



Fachbereich Landwirtschaft, Ökotoxologie und Landschaftsentwicklung

## Bachelorarbeit

Thema: *„Untersuchungen zur Auswirkung von Mahonia aquifolium auf die natürliche Verjüngung in Hangwäldern des Unteren Saaletals“*

Vorgelegt von: Thomas Stahl

Geboren am: 04.04.1988

Studiengang: Naturschutz und Landschaftsplanung

1. Gutachter: Prof. Dr. habil. Sabine Tischew

2. Gutachter: Dipl.-Ing. (FH) Sandra Dullau

Datum der Abgabe: 06.11.2014

## Inhaltsverzeichnis

I. Tabellenverzeichnis .....	3
II. Abbildungsverzeichnis .....	3
III. Anlagenverzeichnis.....	5
IV. Abkürzungsverzeichnis .....	5
1. Einleitung .....	6
2. Fragestellung .....	8
3. Aktueller Stand des Wissens.....	9
3.1 Gebietsfremde Arten.....	9
3.1.1 Zur Herkunft und Verbreitung gebietsfremder Arten .....	9
3.1.2 Negative Auswirkung invasiver gebietsfremder Arten .....	10
3.1.3 Management gebietsfremder Arten .....	11
3.2 Artbeschreibung <i>Mahonia aquifolium</i> .....	12
3.2.1 Herkunft, Bestimmungsmerkmale, Standortansprüche und Verbreitung.....	12
3.2.2 Ausbreitungsstrategie und Problematik der Art .....	17
3.2.3. Bekämpfungsmaßnahmen.....	18
4. Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....	19
4.1 Geografische Lage und naturräumliche Einordnung .....	19
4.2 Natürliche Grundlagen.....	20
4.2.1 Klima.....	20
4.2.2 Geologie und Böden .....	20
4.2.3 Hydrologie.....	21
4.2.4 Heutige potentielle natürliche Vegetation .....	22
4.3 Historische und aktuelle Nutzung.....	22
4.4 Schutzstatus .....	23
4.5 Beschreibungen der Untersuchungsflächen .....	25
5. Methodik.....	30
5.1 Auswahl der Untersuchungsflächen und Probeplots .....	30
5.2 Erfassungsmethoden .....	31
5.3 Auswertungsmethoden .....	32
6. Ergebnisse .....	33
6.1 Bestandsstruktur der Untersuchungsflächen.....	34
6.1.1 Artenzahlen und Stetigkeiten .....	34
6.1.2 Deckungsgrade und Dominanzen .....	35
6.1.3 Shannon-Index .....	36
6.2 Gehölzverjüngung in den Probeplots.....	37
6.2.1 Individuenzahlen der Gehölzverjüngung .....	38
6.2.2 Artinventar der Gehölzverjüngung.....	41

6.3 Regressionen .....	44
6.3.1 Daten der Untersuchungsflächen .....	44
6.3.2 Daten der ProbepLOTS .....	47
6.4 ANOVA .....	50
7. Diskussion .....	52
7.1 Unterschiede bezüglich Artenzusammensetzung und Bestandsstruktur .....	52
7.2 Individuenzahlen der Gehölzverjüngung .....	54
7.3 Unterschiede nach Einteilung in Deckungsgradklassen .....	55
7.4 Versuchsdesign .....	56
8. Schlussfolgerungen .....	56
9. Zusammenfassung .....	57
10. Literaturverzeichnis .....	58

## I. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Mittlere Niederschlagsmenge ausgewählter Klimastationen im Untersuchungsgebiet und Umland .....	20
<b>Tabelle 2:</b> Mittlere Temperatur ausgewählter Klimastationen im Umland des Untersuchungsgebietes .....	20
<b>Tabelle 3:</b> Beschreibung der Untersuchungsflächen .....	28
<b>Tabelle 4:</b> Höhenklassen der Gehölzverjüngung .....	31
<b>Tabelle 5:</b> Übersicht der getesteten Varianten zur Einteilung der Deckungsgradklassen .....	33
<b>Tabelle 6:</b> Signifikante Ergebnisse der Varianzanalysen für die Klassenbildungsvarianten bezüglich des Einflusses von <i>M. aquifolium</i> auf die Gehölzverjüngung der ProbepLOTS .....	51

## II. Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Herkunftsgebiete der in Deutschland vorkommenden Neophyten und Neozoen ....	10
<b>Abbildung 2:</b> Begriffe zur Einteilung des Artenbestands .....	10
<b>Abbildung 3:</b> Unterschiedliche Blattmorphologie an zwei benachbarten Blättern eines Triebes .	13
<b>Abbildung 4:</b> Habitus <i>M. aquifolium</i> .....	13
<b>Abbildung 5:</b> Blätter <i>M. aquifolium</i> .....	13
<b>Abbildung 6:</b> Blütenstand <i>M. aquifolium</i> .....	14
<b>Abbildung 7:</b> Fruchtstand <i>M. aquifolium</i> .....	14
<b>Abbildung 8:</b> Vergleich verschiedener Merkmale von ursprünglichen und invasiven Mahonien-Populationen .....	14
<b>Abbildung 9:</b> Der Einfluss des pH-Werts des Bodens auf die mittlere Biomasse (log-transformierte Skale) von <i>M. aquifolium</i> -Keimlingen nach vier Monaten Wachstum (Gewächshausversuch 1995; links) sowie der Einfluss der Entfernung vom Flugasche-Emittenten auf die Wahrscheinlichkeit, dass aus einem <i>M. aquifolium</i> -Samen ein Keimling aufläuft und bis zum Ende der Vegetationsperiode überlebt (Aussaatversuch 1995; rechts) .....	15
<b>Abbildung 10:</b> Verbreitungskarte <i>M. aquifolium</i> in Sachsen-Anhalt .....	16
<b>Abbildung 11:</b> <i>M. aquifolium</i> wächst flächendeckend im Unterwuchs des Parnenaer Grundes im FFH-Gebiet "Saaledurchbruch bei Rothenburg" .....	16

<b>Abbildung 12:</b> Mahonien-Patch in Kiefernforsten der Dübener Heide .....	17
<b>Abbildung 13:</b> Lage des Untersuchungsgebietes .....	19
<b>Abbildung 14:</b> Geologische Karte und Bodenkarte des Untersuchungsgebietes .....	21
<b>Abbildung 15:</b> Nutzungsverhältnisse nach Flächenanteilen (in ha) im FFH-Gebiet "Saaledurchbruch bei Rothenburg" .....	23
<b>Abbildung 16:</b> <i>M. aquifolium</i> und <i>Robinia pseudoacacia</i> wachsen auf degradiertem Trockenrasen .....	24
<b>Abbildung 17:</b> Karte der umliegenden Schutzgebiete .....	25
<b>Abbildung 18:</b> Prozentualer Anteil der Zeigerwertstufen an der Gesamtartenzahl sowie mittlere qualitative Zeigerwerte, Flächen <b>ohne</b> Mahonie .....	27
<b>Abbildung 19:</b> Prozentualer Anteil der Zeigerwertstufen an der Gesamtartenzahl sowie mittlere qualitative Zeigerwerte, Flächen <b>mit</b> Mahonie .....	27
<b>Abbildung 20:</b> Lageplan der Untersuchungsflächen .....	29
<b>Abbildung 21:</b> Lage der Probeplots in den Untersuchungsflächen .....	30
<b>Abbildung 22:</b> Mittlere Gesamtartenzahl sowie eine Unterteilung in Gräser/Kräuter und Gehölze, Untersuchungsflächen ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	34
<b>Abbildung 23:</b> Mittlere Deckungsgrade der verschiedenen Schichten, Untersuchungsflächen ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	36
<b>Abbildung 24:</b> Mittlerer Shannon-Index der Untersuchungsflächen ohne und mit <i>M. aquifolium</i> , bezogen auf die Krautschicht .....	36
<b>Abbildung 25:</b> Mittlerer Deckungsgrad von <i>M. aquifolium</i> , Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	37
<b>Abbildung 26:</b> Mittlere Gesamtindividuenzahl und mittlere Individuenzahl aller Arten je Höhenklasse in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	38
<b>Abbildung 27:</b> Boxplot der Individuenzahlen je Höhenklasse aller Arten in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	39
<b>Abbildung 28:</b> Mittlere Gesamtindividuenzahl und mittlere Individuenzahl der Baumarten je Höhenklasse in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	40
<b>Abbildung 29:</b> Mittlere Gesamtindividuenzahl und mittlere Individuenzahl der Straucharten je Höhenklasse in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	40
<b>Abbildung 30:</b> Artinventar der Gehölzverjüngung (gesamt), mittlere Individuenzahlen der Arten getrennt nach Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	42
<b>Abbildung 31:</b> Artinventar der Gehölzverjüngung (Höhenklasse III), mittlere Individuenzahlen der Arten getrennt nach Probeplots ohne und mit <i>M. aquifolium</i> .....	43
<b>Abbildung 32:</b> Regression Artenzahl der Gehölze zu kumulativer Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Untersuchungsflächen .....	44
<b>Abbildung 33:</b> Regression der Deckungssumme G/K in der Krautschicht zu kumulativer Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Untersuchungsflächen .....	45
<b>Abbildung 34:</b> Regression der Deckungssumme Sträucher in der Krautschicht zu kumulativer Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Untersuchungsflächen .....	45
<b>Abbildung 35:</b> Regression der Deckung der Strauchschicht zu kumulativer Deckung <i>M.</i> <i>aquifolium</i> auf den Untersuchungsflächen .....	46
<b>Abbildung 36:</b> Regression der Deckung der Baumschicht zu kumulativer Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Untersuchungsflächen .....	46
<b>Abbildung 37:</b> Regression der Gesamtindividuenzahl der Gehölzverjüngung zu Deckung <i>M.</i> <i>aquifolium</i> auf den Probeplots .....	47
<b>Abbildung 38:</b> Regression der Individuenzahl Höhenklasse I der Gehölzverjüngung zu Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Probeplots .....	48
<b>Abbildung 39:</b> Regression der Individuenzahl Höhenklasse II der Gehölzverjüngung zu Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Probeplots .....	48

<b>Abbildung 40:</b> Regression der Individuenzahl Höhenklasse III der Gehölzverjüngung zu Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Probeplots .....	49
<b>Abbildung 41:</b> Regression der Individuenzahl der Baumarten Höhenklasse III der Gehölzverjüngung zu Deckung <i>M. aquifolium</i> auf den Probeplots.....	49

### III. Anlagenverzeichnis

<b>Anhang I:</b>	Bildanhang
<b>Anhang II:</b>	Ergebnisse der Auswertungen mit SPSS
<b>Anhang III:</b>	Vegetationstabelle und Tabelle der Artzusammensetzung der Verjüngung (HK I und II)

### IV. Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
Abb.	Abbildung
ANOVA	analysis of variance
bzw.	beziehungsweise
FFH	Fauna-Flora-Habitat (Richtlinie)
G	Gräser
hpnV	heutige potentielle natürliche Vegetation
K	Kräuter
KS-Test	Kolmogorov-Smirnov-Test
LRT	Lebensraumtyp
M.	Mahonia
n.s.	nicht signifikant
NSG	Naturschutzgebiet
rel.	relativ
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel

## 1. Einleitung

Das FFH-Gebiet „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ (DE 4336 306) zwischen Dobis und Könnern ist aufgrund seiner mannigfaltigen Habitatstrukturen Lebensraum für eine Vielzahl seltener und geschützter Tier- und Pflanzenarten. Neben fließenden und stehenden Gewässern finden sich auf den teils sehr steilen Hängen des Durchbruchtals offene, durch historische Nutzung entstandene magere Trockenrasen sowie eine Reihe verschiedener Waldtypen. Durch die enge räumliche Verzahnung dieser unterschiedlichen Lebensräume und der Lage in der ausgeräumten Kulturlandschaft des Halleschen Ackerlandes besitzt das Gebiet einen hohen naturschutzfachlichen Stellenwert (REIBMANN et al. 2011). Seit einigen Jahren wachsen allerdings die Bestände der gebietsfremden Art *Mahonia aquifolium* (Pursh.) Nutt. im Unterholz der Hangwälder in den Seitengründen des Saaletals immer weiter an und allmählich dringt die Art auch in degradierte Trockenrasen ein, die wegen fehlender Nutzung zunehmend vergrasen und verbuschen (REIBMANN et al. 2011). Diese ursprünglich aus Nordamerika stammende Art ist aufgrund ihrer Ausbreitungsstrategie, mittels unterirdischer Ausläufer und einer hohen Anzahl an Samen, die durch Vögel verbreitet werden können, sehr konkurrenzstark und in weiten Teilen Mitteleuropas eingebürgert (AUGE 1997a).

Vom Bundesamt für Naturschutz wurde bis Ende 2013 eine deutschlandweite „Schwarze Liste der invasiven Pflanzenarten“ erstellt, auf deren Grundlage das Management von gebietsfremden Arten koordiniert werden soll. Von der Koordinationsstelle Invasive Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts („Korina“) in Halle wird derzeit auch eine entsprechende landesspezifische Liste für Sachsen-Anhalt erarbeitet.

*M. aquifolium* steht gegenwärtig auf der „Grauen Liste der invasiven Pflanzenarten Deutschlands“, welche eine Kategorie der „Schwarzen Liste“ darstellt. Die „Schwarze Liste“ beinhaltet all jene Arten, für die die Invasivität bereits belegt ist. Die „Graue Liste“ hingegen enthält diejenigen gebietsfremden Pflanzenarten, für die es bisher nur Hinweise bzw. begründete Annahmen zur Invasivität gibt (NEHRING et al. 2013a). Diese Arten werden in der Forschungsliteratur allerdings noch nicht ausreichend beschrieben, um die Annahmen eindeutig bestätigen zu können. Im Falle von *M. aquifolium* besteht in diesem Zusammenhang u.a. noch Forschungsbedarf, ob die Art eine Gefährdung für die heimische Biodiversität durch interspezifische Konkurrenz darstellt (NEHRING et al. 2013b).

Als „gebietsfremd“ werden in dieser Beziehung Arten bezeichnet, die außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes vorkommen und mit Hilfe des Menschen in neue Gebiete eindringen. Sollten sie zudem eine erhebliche Gefährdung für einheimische Arten oder Lebensräume darstellen, gelten sie als „invasiv“ (BNatschG 2009).

In Zusammenarbeit mit „Korina“ soll daher untersucht werden, ob *M. aquifolium* einen negativen Einfluss auf die natürliche Gehölzverjüngung in Hangwäldern ausübt. Grundlage dafür ist die Hypothese, dass die häufig sehr dicht auftretende Mahonie die Entwicklung der heimischen Baum- und Straucharten in den kritischen Phasen von Keimung bis zum Aufwachsen zu mehrjährigen Individuen durch Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe nachhaltig beeinträchtigt. Hierfür werden Mahonien-freie Flächen unter Betrachtung verschiedener Parameter mit Flächen verglichen, auf denen

die Art einen hohen Deckungsgrad aufweist. Die Arbeit stützt sich dabei vorwiegend auf die Forschungsarbeiten von Herrn Dr. Auge (Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle), der in der Vergangenheit, in Zusammenarbeit mit verschiedenen Kollegen, wichtige Grundlagenforschung zur Biologie von *M. aquifolium* geleistet hat (z.B. AUGE 1997a: „*Biologische Invasionen: Das Beispiel Mahonia aquifolium*“; AUGE, H., & BRANDL, R. 1997b: „*Seedling recruitment in the invasive clonal shrub Mahonia aquifolium Pursh (Nutt.)*“ oder ROSS, C. A., & AUGE, H. 2008: „*Invasive Mahonia plants outgrow their native relatives*“).

Im ersten Teil der Arbeit werden zunächst die behandelte Fragestellung erläutert sowie grundlegende Informationen über gebietsfremde Arten im Allgemeinen und *M. aquifolium* im Besonderen gesammelt und ausgewertet, wobei v.a. die Problematik dieser Art genauer beleuchtet wird. Anschließend wird näher auf das gesamte Untersuchungsgebiet „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ sowie die untersuchten Seitengründe des Durchbruchtals eingegangen. Hierauf folgen die Beschreibung der Vorgehensweise bei der Flächenauswahl, der angewandten Methodik im Versuchsdesign sowie die Erläuterung der Auswertungsparameter des Versuchs. Darauf aufbauend werden die Ergebnisse dargestellt und im Anschluss diskutiert sowie ein Fazit über den Einfluss der Art auf die Gehölzverjüngung und über die Weiterführung des Versuches gezogen. Der Bericht schließt mit einer Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte und Ergebnisse.

## 2. Fragestellung

Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, eine Empfehlung zur Einstufung der gebietsfremden Art *Mahonia aquifolium* in die Schwarze-Liste Kategorien für invasive gebietsfremde Arten zu erarbeiten. Hierfür werden Flächen mit *M. aquifolium* und solche ohne diese Art in Hangwäldern des unteren Saaletals hinsichtlich ihrer Gehölzverjüngung anhand verschiedener Parameter verglichen. Es soll dadurch herausgefunden werden, ob bzw. inwieweit *M. aquifolium* einen negativen Einfluss auf die natürliche Gehölzverjüngung ausübt. Da die Art sehr hohe Deckungsgrade erreichen kann und wegen ihrer unterirdischen Ausläufer und der hohen Keimrate ihrer Samen als konkurrenzstark gilt, liegt die Vermutung nahe, dass sie durch Beschattungs- und Verdrängungseffekte negative Auswirkungen auf Keim- und Aufwuchsraten der heimischen Vegetation hervorruft. Darüber hinaus soll das angewandte Versuchsdesign diskutiert und gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge abgeleitet werden.

Aus den aufgeführten Punkten lassen sich folgende Fragen ableiten:

1. Gibt es Unterschiede in der Artenzusammensetzung bzw. der Bestandsstruktur zwischen Flächen mit und ohne *M. aquifolium*?
2. Wie unterscheiden sich die Flächen mit und ohne *M. aquifolium* hinsichtlich der Individuenzahlen der Gehölzverjüngung und deren Verteilung auf verschiedene Höhenklassen?
3. Zeigen sich bei einer Einteilung der Flächen in verschiedene Deckungsgradklassen von *M. aquifolium* Unterschiede zwischen diesen Klassen?
4. Hat sich das durchgeführte Versuchsdesign als praktikabel zur Beantwortung der aufgeführten Fragen erwiesen?



### 3. Aktueller Stand des Wissens

#### 3.1 Gebietsfremde Arten

##### 3.1.1 Zur Herkunft und Verbreitung gebietsfremder Arten

Vom Menschen hervorgerufene pflanzliche Invasionen vollziehen sich seit der Mensch angefangen hat internationalen Handel zu treiben, bzw. seit er von Afrika ausgehend die Erde für sich erobert hat. Der Prozess beschreibt die Ausbreitung einer Art durch den Menschen über ihr natürliches Verbreitungsareal hinaus in für sie bisher, durch begrenzende Ausbreitungsbarrieren wie etwa Gebirge oder Ozeane, unerreichbares Gebiet (KOWARIK 2010). In Deutschland unterscheidet man die Begriffe „Archeophyten“ (Einführung vor 1492) und „Neophyten“ (Einführung nach 1492), wobei die Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus den entscheidenden Stichtag darstellt, da der weltweite Handel und die Globalisierung nach diesem Zeitpunkt bis dato unerreichte Ausmaße annimmt (KOWARIK 2010). Diese Unterscheidung ist allerdings nur eine mehr oder weniger willkürliche Einteilung, da das Einbringungsdatum einer fremden Art keinerlei Einfluss auf deren eventuelle negative Auswirkungen auf die heimische Flora und Fauna ausübt. Die Begriffe „invasive alien species“ oder „invasive gebietsfremde Art“ sind daher besser zur Beschreibung invasiver Arten geeignet.

Die meisten gebietsfremden Pflanzen werden absichtlich als Zier- oder Nutzpflanzen in Gärten, Parkanlagen, Städte und Wälder eingebracht, von wo aus sie sich nach einem Time-Lag in die umgebende Natur ausbreiten können. Allerdings gelangen auch viele Arten unbeabsichtigt in neue Gebiete, etwa als Saatgutverunreinigungen, im Fell von Nutztieren oder im Ballastwasser von Schiffen (KOWARIK 2010). Der Begriff Time-Lag beschreibt die Latenzphase zwischen Ersteinbringung und selbstständiger Ausbreitung einer Art in der Natur, wobei diese Zeitspanne sehr unterschiedlich lange dauern kann (z.B. *Prunus serotina*: 29 Jahre, *Prunus persica*: 415 Jahre) (KOWARIK 2010).

Abbildung 1 zeigt die Hauptherkunftsgeländer der in Deutschland vorkommenden Neophyten (und Neozoen). Bezogen auf die Pflanzenwelt lässt sich ablesen, dass der Großteil der etablierten Neubürger aus klimatisch ähnlichen Geländern, namentlich Nordamerika, Ostasien und anderen europäischen Ländern, stammt. (KOWARIK 2010, NEHRING et al. 2013b)

In Abbildung 2 ist die Zusammensetzung der in einem Gebiet vorkommenden Flora und Fauna veranschaulicht, die einheimische und gebietsfremde Arten umfasst, wobei Letztere je nach Einbringungszeitpunkt, Etablierungsphase und Auswirkung auf heimische Arten weiter unterteilt sind und den entsprechenden Listen der invasiven Arten zugeordnet werden (näheres hierzu in Kap. 3.1.3). Man geht davon aus, dass im Laufe der Zeit etwa 12.000 gebietsfremde Arten nach Deutschland eingeführt wurden, wovon etwa 1000 unbeständig und etwa 400 etabliert in der freien Natur vorkommen, von denen wiederum etwa 40 als invasiv eingestuft werden (KLINGENSTEIN et al. 2005).

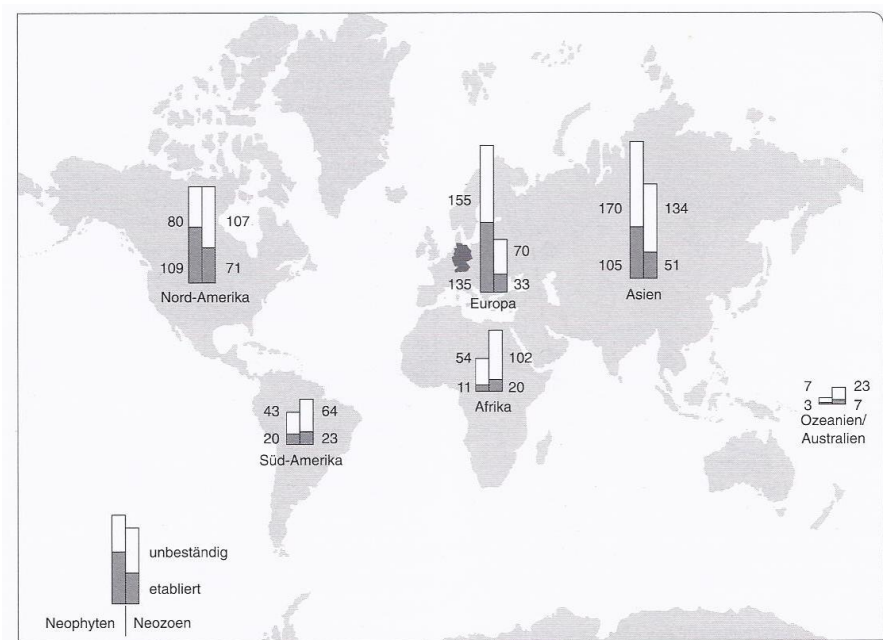


Abbildung 1: Herkunftsgebiete der in Deutschland vorkommenden Neophyten und Neozoen (aus: KOWARIK 2010, S. 57)

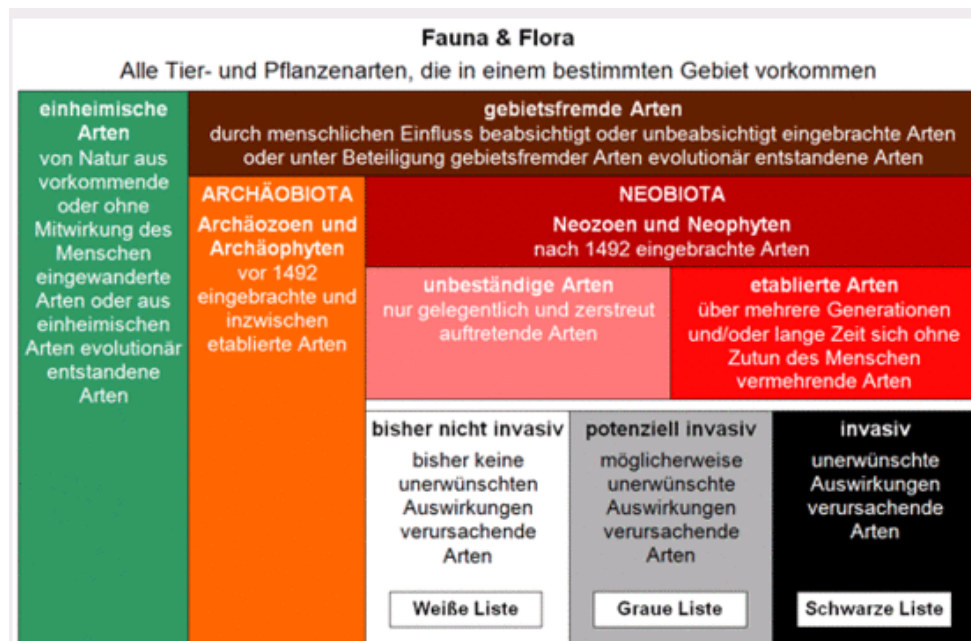


Abbildung 2: Begriffe zur Einteilung des Artenbestands (aus: BFN 2014)

### 3.1.2 Negative Auswirkung invasiver gebietsfremder Arten

Invasive gebietsfremde Arten können sich in unterschiedlicher Weise negativ auf die Umwelt oder die Ökonomie auswirken. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, werden hier nur einige dieser Auswirkungen beschrieben. Einerseits können sie durch interspezifische Konkurrenz heimische Arten verdrängen und so das Arteninventar von Lebensräumen stark beeinflussen (KOWARIK 2010). Dieser Prozess kann sich auch auf die Tierwelt auswirken. Wenn Nahrungspflanzen für spezialisierte

Insekten nicht mehr vorkommen, verschwinden diese ebenfalls und infolgedessen weitere Prädatoren, welche sich wiederum von den entsprechenden Insekten ernähren. So kann z.B. der Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) die autochthone Vegetation von Flussauen (etwa Gemeiner Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*) oder Blutweiderich (*Lythrum salicaria*)) verdrängen, wodurch eine Nahrungsquelle der Schenkelbiene (*Macropis labiata*) bzw. der Sägehornbiene (*Melitta nigricans*) verloren geht (BÖHMER et al. 2001). Auch infolge von, durch invasive gebietsfremde Arten hervorgerufene, Standortsveränderungen kann die Biozönose stark abgewandelt werden, wie es beispielsweise durch das Auftreten der Robinie (*Robinia pseudoacacia*) geschieht. Ihre Fähigkeit mit Hilfe von Knöllchenbakterien Stickstoff im Boden zu binden sowie ihre leicht abbaubare Streu führen schnell zu einer Erhöhung der Nährstoffkonzentration. Zudem verbessert sich der Bodenwasserhaushalt auf offenen Trockenstandorten durch Beschattung, was in einer erhöhten Nährstoffumsatzrate resultiert und damit die bodenchemischen Eigenschaften eines Gebietes stark beeinflusst (BÖHMER et al. 2001). In der Folge verschiebt sich das Arteninventar zugunsten von nitrophilen Pflanzen und auf offenen Magerstandorten werden naturschutzfachlich wertvolle helio- bzw. thermophile Arten verdrängt (BÖHMER et al. 2001).

