFT'sche Klasse werden in dieser Bachelorarbeit auf eine mögliche Auswirkung auf das Eschentriebsterben untersucht. Des Weiteren wird überprüft, inwieweit diese drei Merkmale miteinander zusammenhängen.

3.3 Standortfaktor Grundwasserflurabstand

Da der Grundwasserspiegel in den Bereichen der Altarme der Luppe nach Durchführung der Renaturierungsmaßnahmen voraussichtlich ansteigen wird, soll untersucht werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Grundwasserflurabstand und dem Eschentriebsterben besteht. Das UFZ arbeitet zurzeit an einem neuen Grundwassermodell, mit dem es möglich sein wird, den Grundwasserflurabstand jedes einzelnen Baumes zu erfassen. Dieses stand zum Zeitpunkt der Auswertung jedoch noch nicht zur Verfügung. Die hier verwendeten Grundwasserflurabstandswerte stammen aus einem älteren Modell von 2013, das von Wissenschaftlern, die am Projekt „Lebendige Luppe" arbeiten, zur internen Verwendung erstellt wurde. Dabei wurde nicht, wie im neuen Modell geplant, jedem Baum, sondern lediglich jeder Dauerbeobachtungsfläche ein Grundwasserflurabstandswert zugeordnet. Daher wurde bei der Auswertung für sämtliche Eschen einer Dauerbeobachtungsfläche derselbe Wert verwendet. Sobald das neue Modell fertiggestellt ist, kann diese Auswertung noch einmal mit genauen Werten für jeden einzelnen Baum überarbeitet werden. Die Spalte „Grundwasserflurabstand (m)" der Tab. 3 enthält die verwendeten Werte. Der Grundwasserflurabstand variiert von 0,93 m bei Fläche 7 bis 2,43 m bei Fläche 43.

Für die Auswertung wurde jede Esche in eine von drei Grundwasserflurabstand-Klassen eingeteilt. Auf diese Weise konnte jeder Baum individuell und gleichgewichtet in die Auswertung eingehen. Auf eine Auswertung ausgehend von einer Bewertung und einem anschließendem Vergleich der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen wurde bewusst verzichtet, da die Anzahl der Eschen pro Fläche zwischen 4 und 25 schwankt. Die Anzahlen der Eschen in den drei verschiedenen Klassen, in denen das Ergebnis dargestellt wurde, sind hingegen vergleichbar (s. Punkt 4.3).

Des Weiteren wurde geprüft, ob eine zufällig ungleiche Verteilung der Baumparameter auf die 3 Grundwasserflurabstand-Klassen einen möglichen Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben relativieren könnte. Dafür wurde die Verteilung der

BHD auf die Grundwasserflurabstand-Klassen untersucht. Die BHD wurden stellvertretend für die 3 Baumparameter verwendet.

3.4 Auswertung

Für die Auswertung wurde eine Excel- bzw. OpenOffice-Tabelle benutzt, die aus einer Attributtabelle eines ArcGIS-Layers, der die Waldinventur von 2014 beinhaltet, extrahiert wurde. In dieser sind alle erfassten Bäume der Dauerbeobachtungsflächen und verschiedene Baumparameter aufgelistet. Daraus wurden die Eschen mit den für diese Bachelorarbeit wichtigen Parametern „Baumhöhe“, „BHD“ und „KRAFT’sche Klasse“ herauskopiert und in eine neue Tabelle eingefügt. Diese wurde dann um die Grundwasserflurabstandswerte der Tab. 3 und schließlich auch um die jeder Esche nach dem angesprochenen Boniturschlüssel (Abb. 3) zugeordnete Schadstufe erweitert. Die so entstandene Rohdatentabelle befindet sich im Anhang dieser Bachelorarbeit. Ausgehend von dieser erfolgte die Darstellung und Auswertung der Ergebnisse. Es wurden mittels der Programme Microsoft Excel Starter und OpenOffice Calc verschiedene Diagramme und Tabellen erstellt, welche die Zusammenhänge darstellen.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind im Folgenden in Form von Säulendiagrammen dargestellt. Dabei befinden sich auf der X-Achse stets die eingeteilten Klassen des untersuchten Faktors und auf der Y-Achse die prozentualen Anteile, zu denen die jeweiligen Schadstufen unter den Bäumen der einzelnen Klassen vorkommen. Die 6 Schadstufen (0 bis 5) sind im Diagramm durch verschiedene Farben dargestellt. Oberhalb jeder Säule befindet sich die Angabe der Anzahl der durch die Säule repräsentierten Eschen. Zusätzlich zu den Diagrammen sind die Ergebnisse in Tabellen dargestellt, denen man ebenfalls die prozentualen Anteile jeder Schadstufe pro Klasse entnehmen kann. Aufgrund der Subjektivität der Erfassung und zur Vereinfachung der Interpretation der Ergebnisse sind die Eschen in den Tabellen zusätzlich in „gesunde“, „geschädigte“ und „stärker geschädigte“ Eschen eingeteilt. Insbesondere die Unterscheidung der Schadstufen 0 und 1 ist sehr subjektiv, da beide laut Definition noch keine typischen Triebschädigungen aufweisen (s. Abb. 3). Eine Auflichtung der Krone (Schadstufe 1) hat also nicht zwangsläufig das Eschentriebsterben als Ursache. Aus diesen Gründen sind die Eschen dieser Schadstufen in den Tabellen als „gesund“ zusammengefasst. Als „geschädigt“ gelten alle nicht „gesunden“ Eschen, also diejenigen, denen die Schadstufen 2 bis 5 zugeordnet wurden.

Die Eschen der Schadstufen 3, 4 und 5 sind als „stärker geschädigt“ deklariert. Die „stärker geschädigten“ Eschen sind also in den „geschädigten“ enthalten.
Sämtliche Prozentangaben in allen folgenden Tabellen sind aus Gründen der Übersicht auf ganze Zahlen gerundet.

4.1 Ergebnisse der Schadbonitur

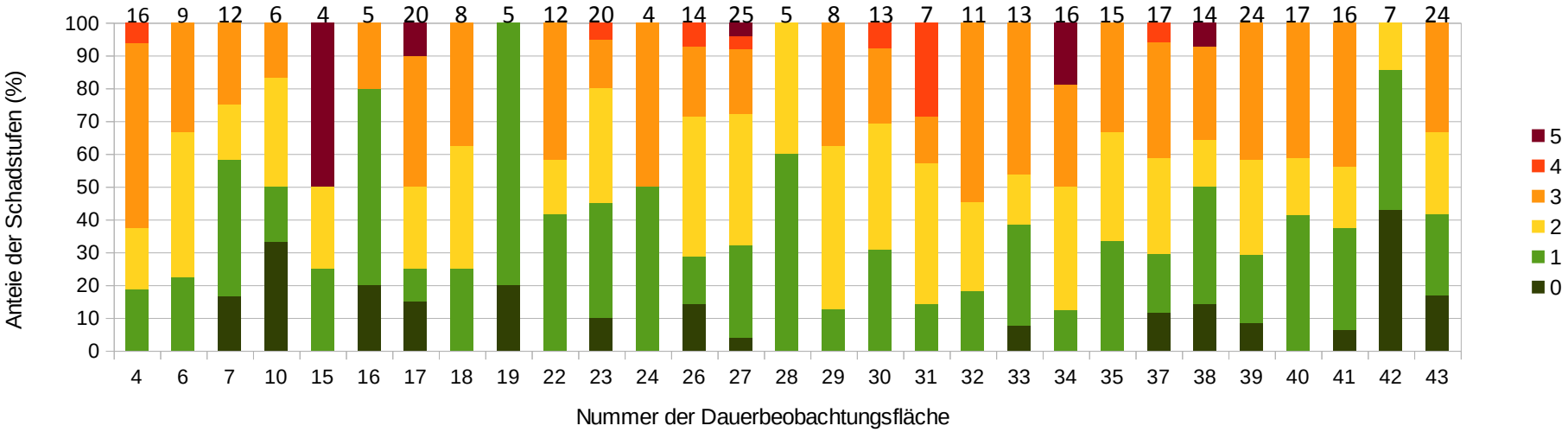

Abb. 4: Anteile der Schadstufen unter den Eschen jeder einzelnen Dauerbeobachtungsfläche; Die Anzahl (n) der Eschen jeder Dauerbeobachtungsfläche ist oberhalb der entsprechenden Säule vermerkt

Tab. 4: Anteile der Schadstufen jeder einzelnen Dauerbeobachtungsfläche und der gesamten untersuchten Eschen (%)

Schadstufe	**Dauerbeobachtungsfläche**																													
	4	**6**	**7**	**10**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**22**	**23**	**24**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**gesamt**
0	0	0	17	33	0	20	15	0	20	0	10	0	14	4	0	0	0	0	0	8	0	0	12	14	8	0	6	43	17	8
1	19	22	42	17	25	60	10	25	80	42	35	50	14	28	60	13	31	14	18	31	13	33	18	36	21	41	31	43	25	28
2	19	44	17	33	25	0	25	38	0	17	35	0	43	40	40	50	38	43	27	15	38	33	29	14	29	18	19	14	25	28
3	56	33	25	17	0	20	40	38	0	42	15	50	21	20	0	38	23	14	55	46	31	33	35	29	42	41	44	0	33	32
4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	7	4	0	0	8	29	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	2
5	0	0	0	0	50	0	10	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	19	0	0	7	0	0	0	0	0	2
gesunde Eschen	19	22	58	50	25	80	25	25	100	42	45	50	29	32	60	13	31	14	18	38	13	33	29	50	29	41	38	86	42	36
geschädigte Eschen	81	78	42	50	75	20	75	75	0	58	55	50	71	68	40	88	69	86	82	62	88	67	71	50	71	59	63	14	58	64
stärker geschädigte Eschen	63	33	25	17	50	20	50	38	0	42	20	50	29	28	0	38	31	43	55	46	50	33	41	36	42	41	44	0	33	37

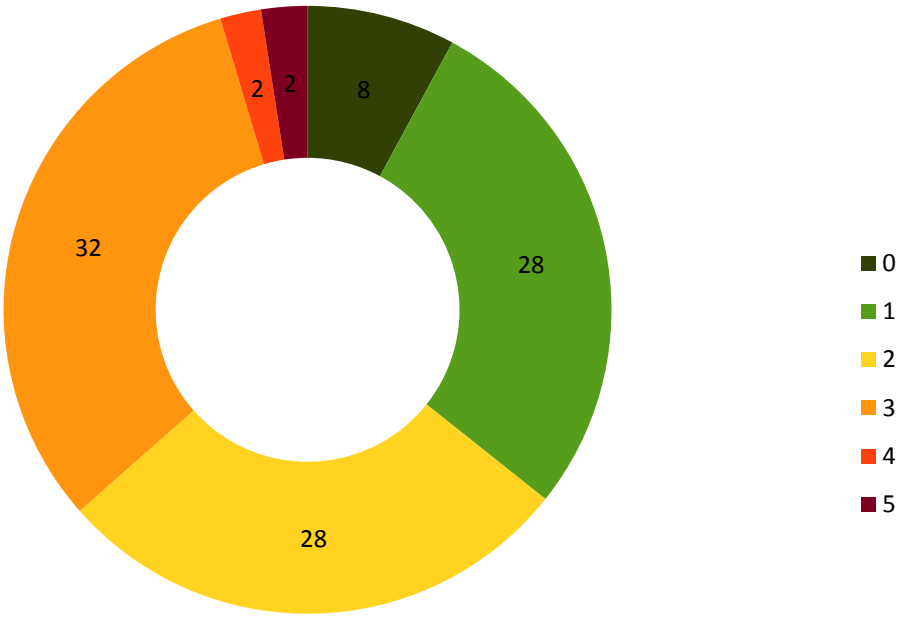

Abb. 5: Anteile (%) der Schadstufen 0 bis 5 aller untersuchten Eschen (N= 367)

Aus der Abb. 5 und der Spalte „gesamt“ der Tab. 4, die die prozentualen Anteile der einzelnen Schadstufen an allen untersuchten Eschen darstellen, ergibt sich, dass 36 % aller Eschen auf den Dauerbeobachtungsflächen keine eindeutigen Symptome des Eschentriebsterbens aufweisen. Die übrigen 64 %, also fast 2/3, sind jedoch befallen. Dabei sind 37 %, also deutlich über 1/3 sogar „stärker geschädigt“ (Beim Zusammenzählen der Anteile der Schadstufen 3, 4 und 5 aus Tab. 4 bzw. Abb. 5 erhält man 36 %. Das liegt daran, dass die Angaben gerundet sind). Abgestorbene sowie vom Absterben bedrohte Eschen oder solche, die nur noch eine büschelige Restbelaubung im inneren Kronenbereich besitzen (Schadstufe 4 u. 5), sind jedoch sehr selten. Vollständig gesunde Kronen (Schadstufe 0) sind mit 8 % allerdings auch selten. Am stärksten vertreten sind die Schadstufen 1, 2 und 3, mit jeweils etwa 30 %.