Andererseits können auch ökonomische Schäden in Forst- oder Landwirtschaft hervorgerufen werden, wie es u.a. durch die Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*) geschieht. Die Art wird v.a. in Wirtschaftswäldern zum Problem, da sie eine dichte Strauchschicht bilden und damit die Krautschicht ausdunkeln kann, was zur Beeinträchtigung der Naturverjüngung führt. Darüber hinaus behindert das dichte Wachstum die Forstarbeit (REINHARDT et al. 2003).

Es können aber auch gesundheitliche Probleme mit invasiven gebietsfremden Arten auftreten, wie etwa im Falle der Beifußblättrigen Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*), die starke allergische Reaktionen hervorrufen kann, deren klinische Behandlung deutschlandweit jährlich auf etwa 50 Millionen Euro geschätzt wird (ARNDT & GRÖGER-ARNDT 2011).

### **3.1.3 Management gebietsfremder Arten**

Das Bundesnaturschutzgesetz in der Fassung vom 29.07.2009 gibt vor, dass der Gefährdung von Ökosystemen, Biotopen und Arten durch Tiere und Pflanzen nichteinheimischer oder invasiver Arten durch geeignete Maßnahmen entgegenzuwirken ist. Um die Auswirkungen gebietsfremder Arten auf die heimische Natur besser abschätzen zu können, wurden die bereits erwähnten Schwarzen Listen des Bundes und der Länder erstellt. In ihnen werden die Arten aufgeführt und beschrieben, die nachweislich (Schwarze Liste) oder möglicherweise (Graue Liste) erhebliche negative Auswirkungen hervorrufen können. Dafür werden sie unter verschiedenen Gesichtspunkten, wie etwa der interspezifischen Konkurrenz und der damit verbundenen Verdrängung heimischer Arten, der Hybridisierung mit heimischen Arten oder auch den negativen ökosystemaren Auswirkungen, die zu einer Gefährdung heimischer Arten führen, beleuchtet und bewertet (NEHRING et al. 2013a).

Gebietsfremde Arten, für die bisher keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt bekannt sind, finden sich auf der „Weißen Liste“ wieder. Auf Grundlage dieser Listen kann das Management der gebietsfremden Arten koordiniert und geplant werden, wie es in Sachsen-Anhalt u.a. durch die Arbeit von „Korina“ geschieht. Die Spannweite der Maßnahmen ist groß, sie reicht von Prävention, also der Verhinderung, dass gebietsfremde Arten überhaupt erst in die Natur gelangen und sich dort etablieren können, über kleinflächige Bekämpfungsmaßnahmen bis hin zur völligen Ausrottung einer Art in einem Gebiet (KOWARIK 2010). Da der Erfolg einer Einzelmaßnahme oft nicht von vornherein abzuschätzen ist, ist es von großer Wichtigkeit, behandelte Flächen zu beobachten und die Durchführung der Maßnahmen gegebenenfalls zu wiederholen. Eine flächendeckende und vollständige Entfernung aller (invasiven) gebietsfremden Arten ist jedoch praktisch nicht umsetzbar, deshalb beschränken sich derartige Maßnahmen oft auf naturschutzfachlich wertvolle Gebiete oder Bereiche, in denen die Pflanzen ökonomischen Schaden anrichten, wie etwa das Orientalische Zackenschötchen (*Bunias orientalis*), welches durch Verdrängung von Gräsern die Erosionsgefahr auf Deichen und Dämmen erhöhen kann (SCHNEIDER 2013).

### **3.2 Artbeschreibung *Mahonia aquifolium***

#### **3.2.1 Herkunft, Bestimmungsmerkmale, Standortansprüche und Verbreitung**

Die im westlichen Nordamerika heimische (ROSS & AUGÉ 2008) Gattung *Mahonia* gehört zur Familie der Berberitzengewächse. Nach STORL (2012) kam sie bereits im Tertiär in Mitteleuropa vor, fand während der Eiszeiten jedoch kein geeignetes Refugium und starb daraufhin aus. *M. aquifolium* wurde in der Neuzeit erstmals 1822 als Zierpflanze in Gärten und Parks in Europa eingeführt, von wo aus sie sich nach einem Time-Lag (siehe Kap. 3.1.1) von 38 Jahren in die umliegende Natur ausbreitete. Später wurde die Art auch von Imkern als Bienenweide in Wäldern angepflanzt (KOWARIK 2010). Die verwilderten Zuchtformen bestehen vorwiegend aus Hybriden mit den ebenfalls aus Nordamerika stammenden und morphologisch sehr ähnlichen Arten *M. repens* (*M. x decumbens*) oder *M. pinnata* (*M. x wagneri*) (AHRENDT 1961, AUGÉ 1997a). Eine genaue Bestimmung ist daher meist schwierig, da die Bestimmungsmerkmale oft nicht eindeutig erkennbar sind und selbst an einem Individuum große Unterschiede in der Morphologie der einzelnen Blätter bestehen können (eigene Beobachtungen, Abb. 3).

*M. aquifolium* ist ein immergrüner Strauch (siehe Abb. 4), der eine Wuchshöhe von 0,9 m bis 1,8 m erreichen kann. Die unpaarig gefiederten Blätter (siehe Abb. 5) können zwischen fünf und 13 eiförmige, ledrige Fiederblättchen besitzen, die dornig gezähnt sind. Auf der glänzenden Oberseite ist eine sehr feine Netzstruktur erkennbar, die Unterseite ist matt (AHRENDT 1961). Zuweilen verfärben sich die Blätter in den Wintermonaten bronzerot. Die Blättchenbasis der meist bis zu 2-mal so langen wie breiten Fiederblättchen kann abgerundet, gestutzt oder mitunter auch herzförmig gestaltet sein (GUTTE et al. 2013). Die Art blüht von April bis Juni mit einer leuchtend gelben, vielblütigen, aufrechten Blütentraube (siehe Abb. 6), die aus drei bis vier Büscheln besteht und 5 bis 8 cm lang sein kann (AHRENDT 1961).



*Abbildung 3: Unterschiedliche Blattmorphologie an zwei benachbarten Blättern eines Triebes  
(Foto: T. Stahl)*

Ab August beginnen an ihnen kugelförmige, auffällig bereifte, dunkelblaue Beeren (siehe Abb. 7) zu reifen. (AHRENDT 1961, BARTELS 2009). Die beiden genannten Hybridarten unterscheiden sich u.a. durch ihre Wuchshöhe von *M. aquifolium*, so erreicht *M. x decumbens* nur eine Höhe von 0,3 m – 0,5 m und *M. x wagneri* bis zu 2 m. Des Weiteren werden die Fiederblättchen von *M. x wagneri* überwiegend mehr als 2-mal so lang wie breit und haben eine keilförmige Blättchenbasis (GUTTE et al. 2013). Beiden Hybriden ist eine matte Blattoberseite gemein (AHRENDT 1961).



*Abbildung 4: Habitus M. aquifolium  
(Foto: T. Stahl)*



*Abbildung 5: Blätter M. aquifolium (Foto: T. Stahl)*



Abbildung 6: Blütenstand *M. aquifolium* (Foto: T. Stahl)



Abbildung 7: Fruchtstand *M. aquifolium* (Foto: T. Stahl)

ROSS & AUGÉ untersuchten 2008 weitere funktionelle und größenbezogene Merkmale der nordamerikanischen Ursprungsarten *M. aquifolium* und *M. repens* und stellten sie denen von invasiven Mahonien in Mitteleuropa gegenüber (siehe Abb. 8). Sie fanden heraus, dass sich Letztere u.a. durch eine höhere oberirdische Biomasse, höhere Blatt- und Triebmasse sowie eine höhere Anzahl an Blättern, welche zudem auch noch einen höheren Chlorophyllgehalt aufweisen, signifikant von ihren Ursprungsarten unterscheiden.

	Native species		Invasive <i>Mahonia</i> populations
	<i>M. aquifolium</i>	<i>M. repens</i>	
<i>Functional traits</i>			
Chlorophyll content	36.66 ± 1.29 <sup>a</sup>	39.48 ± 2.16 <sup>a</sup>	40.38 ± 0.62 <sup>a</sup>
Specific leaf area	91.21 ± 2.93 <sup>a</sup>	99.91 ± 5.13 <sup>a</sup>	91.14 ± 3.28 <sup>a</sup>
Leaf area ratio [cm <sup>2</sup> /g]	69.61 ± 2.71 <sup>a</sup>	66.23 ± 4.65 <sup>a</sup>	65.38 ± 1.31 <sup>a</sup>
<i>Size-related traits</i>			
Above-ground biomass [g]	1.95 ± 0.51 <sup>a</sup>	1.56 ± 0.89 <sup>a</sup>	3.65 ± 0.25 <sup>b</sup>
Biomass of stems [g]	0.48 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.28 <sup>a</sup>	0.94 ± 0.08 <sup>b</sup>
Biomass of leaves [g]	1.47 ± 0.36 <sup>a</sup>	1.25 ± 0.64 <sup>a</sup>	2.71 ± 0.18 <sup>b</sup>
Stem length [cm]	7.42 ± 0.62 <sup>a</sup>	5.72 ± 1.10 <sup>a</sup>	9.15 ± 0.31 <sup>b</sup>
Number of stems	3.90 ± 0.61 <sup>a</sup>	2.85 ± 1.08 <sup>a</sup>	5.03 ± 0.30 <sup>a</sup>
Number of leaves	12.08 ± 1.62 <sup>a</sup>	6.89 ± 2.85 <sup>a</sup>	17.61 ± 0.79 <sup>b</sup>

Different superscript letters indicate significant differences at  $P < 0.05$  according to GT2-tests (calculated on transformed data in the case of stem length, number of stems, number of leaves and all biomass data). In all size-related traits, except the number of stems, invasive *Mahonia* populations perform significantly better than the two native species

Abbildung 8: Vergleich verschiedener Merkmale von ursprünglichen und invasiven Mahonien-Populationen (aus: ROSS & AUGÉ 2008, S. 27)

*M. aquifolium* bevorzugt halbschattige bis schattige Standorte mit mäßig trockenen bis feuchten, durchlässigen, humosen Böden (BARTELS 2009), zudem ist sie bis  $-20\text{ °C}$  frosthart (SCHMIDT & HECKER 2009). Sie findet sich in vielen verschiedenen, v.a. halbnatürlichen (AUGÉ & BRANDL 1997b), Lebensräumen, so z.B. in Trockengebüschen

und -wäldern, urbanen Vorwäldern und Kiefernforsten, aber auch in mesophilen Laubwäldern (AUGE 1997a). AUGE fand 1997(a) im Zuge seiner Untersuchungen von invasiven Mahonien-Populationen in eutrophierten Kiefernforsten der Dübener Heide heraus, dass die Art direkt durch anthropogenen Stoffeintrag und einer damit verbundenen Erhöhung des pH-Wertes im Boden gefördert wird. Als Ergebnis eines Aussaatversuches beschrieb er, dass „die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Keimlingsetablierung mit zunehmender Entfernung vom ehemaligen Hauptemittenten abnimmt“, welcher in diesem Fall die Braunkohleindustrie im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld war. Zudem steige die Trockenmasse der Keimlinge mit zunehmenden pH-Wert des Bodens an. Abbildung 9 veranschaulicht diese Ergebnisse.

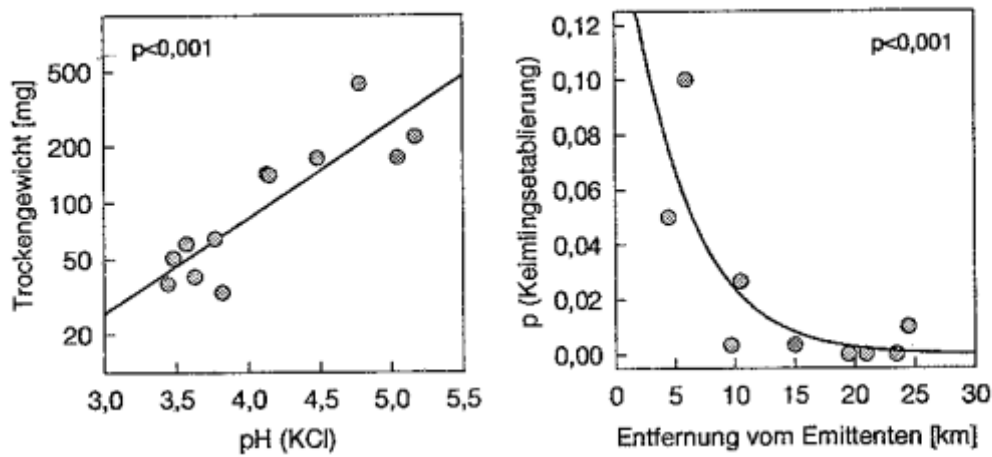
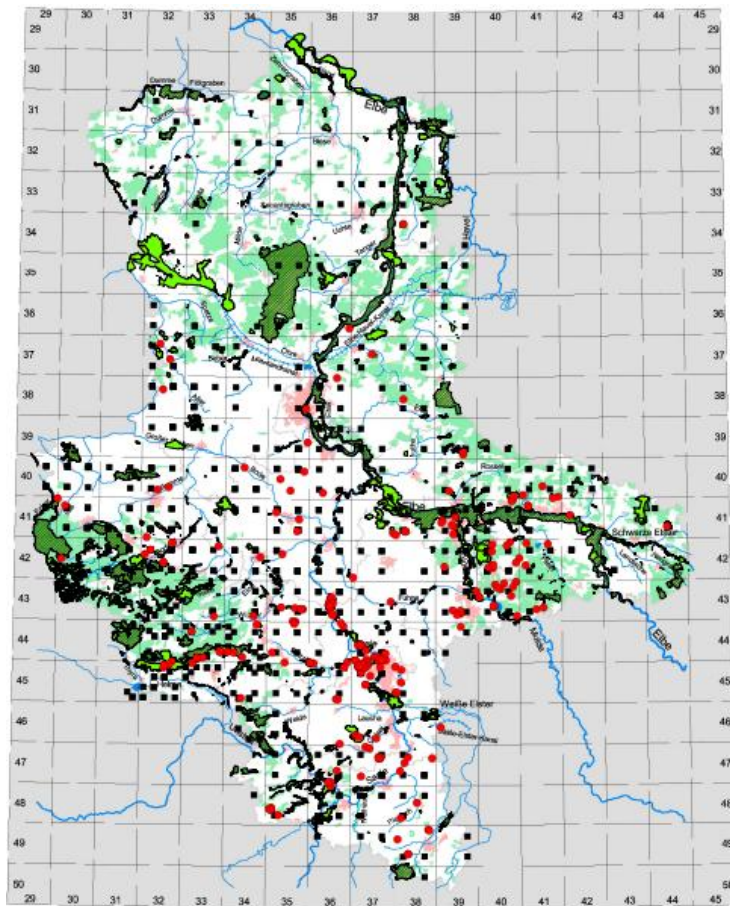


Abbildung 9: Der Einfluss des pH-Wertes des Bodens auf die mittlere Biomasse (log-transformierte Skale) von *M. aquifolium*-Keimlingen nach vier Monaten Wachstum (Gewächshausversuch 1995; links) sowie der Einfluss der Entfernung vom Flugasche-Emittenten auf die Wahrscheinlichkeit, dass aus einem *M. aquifolium*-Samen ein Keimling aufläuft und bis zum Ende der Vegetationsperiode überlebt (Aussaatversuch 1995; rechts) (aus: AUGE 1997a, S. 125)

Abbildung 10 zeigt die Verbreitung der beschriebenen Art sowie die Naturschutz- und FFH-Gebiete in Sachsen-Anhalt. Es wird deutlich, dass sie v.a. im Süden und Osten des Landes vorkommt. Besonders stark sind die Gebiete um Halle, z.B. die Dölauer Heide, der Großraum um die Dübener Heide sowie das Einzugsgebiet der Helme betroffen. Auch im, als Untersuchungsgebiet gewählten, „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ finden sich Massenbestände im Unterwuchs der Seitentäler, wie z.B. im Parnenaer Grund (siehe Abb. 11).

Auch deutschlandweit betrachtet, befindet sich die Art in starker Ausbreitung. Nach KLEINBAUER et al. (2010) besiedelt sie derzeit etwa 30 % der für sie als Standort geeigneten Quadranten, wobei mehr als die Hälfte (56 %) aller Funde (insgesamt 1815) nach 1990 erfolgte.



**Legende**

- Punktvorkommen
  - Vorkommen im Quatranten bzw. Viertelquatranten
  - Naturschutzgebiete Sachsen-Anhalt
  - FFH-Gebiete Sachsen-Anhalt
- 0 12,5 25 50 75 100 Kilometer



**Verbreitungskarte  
Mahonia aquifolium  
Sachsen-Anhalt  
Stand: 18.02.2013**

**korina** Koordinationsstelle Invasive Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts beim UfU e.V.

Projekt: Frühwarnsystem und Konzeption von Maßnahmen gegen invasive Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts

Kartenquelle: Landesamt für Umweltschutz

*Abbildung 10: Verbreitungskarte M. aquifolium in Sachsen-Anhalt*



*Abbildung 11: M. aquifolium wächst flächendeckend im Unterwuchs des Parneraer Grundes im FFH-Gebiet "Saaledurchbruch bei Rothenburg" (Foto: T. Stahl)*



### 3.2.2 Ausbreitungsstrategie und Problematik der Art

Nach AUGE (1997a, S.126) bestehen *M. aquifolium*-Populationen zunächst aus einzelnen Patches, die „meist aus einem, z.T. aber auch aus mehreren genetischen Individuen (Genets)“ gebildet werden, welche „sich radial ausbreiten“ (siehe Abb. 12). Der Autor führt dies auf die phalanxartige Wachstumsstrategie der bis zu zwei Meter langen, unterirdischen Ausläufer sowie auf die Bildung neuer Ableger durch Legtriebe zurück. Bei den bereits erwähnten Untersuchungen in der Dübener Heide beobachtete AUGE (1997a), dass das klonale Wachstum in Verbindung mit der Schattwirkung der *M. aquifolium*-Sprosse sogar zur Verdrängung des konkurrenzstarken Landreitgrases (*Calamagrostis epigejos*) führen kann. Von ihm markierte Patches verdoppelten ihre Fläche im Laufe von zwei Jahren und es war abzusehen, dass sich die Lücken zwischen den Patches im Laufe der Zeit schließen und geschlossene *M. aquifolium*-Bestände im Unterwuchs der Forste entstehen würden bzw. zum Teil auch schon vorhanden waren. Eine Begehung der Versuchsflächen im April 2013 in Begleitung von Herrn Auge bestätigte diese Entwicklung.



Abbildung 12: Mahonien-Patch in Kiefernforsten der Dübener Heide (Foto: T. Stahl)

Neben der intensiven vegetativen Ausbreitung spielt auch die generative Vermehrung eine große Rolle im Invasionsprozess von *M. aquifolium*. Zuchtformen dieses Zierstrauches wurden vermutlich „auf eine hohe Zahl Blüten und Früchte selektiert, was (1) zu einem gesteigerten Reproduktionspotential und (2) zu einer erhöhten Attraktionswirkung für fruchtfressende Vögel führte“ (AUGE 1997a, S.127). AUGE protokollierte 1994 in mehreren Populationen durchschnittlich etwa 520.000 Samen je ha, wobei vereinzelt sogar bis zu 2.500.000 Samen je ha erreicht wurden. Ein Teil der Samen fällt zwar der einheimischen Fruchtfliege *Rhagoletis meigenii* zum Opfer, welche sich ursprünglich von den Früchten der verwandten Art *Berberis vulgaris* ernährte und ihr Nahrungsspektrum im Laufe der Zeit auch auf *M. aquifolium* erweiterte (AUGE et al. 1997c), der Großteil bleibt jedoch verschont und trägt durch eine hohe Keimrate zur Verbreitung der Art bei. Die hohe Zahl an Samen und die Ausbreitung durch Vögel ermöglichen *M. aquifolium* eine rasche überregionale Ausbreitung und die Besiedelung

neuer Gebiete. Doch auch auf lokaler Ebene ist die Samenbildung von großer Bedeutung, „so entsprechen die Keimlingsdichten in *M. aquifolium*-Populationen eher denen nicht klonal wachsender Invasionsarten“ (AUGE 1997a, S.127) und „bis zu 50 % der Geburtenrate neuer Ramets können auf Keimlingsrekrutierung zurückgeführt werden“ (AUGE & BRANDL 1997b, S. 209).

Wie sich zeigt, ist *M. aquifolium* eine konkurrenzstarke Pflanze, die durch endozoochore Ausbreitung leicht in neue Gebiete einwandern, dort durch klonales Wachstum und Keimlingsrekrutierung innerhalb kurzer Zeit große Bestände bilden und dabei andere Arten verdrängen kann. Der Mensch unterstützt diesen Invasionsprozess zusätzlich durch Zucht von Hybriden, welche über mehr Biomasse und Blütenreichtum als ihre Ursprungsarten verfügen. Auch die fortschreitende Eutrophierung der Landschaft fördert das Wachstum der Art in der Natur. Wie bereits beschrieben, sind derzeit etwa 70 % der potentiell als Standort geeigneten Quadranten in Deutschland noch unbesiedelt. Es ist abzusehen, dass sich dieser Umstand in den nächsten Jahrzehnten zugunsten von *M. aquifolium* ändern wird, da sich die Art stark in Ausbreitung befindet.

### **3.2.3. Bekämpfungsmaßnahmen**

Aufgrund der beschriebenen Ausbreitungsstrategie müssen Bekämpfungsmaßnahmen sowohl „auf eine Verminderung [...] der Samenproduktion als auch des klonalen Wachstums abzielen“ (AUGE 1997a, S. 129). Die Schweizer Kommission für die Erhaltung von Wildpflanzen (SKEW 2009) rät diesbezüglich zur laufenden Entfernung der Fruchtstände sowie der Jungtriebe, wobei darauf zu achten ist, das entfernte Pflanzenmaterial richtig zu entsorgen. Dies sollte entweder in einer professionellen Kompostieranlage mit Hygienisierungsphase, einer Vergärungsanlage oder durch Verbrennen erfolgen. Auf keinen Fall sollten die Pflanzen auf dem Gartenkompost landen, da sonst die Gefahr des Wiederaustriebs besteht. Ein weiteres drastisches Mittel kann auch die Behandlung mit Herbiziden sein. So rät der Internet-Ratgeber WWW.EHOW.COM (2013), sämtliche Triebe ebenerdig abzuschneiden und die Schnittflächen sofort danach mit einem 2, 4-D-, Dicamba-, Glyphosat- oder Triclopyr-Herbizid zu bepinseln. Sollten zwischen dem Schnitt und dem Auftragen des Giftes mehr als drei Minuten vergehen, ist der Trieb um etwa 0,5 cm weiter einzukürzen, um eine frische Schnittstelle zu schaffen. Im Anschluss an alle Varianten ist es wichtig, die behandelten Flächen zu beobachten und gegebenenfalls die Maßnahmen zu wiederholen.