Aus der Abb. 4 sowie der Tab. 4, die das prozentuale Auftreten der Schadstufen für jede einzelne Dauerbeobachtungsfläche darstellen, ist ersichtlich, dass die verschiedenen Flächen deutliche Unterschiede in der Verteilung der Schadstufen aufweisen.

4.2 Zusammenhang zwischen Baumparametern und Eschentriebsterben

Die Ergebnisse der Untersuchung eines Zusammenhanges zwischen den Merkmalen Baumhöhe, BHD und sozialer Stellung (KRAFT’sche Klasse) der Eschen und dem Eschentriebsterben sind im Folgenden ebenfalls in Form von Diagrammen dargestellt.

4.2.1 BHD

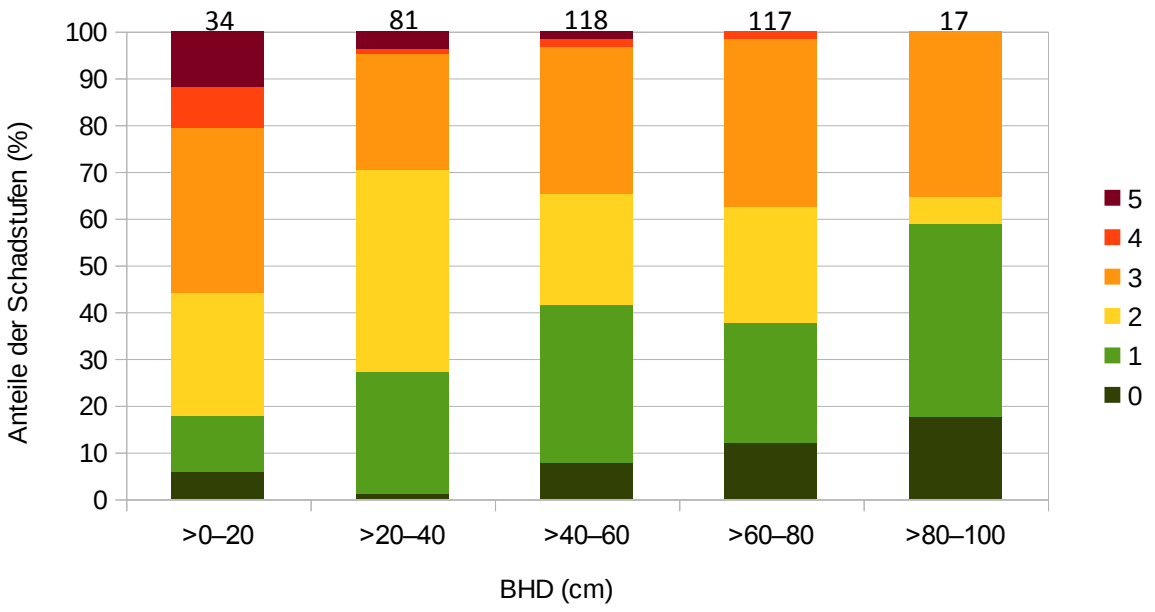

Abb. 6: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen BHD-Klassen; Die Anzahl (n) der Eschen jeder Klasse ist oberhalb der entsprechenden Säule vermerkt

Tab. 5: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen BHD-Klassen (%)

Schadstufe	BHD (cm)				
	>0–20	>20–40	>40–60	>60–80	>80–100
0	6	1	8	12	18
1	12	26	34	26	41
2	26	43	24	25	6
3	35	25	31	36	35
4	9	1	2	2	0
5	12	4	2	0	0
gesunde Eschen	18	27	42	38	59
geschädigte Eschen	82	73	58	62	41
stärker geschädigte Eschen	56	30	35	38	35

Die untersuchten Eschen wurden in 5 BHD-Klassen eingeteilt. Eine Klasse umfasst jeweils einen Bereich von 20 cm. Die Abb. 6 und die Tab. 5 zeigen einen Anstieg des Anteils „gesunder“ Eschen mit dem Anstieg des BHD und dementsprechend eine Abnahme des Anteils „geschädigter“ Eschen. Lediglich die Klassen der Eschen mit einem BHD von 40–60 cm und von 60–80 cm bilden eine Ausnahme, da hier die Klasse mit dem geringeren BHD einen höheren Anteil „gesunder“ Eschen aufweist. Die Anteile der „stärker geschädigten“ Eschen weisen keine deutliche Abnahme mit dem BHD auf. Bei den Eschen mit einem BHD von unter 20 cm beträgt der Anteil zwar 56 % und ist damit eindeutig am höchsten, in den anderen

Klassen ist jedoch keine durchgängige Abnahme zu erkennen, sondern Schwankungen im Anteil zwischen 30 und 38 %. Bei den Schadstufen 4 und 5 scheint wieder ein Zusammenhang mit dem BHD vorzuliegen. Der gemeinsame Anteil sinkt bei steigendem BHD. Die größten Anteile liegen bei der Klasse mit dem geringsten BHD. Bei Bäumen mit sehr großem BHD kommen diese Schadstufen kaum bzw. gar nicht vor.

4.2.2 Baumhöhe

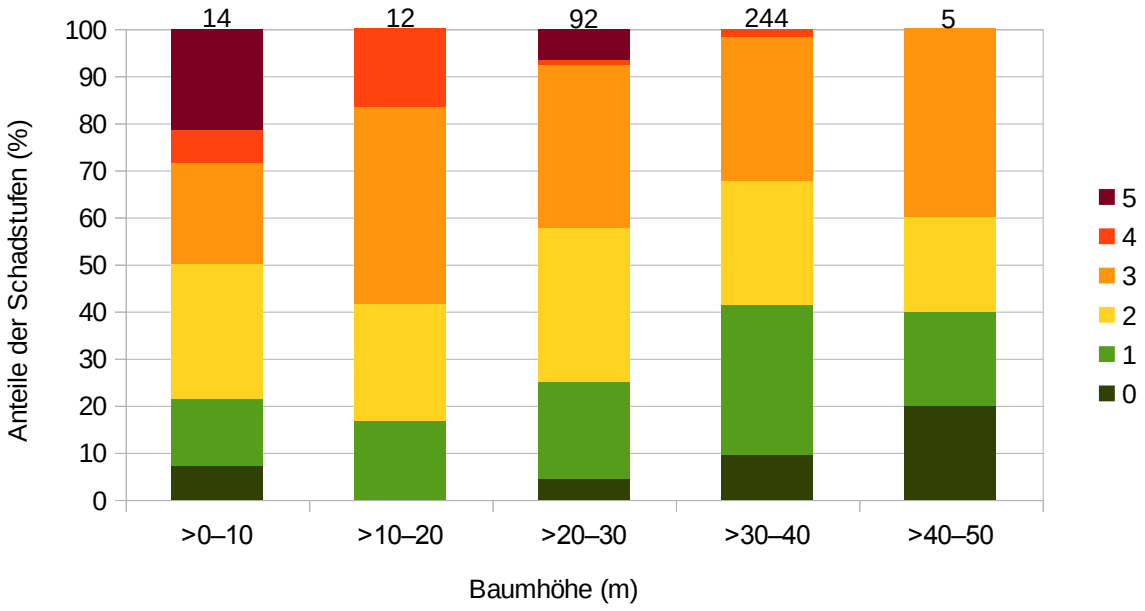

Abb. 7: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Klassen der Baumhöhe; Die Anzahl (n) der Eschen jeder Klasse ist oberhalb der entsprechenden Säule vermerkt

Tab. 6: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Klassen der Baumhöhe (%)

Schadstufe	Baumhöhe (m)				
	>0–10	**>10–20**	**>20–30**	**>30–40**	**>40–50**
0	7	0	4	9	20
1	14	17	21	32	20
2	29	25	33	26	20
3	21	42	35	31	40
4	7	17	1	2	0
5	21	0	7	0	0
gesunde Eschen	21	17	25	41	40
geschädigte Eschen	79	83	75	59	60
stärker geschädigte Eschen	50	58	42	32	40

Für die Auswertung der Untersuchung eines Zusammenhanges zwischen Baumhöhe und Eschentriebsterben wurden die untersuchten Eschen in 5 Klassen aufgeteilt, in Schritten von

jeweils 10 m. Die Anzahl der Eschen pro Klasse variiert sehr stark. Die Klassen bis 10 m sowie 10–20 m und vor allem die Klasse über 40 m beinhalten nur sehr wenige Eschen.

Die Ergebnisse, die aus der Abb. 7 und der Tab. 6 hervorgehen, deuten auf einen ähnlichen Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Eschentriebsterben wie beim BHD hin. Die Anteile der Schadstufen steigen bzw. sinken zwar nicht kontinuierlich mit der Baumhöhe, aber ein Trend ist eindeutig erkennbar. Im Trend steigt der Anteil „gesunder“ Eschen mit Zunahme der Baumhöhe. Dementsprechend sinkt der Anteil „geschädigter“ Eschen. Auch der Anteil „stärker geschädigter“ Eschen ist bei geringeren Baumhöhen durchschnittlich deutlich größer als bei höheren. Eindeutig ist auch, dass die Schadstufe 4 kaum und die Schadstufe 5 gar nicht bei Eschen mit einer Höhe von über 30 m auftritt.

4.2.3 KRAFT‘sche Klasse

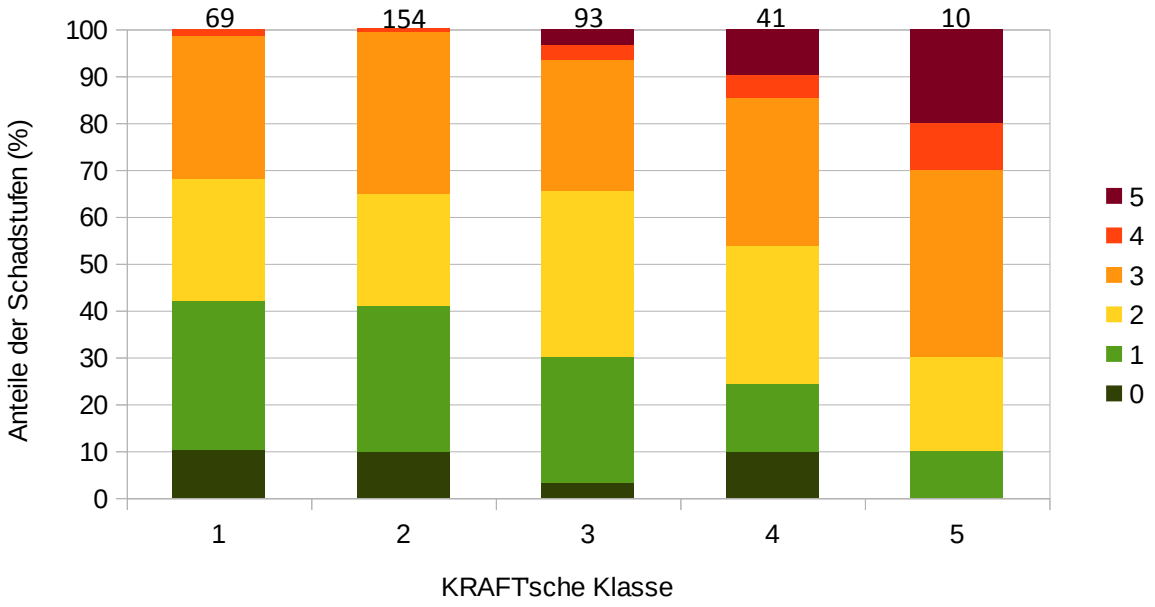

Abb. 8: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen KRAFT’schen Klassen; Die Anzahl (n) der Eschen jeder Klasse ist oberhalb der entsprechenden Säule vermerkt

Tab. 7: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen KRAFT'schen Klassen (%)

Schadstufe	KRAFT'sche Klasse				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
0	10	10	3	10	0
1	32	31	27	15	10
2	26	24	35	29	20
3	30	34	28	32	40
4	1	1	3	5	10
5	0	0	3	10	20
gesunde Eschen	42	41	30	24	10
geschädigte Eschen	58	59	70	76	90
stärker geschädigte Eschen	32	35	34	46	70

Für die Auswertung der Untersuchung eines Zusammenhanges zwischen sozialer Stellung der Eschen und Eschentriebsterben war die Einteilung in 5 Klassen nach den 5 KRAFT'schen Klassen vorgegeben. Mit Ausnahme der Klasse 5 sind die Anzahlen der Eschen deutlich gleichmäßiger auf die Klassen verteilt als bei der Auswertung der Baumhöhe. Aus der Abb. 8 und der Tab. 7 ist zu erkennen, dass der Anteil „gesunder" Eschen kontinuierlich sinkt mit sinkender sozialer Stellung (≙ steigender KRAFT'scher Klasse). Der Anteil „geschädigter" Eschen steigt dementsprechend. Auch der Anteil „stärker geschädigter" Eschen nimmt mit sinkender sozialer Stellung zu. Die Kontinuität der Zunahme ist lediglich zwischen KRAFT'scher Klasse 2 und 3 sehr geringfügig unterbrochen. Während der Anteil in den ersten drei KRAFT'schen Klassen zwischen 32 und 35 % schwankt, steigt er bei einer weiteren Abnahme der sozialen Stellung stark an. Bei Klasse 4 auf 46 % und bei Klasse 5 sogar auf 70 %. Die Schadstufe 4 kommt in den KRAFT'schen Klassen 1 und 2 kaum und die Schadstufe 5 gar nicht vor. Sie treten überwiegend bzw. ausschließlich in den KRAFT'schen Klassen 3 bis 5 auf und dort mit einer deutlichen kontinuierlichen Zunahme, einhergehend mit der Abnahme der sozialen Stellung.

4.2.4 Zusammenhang der einzelnen Baumparameter

Die Zusammenhänge zwischen den 3 jeweiligen Baumparametern und dem Eschentriebsterben ähneln sich stark. Die Ergebnisse der Prüfungen, inwieweit sie miteinander zusammenhängen sind in den Diagrammen Abb. 9, 10 u. 11 dargestellt. Diese stellen jeweils 2 der 3 Parameter gegenüber. In jedem der 3 Diagramme ist ein Zusammenhang erkennbar. Bei einer Zunahme des einen Merkmals steigt auch das andere. Die Merkmale BHD, Baumhöhe und soziale Stellung hängen bei den untersuchten Eschen also miteinander zusammen. Bei Abb. 10 und 11 ist eine Sättigungskurve zu erkennen. Bei einem hohen BHD bzw. einer hohen sozialen Stellung ist die Zunahme der Baumhöhe mit dem Anstieg des jeweiligen anderen

Merkmals weniger stark als bei einem geringeren BHD bzw. einer geringeren sozialen Stellung.

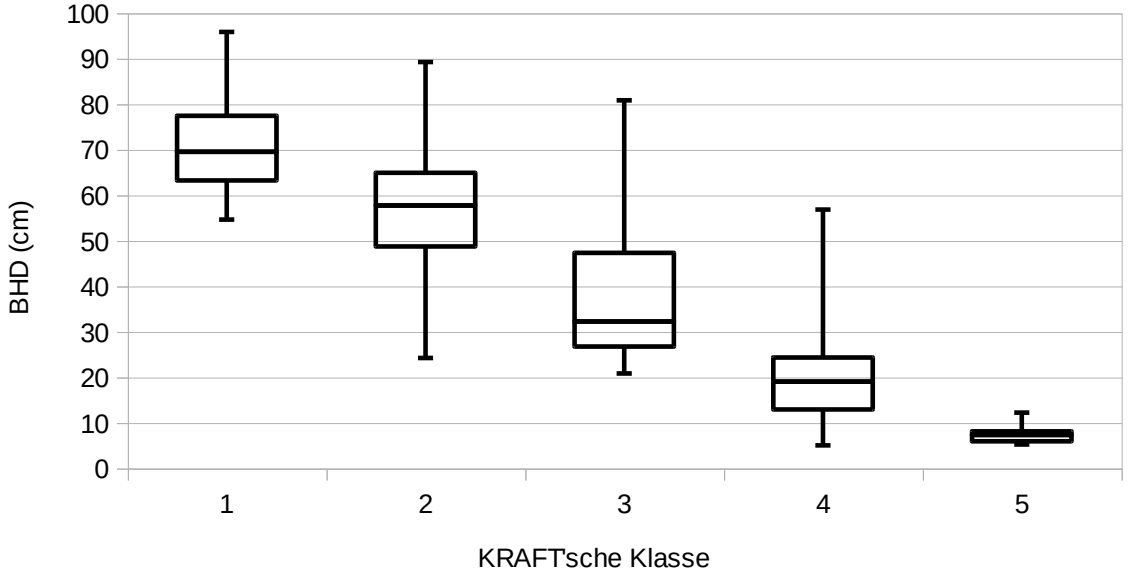

Abb. 9: Zusammenhang zwischen BHD und KRAFT'scher Klasse der untersuchten Eschen; Mittlerer Balken ≙ Median; Begrenzungen der Box ≙ oberes bzw. unteres Quartil; Whiskers ≙ Maximum bzw. Minimum; Klasse 1: n=69; Klasse 2: n=154; Klasse 3: n=93; Klasse 4:n=41; Klasse 5: n=10

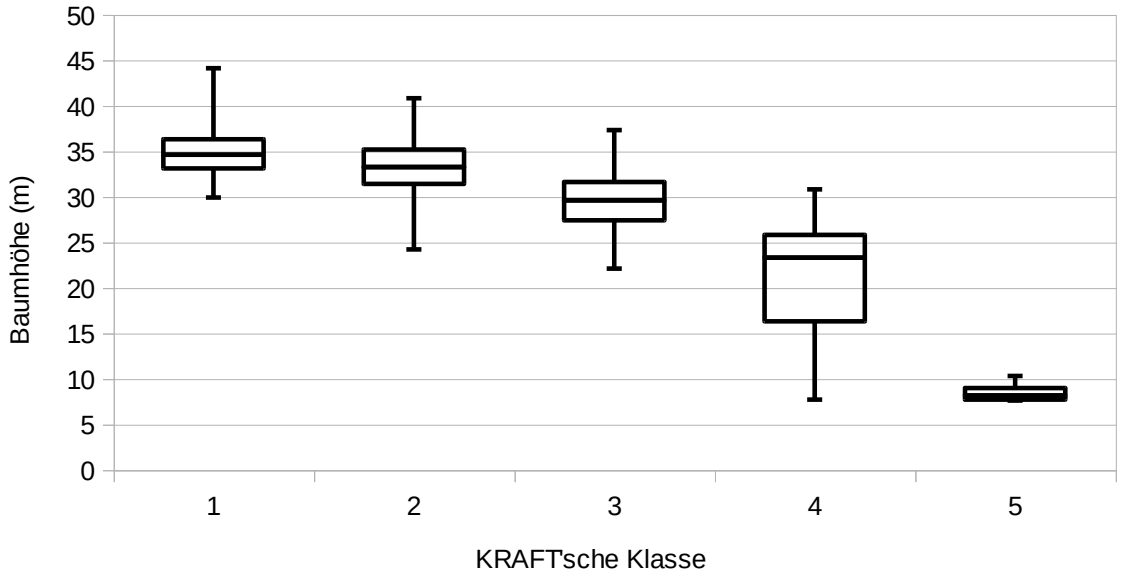

Abb. 10: Zusammenhang zwischen Baumhöhe und KRAFT'scher Klasse der untersuchten Eschen; Mittlerer Balken ≙ Median; Begrenzungen der Box ≙ oberes bzw. unteres Quartil; Whiskers ≙ Maximum bzw. Minimum; Klasse 1: n=69; Klasse 2: n=154; Klasse 3: n=93; Klasse 4:n=41; Klasse 5: n=10

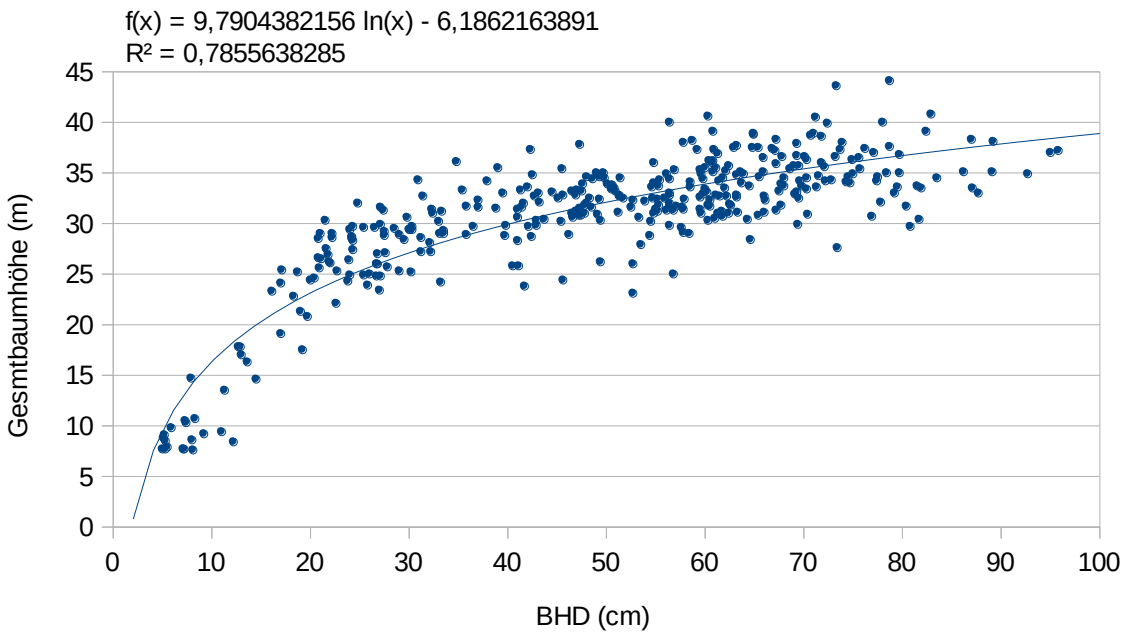

Abb. 11: Zusammenhang zwischen Baumhöhe und BHD der untersuchten Eschen; f(x) ≙ Regressionsfunktion; R^2 ≙ Bestimmtheitsmaß

4.3 Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben

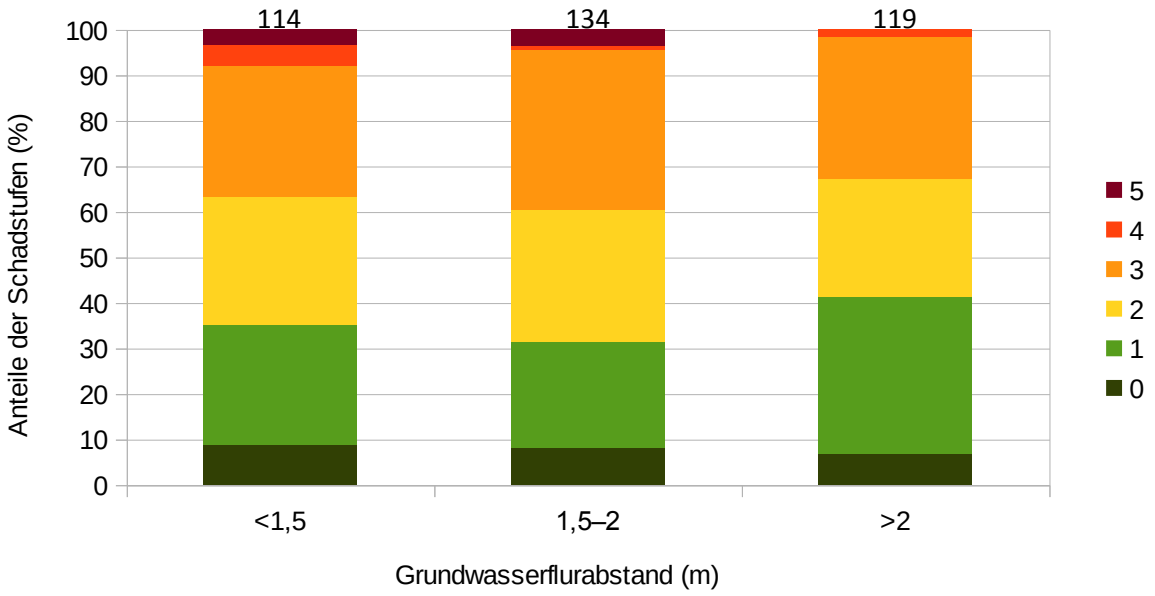

Abb. 12: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Grundwasserflurabstand-Klassen; Die Anzahl (n) der Eschen jeder Klasse ist oberhalb der entsprechenden Säule vermerkt

Tab. 8: Anteile der Schadstufen in den verschiedenen Grundwasserflurabstand-Klassen (%)

Schadstufe	Grundwasserflurabstand (m)		
	<1,5	1,5–2	>2
0	9	8	7
1	26	23	34
2	28	29	26
3	29	35	31
4	4	1	2
5	4	4	0
gesunde Eschen	35	31	41
geschädigte Eschen	65	69	59
stärker geschädigte Eschen	37	40	33

Um den Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben zu untersuchen, wurden die Eschen in drei Klassen eingeteilt: Mit einem Grundwasserflurabstand von unter 1,5 m, von 1,5–2 m und von über 2 m. Die Baumanzahlen der einzelnen Kategorien befinden sich in vergleichbaren Größenordnungen und liegen jeweils bei über 100 Bäumen.