Im Rahmen eines studentischen Projektes wurde 2013 die Eignung dreier Bekämpfungsmaßnahmen (Ausreißen, Abschneiden, Vergiften (Auftragen des Giftes auf die Blätter mit einem Pinsel)) erprobt. Aufgrund der großen Regenerationsfähigkeit der unterirdischen Pflanzteile bzw. der Widerstandsfähigkeit der derben, ledrigen Blätter konnte jedoch keine besondere Eignung von einer der genannten Maßnahmen nachgewiesen werden. Die Untersuchungen laufen derzeit im Rahmen eines Folgeprojektes mit teilweise abgewandelten Bekämpfungsmethoden (Auftragen des Giftes entsprechend der Empfehlung des Internet-Ratgebers [www.ehow.com](http://www.ehow.com)) weiter, wobei die Ergebnisse noch ausstehen.

## 4. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

### 4.1 Geografische Lage und naturräumliche Einordnung

Das Untersuchungsgebiet liegt im FFH-Gebiet „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ zwischen Rothenburg (im Süden) und Könnern (im Norden) auf der rechten Seite der Saale im Salzlandkreis (siehe Abb. 13). Laut der naturräumlichen Gliederung Deutschlands nach SSYMANK (1994) gehört das Gebiet zur naturräumlichen Haupteinheit D20 „Mitteldeutsches Schwarzerdegebiet“ und befindet sich entsprechend der Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts im Unteren Saaletal (2.4) (REICHHOFF et al. 2001). Das FFH-Gebiet erstreckt sich dabei entlang der Saale von Dobis über Friedeburg und Rothenburg bis nach Könnern, im Weiteren soll jedoch v.a. der relevante Abschnitt zwischen Rothenburg und Könnern beschrieben werden.

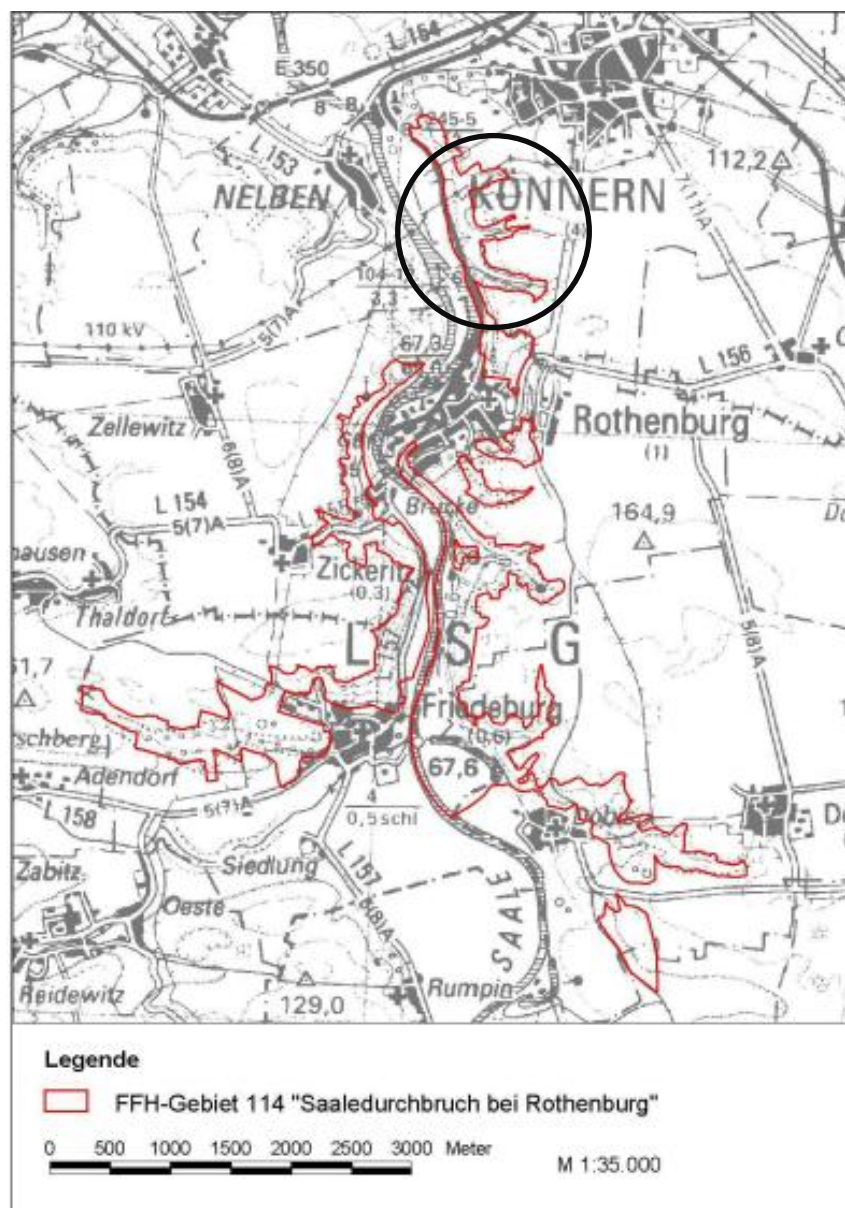


Abbildung 13: Lage des Untersuchungsgebietes (kartografische Grundlage, Quelle: „[Geobasisdaten © LvermGeo LSA ([www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de/10008](http://www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de/10008))“], aus: REIßMANN et al. 2011)

## 4.2 Natürliche Grundlagen

### 4.2.1 Klima

Nach REICHHOFF et al. (2001) lässt sich das Untersuchungsgebiet klimatisch dem subkontinental beeinflussten Binnenlandklima im Lee der Mittelgebirge zuordnen. Durch die Lage im Regenschatten des Harzes befindet es sich in einer der niederschlagsärmsten Regionen Deutschlands (REIBMANN et al. 2011). So fallen im nahe gelegenen Rothenburg durchschnittlich nur etwa 473 mm Niederschlag im Jahr, wobei im Januar im Mittel etwa 30 mm und im Juli 62 mm zu verzeichnen sind (siehe Tab. 1) (DWD 2014a). Das Klima ist geprägt „durch lange, sommerliche Trockenperioden während der Hauptvegetationszeit von Mai bis Juli und wenige, aber starke Gewitterregen von Juli bis August“ (REIBMANN et al. 2011, S.20). Die durchschnittliche Jahrestemperatur im Umland liegt zwischen 8,5 °C (Eisleben) und 9,2 °C (Bernburg) und ist damit im deutschlandweiten Vergleich rel. hoch einzuordnen (siehe Tab. 2) (DWD 2014b). Im kältesten Monat Januar schwankt die mittlere Temperatur um 0 °C und steigt im heißesten Monat Juli bis etwa 18 °C an.

*Tabelle 1: Mittlere Niederschlagsmenge ausgewählter Klimastationen im Untersuchungsgebiet und Umland (langjährige Mittelwerte 1961 – 1990, DWD 2014a)*

Name der Station	Höhe ü. NN	Breite	Länge	Januar (mm)	Juli (mm)	Jahr (mm)
Bernburg/Saale (Nord)	84	51° 49'	11° 43'	31,0	61,0	520,0
Halle-Ammendorf	82	51° 26'	11° 58'	28,0	69,0	515,0
Köthen (Anhalt)	76	51° 45'	12° 01'	36,0	65,0	533,0
Rothenburg	85	51° 39'	11° 45'	30,0	62,0	473,0

*Tabelle 2: Mittlere Temperatur ausgewählter Klimastationen im Umland des Untersuchungsgebietes (langjährige Mittelwerte 1981 – 2010, DWD 2014b)*

Name der Station	Höhe ü. NN	Breite	Länge	Januar (°C)	Juli (°C)	Jahr (°C)
Bernburg/Saale (Nord)	84	51° 49'	11° 43'	0,1	18,3	9,2
Halle-Kröllwitz	93	51° 31'	11° 57'	0,0	18,0	9,1
Köthen (Anhalt)	76	51° 45'	12° 01'	-0,3	18,0	9,0
Eisleben-Helfta	146	51°30'	11° 34'	-0,5	17,6	8,5

### 4.2.2 Geologie und Böden

Die Saale durchbricht zwischen Friedeburg und Könnern die Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke. In dem engen Durchbruchstal mit Steilhängen von bis zu 100 m Höhe lassen sich die anstehenden Schichtgesteine gut erkennen. Es handelt sich dabei vorwiegend um Oberkarbone und rote Sandsteine (REICHHOFF et al. 2001) sowie Schiefertone, Porphyrkonglomerate und Zechsteine der Eislebener-Schicht (REIBMANN et al. 2011). Die Böden der rechtssaalischen Hangpartien sind durch Braunerden bis Ranker aus skelletführendem, lehmigen Sand über Rhyolith bestimmt, die oberhalb des Durchbruchtals in Tschernoserme übergehen. Die unteren Hangbereiche der Seitengründe sind durch Solifluktlionslöß aus der Weichselkaltzeit gekennzeichnet. In

der Saaleauen haben sich Gleyen bis Tschernitzen aus Auenlehm gebildet (LGB 2014b, REIBMANN et al. 2011). Abbildung 14 veranschaulicht die vorliegende Geologie sowie die Verteilung der Bodenarten.

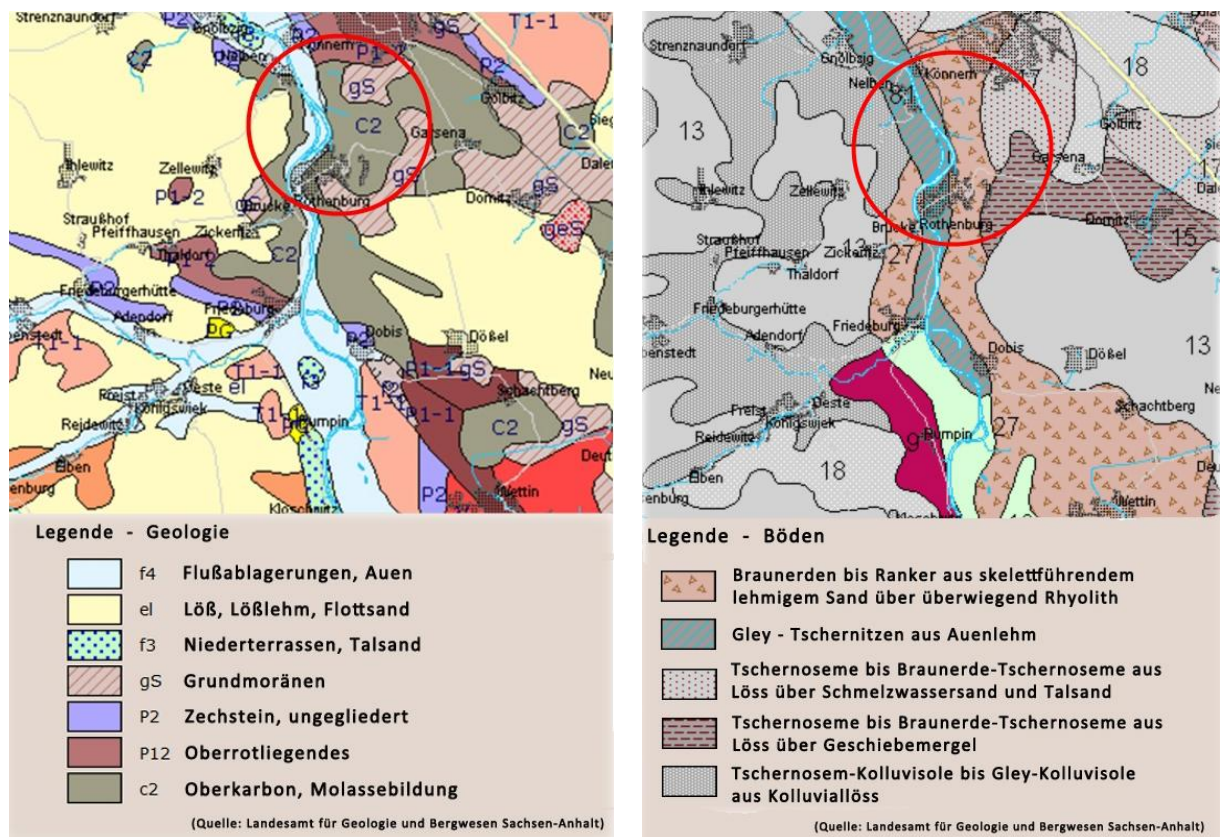


Abbildung 14: Geologische Karte und Bodenkarte des Untersuchungsgebietes (aus: LGB 2014a, LGB 2014b)

#### 4.2.3 Hydrologie

Die Saale wurde bereits im 17. Jahrhundert als Wasserstraße ausgebaut, Laufbegradigungen und der Bau von Schleusen machten sie in den 1930er Jahren schließlich für 1.000 t Kähne schiffbar (REICHHOFF et al. 2001). Als Folge dieser anthropogenen Veränderungen verkürzte sich die Lauflänge der Saale von ehemals 442 km auf heute nur noch 413 km (ZINKE 1997). Bis 1990 führte die Einleitung von Abwässern aus Industrie und Bergbau zu einer erheblichen Belastung des Gewässers mit Schwermetallen und spezifischen organischen Verbindungen. Die ehemals sehr schlechte Wassergüte (Güteklasse 4 bis 5 (DDR-Klassifizierung)) wurde seit der Wende allerdings durch Produktionsein- und -umstellungen positiv beeinflusst (heute Güteklasse II-III (neue Klassifizierung)) (ZINKE 1997, REICHHOFF et al. 2001). Es besteht allerdings die Gefahr, dass sedimentierte Schadstoffe aus der Vergangenheit auch heute noch reaktiviert und z.B. durch Hochwasser in Auenbereiche verfrachtet werden können, wodurch sie eine weiterbestehende Umweltbelastung darstellen (REICHHOFF et al. 2001). Durch die beschriebene Laufverkürzung und dem damit verbundenen Verlust von Retentionsflächen sowie dem Stauereffekt des engen

Durchbruchtals (200 m Breite), der Überlagerung von Hochwasserwellen aus den Oberläufen und dem stark Niederschlags- bzw. Schneeschmelze-abhängigen Abflussverhalten kommt es häufig zu heftigen Hochwasserereignissen (ZINKE 1997).

Seitliche Zuflüsse (in der Regel kleinere Bäche) der Saale haben im Untersuchungsgebiet im Laufe der Zeit mehrere sogenannte „Gründe“ erodiert, und so Feuchtbiotope geschaffen, die als Kontrast zu den trockenen, exponierten Hanglagen den naturschutzfachlichen Wert des Gebietes noch weiter steigern (ZINKE 1997).

#### **4.2.4 Heutige potentielle natürliche Vegetation**

Da das Untersuchungsgebiet im Mitteldeutschen Trockengebiet liegt, ist es aufgrund der geringen mittleren Niederschläge und rel. hohen Jahresdurchschnittstemperaturen von Natur aus buchenfrei (REIBMANN et al. 2011). Die hpnV des Gebietes setzt sich stattdessen vorwiegend aus Eichen-Hainbuchenwäldern trockener und feuchter Standorte zusammen, die in den tiefgründigen Hanglagen stocken. Sie weisen einen reichen Frühjahrsgeophyten-Aspekt und rel. hohen Anteil an Winterlinde und Feldahorn auf (REICHHOFF et al. 2001). Es handelt sich dabei hauptsächlich um Labkraut-Traubeneichen-Hainbuchenwälder und Fingerkraut-Eichentrockenwälder (REIBMANN et al. 2011). Die hpnV „der Stromtalau des Unteren Saaletals bildet der frühjahrsgeophytenreiche Stieleichen-Feldulmen-Auwald; stellenweise sind im direkten Ufersaum an Altwasserarmen und Flutrinnen von Weiden und Pappeln beherrschte Weichholz-Auengehölze oder einzelne Weiden angeordnet“ (REICHHOFF et al. 2001, S. 108). Auf den von Natur aus kleinflächig waldfreien, flachgründigen Fels- und Steilhängen umfasst die hpnV subkontinentale Steppenrasen, submediterrane Felsfluren sowie subatlantische Zwergstrauchheiden (REICHHOFF et al. 2001). Allerdings ist die hpnV aufgrund der intensiven Nutzung und nachhaltig veränderten Landschaft durch den Menschen im Gebiet kaum realisiert (REIBMANN et al. 2011).

#### **4.3 Historische und aktuelle Nutzung**

Die historische Nutzung des Gebietes war durch eine frühe Entwaldung und Ackerwirtschaft geprägt. Auf sonnenexponierten Hängen wurde aufgrund der bereits beschriebenen thermoklimatischen Begünstigung des Gebiets auch Weinbau betrieben (REICHHOFF et al. 2001). Trockenhänge, die aufgrund ihrer Geländemorphologie nicht für den Ackerbau nutzbar waren, wurden mit Ziegen und Schafen beweidet. Die Tiere hielten die Flächen nicht nur offen, sondern sorgten auch für deren Aushagerung, da sie nachts auf ortsnahe Pferchflächen (z.B. abgeerntete Ackerflächen) getrieben wurden. Da Schafe in der Nacht 70 % des, durch die Nahrung aufgenommenen, Stickstoffs ausscheiden, düngten sie somit gleichzeitig die Pferchflächen. Auf diese Weise entstanden über Jahrhunderte hinweg die heute vorhandenen typischen mageren, blütenreichen Trocken- und Halbtrockenrasen (ELIAS et al. 2012).

In den letzten Jahrzehnten ist die Zahl der Tiere allerdings stark rückläufig. Gab es um 1980 noch etwa 16.000 Tiere in der Region, so fanden sich 2003 nur noch weniger als

4.000 (REIBMANN et al. 2011). Heute beträgt ihre Zahl etwa 300 – 400 (ELIAS et al. 2012). Infolge dieser Nutzungsaufgabe vergrasen und verbuschen die Magerrasen zunehmend. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken läuft seit einigen Jahren ein Beweidungsprojekt des Prof. Hellriegel Institutes an der Hochschule Anhalt, das die Auswirkung von Ziegenstandweiden als Managementmaßnahme auf die Vegetation degradierter Xerothermrasenstandorte untersucht (ELIAS et al. 2014).

Insgesamt präsentiert sich das Gebiet heutzutage vorwiegend als landwirtschaftlich genutzte Offenlandschaft mit geringem Anteil von naturbelassenen Wäldern (REIBMANN et al. 2011). Abbildung 15 veranschaulicht die heutige Nutzungssituation des FFH-Gebietes „Saaledurchbruch bei Rothenburg“.

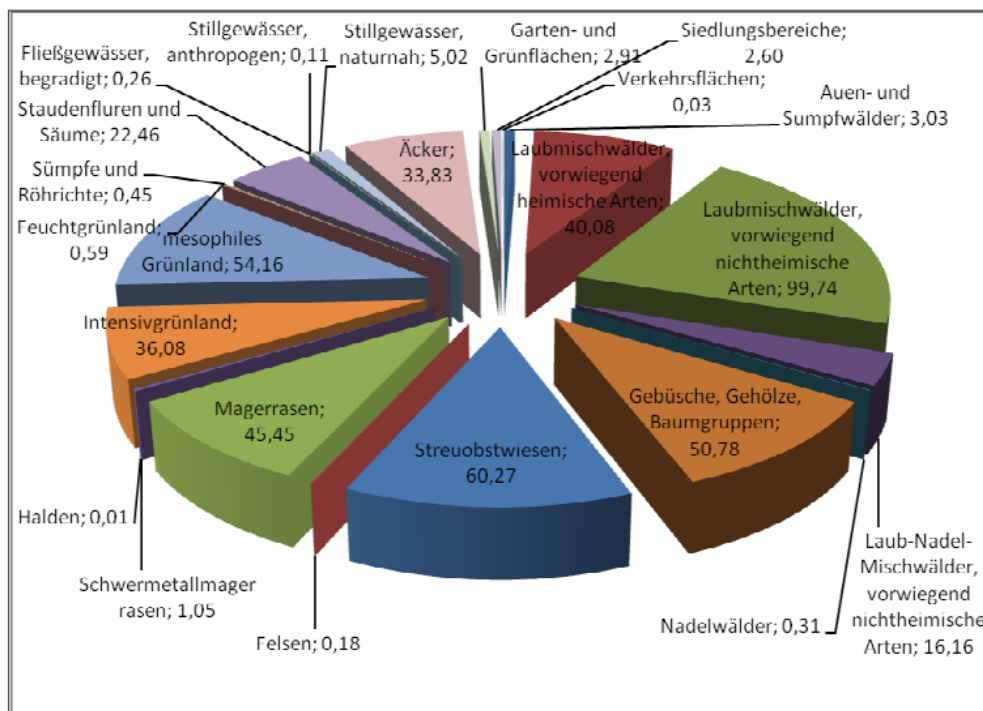


Abbildung 15: Nutzungsverhältnisse nach Flächenanteilen (in ha) im FFH-Gebiet „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ (nach CIR-Biotop- und Nutzungstypenkartierung [LAU 2005], (aus: REIBMANN et al. 2011))

#### 4.4 Schutzstatus

Das Gebiet beinhaltet ein kleinräumiges Mosaik aus Hangwäldern, Felsstandorten, steilen Hängen mit häufig wechselnder Exposition, Trocken- und Halbtrockenrasen, Fließ- und Standgewässern sowie einer Kupferschieferhalde, welches aus naturschutzfachlicher Sicht besonders in der ausgeräumten Agrarlandschaft der Magdeburger Börde einen hohen Stellenwert einnimmt (REIBMANN et al. 2011). Viele seltene und/oder geschützte Tier- und Pflanzenarten sowie Pflanzengesellschaften finden in dieser historisch gewachsenen Kulturlandschaft ein geeignetes Refugium.

Laut der Schutzgebietsverordnung des NSG „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ sowie des Pflege- und Entwicklungsplanes des FFH-Gebietes „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ finden sich im Gebiet u.a. Vorkommen von *Armeria maritimus ssp. halleri* (Haller's Grasnelke), *Astragalus danicus* & *A. exscapus* (Dänischer und Stengelloser

Tragant), *Bupleurum falcatum* (Sichel-Hasenohr), *Gentianella germanica* (Deutscher Franzen-Enzian), *Melampyrum arvense* (Acker-Wachtelweizen), *Melica transsilvanica* (Siebenbürger Perlgras), *Oxytropis pilosa* (Zottige Fahnenwicke), *Pulsatilla pratensis* (Gemeine Kuhschelle), *Stipa pulcherrima* (Großes Federgras), aber auch eine Reihe von Orchideen-Arten, darunter beispielsweise *Epipactis atrorubens* (Rotbrauner Sitter) und *Orobanche arenaria* (Sand-Sommerwurz). Ebenso kann man eine Reihe naturschutzfachlich sehr wertvoller Vogelarten beobachten. Diese sind z.B. *Ciconia ciconia* (Weißstorch), *Corvus corax* (Kolkrabe), *Dryocopus martius* (Schwarzspecht), *Jynx torquilla* (Wendehals), *Lanius collurio* (Neuntöter), *Merops apiaster* (Bienenfresser), *Milvus migrans* (Schwarzmilan), *Milvus milvus* (Rotmilan), oder *Oenanthe oenanthe* (Steinschmätzer). Neben einer mannigfaltigen Wirbellosenfauna von seltenen Laufkäfern, Schmetterlingen, Heuschrecken und Wildbienen gibt es mit *Barbastella barbastellus* und *Myotis myotis* (Mopsfledermaus und Großes Mausohr) auch zwei Fledermausarten aus Anhang II der FFH-Richtlinie. Als wichtige Lebensraumtypen sind z.B. LRT 6130 „Schwermetallrasen“, LRT 6210 „naturnahe Kalk-Trockenrasen“, LRT 6240\* „Subpannonische Steppen-Trockenrasen“, LRT 9170 „Labkraut-Eichenhainbuchenwald“ und LRT 9180\* „Schlucht- und Hangmischwälder“ zu nennen (NSG VO 1998; REIBMANN et al. 2011).

Zum Schutz der Lebensräume und Arten wurden in der Vergangenheit verschiedene Schutzgebiete (Naturschutzgebiete, FFH-Gebiet, Landschaftsschutzgebiet, Naturpark, Naturdenkmäler) ausgewiesen (siehe Abb. 17), die die Vielfalt bewahren und entwickeln sollen. Eine große Bedrohung geht dabei v.a. für die offenen Trockenrasen von der, in den letzten Jahrzehnten zunehmend, aufgegebenen Beweidung der Standorte aus (siehe Kap. 4.3), aber auch der Nährstoffeintrag aus benachbarten Ackerflächen und das zunehmende Aufkommen von Neophyten (siehe Abb. 16) können die schützenswerten Teile der Natur und Landschaft gefährden (REICHHOFF et al. 2001, REIBMANN et al. 2011).