In Abb. 12 und Tab. 8 ist das Ergebnis der Untersuchung abgebildet. Es geht kein durchgängiger Anstieg oder Abfall der „geschädigten“ oder „stärker geschädigten“ Eschen mit der Zunahme des Grundwasserflurabstandes einher. Die „mittlere“ Klasse ist stattdessen jeweils am stärksten betroffen. Die Klasse mit dem größten Grundwasserflurabstand hat den größten Anteil an „gesunden“ Eschen. Der Anteil an „geschädigten“ Eschen ist entsprechend der kleinste, ebenso wie der Anteil der „stärker geschädigten“. Auch die Schadstufe 5 kommt in dieser Klasse überhaupt nicht vor und die Schadstufe 4 ist nur sehr gering vertreten. Unterschiede der Schadstufenanteile von mehr als 10 % kommen zwischen den verschiedenen Klassen gar nicht vor.

Das Ergebnis der Untersuchung nach einer möglichen ungleichen Verteilung der BHD (stellvertretend für alle 3 untersuchten Baumparameter) ist in Abb. 13 dargestellt. Es ist erkennbar, dass an Standorten mit geringem und mittlerem Grundwasserflurabstand Eschen mit allen BHD vorkommen. Es sind sowohl sehr dünne als auch sehr kräftige Eschen vorhanden. An trockeneren Standorten sind kräftige Eschen ähnlich stark vertreten wie an feuchteren Standorten. Eschen mit einem BHD von unter 45 cm sind hier jedoch deutlich seltener.

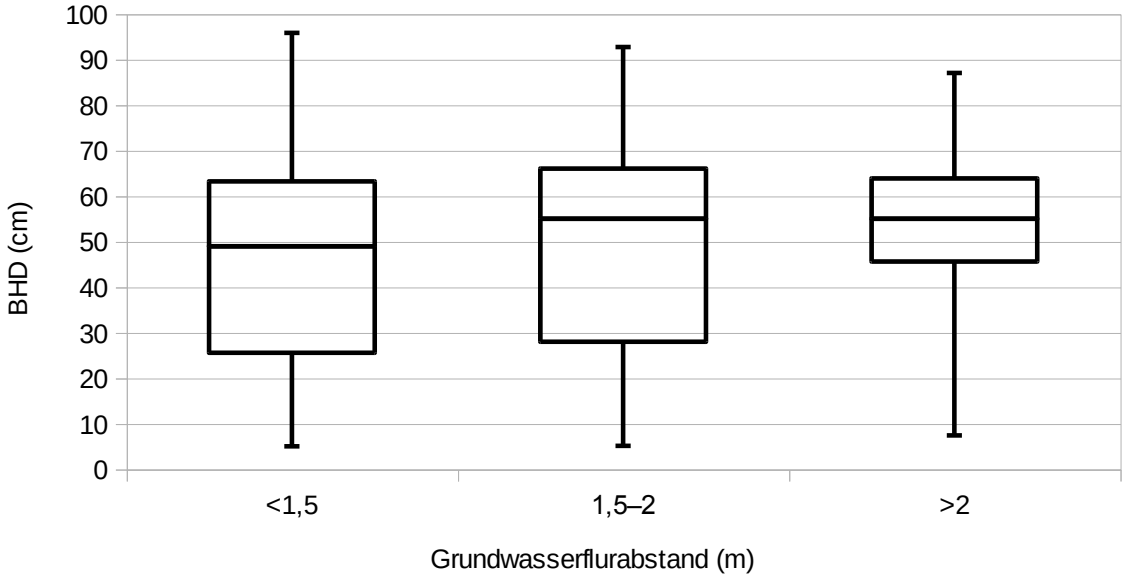

Abb. 13: Verteilung der BHD der untersuchten Eschen auf die Grundwasserflurabstand-Klassen; Mittlerer Balken ≙ Median; Begrenzungen der Box ≙ oberes bzw. unteres Quartil; Whiskers ≙ Maximum bzw. Minimum; <1,5 m: n=114; 1,5–2 m: n=134; >2 m: n=119

5 Diskussion

5.1 Schadbonitur

Wie aus den Ergebnissen der Bonitur hervorgeht, sind fast 2/3 (64 %) aller untersuchten Eschen vom Eschentriebsterben betroffen. Bäume der Schadstufe 1 wurden, wie im Methodenteil beschrieben, zu den „gesunden“ Eschen gezählt, da bei ihnen lediglich eine Auflichtung der Krone zu beobachten war, jedoch keine typischen Symptome des Eschentriebsterbens. Zumindest ein Teil dieser Bäume ist vermutlich auch vom Eschentriebsterben betroffen, sodass der tatsächliche Anteil der geschädigten Eschen wahrscheinlich noch höher liegt. Im schlechtesten Falle, also falls alle mit Schadstufe 1 bewerteten Eschen befallen wären, läge der Anteil betroffener Eschen sogar bei 92%.

H. Linhart, ein Förster der Leipziger Stadtforsten, führte im Sommer 2016 auf anderen Flächen des Leipziger Stadtwaldes eine Bonitur des Eschentriebsterbens, unter Verwendung desselben Boniturschlüssels, durch. Er bewertete allerdings nur Eschen mit einem BHD ≥ 70 cm. In Tab. 9 sind die Ergebnisse der Bonitur von H. Linhart für die Flächen des Nordwestteils des Stadtwaldes sowie ein Vergleich mit den Bewertungen für Eschen mit einem BHD ≥ 70 cm dieser Bachelorarbeit aufgeführt. Der Vergleich zeigt sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede. In beiden Erfassungen wurden mehr als 80 % der Eschen mit den Schadstufen

1, 2 oder 3 bewertet, bei H. Linhart sogar über 90 %. Die Schadstufe 4 kommt kaum vor, und die Schadstufe 5 gar nicht. Allerdings ist die Verteilung innerhalb der Schadstufen 1, 2 und 3 sehr unterschiedlich. Bei H. Linhart ist die Schadstufe 2 mit 50 % eindeutig am stärksten vertreten und die Schadstufen 1 und 3 deutlich schwächer. Bei den für diese Bachelorarbeit bewerteten Eschen ist es genau andersherum. Ein weiterer Unterschied ist das geringere Auftreten der Schadstufe 0 bei H. Linhart. Die Eschen in den beiden verschiedenen Untersuchungen könnten selbstverständlich unterschiedlich stark geschädigt sein, jedoch könnten zumindest die weniger stark ausgeprägten Unterschiede auch an der Subjektivität der Bonitierungsmethode liegen. Insbesondere, da die Bonituren von verschiedenen Personen durchgeführt wurden. Außerdem war bei manchen Eschen die Sicht auf die komplette Baumkrone, aufgrund anderer Bäume, nicht möglich, sodass die Bonitur auf den sichtbaren Teil beschränkt werden musste. Die Anwendung des Boniturschlüssels auf jüngere bzw. kleinere und dünnere Eschen war zum Teil ebenfalls schwierig, da diese Bäume noch keine richtige Krone ausgebildet haben, und da das Absterben von Ästen besonders bei kleinen, unterdrückten Eschen verschiedene andere Gründe haben kann.

In einer Untersuchung, die Baumann et al. (2012) in den Jahren 2010 und 2011 durchführten, wurden in ganz Sachsen 88 Bestände auf ihren Anteil befallener Eschen untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb. 14 dargestellt. Das Untersuchungsgebiet dieser Bachelorarbeit würde sich auf dieser Abbildung in die Stufe „>50 bis 75 %“ oder, je nach Umgang mit der Schadstufe 1, auch in die Stufe „75 bis 100 %“ einteilen lassen. Der Vergleich ist allerdings sehr ungenau, da hier lediglich der Anteil befallener Eschen und nicht das Schadbild der Kronen berücksichtigt, und auch ein anderer Boniturschlüssel verwendet wurde. Des Weiteren handelt es sich in der Arbeit von Baumann et al. (2012) um Bestände mit einem Alter von 2 bis 30 Jahren und einer Bestandeshöhe von bis zu 20 m, meist jedoch nur bis zu 10 m. Damit sind diese Bestände von deutlich geringerer Höhe als die untersuchten Eschen im Leipziger Auwald, mit einer durchschnittlichen Baumhöhe von 30,7 m und einer maximalen von 44,1 m, und auch deutlich jünger. Außerdem wurden von Baumann et al. (2012) sowohl Reinbestände als auch Mischbestände untersucht, während auf den Untersuchungsflächen im Leipziger Auwald ausschließlich Mischbestände vorhanden sind. Diese Faktoren erschweren den Vergleich, zumal laut Schumacher (2011) junge Reinbestände stärker gefährdet sind. Trotzdem ist so eine grobe Einordnung in die sächsischen Verhältnisse möglich (vgl. Baumann et al. 2012). Interessant ist, dass die untersuchten Eschen im Leipziger Auwald im Vergleich mit den von Baumann et al. (2012) untersuchten Beständen zu den eher stärker befallenen gehören. Schumacher (2011) zufolge sollten sie aufgrund ihrer Dimension bzw. ihres Alters und

der Tatsache, dass es sich nur um Mischbestände handelt, resistenter sein. Hier stellt sich die Frage, ob die Standortverhältnisse im Auwald, wozu u. a. der Grundwasserflurabstand zählt, das Eschentriebsterben begünstigen. Um dieser Frage nachzugehen, wäre zusätzlich ein Vergleich mit ähnlicheren Beständen und ein Vergleich von Auwald-Beständen mit anderen Beständen hilfreich. Da die Erfassung von Baumann et al. (2012) schon etwas älter ist, könnten die von ihm untersuchten Bestände heute allerdings auch deutlich stärker betroffen sein als zum Zeitpunkt der Bonitur.

Die Frage ob jüngere bzw. kleinere und schlankere Eschen stärker betroffen sind wird unter Punkt 5.2 noch einmal aufgegriffen.

Abschließend kann man festhalten, dass der Großteil der Eschen auf den Untersuchungsflächen bereits vom Eschentriebsterben betroffen ist, zum Teil auch schon mit deutlich ausgeprägten Symptomen. Abgestorbene oder vom Absterben bedrohte Eschen sind jedoch die Ausnahme. Von nahezu komplett abgestorbenen Eschenbeständen ist der heutige Zustand im Leipziger Auwald also weit entfernt. Dazu sei angemerkt, dass sich das Eschentriebsterben schnell ausbreiten, und sich das Schadbild einzelner Bäume schnell verschlechtern kann. In einer Studie, die im Südwesten Schwedens durchgeführt wurde stieg der Anteil befallener Eschen in 2 Jahren von 63 auf 76 %. Innerhalb der selben Zeit sind 3 % der Eschen gestorben, darunter 5 Individuen, die 2 Jahre zuvor noch gesund waren. Allerdings hatten auch einige Eschen ein gesünderes Kronenbild als vor 2 Jahren (Bengtsson et al. 2013). H. Linhart kam bei seinen Untersuchungen im Leipziger Stadtwald von 2011 bis 2016 ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der Zustand der Eschen von Jahr zu Jahr schwankt (Linhart, unveröffentlicht). Es scheint also schwierig, zu beurteilen, wie sich der Zustand der Eschen entwickeln wird. Das Eschentriebsterben tritt erst seit 2011 in Leipzig auf. Es ist möglich, dass es einige Jahre dauert, bis so große Eschen, wie sie im Leipziger Auwald vorkommen, absterben. Laut Thomas (2016) sterben alte Eschen in der Regel langsamer. Aufgrund dieser Ungewissheiten und des hohen Anteils befallener Eschen, die potentiell sterben könnten, sollte man den Zustand der Eschen weiterhin beobachten und die Entwicklung der Schadstufen sowohl an den einzelnen Eschen als auch in ihrer Gesamtheit für den Leipziger Auwald notieren.