Abbildung 16: *M. aquifolium* und *Robinia pseudoacacia* wachsen auf degradiertem Trockenrasen (Foto: T. Stahl)



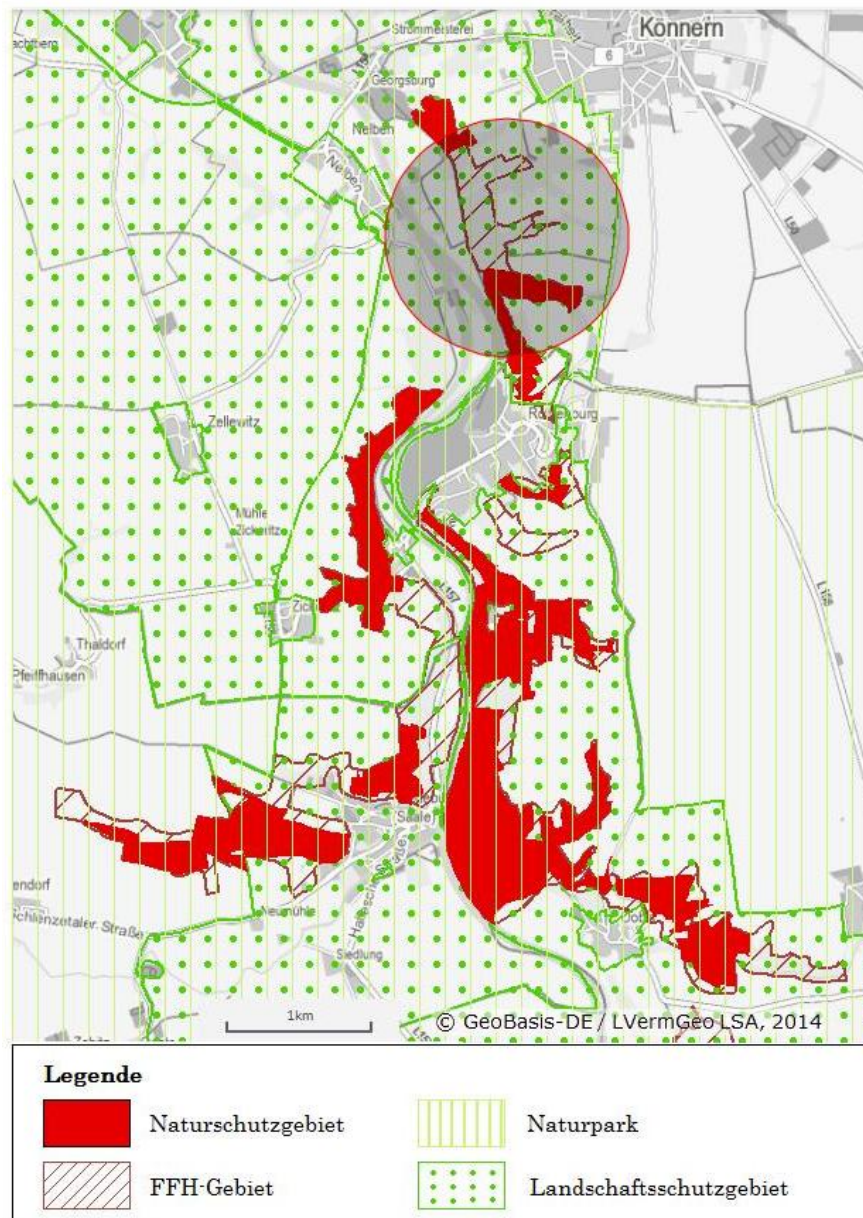


Abbildung 17: Karte der umliegenden Schutzgebiete (aus: LVERMGEO LSA 2014)

#### 4.5 Beschreibungen der Untersuchungsflächen

Im Anschluss an die bislang vorgenommene Beschreibung des Untersuchungsgebiets im weiteren Sinn sollen nun die eigentlichen Untersuchungsflächen dieser Arbeit näher beschrieben werden. Die Flächen befinden sich in Seitentälern, sogenannten „Gründen“ des Saaletals, welche durch Erosion infolge von Regenwasserabfluss entstanden sind. Aufgrund der rel. hohen Anzahl an Störzeigern (v.a. Neophyten wie *M. aquifolium* oder *Robinia pseudoacacia*) sind die vorhandenen Vegetationsgesellschaften nur schwerlich bis zur Assoziation zu bestimmen. Jedoch lässt sich sagen, dass die Flächen 1 bis 6 sowie Fläche 8 dem Verband der Linden-Ahorn-Schlucht- und Blockschutt-Mischwäldern (*Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani* KLIKA 1955) (SCHUBERT et al. 2001) zugeordnet werden können. Mit *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Urtica*

*dioica* und *Geranium robertianum* finden sich einige diagnostisch wichtige Arten dieses Verbands, der auf steilen Standorten mit feinerdearmen Böden und nachrutschendem Steinschutt vorkommt. Durch die hangabwärts rieselnde Feinerde und Sickerwasser sind die oberen Bodenschichten sehr nährstoffreich (SCHUBERT et al. 2001). Nach SCHUBERT et al. (2001) kann es durch Steinschlag zu Verletzungen der Stammbasen kommen, was oft zu Vielschäftigkeit der Gehölze führt. Dieser Aspekt wurde auch im Zuge der Aufnahmen vereinzelt beobachtet.

Fläche 7 lässt sich nach SCHUBERT et al. (2001) den Waldlabkraut-Traubeneichen-Hainbuchenwäldern (*Galio sylvatici-Carpinetum betuli* OBERD. 1957) zuordnen. Als diagnostisch wichtige Art tritt *Quercus petraea* mit hohem Deckungsgrad in der Baumschicht auf. Diese Gesellschaft stockt meist auf rel. nährstoffreichen Standorten in niederschlagsarmen Gebieten (SCHUBERT et al. 2001).

Zur weiteren Charakterisierung der standörtlichen Gegebenheiten fand eine Analyse der ökologischen Zeigerwerte nach Ellenberg statt (ELLENBERG et al. 2001), wobei jeweils die mittleren qualitativen Zeigerwerte der Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Feuchte-, Reaktions- und Nährstoffzahl ermittelt wurden und die Verteilung dieser in einem Zeigerwertspektrum, getrennt nach Flächen ohne und mit *M. aquifolium*, veranschaulicht wurde (siehe Abb. 18 & 19). Es zeigt sich, dass beide Varianten hinsichtlich ihrer standörtlichen Gegebenheiten kaum voneinander abweichen. Im Hinblick auf die Lichtzahl, die sich hauptsächlich zwischen 3 (Schatten bevorzugend) und 7 (Halblicht bevorzugend) bewegt, handelt es sich um halbschattige Standorte. Eine mittlere Temperaturzahl von 5,4 bzw. 5,6 (Mäßigwärmezeiger) sowie eine mittlere Feuchtezahl von 4,9 bzw. 5,0 (mäßig trocken bis frisch) spiegeln den trocken-warmen Charakter des Gebietes wieder. Allerdings widerspricht die mittlere Kontinentalitätszahl von 3,5 bzw. 3,7 (ozeanisch bis subozeanisch) dem beschriebenen subkontinentalen Klima des Umlandes, was wohl an der Exposition und Neigung der Flächen liegt. Darüber hinaus beschreibt die mittlere Reaktionszahl von 6,9 bzw. 7,0 schwach saure bis schwach basische Standorte, wobei eine leichte Tendenz in Richtung basisch zu erkennen ist. Schließlich weist die mittlere Stickstoffzahl von 6,4 bzw. 6,6 auf mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreiche Verhältnisse hin.

Eine ausführlichere Beschreibung der Untersuchungsflächen kann Tabelle 3 entnommen werden. Zur Lage der Flächen siehe Abbildung 20 sowie ergänzend Anhang I (Bildanhang & GPS-Daten).

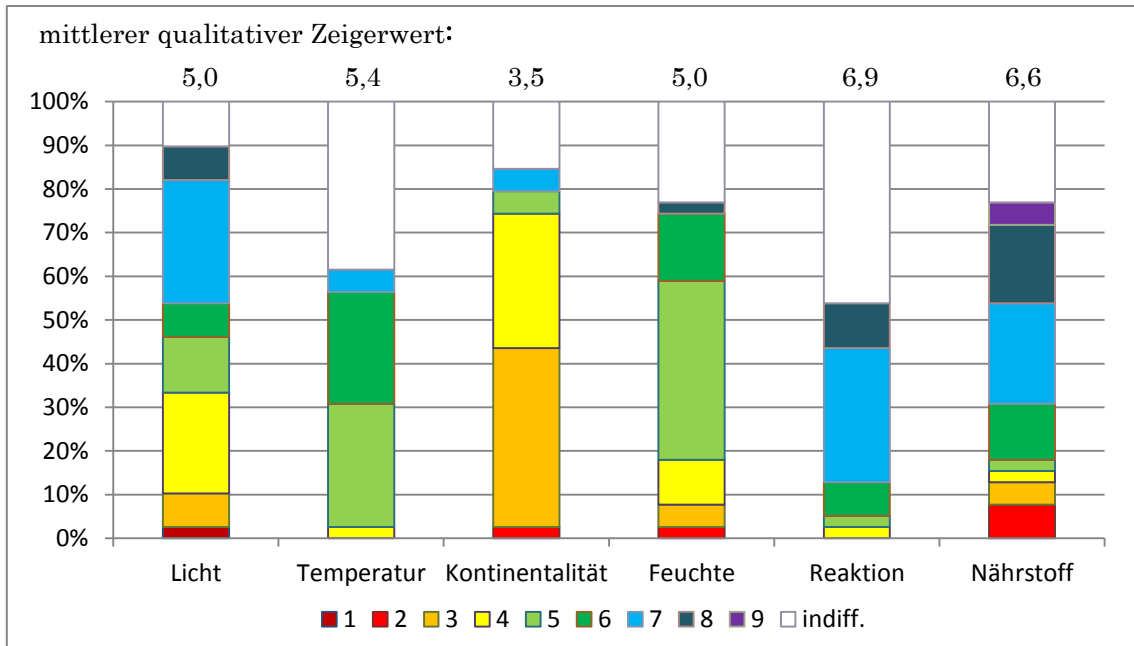


Abbildung 18: Prozentualer Anteil der Zeigerwertstufen an der Gesamtartenzahl sowie mittlere qualitative Zeigerwerte, Flächen **ohne** Mahonie (n = 4)

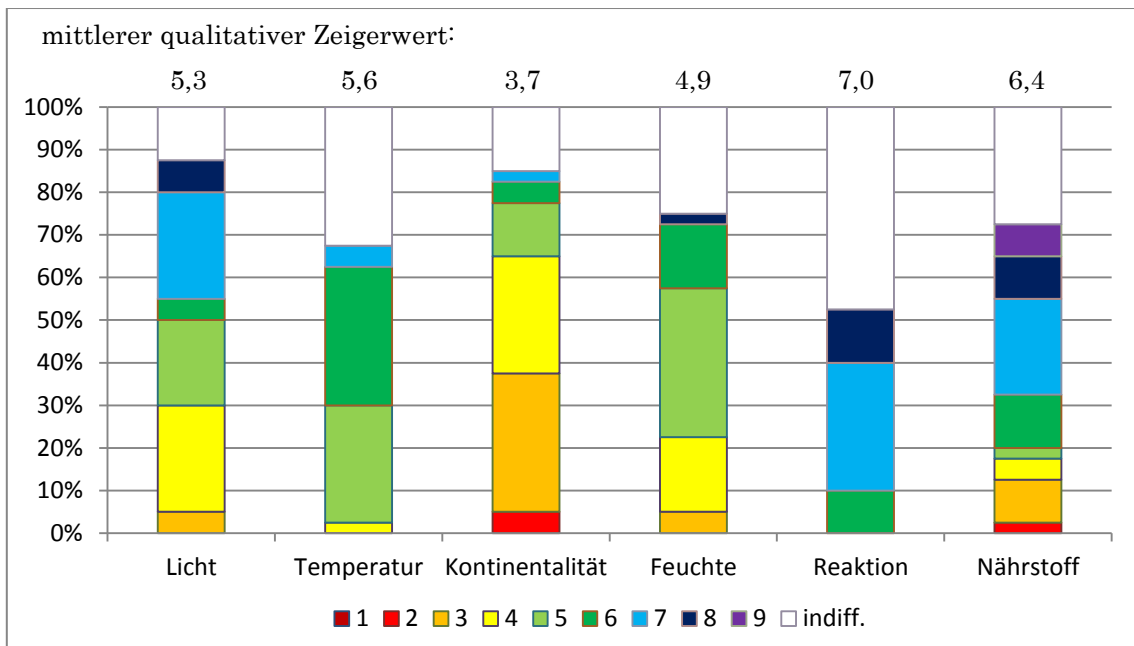
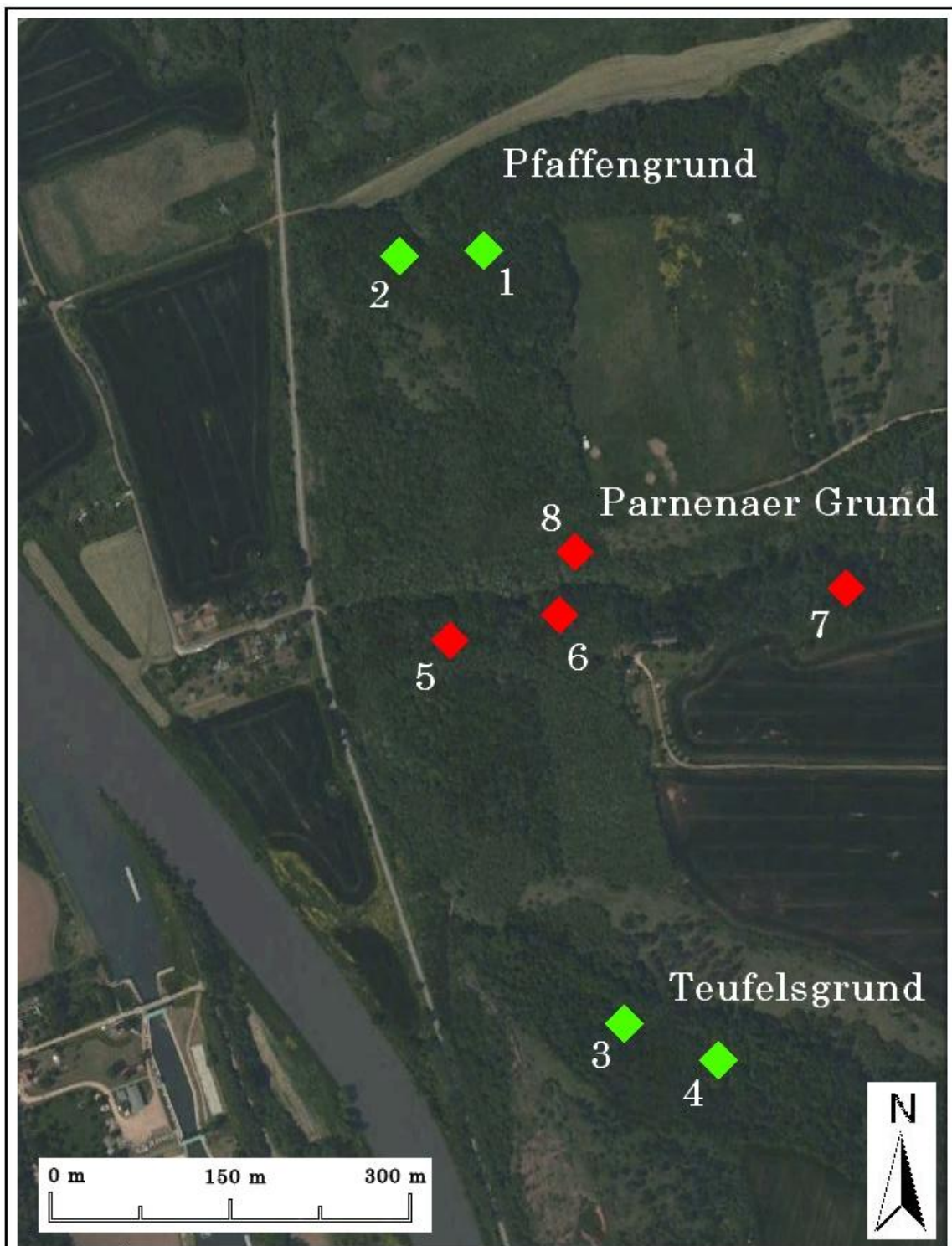


Abbildung 19: Prozentualer Anteil der Zeigerwertstufen an der Gesamtartenzahl sowie mittlere qualitative Zeigerwerte, Flächen **mit** Mahonie (n = 4)

Tabelle 3: Beschreibung der Untersuchungsflächen (n = 8)

	Flächen ohne Mahonie	Flächen mit Mahonie
<b>Flächennummer</b>	1, 2 (Pfaffengrund), 3, 4 (Teufelsgrund)	5, 6, 7, 8 (Parnenaer Grund)
<b>Lebensraumtypen</b> (REIBMANN et al. 2011)	9180* Schlucht- & Hangmischwälder Tilio-Acerion	<u>Fläche 5, 6, 8:</u> 9180* Schlucht- & Hangmischwälder Tilio-Acerion <u>Fläche 7:</u> 9170 Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald Galio-Carpinetum
<b>Erhaltungszustand</b> (REIBMANN et al. 2011)	Alle Flächen befinden sich in einem schlechten Erhaltungszustand (C): Lebensraumtyp unspezifisches Artinventar, Störarten wie Neophyten treten häufig auf	
<b>Vegetationsgesellschaften (Verbands- bzw. Assoziationszugehörigkeit)</b> (REIBMANN et al. 2011)	Tilio platyphyllis- Acerion pseudoplatani KLIKA 1955	<u>Fläche 5, 6, 8:</u> Tilio platyphyllis- Acerion pseudoplatani KLIKA 1955 <u>Fläche 7:</u> Galio sylvatici-Carpinetum betuli OBERD. 1957
<b>Exposition/Hangneigung</b>	<u>Fläche 1:</u> SW-exponiert, rel. geringe Hangneigung <u>Fläche 2-4:</u> N-exponiert, rel. hohe Hangneigung	<u>Fläche 8:</u> S-exponiert, rel. hohe Hangneigung <u>Fläche 6, 7:</u> N-exponiert, rel. hohe Hangneigung <u>Fläche 5:</u> N-exponiert, rel. geringe Hangneigung
	Alle Flächen zeichnen sich durch eine mehr oder weniger stufenartige Geländeform aus	
<b>Fraß/Verbiss</b>	Insgesamt rel. viele Fraßspuren durch Insekten, teilweise Wildverbiss der Gehölzverjüngung; viele Wildpfade	
<b>Rohboden/Geröll</b>	Stellenweise hoher Anteil offener Bodenstellen und durchgehend viel loses Geröll	
<b>Totholz/Streuschicht</b>	rel. hoher Anteil an liegendem Totholz; dichte, geringmächtige Streuschicht im Frühjahr, die im Laufe des Jahres weitestgehend abgebaut wird	
<b>Bestandstruktur</b> (siehe auch Kap. 6: Ergebnisse)	rel. hohe mittlere Deckungsgrade der Kraut- und Baumschicht; rel. niedrige mittlere Deckung der Strauchschicht	rel. hohe mittlere Deckungsgrade in allen drei Schichten



**Legende**

- ◆ Flächen ohne Mahonia
- ◆ Flächen mit Mahonia

**Bearbeiter:** T. Stahl  
**Datum:** 22.10.2014  
**Kartenquelle:** Google Earth,  
**(C) 2014 GeoBasis·DE/BKG**

**Lageplan der  
 Untersuchungsflächen**



Hochschule Anhalt (FH)  
 Hochschule für angewandte Wissenschaften

**korina** Koordinationsstelle Invasive Neophyten in  
 Schutzgebieten Sachsen-Anhalts beim UFU e.V.

Abbildung 20: Lageplan der Untersuchungsflächen

## 5. Methodik

### 5.1 Auswahl der Untersuchungsflächen und Probeplots

Zunächst wurde eine umfassende Auswertung der vom Landesamt für Umweltschutz bereitgestellten Daten über Fundorte von *Mahonia aquifolium* mittels ArcGIS durchgeführt. Nach der anschließenden Kartierung einiger ausgewählter Gebiete mit dichten Beständen der Art („Dübener Heide“, „Münchenberg bei Stecklenberg“, „Dölauer Heide“) fiel die Wahl auf das FFH-Gebiet „Saaledurchbruch bei Rothenburg“ als Untersuchungsgebiet. Wichtige Kriterien für die Auswahl waren u. a. große und dichte Vorkommen von *M. aquifolium* neben weitgehend Mahonien-freien Beständen bei gleichen Standortverhältnissen in örtlicher Nähe.

Als Datengrundlage für die weitere Auswertung sollten insgesamt acht Flächen von je 20 x 20 m (Untersuchungsflächen) kartiert werden, wobei vier Flächen dichten Mahonien-Bewuchs aufweisen sollten und vier Flächen keinen bzw. einen möglichst geringen. Die Flächen mit dichten Vorkommen von *M. aquifolium* (Nr. 5, 6, 7, 8) fanden sich schließlich im „Parnenaer Grund“, wo die Art durchschnittlich etwa 60 % Deckungsgrad erreicht (REIBMANN et al. 2011). Je zwei Flächen ohne *M. aquifolium* wurden in den zu beiden Seiten benachbarten Seitengründen, dem „Pfaffengrund“ (Nr. 1, 2) und dem „Teufelsgrund“ (Nr. 3, 4), gelegt. Zur weiteren Beschreibung der Flächen siehe Kap. 4.5 (*Beschreibungen der Untersuchungsflächen*).

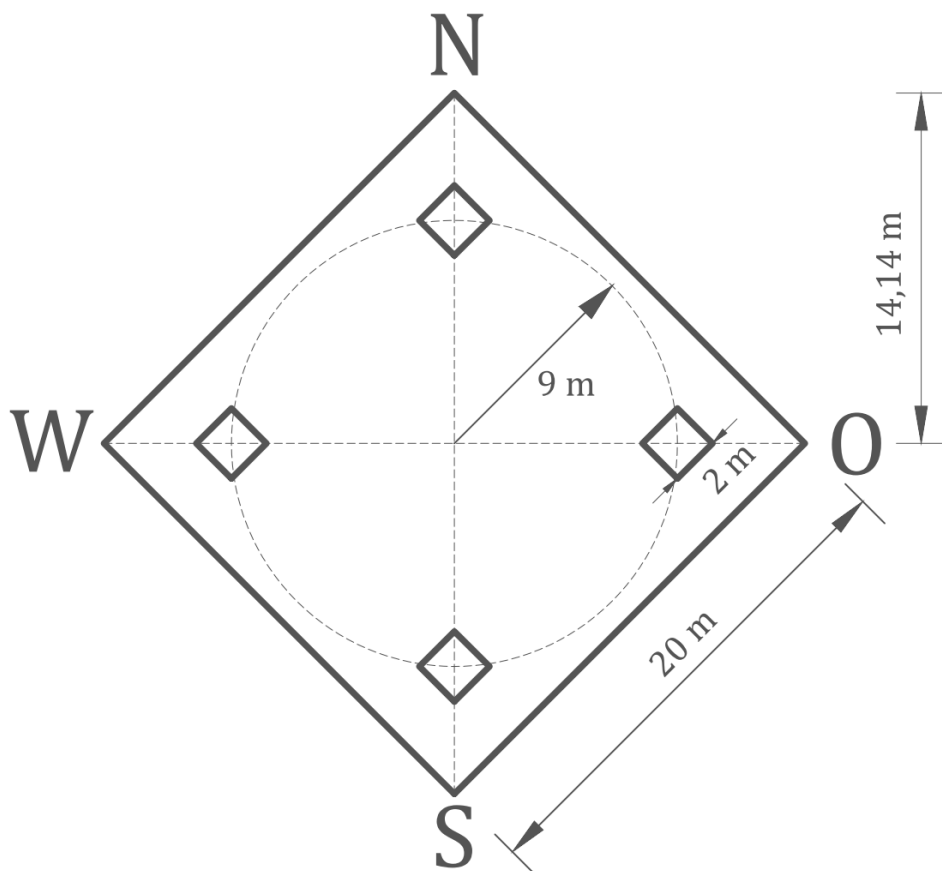


Abbildung 21: Lage der Probeplots in den Untersuchungsflächen

Die jeweiligen Mittelpunkte der quadratischen Untersuchungsflächen wurden hierbei stets in einem, in Bezug auf die Kriterien Arteninventar, Deckungsgrade der Bestandsschichten, Hangneigung und Exposition, möglichst homogenen und repräsentativen Bestand gewählt. Die Markierung der Eckpunkte erfolgte entlang der Diagonalen der Fläche, welche nach den Himmelsrichtungen ausgerichtet wurden, in einem Abstand von 14,14 m (halbe Diagonalen-Länge) zum Mittelpunkt (siehe Abb. 21). Es erwies sich in dem steilen und teils sehr dicht bewachsenen Gelände als sehr praktikabel die Eckpunkte mittels einer Schnur mit Schlaufe bei besagter Länge und eines Kompasses zu bestimmen. In gleicher Weise erfolgte die Einmessung der jeweils vier 4 m<sup>2</sup> großen quadratischen Satelliten-Flächen (ProbepLOTS). Deren Mittelpunkte wurden entlang der Diagonalen der Untersuchungsfläche in 9 m Entfernung zum Mittelpunkt derselben markiert. Auch hier wurden die Eckpunkte mit Schnur (1,41 m) und Kompass bestimmt.

## **5.2 Erfassungsmethoden**

Zur späteren Beschreibung der Bestandstruktur der Flächen und zur pflanzensoziologischen Einordnung wurde je eine Vegetationsaufnahme der Untersuchungsflächen im Frühjahr und eine im Sommer durchgeführt und diese anschließend zu einer einzigen Vegetationsaufnahme zusammengefasst, wobei bei jeder Art der jeweils höhere Deckungsgrad berücksichtigt wurde. Die Kartierung erfolgte in diesem Zusammenhang nach Bestandsschichten (Krautschicht (< 50 cm), Strauchschicht (50 cm – 3 m) und Baumschicht (> 3 m)), in denen mittels Londo-Skala der Deckungsgrad jeder Art geschätzt wurde.

Zur Beantwortung der Frage, ob *M. aquifolium* einen Einfluss auf die Gehölzverjüngung hat, wurden in den 32 ProbepLOTS Verjüngungsaufnahmen durchgeführt. Hierfür wurden sämtliche Gehölze mit einem Brusthöhendurchmesser < 7 cm bestimmt, gezählt und ihre Wuchshöhe gemessen. Keimlinge (Keimblätter noch vorhanden bzw. Trieb noch nicht verholzt) wurden dabei lediglich bestimmt und gezählt. Anschließend erfolgte die Zuteilung jedes Individuums zu einer der drei Höhenklassen (siehe Tab. 4).

*Tabelle 4: Höhenklassen der Gehölzverjüngung*

<b><i>Höhenklassen</i></b>	
I	0 – 20 cm & Keimlinge
II	21 – 50 cm
III	> 50 cm

Eine prozentgenaue Schätzung des Deckungsgrades von *M. aquifolium* in den ProbepLOTS ergänzte die Aufnahme.

### 5.3 Auswertungsmethoden

Zur Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit wurden aus den erhobenen Daten unter Verwendung von „Microsoft Excel 2010“ Mittelwerte und Standardabweichungen hinsichtlich der gewählten Auswertungsparameter berechnet, wobei stets zwischen Flächen ohne und Flächen mit *M. aquifolium* unterschieden und verglichen wurde. Es wurden einerseits die Daten der Vegetationsaufnahmen (n = 8) und andererseits die Daten der Verjüngungsaufnahmen (n = 32) betrachtet. Die relevanten Parameter waren in diesem Zusammenhang „Artenzahl“ (Gesamtwerte sowie differenziert nach Gräser/Kräuter und Gehölze bzw. Baum- und Straucharten), Artinventar, Deckungsgrade der einzelnen Bestandsschichten und Individuenzahlen der Gehölzverjüngung (Gesamtwerte sowie differenziert nach Höhenklassen bzw. Artengruppen). Weitere deskriptive Analysen waren die Ermittlung von Zeigerwertspektren und die zugehörigen mittleren qualitativen Zeigerwerte sowie die Berechnung des Shannon-Index aus den Daten der Krautschicht der jeweiligen Untersuchungsflächen.

Um eine statistische Absicherung der Flächenvergleiche zu gewährleisten, wurden die Daten mittels „IBM SPSS Statistics 20“ zunächst mit einem Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Test) auf Normalverteilung überprüft. Anschließend wurde durch einen t-Test für unabhängige Stichproben bzw. U-Test nach Mann und Whitney ermittelt, ob sich signifikante Unterschiede für die betrachteten Parameter zwischen den Flächen ohne und mit *M. aquifolium* ergeben. Darüber hinaus wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt, die prüfen sollte, ob ein linearer Zusammenhang zwischen dem Deckungsgrad von *M. aquifolium* und den verschiedenen Parametern besteht. Eine Übersicht der getesteten Parameter findet sich in Anhang II.

Da sich im Zuge der Auswertungen (mutmaßlich aufgrund der hohen Streuung bzw. Klumpung der Deckungsgrade von *M. aquifolium* in den Probeplots) beim Vergleich der Flächen ohne und mit *M. aquifolium* keine klare Tendenz über die negativen Auswirkungen der betrachteten Art zeigte, wurde anschließend mit verschiedenen Varianten der Deckungsgradklasseneinteilung (siehe Tab. 5) weitergerechnet. Dafür wurden für jede der Variante ein eigenes Modell einer multivariaten ANOVA (lineares Modell) sowie ein Post-Hoc-Test nach Tukey gerechnet. Die dafür notwendige Varianzhomogenität war bei den meisten Testdurchgängen gegeben.



*Tabelle 5: Übersicht der getesteten Varianten zur Einteilung der Deckungsgradklassen*

<b>Deckungsgradklasseneinteilung</b>			
<b>Variante 1</b>		<b>Variante 5</b>	
Klasse 1	0 %	Klasse 1	0-5 %
Klasse 2	1-20 %	Klasse 2	0-25 %
Klasse 3	21-40 %	Klasse 3	26-50 %
Klasse 4	41-60 %	Klasse 4	51-75 %
Klasse 5	61-80 %	Klasse 5	76-100 %
Klasse 6	81-100 %	<b>Variante 6</b>	
<b>Variante 2</b>		Klasse 1	0-10 %
Klasse 1	0%	Klasse 2	11-20 %
Klasse 2	1 -50 %	Klasse 3	21-30 %
Klasse 3	51-100 %	Klasse 4	31-40 %
<b>Variante 3</b>		Klasse 5	41-50 %
Klasse 1	0-35 %	Klasse 6	51-60 %
Klasse 2	36-70 %	Klasse 7	61-70 %
Klasse 3	71-100 %	Klasse 8	71-80 %
<b>Variante 4</b>		Klasse 9	81-90 %
Klasse 1	0-10 %	Klasse 10	91-100 %
Klasse 2	11-50 %		
Klasse 3	51-100 %		

Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgte über Diagramme und Tabellen (siehe Kap. 6: Ergebnisse, bzw. Anhang II und III).

## **6. Ergebnisse**

Es folgt nun eine Beschreibung der relevanten Ergebnisse dieser Untersuchung. Zur Darstellung werden, wie bereits beschrieben, Diagramme und Tabellen genutzt. Etwaige signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Parametern werden in den Diagrammen jeweils mit den Buchstaben „a“ bzw. „b“ gekennzeichnet. Dies soll veranschaulichen, dass sich die entsprechenden Daten in zwei verschiedene, signifikant unterschiedliche Gruppen aufteilen. Eine vollständige Listung der Ergebnisse aus den KS- sowie t- und U- Tests, der linearen Regressionen sowie der ANOVA ist in Anhang II hinterlegt. Darüber hinaus finden sich dort weitere ermittelte Ergebnisse, die aufgrund fehlender Aussagekraft (keine Signifikanz bzw. Bestimmtheitsmaß  $R^2 < 0,3$ ) an dieser Stelle nicht näher beleuchtet werden sollen.

## 6.1 Bestandsstruktur der Untersuchungsflächen

### 6.1.1 Artenzahlen und Stetigkeiten

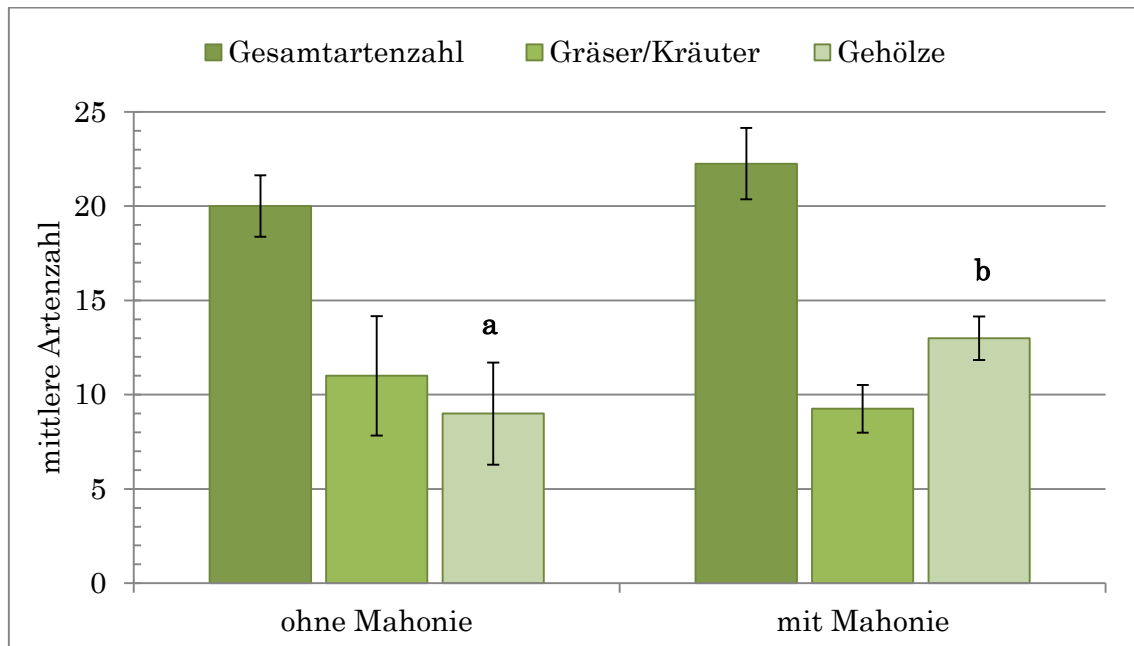


Abbildung 22: Mittlere Gesamtartenzahl sowie eine Unterteilung in Gräser/Kräuter und Gehölze, Untersuchungsflächen ohne ( $n = 4$ ) und mit ( $n = 4$ ) *M. aquifolium* (Signifikanzniveau  $p$ : Gesamtartenzahl n.s., Gräser/Kräuter n.s., Gehölze 0,035)

Abbildung 22 veranschaulicht die mittlere Gesamtartenzahl der Untersuchungsflächen ohne und mit *Mahonia aquifolium* sowie deren Aufteilung in Gehölze und Gräser/Kräuter. Es lässt sich ablesen, dass die Flächen mit *M. aquifolium* eine leicht höhere mittlere Gesamtartenzahl (22) aufweisen, wobei diese zum größeren Teil aus Gehölzarten (13) zusammengesetzt ist. Auf den Flächen ohne *M. aquifolium* finden sich hingegen mehr Gräser und Kräuter (11) als Gehölze (9). Alle aufgeführten Werte schwanken mit einer Standardabweichung von bis zu 3 Arten nur mäßig um den Mittelwert. Es zeigt sich zudem ein signifikanter Unterschied zwischen den Artenzahlen der Gehölze, die auf den Flächen mit *M. aquifolium* höher ist.

Die Baumschicht der Flächen ohne *M. aquifolium* wird vorwiegend aus den hochsteten Arten *Acer pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior* aufgebaut. Hinzu kommen *Crataegus monogyna* sowie auf einzelnen Flächen *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Quercus petraea*, *Robinia pseudoacacia* und *Sambucus nigra*. In der Strauchschicht finden sich häufig *Crataegus monogyna*, *M. aquifolium* sowie *Sambucus nigra*, aber auch andere, wenig stete Arten kommen vor. Die hochsteten Arten der Krautschicht sind *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Brachypodium sylvaticum*, *Corydalis intermedia*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior*, *Geranium robertianum*, *Geum urbanum*, *M. aquifolium*, *Sambucus nigra* sowie *Viola odorata*. Darüber hinaus kommen auch *Ficaria verna*, *Urtica dioica* und *Veronica hederifolia* auf den meisten Flächen vor.

Als bestandsbildende Arten der Baumschicht der Flächen mit *M. aquifolium* sind *Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus*

*excelsior*, *Quercus petraea* sowie *Robinia pseudoacacia* zu nennen. Vereinzelt treten auch *Acer negundo*, *Betula pendula*, *Quercus rubra*, *Ulmus minor* und andere Arten mit geringer Stetigkeit auf. Die Strauchschicht besteht in erster Linie aus *Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *M. aquifolium*, *Prunus mahaleb*, *Sambucus nigra* und *Ulmus minor*. In der Krautschicht finden sich u.a. *Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*, *Brachypodium sylvaticum*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior*, *Galium aparine*, *Geranium robertianum*, *Geum urbanum*, *M. aquifolium*, *Ulmus minor* und *Viola odorata* als hochstete Arten. Des Weiteren häufen sich dort *Cornus sanguinea*, *Corydalis intermedia*, *Prunus mahaleb*, *Sambucus nigra* sowie *Urtica dioica*.

Eine exakte Übersicht der Stetigkeiten in den Aufnahmen kann Anhang III entnommen werden.

### **6.1.2 Deckungsgrade und Dominanzen**

In Abbildung 23 sind die mittleren Deckungsgrade der drei aufgenommenen Bestandsschichten der Untersuchungsflächen ohne und mit *M. aquifolium* dargelegt. Die mittleren Deckungen der Baumschicht und Krautschicht sind dabei jeweils etwa gleich hoch, sie liegen zwischen 91 – 96 % bzw. 77 -88 % und schwanken, mit Ausnahme der Krautschicht auf den Flächen ohne *M. aquifolium*, nur unerheblich um den Mittelwert. Bemerkenswert erscheinen hier v.a. die hochsignifikant unterschiedlichen Deckungen der Strauchschicht. Die Flächen mit *M. aquifolium* weisen diesbezüglich ungefähr den vierfachen Wert der Flächen ohne auf.

Bezogen auf die Flächen ohne *M. aquifolium* sind v.a. *Acer pseudoplatanus*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior* und zum Teil auch *Acer platanoides* mit hohen Deckungen in der Baumschicht vertreten. In der Krautschicht sind *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus* und auf einzelnen Flächen *Ficaria verna* als auch *Aegopodium podagraria* dominant.

Auf den Flächen mit *M. aquifolium* erreichen *Acer pseudoplatanus*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus petraea* und vereinzelt auch *Ulmus minor* rel. hohe Deckungsgrade in der Baumschicht. Die Strauchschicht wird hier von *M. aquifolium* und *Sambucus nigra* sowie teilweise von *Acer pseudoplatanus* oder *Crataegus monogyna* dominiert. In der Krautschicht finden sich ebenfalls v.a. *M. aquifolium* und *Sambucus nigra* mit hoher Deckung. Manche Flächen weisen aber auch einen hohen Deckungsgrad der Arten *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Ulmus minor* oder *Impatiens parviflora* auf.

Auch hinsichtlich der Deckungsgrade kann Anhang III eine exakte Übersicht der Aufnahmen entnommen werden.

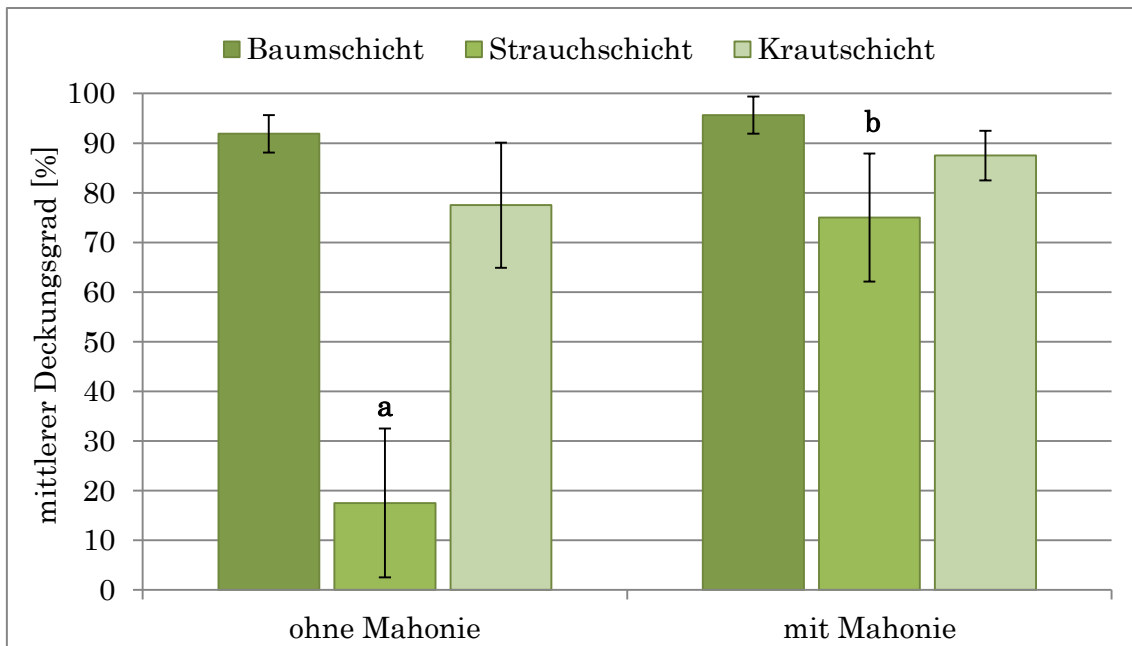


Abbildung 23: Mittlere Deckungsgrade der verschiedenen Schichten, Untersuchungsflächen ohne ( $n = 4$ ) und mit ( $n = 4$ ) *M. aquifolium* (Signifikanzniveau  $p$ : Baumschicht n.s., Strauchschicht 0,001, Krautschicht n.s.)

### 6.1.3 Shannon-Index

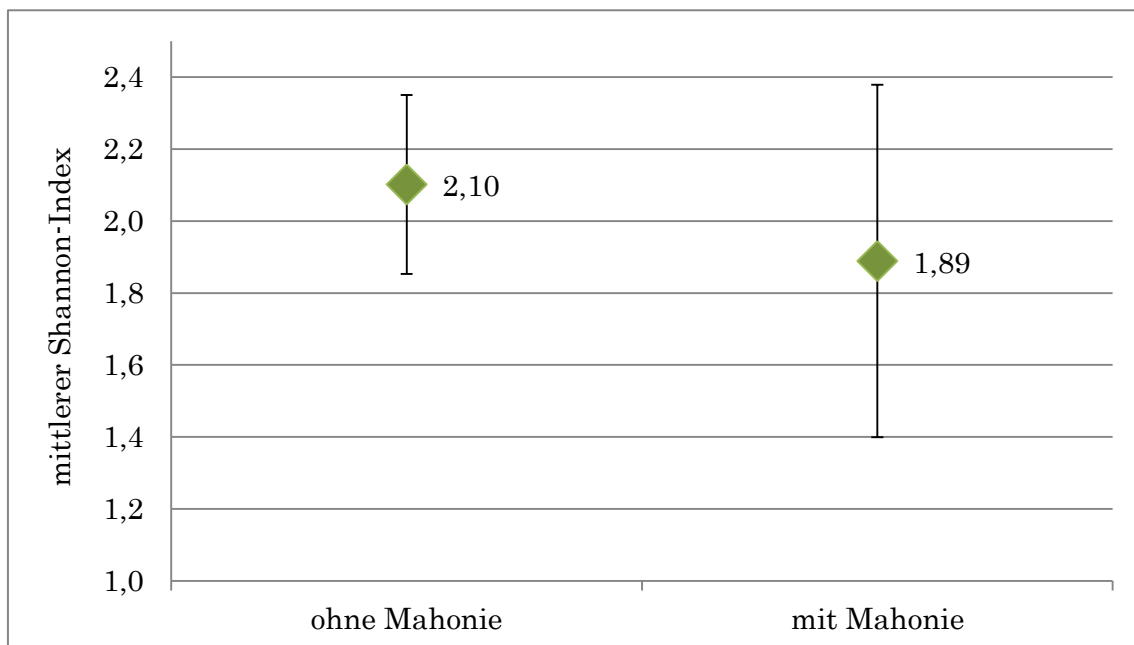


Abbildung 24: Mittlerer Shannon-Index der Untersuchungsflächen ohne ( $n = 4$ ) und mit ( $n = 4$ ) *M. aquifolium*, bezogen auf die Krautschicht

Der Shannon's Diversitätsindex ( $H'$ ), ermittelt aus den Daten der Krautschicht der Untersuchungsflächen, wird in Abbildung 24 dargestellt. Es handelt sich dabei um ein Maß für die Diversität und Gleichverteilung innerhalb eines Bestandes, das sowohl Artenzahlen als auch Dominanzen berücksichtigt. „Die Diversität des Shannon-Index

fällt gegen Null, wenn nur eine einzige Art vorhanden ist“ (TRAXLER 1997, S.186). Ein hoher Wert spricht also, bei annähernd gleicher Artenzahl der betrachteten Flächen, für einen hohen Grad der Gleichverteilung der Arten eines Bestandes, ein niedriger Wert deutet hingegen auf Dominanzen einzelner Arten hin.

Für die Flächen mit *M. aquifolium* lässt sich im Zuge dieser Auswertungen ein leicht geringerer Wert ( $H' = 1,89$ ) erkennen, der jedoch in höherem Maße um den Mittelwert schwankt als bei den Flächen mit *M. aquifolium* ( $H' = 2,1$ ).

## 6.2 Gehölzverjüngung in den ProbepLOTS

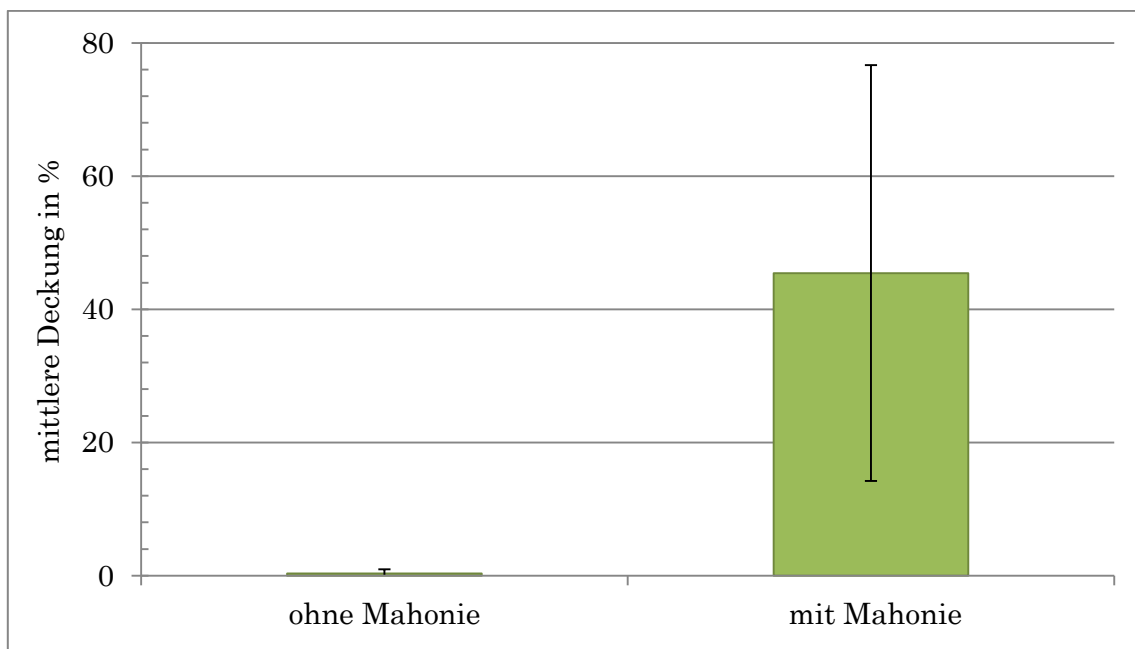


Abbildung 25: Mittlerer Deckungsgrad von *M. aquifolium*, ProbepLOTS ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium*

In Abbildung 25 ist der mittlere Deckungsgrad von *M. aquifolium* in den Mahonie-freien ProbepLOTS dem der ProbepLOTS mit der Art gegenübergestellt. Letztere weisen eine mittlere Deckung von etwa 45 % auf, dieser Wert schwankt allerdings ziemlich stark um den Mittelwert, da diesbezüglich einerseits Deckungen von nur 10 – 40 %, andererseits Deckungen von bis zu 95 % kartiert wurden. Die Flächen, die theoretisch ohne Mahonie-Bestände sein sollten, zeigen eine mittlere Deckung von knapp 0,35 %.