Aus den unterschiedlichen Befallsintensitäten der verschiedenen Dauerbeobachtungsflächen (Abb. 4) geht die Frage hervor, ob es sich um zufällige Unterschiede handelt oder ob ihnen variierende Umweltparameter zu Grunde liegen. Diese Frage ist der Grund für die Untersuchungen eines Zusammenhanges zwischen Baumparametern bzw. Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben. Auffällige Abweichungen in der Abb. 4 lassen sich zum Teil durch eine geringe Eschenanzahl erklären. So wurden 50 % der Eschen auf Fläche 15 mit Schadstu-

fe 5 bewertet, was einen deutlich höheren Anteil darstellt als bei der Gesamtheit aller untersuchten Eschen. Hier liegt der Anteil der Schadstufe 5 bei lediglich 2 %. Allerdings stehen auf der Fläche 15 nur 4 Eschen, sodass gerade einmal 2 Eschen die 50 % ausmachen. Das kann selbstverständlich auch Zufall sein. Ähnlich ist es auf den Flächen 16, 19 und 28.

Tab. 9: Schadstufenverteilung bei Eschen mit einem BHD von >70 cm im Nordwestteil des Leipziger Stadtwaldes im Jahre 2016 mit N=179 (Quelle: H. Linhart, unveröffentlicht) und Vergleich mit den Ergebnissen dieser Bachelorarbeit für Eschen mit einem BHD von >70 cm (N=59)

Schadstufe	0	1	2	3	4	5
Anzahl der Eschen	8	47	90	33	1	0
Anteil (%)	4	26	50	18	1	0
Ergebnisse dieser Bachelorarbeit (%)	15	34	15	34	2	0

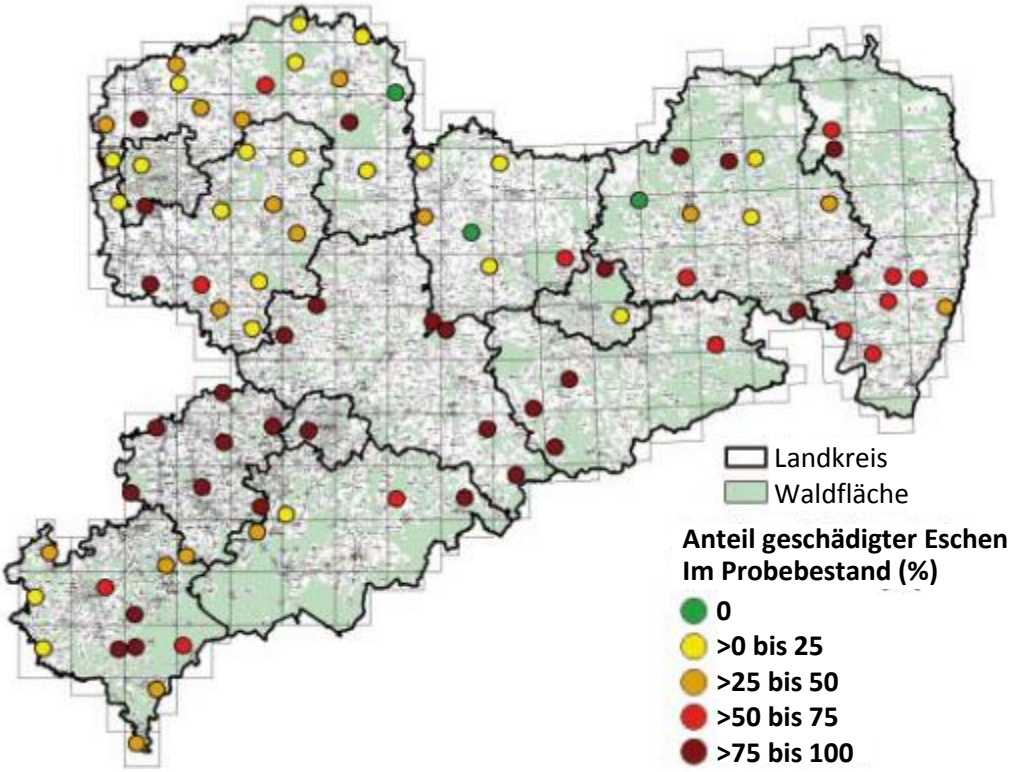

Abb. 14: Lage von untersuchten Beständen in Sachsen und Anteil der vom Eschentriebsterben betroffenen Eschen im jeweiligen Bestand (Quelle: Baumann et al. 2012)

5.2 Zusammenhang zwischen Baumparametern und Eschentriebsterben

Die 3 untersuchten Baumparameter (BHD, Baumhöhe und soziale Stellung) sind, da sie miteinander zusammenhängen (s. Abb. 9, 10 u.11), nicht isoliert voneinander zu betrachten. Daher war zu erwarten, dass die Untersuchungen der Zusammenhänge der 3 Merkmale mit dem Eschentriebsterbens jeweils ähnliche Ergebnisse hervorbringen. Diese Erwartung wurde bestätigt. Alle 3 Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass zumindest im Trend dünnere,

kleinere und sozial niedriger gestellte Eschen zu einem höheren Anteil und auch intensiver vom Eschentriebsterben befallen sind als dickere, größere und sozial höher gestellte, wenn auch teilweise mit Schwankungen und Unregelmäßigkeiten. Diesen könnte die Subjektivität der Bonitierungsmethode zu Grunde liegen. Auffällig ist außerdem, dass Eschen der Schadstufen 4 und 5 jeweils fast ausschließlich in den 3 von 5 Klassen auftreten, die die dünneren, kleineren und sozial niedriger gestellten Eschen beinhalten. Innerhalb dieser steigt ihr Anteil mit sinkendem BHD, sinkender Baumhöhe bzw. sinkender sozialer Stellung. Man muss allerdings beachten, dass lediglich 17 von allen untersuchten Eschen mit der Schadstufe 4 oder 5 bewertet wurden, von denen die Mehrheit dünnere, kleinere und sozial niedriger gestellte Eschen sind. Da, wie bereits erwähnt, Eschen dieser Dimension schwieriger zu bonitieren sind als große Eschen mit ausgeprägter Krone, kann das Ergebnis durchaus angezweifelt werden. Es sollte durch weitere Untersuchungen dieser Art in den kommenden Jahren geprüft werden. Andererseits ist die Chance der Falschbonitierung bei der Schadstufe 4 aufgrund der typischen Sekundärkrone geringer als bei anderen Schadstufen. Ebenso ist es bei der Schadstufe 5, da die betroffenen Bäume eine unbelaubte Krone haben und daher kaum falsch bonitiert werden können. Allerdings lässt sich hier das Absterben der Krone nicht so eindeutig auf das Eschentriebsterben beziehen wie bei der Schadstufe 4 mit der charakteristischen Sekundärkrone. Auch die zum Teil sehr unterschiedliche Anzahl der Eschen in den eingeteilten Klassen kann Fehlinterpretationen verursachen. Je mehr untersuchte Eschen hinter einem Ergebnis stehen, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit von Zufällen, die das Ergebnis verfälschen. Vor allem die Klassen der Baumhöhe unterscheiden sich in der Anzahl der Eschen sehr stark. Daher sollte das Ergebnis nicht überinterpretiert werden. Allerdings untermauert der sehr hohe Anteil an Eschen mit einer Höhe von über 30 m, in dem die Schadstufe 5 nicht und die Schadstufe 4 kaum vorkommt, die stärkere Toleranz größerer Eschen gegenüber dem Eschentriebsterben. Die Verteilung der Anzahl der Eschen auf die Klassen des BHD und v.a. die KRAFT'schen Klassen ist gleichmäßiger als bei der Baumhöhe, wenn auch bei weitem nicht optimal. Aufgrund aller möglichen Fehlerquellen und Abweichungen sollte man vor allem die Trends interpretieren und nicht die einzelnen Klassen. So lässt sich der Schluss ziehen, dass dickere, größere und sozial höher gestellte Eschen im Trend eine höhere Resistenz gegenüber dem Eschentriebsterben aufzuweisen scheinen, oder, dass es länger dauert, bis sie typische Symptome zeigen. Dies wird in der Fachliteratur bestätigt. Laut Thomas (2016) sterben ältere Bäume in der Regel langsamer. Nach Schumacher (2011) gehören junge und dichte Reinbestände zu den am stärksten gefährdeten. Reine Eschenbestände wurden im Leipziger Auwald nicht untersucht, jedoch scheint die höhere Gefährdung jüngerer Eschen übereinzu-

stimmen. Eine Untersuchung von 50 Eschenbeständen in Niederösterreich kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass unterdrückte Eschen deutlich stärker betroffen sind als herrschende oder mitherrschende (Cech 2008). Auch andere Literatur bestätigt diesen Zusammenhang (s. Thomas 2016; Bengtsson et al. 2013; Skovsgaard et al. 2010). Dies beantwortet die Frage aus Punkt 5.1, ob jüngere bzw. kleinere und schlankere Eschen stärker vom Eschentriebsterben betroffen sind.

5.3 Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben

Die Anzahl der Eschen ist deutlich besser auf die Klassen verteilt als bei den Baumparametern und liegt bei über 100 Eschen pro Klasse, sodass das Ergebnis eine höhere Aussagekraft besitzt.

Ein Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben geht aus dem Ergebnis nicht hervor.

Auch eine Relativierung eines Zusammenhanges durch eine zufällig ungleiche Verteilung der Baumparameter auf die 3 Grundwasserflurabstand-Klassen kann ausgeschlossen werden (s. Abb. 13). Die Untersuchung nach einer möglichen zufälligen ungleichen Verteilung der Baumparameter wurde durchgeführt, da es z.B. möglich wäre, dass unverhältnismäßig viele Eschen mit großem BHD auf Standorten mit geringem Grundwasserflurabstand vorkommen. Dann könnte die höhere Toleranz der Eschen mit großem BHD eine eventuell mögliche Begünstigung des Eschentriebsterbens durch den geringeren Grundwasserflurabstand relativieren. In dem Fall gäbe es einen Zusammenhang zwischen Grundwasserflurabstand und Eschentriebsterben, der in Abb. 12 nicht zu erkennen wäre. Wie in Abb. 13 erkennbar, ist dies jedoch nicht der Fall. Allerdings könnte der etwas geringere Anteil „geschädigter“ und „stärker geschädigter“ Eschen in der trockensten Klasse als Hinweis dafür interpretiert werden, dass trockenere Standortverhältnisse dem Eschentriebsterben entgegen wirken. Ebenso das geringe Vorkommen der Schadstufe 4 und das Fehlen der Schadstufe 5 in dieser Klasse. Um Schlüsse zu ziehen, sind die Unterschiede jedoch zu gering. Vermutlich liegen diese eher an dem geringeren Vorkommen von Eschen mit geringem BHD auf den trockeneren Flächen (s. Abb. 13). Der Grund dafür könnte sein, dass unterdrückte Eschen dort nicht ausreichend mit Wasser versorgt werden und daher an diesen Standorten nicht vorkommen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch die Untersuchung von Cech (2008) in Niederösterreich. Zwar fand man dort die größte Schädigung in der Nähe von Bächen und auf nassen Standorten, jedoch konnte statistisch kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Bei den in Punkt 5.1 erwähnten

Untersuchungen von Baumann et al. (2012) konnte ebenfalls keine signifikante Beziehung zwischen der Bodenfeuchtestufe und dem Anteil geschädigter Eschen festgestellt werden. Aufgrund der hohen ökologischen Potenz der Esche bezüglich des Wasserhaushaltes ist auch kein Zusammenhang zwischen Grundwasserstand und Anfälligkeit der Esche zu erwarten. Ausnahmen könnten sehr nasse bzw. sehr trockene Bedingungen oder stehendes Wasser mit anoxischen Bedingungen sein (vgl. Punkt 2.2). Laut Schumacher (2011) gehören ebenso wie junge und dichte Reinbestände auch Bestände auf Böden mit ganzjährig sehr nassen Bedingungen zu den am stärksten gefährdeten. Bei den moderateren Feuchtigkeitsverhältnissen im Untersuchungsgebiet scheint das Eschentriebsterben jedoch keinen Zusammenhang mit Unterschieden des Grundwasserflurabstandes aufzuweisen.

6 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen und der Diskussion geht hervor, dass viele Eschen im Leipziger Auwald vom Eschentriebsterben betroffen, jedoch erst wenige davon abgestorben oder vom Absterben bedroht sind.

Während der Grundwasserflurabstand keine Auswirkungen auf das Eschentriebsterben zu haben scheint, ist ein Zusammenhang zwischen der Dimension der Bäume und dem Eschentriebsterben recht eindeutig und wird auch von der Fachliteratur bestätigt. Größere Eschen, die im Leipziger Auwald häufiger vorkommen als kleine, sind weniger anfällig für das Eschentriebsterben.