## 6.2.1 Individuenzahlen der Gehölzverjüngung

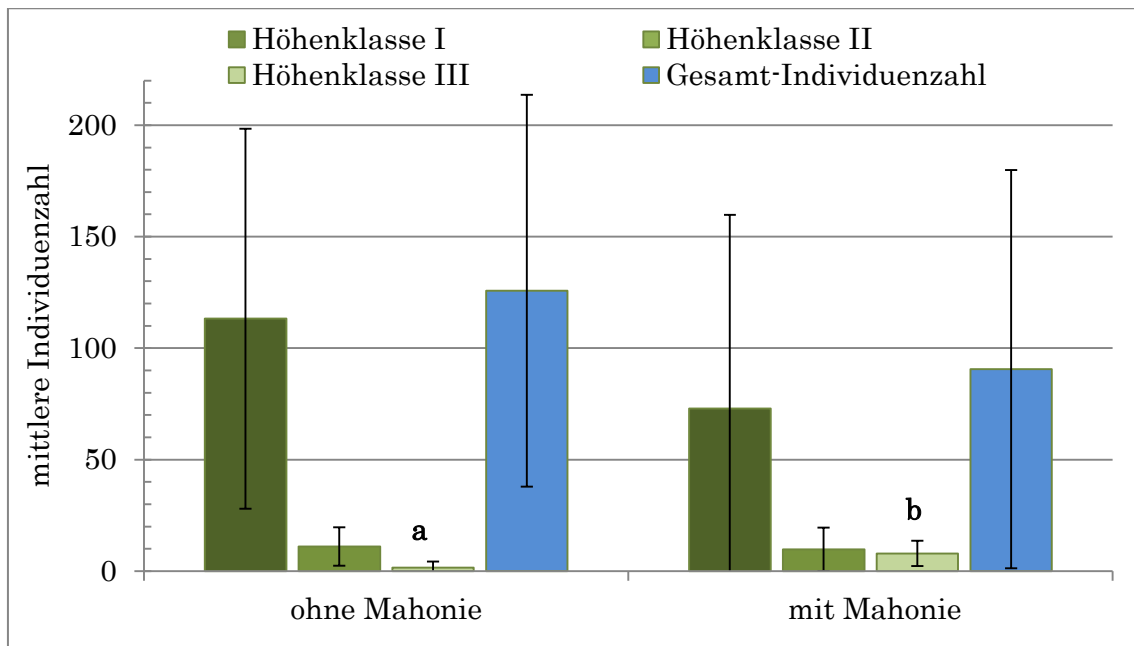


Abbildung 26: Mittlere Gesamtindividuenzahl und mittlere Individuenzahl **aller Arten** je Höhenklasse in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium* (Signifikanzniveau  $p$ : HK I n.s., HK II n.s., HK III  $<0,001$ , Individuenzahl gesamt n.s)

Ein Hauptaugenmerk der Untersuchungen liegt auf dem Vergleich der Individuenzahlen der Gehölzverjüngung auf den Probeplots ohne bzw. mit *M. aquifolium*. Abbildung 26 zeigt daher die mittleren Gesamtindividuenzahlen aller Gehölzarten des Gehölzaufwuchses sowie deren Aufteilung auf die drei Höhenklassen. Bezüglich der Gesamtindividuenzahl ergibt sich auf den Probeplots ohne *M. aquifolium* ein durchschnittlicher Wert von etwa 125 Individuen, wohingegen auf den Probeplots mit *M. aquifolium* ein mittlerer Wert von rund 90 Individuen erreicht wird. In beiden Fällen verteilen sich die Individuen dabei vorwiegend auf die Höhenklasse I, die beiden anderen Höhenklassen sind nur geringfügig vertreten. Die Probeplots mit der untersuchten Art zeigen jedoch eine leicht höhere mittlere Anzahl der Individuen in Höhenklasse III, für die auch ein höchstsignifikanter Unterschied zwischen den Flächenvarianten festgestellt werden konnte. Betrachtet man die Standardabweichungen, offenbart sich bei allen Parametern eine sehr hohe Schwankung um den Mittelwert. So weisen z.B. manche Probeplots mit *M. aquifolium* nur Individuenzahlen im einstelligen bzw. unteren zweistelligen Bereich auf, wohingegen auf anderen bis zu über 300 Individuen kartiert wurden (siehe auch Anhang III).

Um die Verteilung der Individuen auf die Höhenklassen noch einmal klarer darzustellen, wurde ein Boxplot erstellt (siehe Abb. 27), der im Folgenden erläutert wird.

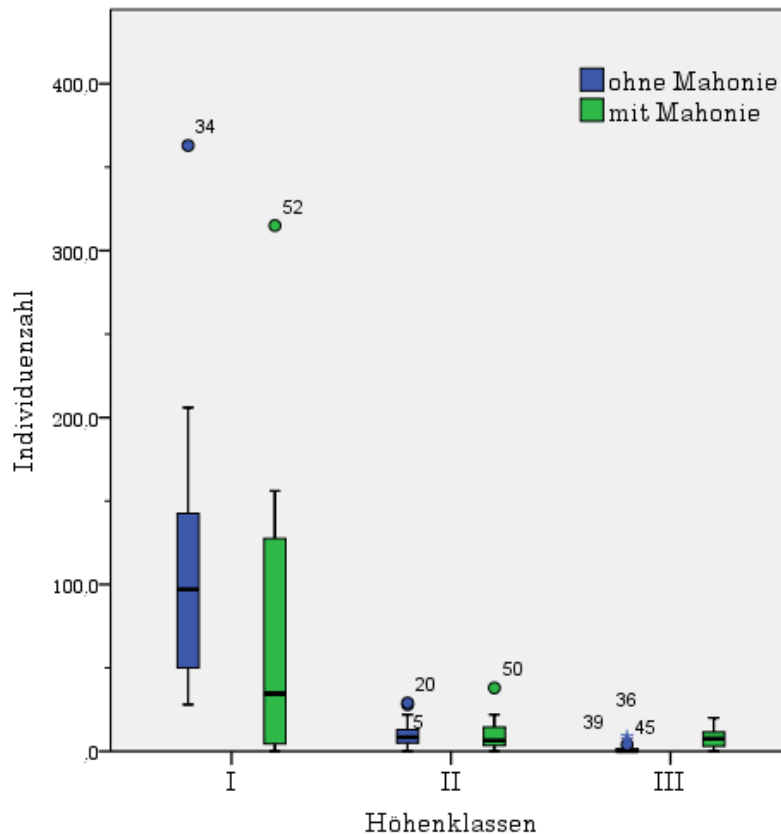


Abbildung 27: Boxplot der Individuenzahlen je Höhenklasse aller Arten in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium*

In Bezug auf die Höhenklasse I bewegen sich die Individuenzahlen der Flächen ohne Mahonie hauptsächlich zwischen den Werten 50 und 150 (Quartilsabstand), wobei der Median ziemlich in der Mitte bei knapp 100 Individuen und damit höher als bei den Flächen ohne *M. aquifolium* liegt. Bei Letzteren befindet sich der Median bei etwa 35 Individuen, allerdings reicht der Quartilsabstand hier von etwa 5 bis 125 Individuen. Dies spricht für eine asymmetrische Verteilung der Werte. Beide Varianten zeigen starke Ausreißer, die außerhalb der Norm rangieren. Höhenklasse II und III weisen geringe Streuungen und Werte im niedrigen zweistelligen Bereich auf.

Bezüglich der mittleren Individuenzahlen der Baumarten (siehe Abb. 28) zeigt sich in den Verjüngungsaufnahmen ein ähnliches Bild wie bei den mittleren Individuenzahlen aller Arten (Abb. 26). Sowohl die mittleren Gesamtindividuenzahlen als auch deren Aufteilung auf die Höhenklassen sind nahezu identisch, bei den Baumarten liegen die mittleren Werte jeweils nur knapp unter denen aller Arten. Hinsichtlich der Standardabweichungen und Signifikanzen offenbart sich ebenfalls das gleiche Muster.

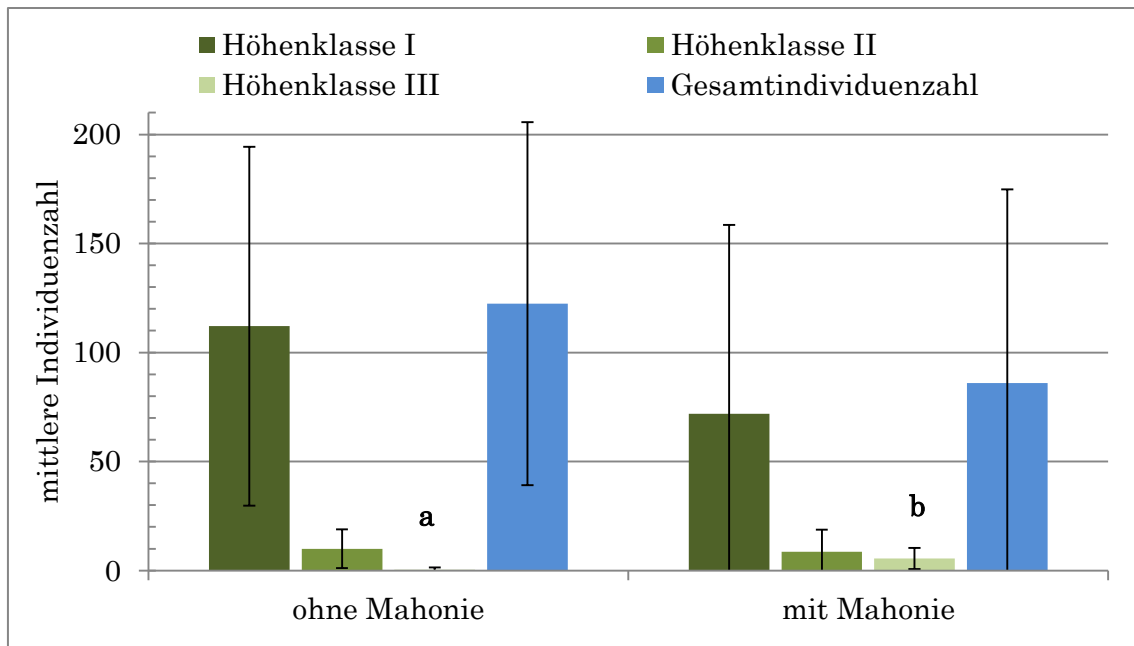


Abbildung 28: Mittlere Gesamtindividuenzahl und mittlere Individuenzahl der **Baumarten** je Höhenklasse in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium* (Signifikanzniveau  $p$ : HK I n.s., HK II n.s., HK III  $<0,001$ , Individuenzahl gesamt n.s.)

Wie in Abbildung 29 zu erkennen ist, treten Straucharten nur vereinzelt mit rel. geringen mittleren Individuenzahlen auf. Sie verteilen sich gleichmäßig auf alle drei Höhenklassen und zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Flächenvarianten.

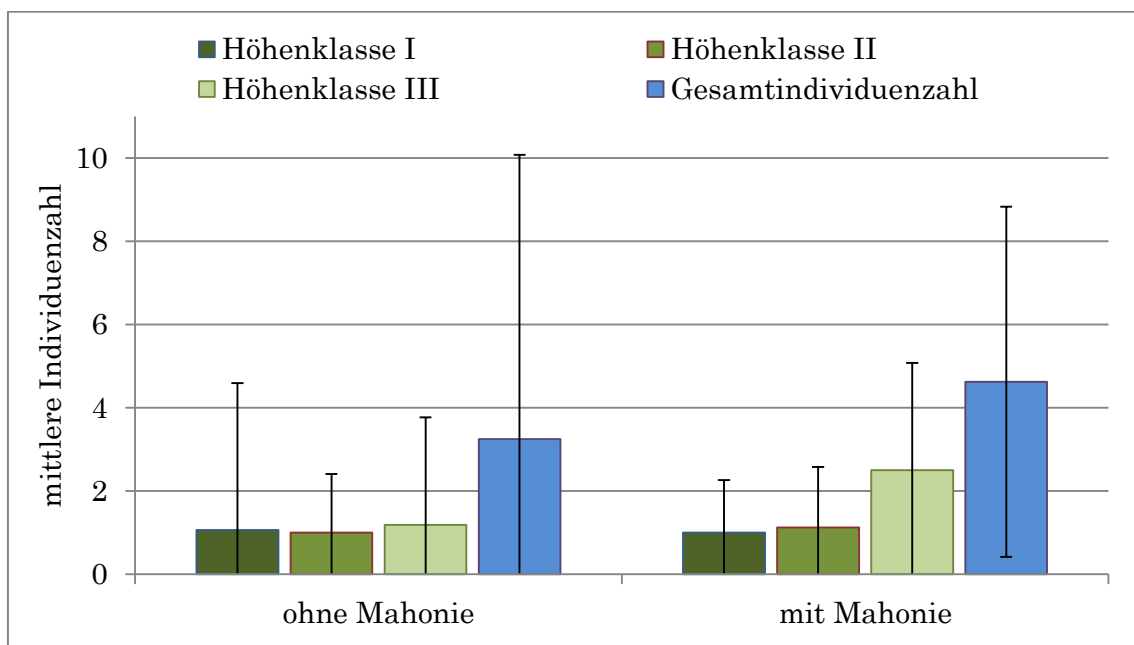


Abbildung 29: Mittlere Gesamtindividuenzahl und mittlere Individuenzahl der **Straucharten** je Höhenklasse in der Gehölzverjüngung, Probeplots ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium* (keine signifikanten Unterschiede zwischen den Parametern)



### 6.2.2 Artinventar der Gehölzverjüngung

Die mittleren Individuenzahlen der Artzusammensetzung der Gehölzverjüngung sind in Abbildung 30 veranschaulicht, wobei auf die Darstellung der Standardabweichungen aus Gründen der Übersichtlichkeit in diesem Zusammenhang verzichtet wurde. Es zeigt sich, dass die Verjüngung auf den Flächen ohne *M. aquifolium* hauptsächlich von den Arten *Acer pseudoplatanus* (ca. 78 Individuen), *Acer platanoides* (ca. 25 Individuen), *Fraxinus excelsior* (ca. 18 Individuen) und *Sambucus nigra* (ca. 4 Individuen) aufgebaut wird. Andere Arten sind zwar auch vertreten, stellen aber nur einen geringen Anteil an der mittleren Gesamtindividuenzahl dar.

Für die Flächen mit *M. aquifolium* ist die Verteilung der Arten differenzierter. So macht zwar *Acer pseudoplatanus* (ca. 68 Individuen) ebenfalls den größten Anteil an der mittleren Gesamtindividuenzahl aus, *Acer platanoides* (ca. 5 Individuen) und *Fraxinus excelsior* (ca. 3 Individuen) treten dafür aber nur noch seltener auf. Weitere Arten mit mittleren Individuenzahlen zwischen 1 und 5 sind *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Prunus mahaleb* und *Ulmus minor*. Auch hier kommen vereinzelt noch weitere Arten mit geringem Anteil an der mittleren Gesamtindividuenzahl vor.

Da sich in der Höhenklasse III signifikante Unterschiede bezüglich der mittleren Individuenzahl gezeigt haben, wird deren Artzusammensetzung in Abbildung 31 noch einmal separat veranschaulicht. Während auf den Mahonie-freien Flächen fast ausschließlich *Sambucus nigra* und *Fraxinus excelsior* in der Verjüngung eine Wuchshöhe von über 50 cm erreichen (und dies auch nur mit sehr geringen Individuenzahlen), ist das Spektrum bei den Flächen mit *M. aquifolium* weiter gefächert. Dort treten zusätzlich (und ebenfalls nur mit sehr geringen Individuenzahlen) z.B. *Acer campestre*, *Crataegus monogyna*, *Ulmus minor* und *Cornus Sanguinea* auf.

Eine Darstellung des Artinventars der Höhenklassen I und II ist in Anhang III zu finden.

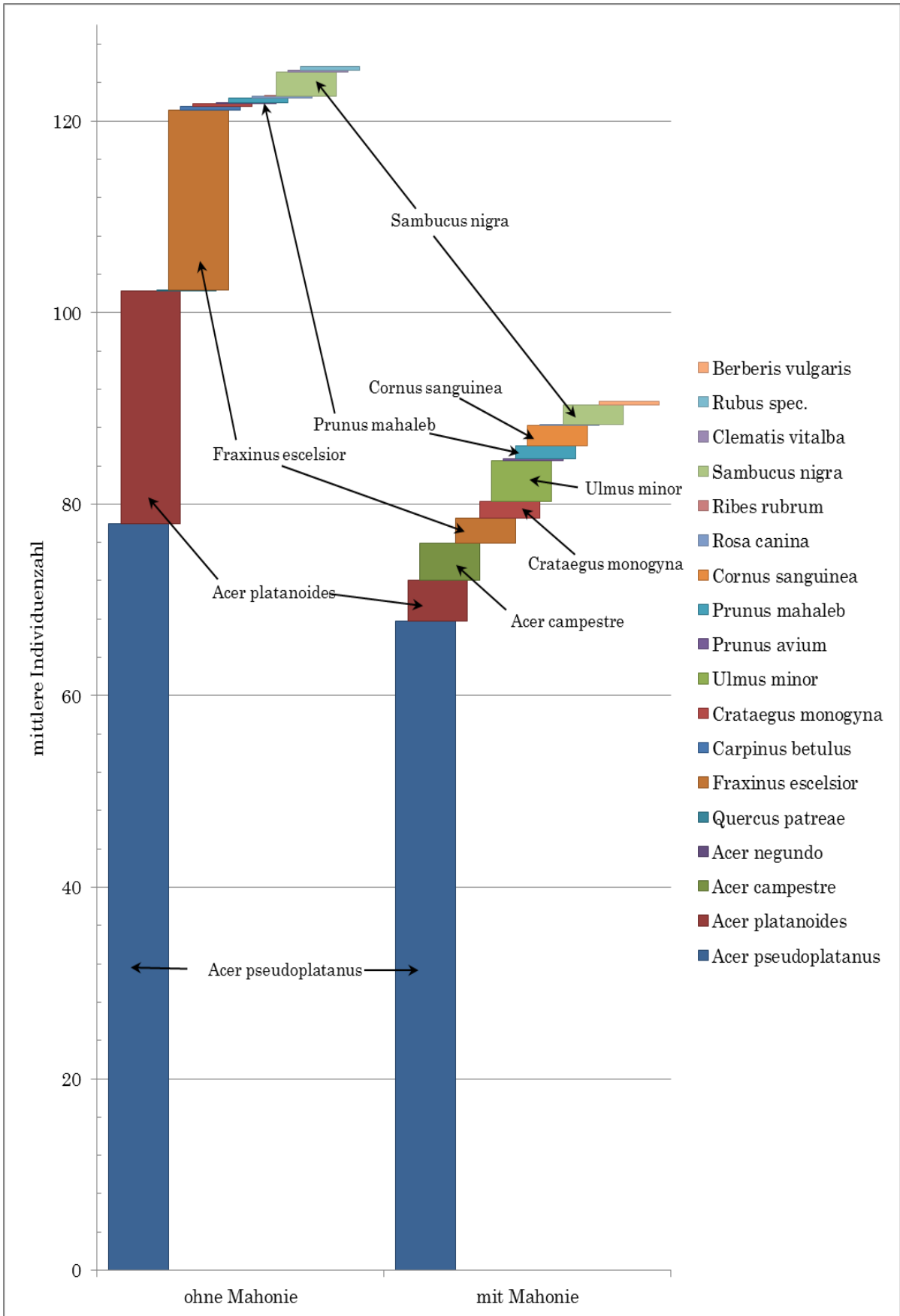


Abbildung 30: Artinventar der Gehölzverjüngung (gesamt), mittlere Individuenzahlen der Arten getrennt nach Probeplots ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium*

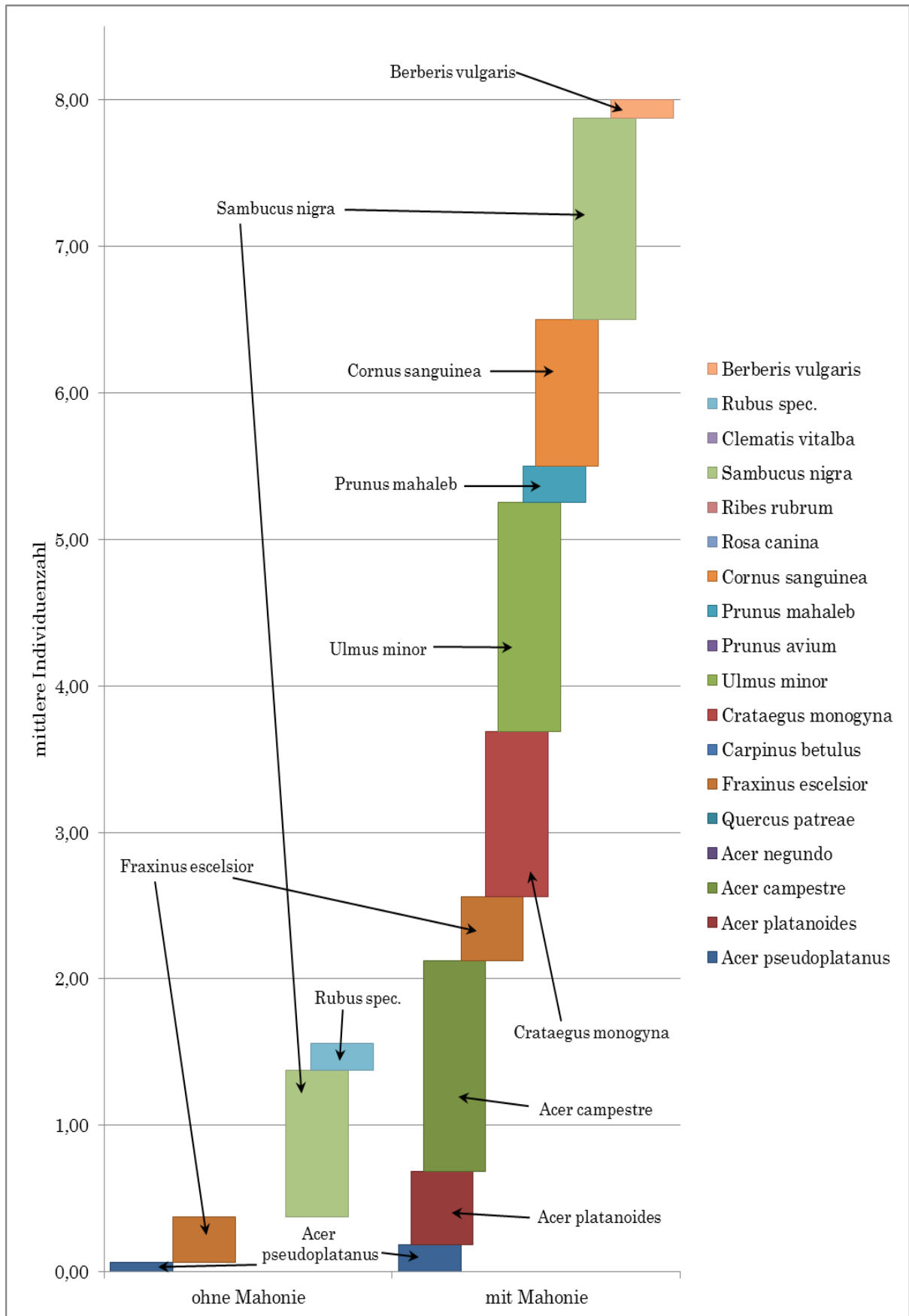


Abbildung 31: Artinventar der Gehölzverjüngung (Höhenklasse III), mittlere Individuenzahlen der Arten getrennt nach Probeplots ohne ( $n = 16$ ) und mit ( $n = 16$ ) *M. aquifolium*

## 6.3 Regressionen

### 6.3.1 Daten der Untersuchungsflächen (n = 8)

Zur Erstellung der linearen Regressionen aus den Daten der Untersuchungsflächen wurde als unabhängige Variable jeweils die kumulative Deckung von *M. aquifolium* aus Kraut- und Strauchschicht herangezogen. Im Folgenden werden nur die Regressionen mit einem Bestimmtheitsmaß  $R^2 \geq 0,3$  veranschaulicht, da bei Werten darunter kein Zusammenhang vorliegt (LEYER & WESCHE 2007). Weitere Regressionen finden sich in Anhang II.

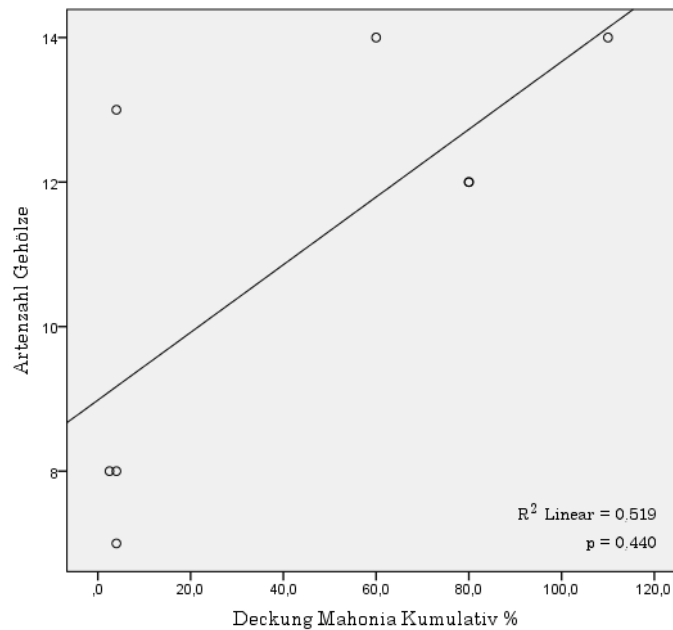


Abbildung 32: Regression Artenzahl der Gehölze zu kumulativer Deckung *M. aquifolium* auf den Untersuchungsflächen (n = 8)

Mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,519$  zeigt sich in Abbildung 32, dass die Artenzahl der Gehölze mit zunehmender Deckung von *M. aquifolium* ansteigt. Allerdings konnte hierfür kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

Aus Abbildung 33 geht hervor, dass die Deckungssumme der Gräser und Kräuter in der Krautschicht mit steigender Deckung von *M. aquifolium* abnimmt. Das Bestimmtheitsmaß der Trendlinie der linearen Regression beträgt  $R^2 = 0,495$ . Es konnte auch hier kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

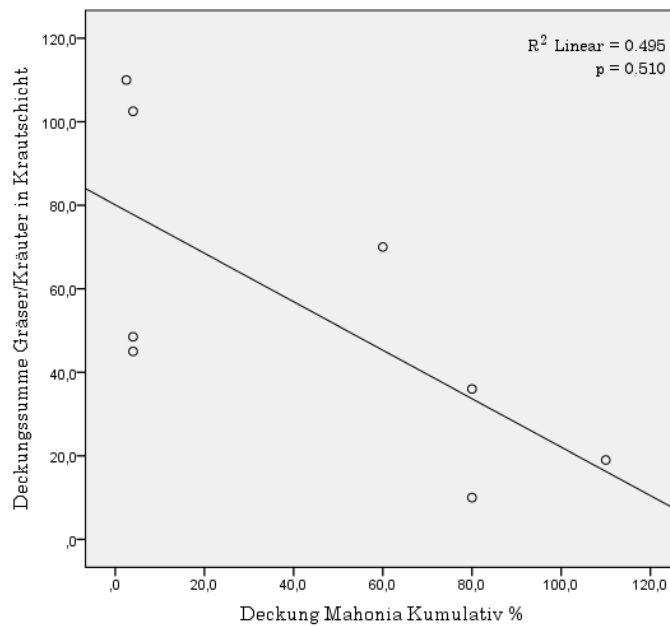


Abbildung 33: Regression der Deckungssumme G/K in der Krautschicht zu kumulativer Deckung *M. aquifolium* auf den Untersuchungsflächen ( $n = 8$ )

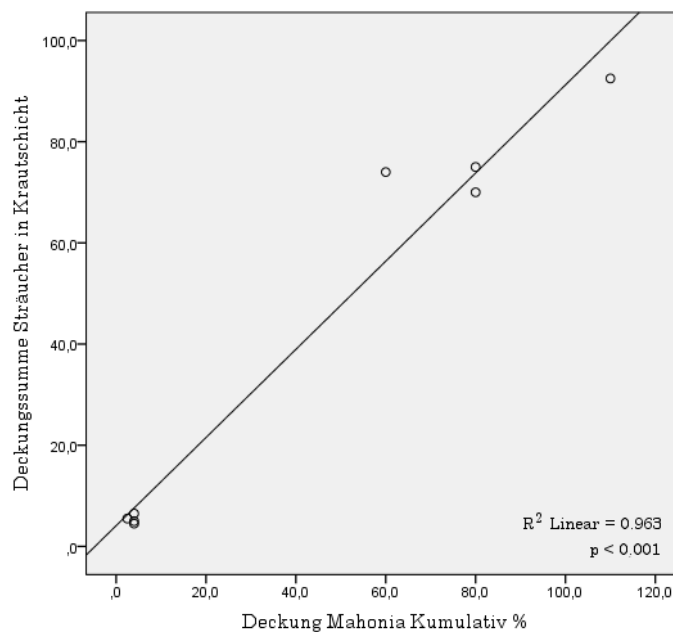


Abbildung 34: Regression der Deckungssumme Sträucher in der Krautschicht zu kumulativer Deckung *M. aquifolium* auf den Untersuchungsflächen ( $n = 8$ )

Die Deckungssumme der Straucharten steigt in der Krautschicht mit zunehmender Deckung von *M. aquifolium* an. Die Trendlinie in Abbildung 34 zeigt mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,963$  eine geringe Streuung und einen höchstsignifikanten Zusammenhang der Parameter an.