Ein Großteil der Eschen ist bereits befallen, und die Krankheit könnte sich, innerhalb weniger Jahre, auf die gesunden Eschen ausbreiten. Auch die Entwicklung des Schadbildes befallener Eschen, bis hin zum Absterben, kann sehr schnell erfolgen.

Da eine Prognose kaum möglich ist, sollte die Situation weiterhin beobachtet werden, um die Entwicklung des Eschentriebsterbens über mehrere Jahre zu analysieren und Verbesserungen oder Verschlechterungen festzustellen.

Die Esche ist der dominierende Baum im Leipziger Auwald. Ein Ausfall der Esche hätte massive Auswirkungen auf das Erscheinungsbild und die Ökologie des gesamten Leipziger Auwaldes.

V. Literaturverzeichnis

Baral, H. O., Queloz, V. K., & Hosoya, T. S. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus*, the correct scientific name for the fungus causing ash dieback in Europe. IMA fungus 5, 79–80

Bartha, B., Lenz, H., & Petercord, R. (2014) Keine Entwarnung beim Eschentriebsterben. LWF aktuell 101, 51–53

Baumann, V. M., Matschulla, F., & Helbig, R. (2012). Das Eschentriebsterben in Sachsen. AFZ-DerWald 67 (3), 12–17

Bengtsson, V., Stenstrom, A., & Finsberg, C. (2013). The impact of ash dieback on veteran and pollarded trees in Sweden. Quarterly Journal of Forestry 107, 27–33

Cech T. (2008): Eschenkrankheit in Niederösterreich – neue Untersuchungsergebnisse. Forstschutz Aktuell 43, 24–28

Dolek, M., Freese-Hager, A., Geyer, A., Balletto, E., & Bonelli, S. (2013). Multiple oviposition and larval feeding strategies in *Euphydryas maturna* (Linné, 1758) (Nymphalidae) at two disjoint European sites. Journal of Insect Conservation 17, 357–366

Engelmann, R. (2010) Die Bewirtschaftung: Heute. http://www.leipziger-auwald.de (abgerufen am 17.02.2017)

Engelmann, R. & Seltmann, P. (2010a) Gehölze. http://www.leipziger-auwald.de (abgerufen am 15.02.2017)

Engelmann, R. & Seltmann, P. (2010b) Kräuter. http://www.leipziger-auwald.de (abgerufen am 15.02.2017)

Freese, A., Benes, J., Bolz, R., Cizek, O., Dolek, M., Geyer, A., Gros, P., Konvicka, M., Liegl, A. & Stettmer, C. (2006) Habitat use of the endangered butterfly *Euphydryas maturna* and forestry in Central Europe. Animal Conservation 9, 388–397

Gläser, J. (2001). Die Esche (*Fraxinus excelsior L.*) – ein Baum des Leipziger Auwaldes? Forstwissenschaftliches Centralblatt, 120, 114–121

Gläser, J. (2005) Wie beeinflusste der Mensch die Baumartenzusammensetzung? In: Stadt Leipzig (Hrsg.): 4. Leipziger Auensymposium – Der Leipziger Auwald und das Wasser, 34–36

Gross, A., Holdenrieder, O., Pautasso, M., Queloz, V. & Sieber, T. N. (2014) *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. Molecular Plant Pathology 15, 5–21

Kirisits, T., Cech, T., Freinschlag, C., Hoch, G., Konrad, H., Unger, G. M., Schüler, S. & Geburek, T. (2016) Eschentriebsterben: Wissensstand und Projekt „Esche in Not“. KFV Info 79, 32–35

Kowalski, T. (2006) *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. Forest Pathology 36, 264–270

Kowalski, T., & Holdenrieder, O. (2009) The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. Forest Pathology 39, 304–308

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (2009) 7. Waldschutz-Info 2009 – „Eschentriebsterben III“ – Vorläufige Handlungsempfehlungen. www.nw-fva.de (abgerufen am 10.02.2017)

Putkunz, J. (2011) Lebendige Luppe – attraktive Auenlandschaft: Wiederherstellung ehemaliger Wasserläufe der Luppe im nördlichen Leipziger Auwald. In: Wirth, C., Reiher, A., Zäumer, U., & Kasperidus, H. D. (Hrsg.). Der Leipziger Auwald – ein dynamischer Lebensraum. Tagungsband zum 5. Leipziger Auensymposium am 16. April 2011. UFZ-Bericht 6/2011 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, 31–37

Queloz, V., Grünig, C. R., Berndt, R., Kowalski, T., Sieber, T. N., & Holdenrieder, O. (2011) Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. Forest Pathology 41, 133–142

Richter, K. & Teubert, H. (2011) Die Bedeutung des naturschutzfachlichen Monitorings an Beispielen aus dem Leipziger Auwald. In: Wirth, C., Reiher, A., Zäumer, U., & Kasperidus, H. D. (Hrsg.). Der Leipziger Auwald – ein dynamischer Lebensraum. Tagungsband zum 5. Leipziger Auensymposium am 16. April 2011. UFZ-Bericht 6/2011 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, 45–50

Roloff, A. & Pietzarka, U. (1997) *Fraxinus excelsior L*. (Gemeine Esche). Enzyklopädie der Holzgewächse 3, 1–15.

Schmidt, R. (2010) Geologie und Böden. http://www.leipziger-auwald.de (abgerufen am 12.02.2017)

Schumacher, J. (2011) The general situation regarding ash dieback in Germany and investigations concerning the invasion and distribution strategies of *Chalara fraxinea* in woody tissue. EPPO Bulletin 41, 7–10

Sickert, A. (2005) Wie entwickelte sich die Baumartenzusammensetzung in der Hartholzaue? In: Stadt Leipzig (Hrsg.): 4. Leipziger Auensymposium – Der Leipziger Auwald und das Wasser, 4. Leipziger Auensymposium, 32–34

Sickert, A. (2011) Fortschreibung der Konzeption zur forstlichen Pflege des Leipziger Auwaldes. In: Wirth, C., Reiher, A., Zäumer, U., & Kasperidus, H. D. (Hrsg.). Der Leipziger Auwald – ein dynamischer Lebensraum. Tagungsband zum 5. Leipziger Auensymposium am 16. April 2011. UFZ-Bericht 6/2011 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, 51–57

Siebert, K. (2005) Laufentwicklung der Gewässer in Auenbereichen Leipzigs. In: Stadt Leipzig (Hrsg.): 4. Leipziger Auensymposium – Der Leipziger Auwald und das Wasser, 17–18

Sievert, R. (2013) Eschentriebsterben greift auch in Leipzig um sich – Ein Pilz bedroht die häufigste Auwaldbaumart. Naturreport 2013 – Leipzig und Umgebung – Jahresschrift des NABU-Regionalverbandes Leipzig e.V., 17–19

Skovsgaard, J. P., Thomsen, I. M., Skovgaard, I. M., & Martinussen, T. (2010). Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior L.*). Forest Pathology 40, 7–18

Stadt Leipzig – Informationen zum Leipziger Stadtwald. http://www.leipzig.de (abgerufen am 17.02.2017)

Stadt Leipzig (2012) Vorbericht zur Forsteinrichtung des Stadtwaldes der Stadt Leipzig (Leipziger Stadtwald) für den Zeitraum vom 01.01.2013 bis 31.12.2022. http://www.leipzig.de (abgerufen am 17.02.2017)

Thier, O. (2010) Lage und Größe. http://www.leipziger-auwald.de (abgerufen am 12.02.2017)

Thomas, P. A. (2016) Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. Journal of Ecology 104, 1158–1209

Zhao, Y. J., Hosoya, T., Baral, H. O., Hosaka, K., & Kakishima, M. (2013) *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. Mycotaxon, 122, 25–41

VI. Anhang

Anhang 1: Rohdatentabelle der Bonitur des Eschentriebsterbens im Leipziger Stadtwald; DBF-Nr. ≙ Nummer der Dauerbeobachtungsfläche; GWFA ≙ Grundwasserflurabstand

DBF-Nr.	Baum-Nr.	Baumart	BHD (cm)	Baumhöhe (m)	KRAFT'sche Klasse	GWFA (m)	Schadstufe
4	9	*Fraxinus excelsior*	66,1	32,3	2	1,33	3
4	46	*Fraxinus excelsior*	47,8	31,0	2	1,33	1
4	69	*Fraxinus excelsior*	63,3	31,1	2	1,33	2
4	81	*Fraxinus excelsior*	53,9	32,2	2	1,33	3
4	86	*Fraxinus excelsior*	56,1	31,3	3	1,33	3
4	99	*Fraxinus excelsior*	42,9	30,3	3	1,33	1
4	120	*Fraxinus excelsior*	71,3	33,6	2	1,33	3
4	135	*Fraxinus excelsior*	43,7	30,4	2	1,33	3
4	137	*Fraxinus excelsior*	57,6	29,6	2	1,33	3
4	155	*Fraxinus excelsior*	59,8	34,4	2	1,33	2
4	166	*Fraxinus excelsior*	62,1	35,2	2	1,33	3
4	179	*Fraxinus excelsior*	7,3	10,5	4	1,33	4
4	179	*Fraxinus excelsior*	55,3	31,8	2	1,33	3
4	185	*Fraxinus excelsior*	41,1	25,8	3	1,33	3
4	196	*Fraxinus excelsior*	56,4	32,8	2	1,33	2
4	202	*Fraxinus excelsior*	50,6	33,8	2	1,33	1
6	75	*Fraxinus excelsior*	19,7	20,8	4	1,69	3
6	91	*Fraxinus excelsior*	5,1	8,8	4	1,69	2
6	92	*Fraxinus excelsior*	5,9	9,8	4	1,69	2
6	118	*Fraxinus excelsior*	25,8	23,9	3	1,69	3
6	122	*Fraxinus excelsior*	13,6	16,3	4	1,69	1
6	123	*Fraxinus excelsior*	8,3	10,7	4	1,69	2
6	130	*Fraxinus excelsior*	13,0	17,0	4	1,69	3
6	136	*Fraxinus excelsior*	33,2	24,2	2	1,69	2
6	139	*Fraxinus excelsior*	9,2	9,2	4	1,69	1
7	6	*Fraxinus excelsior*	60,5	32,3	1	0,93	1
7	7	*Fraxinus excelsior*	7,1	7,7	5	0,93	3
7	18	*Fraxinus excelsior*	87,7	33,0	1	0,93	3
7	22	*Fraxinus excelsior*	61,8	30,7	2	0,93	3
7	33	*Fraxinus excelsior*	42,7	32,7	3	0,93	1
7	35	*Fraxinus excelsior*	63,9	34,9	2	0,93	2
7	54	*Fraxinus excelsior*	61,7	31,2	2	0,93	0
7	63	*Fraxinus excelsior*	63,7	34,0	2	0,93	1
7	68	*Fraxinus excelsior*	59,5	31,4	2	0,93	0
7	75	*Fraxinus excelsior*	52,7	26,0	2	0,93	1
7	96	*Fraxinus excelsior*	69,8	33,7	2	0,93	1
7	135	*Fraxinus excelsior*	56,4	33,0	2	0,93	2
10	12	*Fraxinus excelsior*	67,2	35,9	1	1,44	2