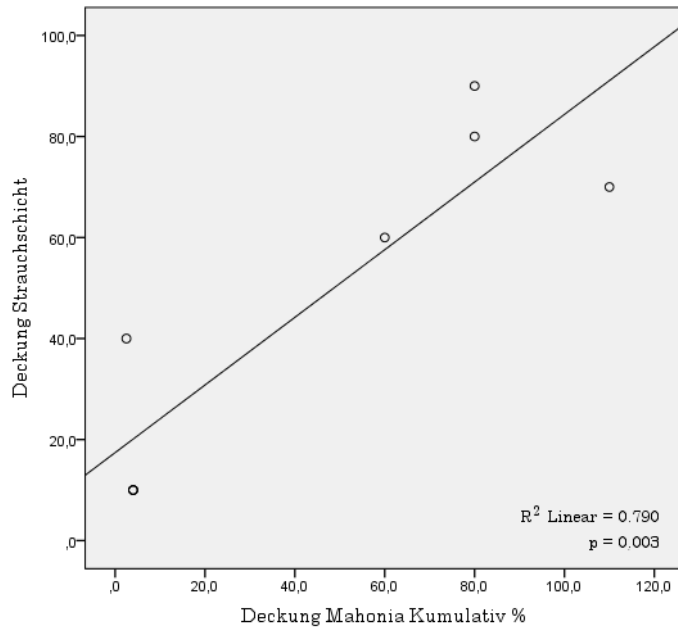


Abbildung 35: Regression der Deckung der Strauchsicht zu kumulativer Deckung *M. aquifolium* auf den Untersuchungsflächen ( $n = 8$ )

In Abbildung 35 ist die lineare Regression zwischen der Deckung der Strauchsicht und der kumulativen Deckung von *M. aquifolium* aufgetragen. Es wird ersichtlich, dass Erstere mit zunehmender Deckung der gebietsfremden Art ansteigt. Das Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,790$  lässt auf eine geringe Streuung der Werte schließen, zudem besteht ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen den getesteten Parametern.

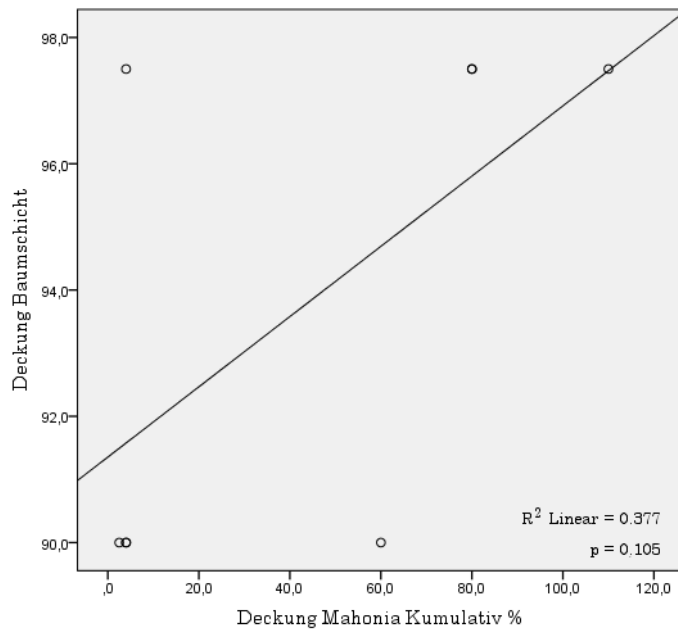


Abbildung 36: Regression der Deckung der Baumschicht zu kumulativer Deckung *M. aquifolium* auf den Untersuchungsflächen ( $n = 8$ )

Abbildung 36 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der Deckung der Baumschicht und der kumulativen Deckung von *M. aquifolium*. Je höher dabei die letztere ausfällt, desto höher ist auch die Deckung der Baumschicht. Allerdings lassen das Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,377$  und eine Signifikanz von  $p = 0,105$  keine positiven Aussagen über eine statistisch belegbare Abhängigkeit zu.

### 6.3.2 Daten der Probeplots (n = 32)

Die nun dargestellten linearen Regressionen beziehen sich auf die Daten der Gehölzverjüngung in den 4 m<sup>2</sup>-Probeplots. Als unabhängige Variable wurde jeweils die prozentgenaue Schätzung der Deckung von *M. aquifolium* herangezogen. Es werden auch hier nur ausgewählte Diagramme vorgestellt (darunter auch solche mit  $R^2 < 0,3$ ), weitere durchgeführte Regressionen können dem Anhang II entnommen werden.

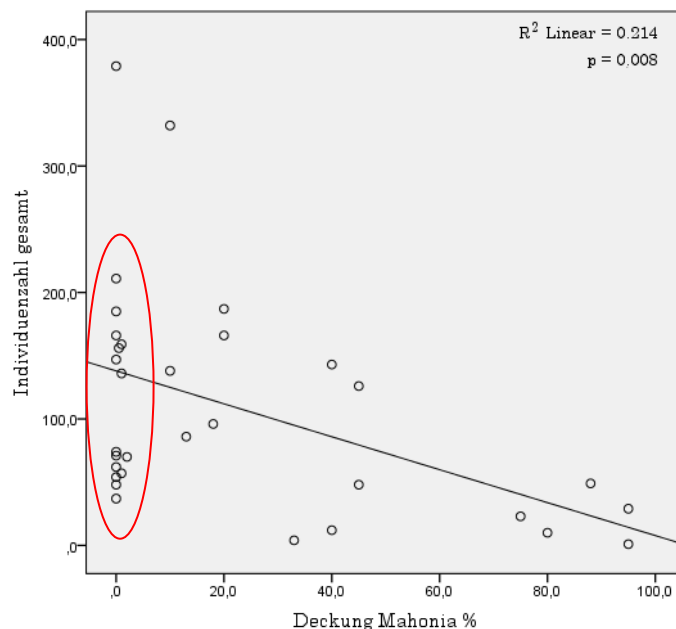


Abbildung 37: Regression der Gesamtindividuenzahl der Gehölzverjüngung zu Deckung *M. aquifolium* auf den Probeplots (n = 32)

Mit zunehmender Deckung von *M. aquifolium* sinkt die Gesamtindividuenzahl der Gehölzverjüngung ab. Das Bestimmtheitsmaß für diese lineare Regression beträgt indessen nur  $R^2 = 0,214$  (siehe Abb. 37). Aufgrund dieses geringen Bestimmtheitsmaßes kann kein statistischer Zusammenhang zwischen den beiden Parametern gefolgert werden. Darüber hinaus wird ersichtlich, dass es eine deutliche Klumpung der Werte im Bereich der niedrigen Deckungsgrade von *M. aquifolium* gibt. Es gibt viele Flächen ohne *M. aquifolium*, die eine rel. hohe Individuenzahl aufweisen, aber auch viele, die nur über eine rel. geringe Individuenzahl verfügen. Dieses Phänomen kann auch bei den folgenden Abbildungen (siehe Abb. 38 - 41) beobachtet werden.

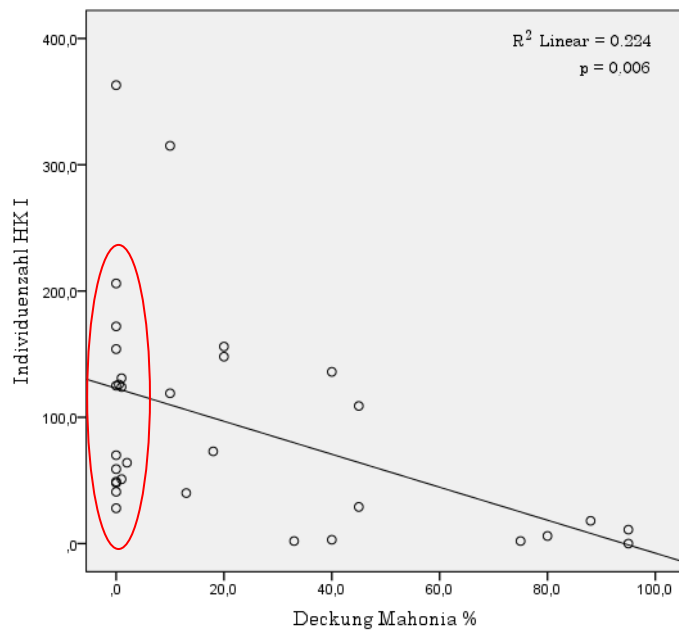


Abbildung 38: Regression der Individuenzahl Höhenklasse I der Gehölzverjüngung zu Deckung *M. aquifolium* auf den Probeplots ( $n = 32$ )

Entsprechend der Gesamtindividuenzahl sinkt auch die Individuenzahl der Höhenklasse I der Gehölzverjüngung (siehe Abb. 38) mit steigendem Deckungsgrad der untersuchten Art. Ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,224$  lässt allerdings auch hier auf keinen Zusammenhang der Parameter schließen.

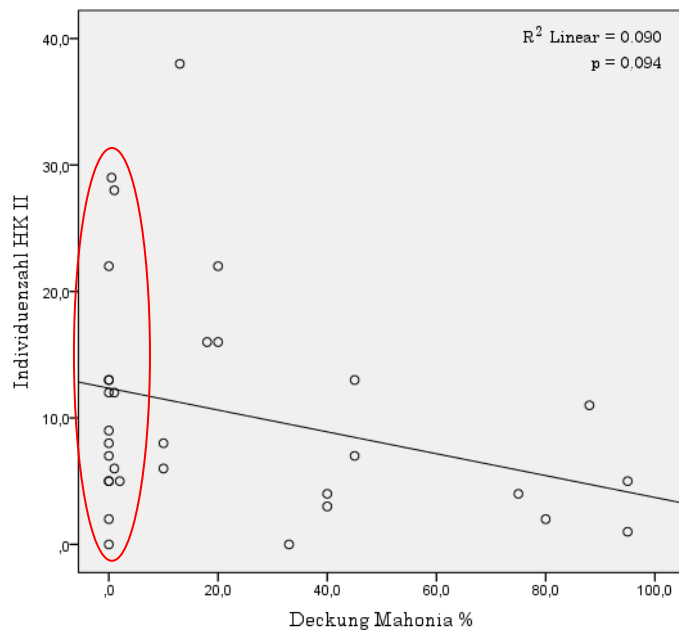


Abbildung 39: Regression der Individuenzahl Höhenklasse II der Gehölzverjüngung zu Deckung *M. aquifolium* auf den Probeplots ( $n = 32$ )

Auch bezüglich der Individuenzahl der Höhenklasse II der Gehölzverjüngung (siehe Abb. 39) zeigt sich ein ähnliches Bild, wie bei den beiden zuvor veranschaulichten



Regressionen. Es lässt sich aufgrund des Bestimmtheitsmaßes von  $R^2 = 0,090$  eine hohe Streuung der Werte und somit kein statistischer Zusammenhang ableiten.

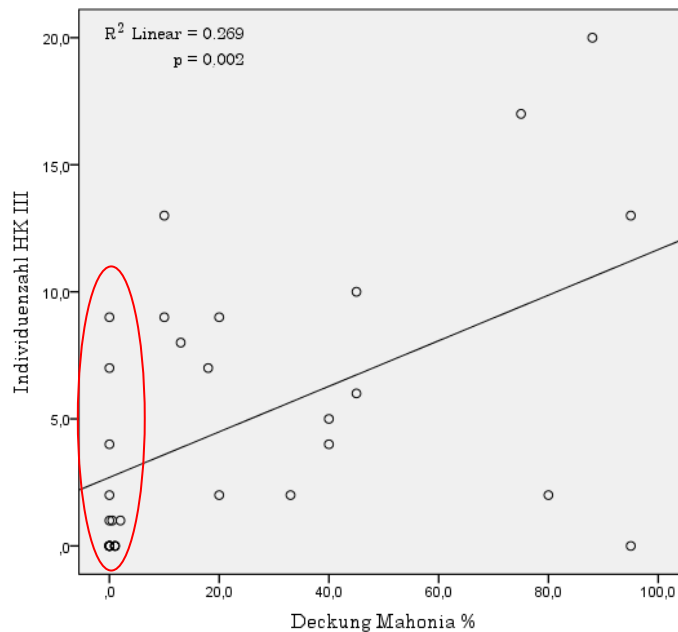


Abbildung 40: Regression der Individuenzahl Höhenklasse III der Gehölzverjüngung zu Deckung *M. aquifolium* auf den Probeplots ( $n = 32$ )

Betrachtet man die Individuenzahl der Höhenklasse III der Gehölzverjüngung (siehe Abb. 40), so offenbart sich, dass diese vom zunehmenden Deckungsgrad von *M. aquifolium* profitiert. Da die Werte aber stark von der linearen Trendlinie abweichen, liegt das Bestimmtheitsmaß auf niedrigem Niveau ( $R^2 = 0,264$ ). Ein Zusammenhang von steigender Individuenzahl der Gehölze in Höhenklasse III mit steigender Deckung der Mahonie kann daher nicht bestätigt werden.

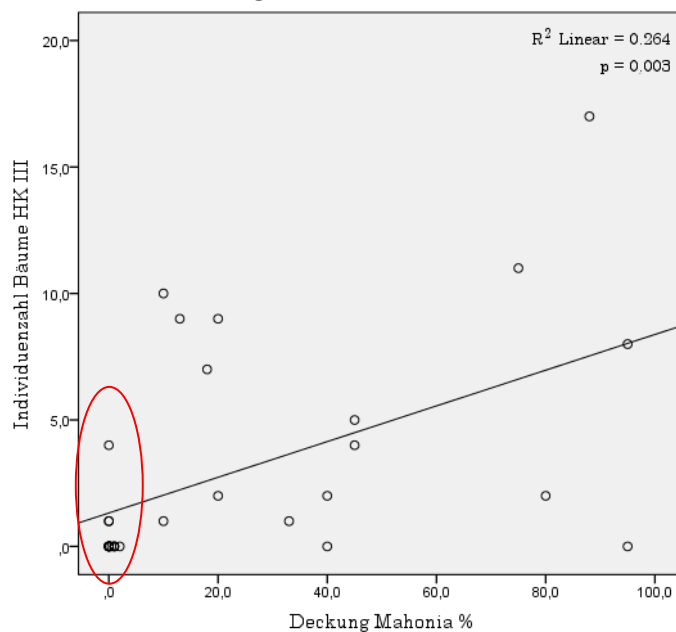


Abbildung 41: Regression der Individuenzahl der Baumarten Höhenklasse III der Gehölzverjüngung zu Deckung *M. aquifolium* auf den Probeplots ( $n = 32$ )

Auch bei Betrachtung der Regression zwischen der Individuenzahl der Baumarten der Gehölzverjüngung und der Deckung von *M. aquifolium* (siehe Abb. 41) wird kein belegbarer Zusammenhang deutlich ( $R^2 = 0,264$ ). Die lineare Trendlinie steigt dabei zwar mit zunehmender Deckung der untersuchten Art an, aber die Werte weichen auch hier zu sehr von dieser ab, um den Trend statistisch belegen zu können.

## 6.4 ANOVA

Es folgt nun eine Beschreibung der Ergebnisse der multivariaten ANOVA (lineares Modell) (siehe Tab. 6), wobei auf die gewonnenen Kenntnisse über signifikante Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Deckungsgradklassen der verschiedenen Parameter hingewiesen wird. Eine vollständige Auflistung der Ergebnisse kann Anhang II entnommen werden.

Variante 1 erbrachte keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den Klassen der jeweiligen Parameter.

Bei Variante 2 zeigten sich für 6 Parameter verschiedene Gruppen (a, ab, b). Es ergab sich jedoch einzig für den Parameter „Individuenzahl Bäume gesamt“ ein signifikanter Unterschied zwischen den Klassen „0 %“ bzw. „1 – 50 %“ und der Klasse „51 – 100 %“.

Für Variante 3 der Deckungsgradklasseneinteilung konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied bezüglich des Parameters „Individuenzahl Bäume gesamt“ ermittelt werden. Dabei teilten sich die Klassen „0 – 35 %“ und „71 – 100 %“ in zwei verschiedene Gruppen auf (die Varianzhomogenität war hierfür gegeben). Ferner stellte sich heraus, dass die Parameter „Individuenzahl gesamt“, „Individuenzahl Höhenklasse I“ und „Individuenzahl Bäume Höhenklasse I“ sich signifikant nicht voneinander unterscheiden (die Varianzhomogenität war auch hier gegeben).

Als Ergebnis der vierten Variante zeigte sich für die Parameter „Individuenzahl gesamt“, „Individuenzahl Höhenklasse I“ und „Individuenzahl Bäume Höhenklasse I“ ein signifikanter Unterschied zwischen den Klassen „0 – 10 %“ und „51 – 100 %“, wobei die Voraussetzung der Varianzhomogenität jeweils erfüllt war.

Die Varianten 5 und 6 lieferten keine Ergebnisse, da es hier jeweils mindestens eine Deckungsgradklasse gab, der keine bzw. nur eine Fläche zugeordnet werden konnte. Voraussetzung für einen Post-Hoc-Test ist allerdings, dass jede Klasse mindestens zwei Fälle aufweist.

*Tabelle 6: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalysen für die Klassenbildungsvarianten bezüglich des Einflusses von M. aquifolium auf die Gehölzverjüngung der Probeplots (VH = Varianzhomogenität (+ = gegeben, - = nicht gegeben); Sign. = Signifikanz (\*\*\*) =  $p < 0,001$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \* =  $p < 0,05$ )*

Parameter	Gruppenbildung	VH	p
<b>Variante 1 (0/1-20/21-40/41-60/61-80/81-100)</b>			
keine Gruppenbildung			
<b>Variante 2 (0/1-50/51-100)</b>			
Individuenzahl Bäume gesamt	51-100 < 0/1-50	+	*
<b>Variante 3 (0-35/36-70/71-100)</b>			
Individuenzahl gesamt	keine Gruppenbildung	+	*
Individuenzahl Höhenklasse I	keine Gruppenbildung	+	*
Individuenzahl Bäume gesamt	71-100 < 0-35	+	*
Individuenzahl Bäume Höhenklasse I	keine Gruppenbildung	+	*
<b>Variante 4 (0-10/11-50/51-100)</b>			
Individuenzahl gesamt	51-100 < 0-10	+	*
Individuenzahl Höhenklasse I	51-100 < 0-10	+	*
Individuenzahl Bäume gesamt	keine Gruppenbildung	+	*
Individuenzahl Bäume Höhenklasse I	51-100 < 0-10	+	*

## 7. Diskussion

Im Folgenden sollen die erarbeiteten Ergebnisse dieser Arbeit diskutiert werden. Dafür werden die Fragen aus Kapitel 2 aufgegriffen und nacheinander beantwortet.

### 7.1 Unterschiede bezüglich Artenzusammensetzung und Bestandsstruktur

#### *1. Gibt es Unterschiede in der Artenzusammensetzung bzw. der Bestandsstruktur zwischen Flächen mit und ohne Mahonia aquifolium?*

Die sich aus Abbildung 22 ergebende Erhöhung der Gesamtartenzahl beim Auftreten von *M. aquifolium* ist in erster Linie auf das signifikant höhere Aufkommen von Gehölzarten zurückzuführen. Es fällt mit *Carpinus betulus* zwar eine Charakterart des LRT 9180\* auf den Flächen mit *M. aquifolium* weg, dafür kommen aber mit *Acer campestre* und *Ulmus minor* zwei weitere hochstete Charakterarten hinzu (BILLETTOFT ET AL. 2002). Darüber hinaus treten auch noch andere gebietsfremde Gehölzarten wie *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum* und *Quercus rubra* auf diesen Flächen auf.

Auch in der Krautschicht ändert sich die Artzusammensetzung mit zunehmendem Aufkommen von *M. aquifolium*. Dort werden einige, zum Teil lichtbedürftige, wenigstete Arten mit geringen Deckungsgraden, wie *Allium schoenoprasum*, *Anemone nemorosa*, *Cerastium pumilum*, *Chelidonium majus*, *Clematis vitalba*, *Dryopteris filix-mas*, *Taraxacum officinale* und *Oxalis acetosella* von anderen Arten, die ebenfalls nur geringe Stetigkeiten und Deckungsgrade aufweisen, abgelöst. Diese sind hauptsächlich lichtbedürftige Arten wie *Hypericum perforatum*, *Fragaria vesca*, *Euphorbia cyparissias* und *Alliaria petiolata*, die hier allerdings nur in Randbereichen an Übergängen zu offeneren Standorten wachsen. Der Anteil der lichtbedürftigen Arten, die tatsächlich inmitten der Flächen vorkommen, also dort, wo der Einfluss des Übergangsbereiches in Form von Lichtverfügbarkeit fehlt, nimmt somit ab. Ein Grund dafür könnte in der Schattwirkung der dichten Strauchschicht und insbesondere von *M. aquifolium* liegen. Diesen Aspekt vermutet auch AUGÉ (1997a) bezüglich der Verdrängung von *Calamagrostis epigejos* durch *M. aquifolium* in Kiefernforsten der Dübener Heide. Bemerkenswert scheint an dieser Stelle zudem, dass mit *Dryopteris filix-mas* und *Oxalis acetosella* auch zwei schattenliebende Arten verdrängt werden. Die Frage, ob dies an der von AUGÉ (1997a) beschriebenen hohen Konkurrenzkraft von *M. aquifolium* durch unterirdische Ausläufer und eine hohe Zahl an Samen liegt, bleibt allerdings vorerst offen.

In diesem Zusammenhang lohnt sich ein Vergleich mit der, v.a. auf den britischen Inseln problematischen und bezüglich ihrer Biologie der Mahonie sehr ähnlichen, Art *Rhododendron ponticum*. Diese invasive gebietsfremde Pflanze breitet sich ebenso wie *M. aquifolium* über eine sehr hohe Anzahl an Samen (bis zu eine Millionen Samen pro Jahr), unterirdische Ausläufer und Legtriebe aus, bildet dichte Bestände und kann dadurch andere Arten ausschatten und verdrängen (EDWARDS 2006). *Rhododendron ponticum* ist ebenfalls wintergrün und nutzt das Licht der Wintersonne während der

kalten Monate, wenn das Blätterdach des Waldes fehlt, um sich einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten zu verschaffen (BARRON 2010). Dies könnte auch bei *M. aquifolium* der Fall sein und erklären, warum sie in den teils äußerst schattigen Lagen der Untersuchungsflächen als Halbschattenart so gut gedeiht. Dies würde bedeuten, dass die erhöhten Deckungsgrade der Bestandsschichten nicht von *M. aquifolium* abhängen, sondern im Umkehrschluss *M. aquifolium* indirekt (über den Konkurrenzvorteil im Winter) von der hohen Beschattung während der Vegetationsperiode profitiert.

Darüber hinaus fällt die mittelstete Art *Aegopodium podagraria*, die zumindest auf einer Mahonien-freien Untersuchungsfläche dominant ist, auf den Flächen mit *M. aquifolium* aus. Dafür findet sich dort mit *Impatiens parviflora* noch eine weitere mittelstete gebietsfremde Art mit mittlerer Deckung.