10	16	*Fraxinus excelsior*	69,6	34,2	1	1,44	2
10	33	*Fraxinus excelsior*	95,0	37,0	1	1,44	3
10	47	*Fraxinus excelsior*	60,4	36,2	2	1,44	1
10	50	*Fraxinus excelsior*	69,3	36,7	1	1,44	0
10	53	*Fraxinus excelsior*	56,8	25,0	4	1,44	0
15	25	*Fraxinus excelsior*	7,2	7,7	5	1,49	5
15	55	*Fraxinus excelsior*	5,3	8,5	4	1,49	5
15	68	*Fraxinus excelsior*	5,3	7,7	5	1,49	2
15	71	*Fraxinus excelsior*	5,5	7,9	5	1,49	1
16	67	*Fraxinus excelsior*	95,8	37,2	1	1,46	1
16	73	*Fraxinus excelsior*	31,4	32,7	3	1,46	1
16	89	*Fraxinus excelsior*	26,0	25,0	3	1,46	1
16	98	*Fraxinus excelsior*	5,0	7,7	4	1,46	0
16	110	*Fraxinus excelsior*	50,9	33,2	2	1,46	3
17	3	*Fraxinus excelsior*	81,9	33,5	2	1,87	0
17	18	*Fraxinus excelsior*	22,7	25,3	3	1,87	3
17	20	*Fraxinus excelsior*	22,0	26,1	3	1,87	1
17	23	*Fraxinus excelsior*	17,1	25,4	4	1,87	5
17	26	*Fraxinus excelsior*	25,4	24,9	3	1,87	3
17	27	*Fraxinus excelsior*	29,5	28,4	3	1,87	3
17	30	*Fraxinus excelsior*	21,0	29,0	3	1,87	2
17	32	*Fraxinus excelsior*	21,1	26,5	3	1,87	3
17	34	*Fraxinus excelsior*	27,5	28,8	3	1,87	2
17	35	*Fraxinus excelsior*	23,9	26,4	3	1,87	3
17	37	*Fraxinus excelsior*	26,5	29,6	3	1,87	3
17	38	*Fraxinus excelsior*	31,2	27,2	3	1,87	3
17	39	*Fraxinus excelsior*	18,7	25,2	4	1,87	0
17	40	*Fraxinus excelsior*	26,8	27,0	2	1,87	0
17	41	*Fraxinus excelsior*	24,2	28,7	2	1,87	1
17	50	*Fraxinus excelsior*	26,7	24,8	3	1,87	2
17	54	*Fraxinus excelsior*	74,3	34,1	2	1,87	2
17	75	*Fraxinus excelsior*	60,3	30,3	2	1,87	2
17	113	*Fraxinus excelsior*	47,3	37,8	2	1,87	3
17	122	*Fraxinus excelsior*	52,7	23,1	4	1,87	5
18	8	*Fraxinus excelsior*	23,8	24,3	3	2,12	1
18	17	*Fraxinus excelsior*	55,2	31,2	1	2,12	3
18	22	*Fraxinus excelsior*	51,3	32,7	2	2,12	1
18	26	*Fraxinus excelsior*	27,6	27,1	3	2,12	2
18	27	*Fraxinus excelsior*	58,5	34,1	1	2,12	3
18	43	*Fraxinus excelsior*	41,6	32,0	2	2,12	3
18	48	*Fraxinus excelsior*	47,8	31,8	2	2,12	2
18	100	*Fraxinus excelsior*	61,4	34,2	1	2,12	2
19	32	*Fraxinus excelsior*	11,3	13,5	4	2,78	1
19	33	*Fraxinus excelsior*	35,8	28,9	2	2,78	1

19	159	*Fraxinus excelsior*	54,5	30,2	2	2,78	1
19	163	*Fraxinus excelsior*	46,6	30,6	2	2,78	1
19	184	*Fraxinus excelsior*	42,5	34,8	2	2,78	0
22	30	*Fraxinus excelsior*	59,6	34,9	2	1,88	1
22	31	*Fraxinus excelsior*	56,8	31,3	2	1,88	3
22	48	*Fraxinus excelsior*	74,9	36,3	1	1,88	1
22	49	*Fraxinus excelsior*	65,9	36,5	2	1,88	3
22	57	*Fraxinus excelsior*	67,2	38,3	2	1,88	3
22	60	*Fraxinus excelsior*	19,2	17,5	4	1,88	2
22	61	*Fraxinus excelsior*	60,8	36,2	2	1,88	3
22	79	*Fraxinus excelsior*	67,8	36,6	1	1,88	1
22	88	*Fraxinus excelsior*	68,0	34,5	2	1,88	3
22	101	*Fraxinus excelsior*	89,1	35,1	1	1,88	2
22	108	*Fraxinus excelsior*	56,4	32,0	2	1,88	1
22	116	*Fraxinus excelsior*	83,5	34,5	1	1,88	1
23	1	*Fraxinus excelsior*	59,5	32,6	2	2,33	2
23	5	*Fraxinus excelsior*	61,5	32,7	1	2,33	3
23	8	*Fraxinus excelsior*	47,2	30,8	2	2,33	2
23	25	*Fraxinus excelsior*	50,8	33,5	2	2,33	2
23	27	*Fraxinus excelsior*	80,4	31,7	1	2,33	1
23	31	*Fraxinus excelsior*	56,1	34,9	1	2,33	1
23	32	*Fraxinus excelsior*	47,5	33,2	3	2,33	1
23	38	*Fraxinus excelsior*	55,4	34,3	1	2,33	0
23	43	*Fraxinus excelsior*	69,3	33,1	1	2,33	1
23	45	*Fraxinus excelsior*	60,3	31,8	2	2,33	0
23	46	*Fraxinus excelsior*	57,9	32,4	2	2,33	1
23	63	*Fraxinus excelsior*	42,3	37,3	2	2,33	3
23	64	*Fraxinus excelsior*	62,6	31,8	1	2,33	3
23	68	*Fraxinus excelsior*	45,5	35,4	2	2,33	2
23	70	*Fraxinus excelsior*	55,2	32,4	2	2,33	2
23	75	*Fraxinus excelsior*	71,8	38,6	1	2,33	4
23	78	*Fraxinus excelsior*	64,6	28,4	3	2,33	1
23	88	*Fraxinus excelsior*	51,4	34,5	2	2,33	1
23	92	*Fraxinus excelsior*	63,2	34,8	1	2,33	2
23	93	*Fraxinus excelsior*	54,8	31,0	2	2,33	2
24	74	*Fraxinus excelsior*	20,0	24,4	4	2,13	3
24	87	*Fraxinus excelsior*	48,0	34,6	2	2,13	1
24	98	*Fraxinus excelsior*	77,5	34,6	2	2,13	3
24	103	*Fraxinus excelsior*	70,3	33,4	2	2,13	1
26	12	*Fraxinus excelsior*	28,5	29,5	3	1,77	4
26	13	*Fraxinus excelsior*	61,8	34,5	1	1,77	3
26	20	*Fraxinus excelsior*	42,0	33,6	2	1,77	2
26	35	*Fraxinus excelsior*	65,4	37,5	1	1,77	2
26	37	*Fraxinus excelsior*	59,8	32,9	2	1,77	3

26	39	*Fraxinus excelsior*	54,4	28,8	2	1,77	1
26	52	*Fraxinus excelsior*	65,9	35,1	1	1,77	2
26	53	*Fraxinus excelsior*	60,8	35,1	2	1,77	2
26	55	*Fraxinus excelsior*	64,9	38,9	2	1,77	2
26	58	*Fraxinus excelsior*	56,4	40,0	2	1,77	1
26	59	*Fraxinus excelsior*	72,4	39,9	2	1,77	3
26	64	*Fraxinus excelsior*	78,7	44,1	1	1,77	0
26	67	*Fraxinus excelsior*	73,3	43,6	1	1,77	2
26	81	*Fraxinus excelsior*	87,1	33,5	2	1,77	0
27	6	*Fraxinus excelsior*	24,3	29,7	4	1,49	3
27	9	*Fraxinus excelsior*	37,0	31,6	2	1,49	1
27	11	*Fraxinus excelsior*	39,5	33,0	2	1,49	2
27	12	*Fraxinus excelsior*	27,1	31,6	3	1,49	1
27	13	*Fraxinus excelsior*	32,3	31,4	2	1,49	1
27	31	*Fraxinus excelsior*	27,1	29,9	3	1,49	2
27	32	*Fraxinus excelsior*	24,0	29,4	3	1,49	1
27	33	*Fraxinus excelsior*	21,5	30,3	3	1,49	2
27	35	*Fraxinus excelsior*	25,4	29,6	3	1,49	3
27	42	*Fraxinus excelsior*	26,5	29,6	3	1,49	2
27	46	*Fraxinus excelsior*	54,6	33,6	1	1,49	1
27	51	*Fraxinus excelsior*	58,5	33,6	1	1,49	2
27	53	*Fraxinus excelsior*	21,6	27,5	3	1,49	2
27	54	*Fraxinus excelsior*	20,8	28,5	3	1,49	3
27	55	*Fraxinus excelsior*	29,8	30,6	3	1,49	2
27	57	*Fraxinus excelsior*	12,9	17,8	4	1,49	4
27	66	*Fraxinus excelsior*	54,8	34,0	1	1,49	1
27	73	*Fraxinus excelsior*	69,0	35,7	1	1,49	3
27	78	*Fraxinus excelsior*	27,4	31,3	3	1,49	2
27	79	*Fraxinus excelsior*	24,3	28,3	3	1,49	2
27	80	*Fraxinus excelsior*	31,2	28,6	2	1,49	2
27	81	*Fraxinus excelsior*	24,2	28,5	3	1,49	1
27	82	*Fraxinus excelsior*	22,2	28,6	3	1,49	5
27	90	*Fraxinus excelsior*	69,5	32,5	1	1,49	0
27	103	*Fraxinus excelsior*	35,4	33,3	2	1,49	3
28	5	*Fraxinus excelsior*	41,0	31,4	3	1,62	1
28	11	*Fraxinus excelsior*	49,3	32,4	2	1,62	2
28	12	*Fraxinus excelsior*	18,3	22,8	4	1,62	2
28	45	*Fraxinus excelsior*	49,4	30,3	2	1,62	1
28	46	*Fraxinus excelsior*	21,9	26,2	4	1,62	1
29	1	*Fraxinus excelsior*	48,5	31,6	2	1,34	1
29	60	*Fraxinus excelsior*	22,2	29,0	4	1,34	2
29	61	*Fraxinus excelsior*	30,3	29,7	3	1,34	2
29	84	*Fraxinus excelsior*	14,5	14,6	4	1,34	3
29	112	*Fraxinus excelsior*	21,8	26,9	4	1,34	3

29	113	*Fraxinus excelsior*	16,1	23,3	4	1,34	2
29	116	*Fraxinus excelsior*	32,4	31,0	3	1,34	2
29	117	*Fraxinus excelsior*	19,0	21,3	4	1,34	3
30	2	*Fraxinus excelsior*	47,4	30,8	4	2,16	1
30	5	*Fraxinus excelsior*	45,4	30,2	3	2,16	4
30	7	*Fraxinus excelsior*	64,8	37,5	2	2,16	1
30	14	*Fraxinus excelsior*	73,2	36,6	2	2,16	2
30	15	*Fraxinus excelsior*	61,1	35,5	2	2,16	2
30	37	*Fraxinus excelsior*	79,7	36,8	1	2,16	2
30	46	*Fraxinus excelsior*	41,3	33,3	3	2,16	1
30	49	*Fraxinus excelsior*	49,7	35,0	2	2,16	3
30	53	*Fraxinus excelsior*	60,0	33,4	2	2,16	1
30	58	*Fraxinus excelsior*	69,1	32,9	2	2,16	2
30	71	*Fraxinus excelsior*	57,1	31,7	2	2,16	3
30	75	*Fraxinus excelsior*	44,5	33,1	3	2,16	2
30	91	*Fraxinus excelsior*	72,2	34,2	2	2,16	3
31	5	*Fraxinus excelsior*	64,3	30,4	3	0,94	4
31	13	*Fraxinus excelsior*	68,0	33,7	3	0,94	2
31	33	*Fraxinus excelsior*	61,3	36,9	2	0,94	1
31	42	*Fraxinus excelsior*	75,6	36,5	2	0,94	3
31	59	*Fraxinus excelsior*	74,5	34,6	1	0,94	2
31	70	*Fraxinus excelsior*	70,1	36,6	1	0,94	2
31	74	*Fraxinus excelsior*	8,0	8,6	5	0,94	4
32	6	*Fraxinus excelsior*	78,0	40,0	1	1,62	1
32	8	*Fraxinus excelsior*	77,1	37,0	1	1,62	1
32	16	*Fraxinus excelsior*	61,0	30,5	3	1,62	3
32	20	*Fraxinus excelsior*	75,7	35,4	1	1,62	3
32	24	*Fraxinus excelsior*	67,7	31,8	1	1,62	3
32	26	*Fraxinus excelsior*	59,5	35,3	2	1,62	3
32	37	*Fraxinus excelsior*	67,7	33,9	1	1,62	2
32	78	*Fraxinus excelsior*	57,8	31,4	2	1,62	3
32	86	*Fraxinus excelsior*	67,2	31,3	1	1,62	3
32	95	*Fraxinus excelsior*	30,3	29,4	2	1,62	2
32	98	*Fraxinus excelsior*	56,4	31,6	2	1,62	2
33	14	*Fraxinus excelsior*	65,5	34,6	2	2,22	1
33	15	*Fraxinus excelsior*	7,4	10,3	5	2,22	3
33	16	*Fraxinus excelsior*	86,2	35,1	1	2,22	1
33	31	*Fraxinus excelsior*	87,0	38,3	1	2,22	3
33	33	*Fraxinus excelsior*	69,5	35,7	1	2,22	3
33	34	*Fraxinus excelsior*	73,7	37,3	1	2,22	1
33	40	*Fraxinus excelsior*	69,0	35,7	1	2,22	3
33	44	*Fraxinus excelsior*	48,6	34,4	2	2,22	2
33	48	*Fraxinus excelsior*	59,6	31,0	2	2,22	3
33	52	*Fraxinus excelsior*	55,0	31,4	2	2,22	3

33	57	*Fraxinus excelsior*	30,1	29,4	3	2,22	2
33	58	*Fraxinus excelsior*	46,5	33,2	2	2,22	0
33	59	*Fraxinus excelsior*	56,4	34,4	1	2,22	1
34	9	*Fraxinus excelsior*	8,1	7,6	5	1,59	2
34	10	*Fraxinus excelsior*	27,1	24,8	3	1,59	2
34	23	*Fraxinus excelsior*	12,7	17,8	4	1,59	3
34	27	*Fraxinus excelsior*	66,0	32,7	1	1,59	1
34	34	*Fraxinus excelsior*	72,1	35,6	1	1,59	1
34	39	*Fraxinus excelsior*	22,6	22,1	3	1,59	2
34	52	*Fraxinus excelsior*	30,2	25,2	3	1,59	5
34	53	*Fraxinus excelsior*	11,0	9,4	5	1,59	5
34	60	*Fraxinus excelsior*	33,1	29,0	2	1,59	3
34	62	*Fraxinus excelsior*	29,0	25,3	3	1,59	3
34	65	*Fraxinus excelsior*	27,8	25,7	3	1,59	2
34	70	*Fraxinus excelsior*	20,4	24,6	4	1,59	3
34	71	*Fraxinus excelsior*	33,0	30,2	2	1,59	2
34	72	*Fraxinus excelsior*	24,3	27,4	3	1,59	3
34	77	*Fraxinus excelsior*	26,7	26,0	3	1,59	2
34	86	*Fraxinus excelsior*	27,0	23,4	3	1,59	5
35	1	*Fraxinus excelsior*	46,9	31,2	2	2,14	1
35	5	*Fraxinus excelsior*	81,7	30,4	1	2,14	3
35	15	*Fraxinus excelsior*	34,8	36,1	3	2,14	1
35	16	*Fraxinus excelsior*	39,0	35,5	3	2,14	2
35	17	*Fraxinus excelsior*	47,6	33,9	2	2,14	1
35	26	*Fraxinus excelsior*	49,3	34,6	2	2,14	1
35	29	*Fraxinus excelsior*	41,4	31,6	3	2,14	3
35	32	*Fraxinus excelsior*	54,8	36,0	1	2,14	2
35	35	*Fraxinus excelsior*	46,9	32,8	3	2,14	3
35	38	*Fraxinus excelsior*	30,9	34,3	3	2,14	2
35	39	*Fraxinus excelsior*	45,1	32,5	2	2,14	2
35	41	*Fraxinus excelsior*	37,0	32,3	2	2,14	2
35	42	*Fraxinus excelsior*	47,0	33,3	2	2,14	3
35	46	*Fraxinus excelsior*	78,7	37,6	1	2,14	1
35	48	*Fraxinus excelsior*	68,6	35,4	1	2,14	3
37	17	*Fraxinus excelsior*	52,5	31,6	2	1,28	0
37	18	*Fraxinus excelsior*	20,9	25,6	3	1,28	2
37	31	*Fraxinus excelsior*	76,9	30,7	1	1,28	2
37	35	*Fraxinus excelsior*	52,7	32,3	2	1,28	4
37	39	*Fraxinus excelsior*	26,8	26,0	3	1,28	3
37	46	*Fraxinus excelsior*	7,9	14,7	4	1,28	3
37	57	*Fraxinus excelsior*	70,3	34,5	1	1,28	3
37	68	*Fraxinus excelsior*	76,2	37,4	1	1,28	1
37	72	*Fraxinus excelsior*	55,9	32,5	2	1,28	2
37	83	*Fraxinus excelsior*	42,9	29,8	2	1,28	1

37	93	*Fraxinus excelsior*	30,0	29,4	3	1,28	1
37	101	*Fraxinus excelsior*	74,7	34,0	1	1,28	0
37	108	*Fraxinus excelsior*	29,0	28,9	3	1,28	3
37	113	*Fraxinus excelsior*	17,0	19,1	4	1,28	2
37	116	*Fraxinus excelsior*	5,2	9,1	5	1,28	3
37	118	*Fraxinus excelsior*	32,2	27,2	3	1,28	2
37	123	*Fraxinus excelsior*	17,0	24,1	4	1,28	3
38	4	*Fraxinus excelsior*	73,4	27,6	2	1,38	3
38	25	*Fraxinus excelsior*	61,3	31,0	2	1,38	0
38	29	*Fraxinus excelsior*	49,8	34,5	2	1,38	1
38	33	*Fraxinus excelsior*	63,2	32,8	1	1,38	2
38	48	*Fraxinus excelsior*	49,4	26,2	3	1,38	3
38	50	*Fraxinus excelsior*	77,4	34,2	1	1,38	0
38	52	*Fraxinus excelsior*	79,5	33,6	1	1,38	1
38	65	*Fraxinus excelsior*	46,5	31,0	2	1,38	1
38	78	*Fraxinus excelsior*	63,2	32,6	1	1,38	1
38	79	*Fraxinus excelsior*	42,1	29,7	4	1,38	5
38	84	*Fraxinus excelsior*	24,0	24,9	4	1,38	2
38	102	*Fraxinus excelsior*	46,2	28,9	2	1,38	3
38	103	*Fraxinus excelsior*	69,4	29,9	1	1,38	3
38	110	*Fraxinus excelsior*	81,5	33,7	1	1,38	1
39	1	*Fraxinus excelsior*	67,5	33,2	2	1,82	2
39	4	*Fraxinus excelsior*	53,5	27,9	3	1,82	2
39	6	*Fraxinus excelsior*	50,5	33,4	2	1,82	2
39	11	*Fraxinus excelsior*	33,3	31,2	3	1,82	1
39	13	*Fraxinus excelsior*	32,1	28,1	4	1,82	2
39	14	*Fraxinus excelsior*	42,4	28,7	3	1,82	3
39	17	*Fraxinus excelsior*	43,1	33,0	2	1,82	3
39	18	*Fraxinus excelsior*	39,8	29,8	2	1,82	1
39	23	*Fraxinus excelsior*	38,8	31,5	2	1,82	3
39	24	*Fraxinus excelsior*	50,1	33,9	2	1,82	3
39	26	*Fraxinus excelsior*	36,5	29,7	2	1,82	1
39	27	*Fraxinus excelsior*	33,5	29,0	3	1,82	2
39	35	*Fraxinus excelsior*	62,4	31,0	1	1,82	3
39	48	*Fraxinus excelsior*	92,7	34,9	1	1,82	0
39	58	*Fraxinus excelsior*	65,4	30,8	2	1,82	2
39	60	*Fraxinus excelsior*	60,9	37,3	2	1,82	1
39	66	*Fraxinus excelsior*	66,8	37,4	2	1,82	3
39	67	*Fraxinus excelsior*	54,7	32,5	2	1,82	3
39	81	*Fraxinus excelsior*	51,7	32,5	2	1,82	3
39	84	*Fraxinus excelsior*	60,0	35,5	3	1,82	0
39	89	*Fraxinus excelsior*	57,7	31,6	3	1,82	2
39	90	*Fraxinus excelsior*	64,9	38,8	2	1,82	1
39	92	*Fraxinus excelsior*	62,2	32,7	2	1,82	3

39	98	*Fraxinus excelsior*	66,0	31,1	2	1,82	3
40	1	*Fraxinus excelsior*	45,6	32,8	3	2,10	3
40	3	*Fraxinus excelsior*	48,0	32,0	3	2,10	1
40	5	*Fraxinus excelsior*	60,5	31,7	2	2,10	3
40	12	*Fraxinus excelsior*	56,4	29,8	2	2,10	1
40	13	*Fraxinus excelsior*	64,5	33,7	2	2,10	3
40	17	*Fraxinus excelsior*	58,7	38,2	2	2,10	1
40	26	*Fraxinus excelsior*	47,3	31,5	3	2,10	1
40	28	*Fraxinus excelsior*	60,8	39,1	1	2,10	2
40	32	*Fraxinus excelsior*	49,0	35,0	2	2,10	1
40	34	*Fraxinus excelsior*	57,8	38,0	2	2,10	1
40	37	*Fraxinus excelsior*	49,1	30,9	3	2,10	2
40	39	*Fraxinus excelsior*	62,4	35,7	2	2,10	1
40	44	*Fraxinus excelsior*	75,0	34,9	1	2,10	3
40	56	*Fraxinus excelsior*	71,5	34,7	1	2,10	2
40	68	*Fraxinus excelsior*	53,3	30,6	2	2,10	3
40	75	*Fraxinus excelsior*	78,4	35,0	2	2,10	3
40	78	*Fraxinus excelsior*	80,8	29,7	3	2,10	3
41	1	*Fraxinus excelsior*	39,7	28,8	3	1,87	2
41	8	*Fraxinus excelsior*	56,9	35,3	2	1,87	2
41	19	*Fraxinus excelsior*	43,2	32,1	3	1,87	3
41	27	*Fraxinus excelsior*	82,9	40,8	2	1,87	1
41	29	*Fraxinus excelsior*	89,2	38,1	2	1,87	1
41	31	*Fraxinus excelsior*	79,2	33,0	2	1,87	1
41	35	*Fraxinus excelsior*	70,4	30,9	3	1,87	0
41	40	*Fraxinus excelsior*	55,3	33,7	2	1,87	2
41	45	*Fraxinus excelsior*	72,8	34,3	2	1,87	3
41	47	*Fraxinus excelsior*	40,5	25,8	4	1,87	3
41	55	*Fraxinus excelsior*	57,8	29,1	3	1,87	1
41	58	*Fraxinus excelsior*	60,3	40,6	2	1,87	3
41	64	*Fraxinus excelsior*	61,1	32,8	2	1,87	3
41	74	*Fraxinus excelsior*	77,8	32,1	1	1,87	3
41	87	*Fraxinus excelsior*	70,7	38,7	2	1,87	1
41	104	*Fraxinus excelsior*	41,7	23,8	4	1,87	3
42	15	*Fraxinus excelsior*	63,6	35,1	2	1,93	0
42	18	*Fraxinus excelsior*	73,9	38,0	2	1,93	0
42	20	*Fraxinus excelsior*	71,0	38,9	2	1,93	1
42	23	*Fraxinus excelsior*	62,0	33,5	3	1,93	1
42	38	*Fraxinus excelsior*	79,7	35,0	2	1,93	0
42	57	*Fraxinus excelsior*	71,8	36,0	2	1,93	1
42	64	*Fraxinus excelsior*	58,4	29,0	3	1,93	2
43	1	*Fraxinus excelsior*	27,5	29,2	4	2,43	2
43	3	*Fraxinus excelsior*	20,8	26,6	4	2,43	1
43	4	*Fraxinus excelsior*	35,8	31,7	3	2,43	2

43	5	*Fraxinus excelsior*	37,9	34,2	3	2,43	1
43	10	*Fraxinus excelsior*	33,5	29,3	3	2,43	1
43	12	*Fraxinus excelsior*	41,0	30,6	3	2,43	3
43	16	*Fraxinus excelsior*	60,2	33,1	3	2,43	1
43	24	*Fraxinus excelsior*	70,3	36,3	2	2,43	3
43	27	*Fraxinus excelsior*	82,4	39,1	2	2,43	3
43	29	*Fraxinus excelsior*	12,2	8,4	5	2,43	3
43	36	*Fraxinus excelsior*	63,2	37,7	2	2,43	0
43	53	*Fraxinus excelsior*	60,7	36,0	2	2,43	0
43	55	*Fraxinus excelsior*	51,3	32,8	3	2,43	0
43	69	*Fraxinus excelsior*	69,3	37,9	2	2,43	3
43	70	*Fraxinus excelsior*	62,5	31,9	3	2,43	2
43	71	*Fraxinus excelsior*	45,6	24,4	4	2,43	0
43	75	*Fraxinus excelsior*	48,3	32,5	3	2,43	2
43	76	*Fraxinus excelsior*	24,8	32,0	3	2,43	1
43	78	*Fraxinus excelsior*	62,9	37,5	2	2,43	3
43	79	*Fraxinus excelsior*	51,2	31,1	3	2,43	3
43	84	*Fraxinus excelsior*	41,0	28,3	4	2,43	2
43	91	*Fraxinus excelsior*	71,2	40,5	2	2,43	3
43	97	*Fraxinus excelsior*	67,1	37,2	2	2,43	2
43	109	*Fraxinus excelsior*	59,2	37,3	3	2,43	1

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe. Sämtliche den Quellen entnommenen Aussagen sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit ist noch nicht an anderer Stelle veröffentlicht und noch keiner anderen Prüfungsstelle vorgelegt worden.

Ort, Datum	Unterschrift