Bezüglich der Unterschiede in den Deckungsgraden der Aufnahmen lassen sich die höheren Werte bei den Flächen mit *M. aquifolium* einerseits durch die höhere Deckung der Art selbst, andererseits durch das vermehrte Auftreten von Arten wie etwa *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra* oder *Ulmus minor* erklären. Diese Arten finden sich v.a. in der Strauchschicht, worin auch die signifikant höhere Deckung dieser Schicht im Gegensatz zu den Flächen ohne *M. aquifolium* begründet ist. Durch die genannten Arten lässt sich auch die signifikant höhere Deckung der Straucharten in der Krautschicht deuten.

Der in Abbildung 24 veranschaulichte Shannon-Index zeigt auf den Flächen mit *M. aquifolium* ausgeprägtere Dominanzverhältnisse einiger Arten an, als auf den Flächen ohne. Der von AUGE (1997a) beschriebene flächenhafte Wuchs durch klonales Wachstum und Keimlingsrekrutierung führte auch im untersuchten Gebiet auf den Flächen mit *M. aquifolium* zur Dominanz derselben. Auf den Mahonie-freien Flächen gibt es in der Krautschicht hingegen leichte Dominanzen von *Acer pseudoplatanus*, *Aegopodium podagraria*, *Geum urbanum* und *Geranium robertianum*.

Insgesamt lässt sich also sagen, dass es auf den Flächen mit *M. aquifolium* höhere Gesamtartenzahlen, höhere Artenzahlen der Gehölze, höhere Deckungen der Bestandsschichten (Strauchschicht sogar signifikant höher) und höhere Deckungen der Straucharten in der Krautschicht gibt. Die Artzusammensetzung der Vegetation scheint sich negativ zugunsten von gebietsfremden Störarten zu verändern, allerdings mangelt es an dieser Stelle an ausreichenden Beweisen, dass dies tatsächlich am Vorkommen von *M. aquifolium* liegt.

## 7.2 Individuenzahlen der Gehölzverjüngung

2. *Wie unterscheiden sich die Flächen mit und ohne *M. aquifolium* hinsichtlich der Individuenzahlen der Gehölzverjüngung und deren Verteilung auf verschiedene Höhenklassen?*

Zunächst muss an dieser Stelle daraufhin gewiesen werden, dass die beobachtete Klumpung bzw. Schwankung der Individuenzahlen (siehe Abb. 37 - 41) durch die inhomogene Verteilung der natürlichen Gehölzverjüngung entstanden ist. So gibt es zwar einerseits viele Probeplots ohne *M. aquifolium*, die eine sehr hohe Individuenzahl aufweisen, andererseits aber auch einige, die nur über geringe Individuenzahlen verfügen. Das Phänomen der geklumpten Verteilung von Gehölzverjüngung wird von BRANG (2005), LETTER (1999) und WOHLGEMUTH et al. (2010) als natürlicher Prozess beschrieben.

Auch auf den Flächen mit *M. aquifolium* treten einige Probeplots mit sehr hoher Individuenzahl auf, diese sind in der Regel jedoch nur schüttern von der untersuchten Art bewachsen. Im Gegensatz dazu verfügen die Probeplots mit sehr hoher Deckung von *M. aquifolium* lediglich über sehr geringe Individuenzahlen. Dies deutet daraufhin, dass *M. aquifolium* die natürliche Gehölzverjüngung negativ beeinflusst und das Keimverhalten sowie den Aufwuchs der übrigen Gehölze hemmt. Diesen Gedanken teilt auch SCHEPKER (1998). Er beschreibt „negative ökonomische Auswirkungen [...] [von *M. aquifolium* auf die] Forstwirtschaft [durch] kleinflächig[e] Verhinderung der Naturverjüngung forstlich gewünschter Gehölzarten“ (SCHEPKER 1998 in NEHRING et al. 2013b, S. 133).

Der teils sehr stark schwankende Deckungsgrad von *M. aquifolium* in den Probeplots der Flächen mit Mahonie stellt ein weiteres Problem bei der Vergleichbarkeit beider Flächenvarianten dar. Hierzu, wie auch zu den schwankenden Individuenzahlen, ist allerdings zu vermerken, dass die Lage der Probeplots in den Untersuchungsflächen durch das angewandte Versuchsdesign objektiv vorgegeben war und lediglich die Wahl des Mittelpunktes der Untersuchungsflächen subjektiv erfolgte. Es wurde dabei nach Gebieten gesucht, die großflächig insgesamt möglichst hohe Deckungen von *M. aquifolium* bzw. eine möglichst homogene Verteilung der Verjüngung aufwiesen.

Vor diesem eher unvorteilhaften Hintergrund wird die Aussagekraft der gewonnenen Ergebnisse sowie der aufgeführten Diskussionsinhalte geschmälert. Es kann an diesem Punkt daher nur ein allgemeiner Tenor des Einflusses von *M. aquifolium* auf die Gehölzverjüngungen beschrieben werden, der aufgrund der Inhomogenität der Flächen nur in Einzelfällen statistisch belegt werden konnte. Eine Lösung dieses Problems wäre mit einer Erhöhung der Flächenanzahl bzw. dem Hinzuziehen weiterer Probeplots innerhalb der Untersuchungsflächen gegeben.

Unterzieht man die Ergebnisse einer genaueren Betrachtung, so geht beispielsweise aus Abbildung 26 und 28 ein negativer Einfluss von *M. aquifolium* auf die Gesamtindividuenzahl und die Individuenzahl der Höhenklasse I hervor, der sich allerdings weder durch die Regressionen in Abbildung 37 und 38, noch durch den

durchgeführten t- Test (siehe Anhang II) statistisch belegen ließ. Dabei werden vorwiegend drei charakteristische Pflanzenarten des LRT 9180\* (*Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus* und *Fraxinus excelsior*) in ihrem Bestand verringert. Allerdings profitieren andere charakteristische Arten dieses LRT's, wie *Ulmus minor* oder *Cornus sanguinea* (BILLETTOFT et al. 2002), scheinbar vom dichten Bewuchs der Mahonie. Sie finden sich vorwiegend in den Höhenklassen II und III der Flächen mit *M. aquifolium*, auf den Flächen ohne die untersuchte Art hingegen fehlen sie komplett. Für die Individuenzahl der Höhenklasse III konnte sogar ein signifikant positiver Einfluss der Art, der auf dem erhöhten Aufkommen von Arten wie *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna* und *Ulmus minor* beruht, festgestellt werden.

Es zeigt sich also, dass auf Flächen ohne *M. aquifolium* zwar mehr Keimlinge und Jungpflanzen zu finden sind, diese allerdings nur selten höhere Wuchsklassen erreichen. *M. aquifolium* scheint dabei das Wachstum der oben genannten LRT-Charakterarten zugunsten von anderen Gehölzen, die zum Teil ebenfalls LRT-Charakterarten sind, zu hemmen.

Auch an dieser Stelle macht ein Vergleich mit *Rhododendron ponticum* Sinn, denn diese Art gilt als „aggressiver Einwanderer, der die Biodiversität eines Standortes verringert [und] die Verjüngung in Wäldern behindert“ (EDWARDS 2006, S. 2 f.). Durch die Bildung von dichten, langlebigen Gestrüppen und dem daraus resultierenden Schattenwurf wirkt sich *Rhododendron ponticum* zum Nachteil der Bodenflora und der Verjüngung von Gehölze aus (BARRON 2010). Aufgrund der Ähnlichkeiten in der Wuchsform und der gewonnenen Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit (die allerdings nur teilweise statistisch belegbar sind), lässt sich dieser Zusammenhang auch für *M. aquifolium* vermuten. Wie schon in Kapitel 7.1 beschrieben, geht auch AUGÉ von einem Konkurrenzvorteil von *M. aquifolium* durch Beschattung von niedrig-wüchsigeren Arten aus (AUGÉ & BRANDL 1997b).

### **7.3 Unterschiede nach Einteilung in Deckungsgradklassen**

#### *3. Zeigen sich bei einer Einteilung der Flächen in verschiedene Deckungsgradklassen von M. aquifolium Unterschiede zwischen diesen Klassen?*

Auch durch die Einteilung der Flächen in Deckungsgradklassen können kaum aussagekräftige Ergebnisse erbracht werden. Auffällig erscheint allerdings, dass sich bezüglich des Parameters „Individuenzahl Bäume gesamt“ in drei von sechs Varianten ein signifikanter Unterschied zwischen den Klassen ergibt. Dieser Zusammenhang konnte durch die vorausgegangenen Auswertungen (weder durch den t- Test, noch durch die Regression) beim Vergleich der Flächen ohne und mit *M. aquifolium* nicht festgestellt werden (siehe Anhang II).

Die Tatsache, dass bei einigen Parametern der verschiedenen Varianten keine Varianzhomogenität gegeben ist bzw. bei Variante 5 und 6 ungenügende Flächenzahlen

in einzelnen Klassen auftreten, lässt ebenfalls darauf schließen, dass die eingeflossene Stichprobenanzahl aufgrund der inhomogenen Verteilung der Daten schlichtweg nicht für eine statistische Auswertung derselben ausreichend ist. Durch eine Erhöhung der Stichprobenanzahl könnte dieses Problem umgangen werden.

## 7.4 Versuchsdesign

### *4. Hat sich das durchgeführte Versuchsdesign als praktikabel zur Beantwortung der aufgeführten Fragen erwiesen?*

Generell scheint das durchgeführte Versuchsdesign zur Beantwortung der aufgeführten Fragen geeignet zu sein. Allerdings ist die Stichprobenanzahl der Probeplots aufgrund der inhomogenen räumlichen Verteilung (Klumpung) der Gehölzverjüngung und der inhomogenen Deckungsgrade von *M. aquifolium* wohl zu gering, um stichhaltige Ergebnisse erzielen und statistisch fundierte Aussagen treffen zu können. Darüber hinaus sollte auch die Wahl der Untersuchungsflächen (v.a. Fläche 5 und 6) noch einmal überdacht werden und diese gegebenenfalls in dichtere Mahonien-Bestände verlegt werden.

## 8. Schlussfolgerungen

Insgesamt konnten durch die bisherige Untersuchung wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Unter Beachtung dieser sollten die Ansätze der Arbeit weiterverfolgt werden, da die endgültige Klärung der Frage, ob *Mahonia aquifolium* negative ökosystemare Auswirkungen durch interspezifische Konkurrenz hervorruft, noch aussteht. Es kann daher an dieser Stelle keine wissenschaftlich fundierte Empfehlung zur Einstufung von *M. aquifolium* in die Schwarze-Liste Kategorien gegeben werden.

Ein Lösungsansatz für das grundlegende Problem der Inhomogenität der Flächen wurde mit der Erhöhung der Anzahl an Probeplots bereits aufgezeigt. Es wäre empfehlenswert die Anzahl der Probeplots mindestens zu verdoppeln. Diese könnten entweder gezielt so gelegt werden, dass sie homogene Individuenzahlen der Verjüngung bzw. homogene Deckungsgrade von *M. aquifolium* aufweisen oder so, wie auch die bislang genutzten Probeplots, mittels einer objektiven Vorgabe innerhalb der Untersuchungsflächen verteilt werden. Denkbar wäre hierbei z.B. ein Abstand von vier Metern zum Mittelpunkt entlang der Diagonalen der Untersuchungsfläche. Eine weitere Alternative wäre die Erhöhung der Anzahl der Untersuchungsflächen.

Darüber hinaus sollte die Eignung der Untersuchungsflächen 5 und 6 als Flächen mit Mahonie überdacht werden, da v.a. auf diesen beiden Flächen der Deckungsgrad der untersuchten Art stark schwankt. Es ließen sich hierfür im „Parnenaer Grund“ sicherlich Ersatzflächen finden.



## 9. Zusammenfassung

Anlass dieser Arbeit ist die fortschreitende Ausbreitung von gebietsfremden Arten. Diese werden oft gezielt als Nutz- oder Zierpflanzen eingebracht, teilweise auch unbeabsichtigt (z.B. durch Saatgutverunreinigung) und können in einigen Fällen negative Auswirkungen auf die Umwelt haben. Arten, die bewiesenermaßen oder möglicherweise ökologische (z.B. Verdrängung heimischer Arten) und/oder ökonomische Schäden verursachen, werden auf der „Schwarzen bzw. Grauen Liste invasiver Pflanzenarten“ aufgeführt, darunter auch die Gewöhnliche Mahonie (*Mahonia aquifolium*). Dabei handelt es sich um einen 1822 als Zierpflanze eingeführten, immergrünen Strauch aus Nordwest-Amerika. Verwilderte Populationen bestehen vorwiegend aus gezüchteten Hybriden mit *M. repens* oder *M. pinnata*, deren Invasion durch Stoffeintrag sowie zuchtbedingten Blüten- und Samenreichtum anthropogen gefördert wird. Die mit der Art verbundene Problematik besteht in ihrer Konkurrenzstärke durch unterirdische Ausläufer und einer hohen Keimrate der Samen, was eine rasche Ausbreitung zur Folge hat. So auch im, als Untersuchungsgebiet gewählten, Saaledurchbruch bei Rothenburg.

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Auswirkung von *M. aquifolium* auf die natürliche Gehölzverjüngung in Hangwäldern untersucht. Hierzu werden vier Flächen ohne und vier Flächen mit Mahonien-Beständen unter Betrachtung verschiedener Parameter miteinander verglichen. Es findet neben einer Vegetationsaufnahme die Kartierung der Gehölzverjüngung auf jeweils vier Probeplots innerhalb dieser Flächen statt. Dabei werden sämtliche Gehölze mit einem Brusthöhendurchmesser  $< 7$  cm berücksichtigt und in Höhenklassen eingeteilt. Darüber hinaus wird der Deckungsgrad von *M. aquifolium* auf den Probeplots prozentgenau geschätzt. Infolge der ungleichen Verteilung der Gehölzverjüngung und der betrachteten Art selbst muss allerdings eine gewisse Inhomogenität innerhalb der Untersuchungsflächen in Kauf genommen werden.

Im Zuge der Auswertung findet eine Analyse der Mittelwerte und Standardabweichungen in Bezug auf die Parameter Artenzahlen, Deckungsgrade sowie Individuenzahlen der Verjüngung und Deckung von *M. aquifolium* statt. Darüber hinaus werden die entsprechenden Daten zunächst mittels KS- Test auf Normalverteilung getestet. Anschließend wird mittels t- bzw. U- Test geprüft, ob sich die Flächen mit der Art signifikant von der Kontrolle unterscheiden. Es werden zudem lineare Regressionen und für verschiedene Varianten der Deckungsgradklasseneinteilung Varianzanalysen (multivariate ANOVA) für die Auswertung herangezogen.

Die Ergebnisanalyse führt zu der Feststellung, dass basierend auf den erhobenen Daten keine eindeutige Aussage bezüglich der Auswirkung von *M. aquifolium* auf die Gehölzverjüngung getroffen werden kann. Dies ist auf die ausgeprägte Varianz der Kennwerte innerhalb der Varianten bzw. die Flächeninhomogenität zurückzuführen. Es kann im Allgemeinen lediglich eine negative Auswirkung vermutet, diese jedoch wegen der erwähnten Ungleichverteilung der Daten nicht statistisch belegt werden. Vor diesem Hintergrund könnte möglicherweise eine Ausweitung der Untersuchung durch das Hinzuziehen weiterer Probeplots bzw. Untersuchungsflächen zielführend sein.

## 10. Literaturverzeichnis

- AHRENDT, L. W. (1961). *Berberis and Mahonia. A Taxonomic revision*. London: The Linnean society of London
- ARNDT, E., & GRÖGER-ARNDT, H. (2011). *Natura verbunden - Einfluss von Neobiota auf geschützte Arten und Lebensräume*. Halle: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
- AUGE, H. (1997a). *Biologische Invasionen: Das Beispiel Mahonia aquifolium*. In R. Feldmann, K. Henle, H. Auge, J. Flachowsky, S. Klotz, & R. Krönert, *Regeneration und nachhaltige Landnutzung, Konzepte für belastete Regionen* (S. 124 – 129). Berlin Heidelberg: Springer Verlag
- AUGE, H., & BRANDL, R. (1997b). *Seedling recruitment in the invasive clonal shrub Mahonia aquifolium Pursh (Nutt.)*. In *Oecologia* 110 (S. 205 – 211). Springer-Verlag
- AUGE, H., BRANDL, R., & FUSSY, M. (1997c). *Phenotypic variation, herbivory and fungal infection in the clonal shrub Mahonia aquifolium (Berberidaceae)*. In *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* Bd. 11 (S. 747 – 750). Giessen
- BARRON, C. (2010). *The Control of Rhododendron in Native Woodlands*. Native Woodland Scheme Information Note No. 3. Forest Service Woodlands of Ireland
- BARTELS, A. (2009). *Gehölze von A – Z*. Ulmer Verlag
- BILLETOFT, B., WINTER-HUNECK, B., PETERSON, J., & SCHMIDT, W. (2002). *9180\* Schlucht- und Hangmischwälder Tilio-Acerion*. In: *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt. Die Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie im Land Sachsen-Anhalt*. (Landesamt für Umweltschutz Hrsg.) (S. 225 -231)
- BÖHMER, H. J., HEGER, T., & TREPL, L. (2001). *Fallstudien zu gebietsfremden Arten in Deutschland*. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Berlin
- BRANG, P., (2005). *Heterogene Naturverjüngung auf Lothar-Sturmflächen*. In: *Inf.bl. Forsch.bereich Wald*. (S. 4 - 5)
- EDWARDS, C. (2006). *Managing and controlling invasive rhododendron*. Edinburgh. Forestry Commission Practice Guide.
- ELIAS, D., GRETZ, V., FRITSCH, A., Schmidt, A. (2012). *Projektbericht: Management von Offenland-Lebensräumen an Pflegeproblematischen Steilhängen durch Ziegenstandweiden, „Integration neuer Bewirtschafter und Flächen sowie Fortführung der Erfolgskontrollen“ (Projektphase 3)*. Bernburg. Hochschule Anhalt
- ELIAS, D., MANN, S., TISCHEW, S., (2014). *Ziegenstandweiden auf degradierten Xerothermrassenstandorten im Unteren Saaletal – Auswirkung auf Flora und Vegetation*. In: *Natur und Landschaft – 89. Jahrgang (Heft 5)*. (S. 200 - 208)
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., & PAULISSEN, D. (2001). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. (L. f. Göttingen, Hrsg.) Göttingen: Goltze
- GUTTE, P., HARDTKE, J., & SCHMIDT, P. (2013). *Die Flora Sachsens und angrenzender Gebiete*. Wiebelsheim: Quelle- Meyer

- KLEINBAUER, I., DULLINGER, S., KLINGENSTEIN, F., MAY, R., NEHRING, S., & ESSL, F. (2010). *Ausbreitungspotential ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich*. (Bundesamt für Naturschutz, Hrsg.) Bonn
- KLINGENSTEIN, F., KORNACKER, P., MARTENS, H., & SCHIPPMANN, U. (2005). *Gebietsfremde Arten - Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz*. (Bundesamt für Naturschutz, Hrsg.) Bonn
- KOWARIK, I. (2010). *Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG
- LETTER, H.A. (1999). *Wert - nicht Masse ist das Ziel, dargestellt am Beispiel der Richtlinie für die Bewirtschaftung des Staatswaldes im Saarland vom Februar 1999*.
- LEYER, I., & WESCHE, K. (2007). *Multivariate Statistik in der Ökologie*. Heidelberg Berlin: Springer-Verlag
- NEHRING, S., ESSL, F., & RABITSCH, W. (2013a). *Methodik der naturschutzfachlichen Invasivitätsbewertung für gebietsfremde Arten*. (Bundesamt für Naturschutz, Hrsg.) Bonn
- NEHRING, S., KOWARIK, I., RABITSCH, W., & ESSL, F. (2013b). *Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen*. (Bundesamt für Naturschutz, Hrsg.) Bonn
- REICHHOFF, F., KUGLER, H., REFIOR, K., & WARTHEMANN, G. (2001). *Die Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts*. (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Hrsg.)
- REINHARDT, F., HERLE, M., BASTIANSEN, F., & STREIT, B. (2003). *Ökonomische Folgen der Ausbreitung von Neobiota*. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Berlin
- REIBMANN, K., SCHÜTZE, P., KOMPA, T., STOLLE, J., SCHULZ, M., MEYER, F., NEUMANN, V., & SÜBMUTH, T. (2011). *Managementplan für das FFH-Gebiet „Saaledurchbruch bei Rothenburg“*. Zickeritz: Landschaftspflegeverein Saaletal e.V.
- ROSS, C. A., & AUGE, H. (2008). *Invasive Mahonia plants outgrow their native relatives*. In *Plant Ecol* 199 (S. 21 – 31). Springer Science Business Media B.V. 2008
- SCHEPKER, H. (1998). Wahrnehmung, Ausbreitung und Bewertung von Neophyten - Eine Analyse der problematischen nichteinheimischen Pflanzen in Niedersachsen. Stuttgart: Ibidem-Verlag. In: NEHRING, S., KOWARIK, I., RABITSCH, W., & ESSL, F. (2013b). *Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen*. (Bundesamt für Naturschutz, Hrsg.) Bonn
- SCHMIDT, P., & HECKER, U. (2009). *Taschenlexikon der Gehölze*. Wiebelsheim: Quelle Meyer Verlag GmbH Co
- SCHNEIDER, K. (06. 02 2013). *Workshop „Möglichkeiten des Managements von *Bunias orientalis* in Sachsen-Anhalt“*. Koordinationsstelle invasiver Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts. Halle
- SCHUBERT, R., HERDAM, H., WEINITSCHKE, H., & FRANK, J. (2001). *Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts*. (Botanischer Verein Sachsen-Anhalt e.V., Hrsg.) Halle (Saale)

SKEW (2009). *Invasive gebietsfremde Pflanzen: Bedrohung für Natur, Gesundheit und Wirtschaft - Gewöhnliche Mahonie*. Infoblatt SKEW (Schweizerische Kommission für die Erhaltung von Wildpflanzen)

STORL, W.-D. (2012). *Wandernde Pflanzen*. München: AT Verlag

SSYMANK, A. (1994). *Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz: Das Schutzgebietssystem Natura 2000 und die FFH-Richtlinie der EU*. In Natur und Landschaft 69 (Heft 9): 395-406.

TRAXLER, A. (1997). *Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings. Methoden, Praxis, angewandte Projekte. Teil A: Methoden*. Wien. (Umweltbundesamt, Hrsg.)

WOHLGEMUTH, T., HESTER, C., JOST, A.R., WASEM, U., & MOSER, B. (2010). *Dynamik der Wiederbewaldung im Waldbrandgebiet von Leuk (wallis)*. In: Schweiz Z Forstwes 161. (S. 450 - 459)

ZINKE, G. (1997). *Die hydrographisch-hydrologischen Bedingungen des Naturparkes "Unteres Saaletal"*. In: Hercynia N.F Halle. 30. (S. 195 - 214)

## Gesetze und Verordnungen

BNATSCHG (*Bundesnaturschutzgesetz*) in der Fassung vom 29.07.2009

NSG VO. (1998). (*Verordnung über das Naturschutzgebiet "Saaledurchbruch bei Rothenburg", Saalkreis und Landkreis Mansfelder Land*) in der Fassung vom 27.01.1998

## Internetquellen:

BFN (Bundesamt für Naturschutz) (2014). *www.Neobiota.de*. Abgerufen am 07.10.2014 von <http://www.neobiota.de/grundlagen.html>

DWD (Deutscher Wetterdienst) (2014a). *Niederschlag: langjährige Mittelwerte 1981 - 2010*. Abgerufen am 06.10.2014 von [http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/nieder\\_8110\\_fest\\_html,templateId=raw,property=publicationFile.html/nieder\\_8110\\_fest\\_html.html](http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/nieder_8110_fest_html,templateId=raw,property=publicationFile.html/nieder_8110_fest_html.html)

DWD (Deutscher Wetterdienst) (2014b). *Temperatur: langjährige Mittel 1961 - 1990*. Abgerufen am 06.10.2014 von [http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/temp\\_6190\\_fest\\_html,templateId=raw,property=publicationFile.html/temp\\_6190\\_fest\\_html.html](http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU21/klimadaten/german/temp_6190_fest_html,templateId=raw,property=publicationFile.html/temp_6190_fest_html.html)

GOOGLE EARTH (2014). Google Earth © 2014 GeoBasis-DE/BKG. Abgerufen am 18.10.2014

LGB (Landesamt für Geologie und Bergwesen) Sachsen-Anhalt (2014a). *Geologische Übersichtskarte (GÜK400d)*. Abgerufen am 10.09.2014 von <http://webs.idu.de/lagb/lagb-default.asp?thm=guek400&tk=C4330>

LGB (Landesamt für Geologie und Bergwesen) Sachsen-Anhalt (2014b). *Übersichtskarte der Böden (BÜK400d)*. Abgerufen am 10.09.2014 von <http://webs.idu.de/lagb/lagb-default.asp?thm=buek400&tk=C4330>

LVERMGEO LSA (Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt) (2014). Abgerufen am 18.10.2014 von <http://www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de/de/geoservice/viewer/main2.htm>

WWW.EHOW.DE (2014). Abgerufen am 12.12.2013 von [http://www.ehow.com/how\\_8265478\\_kill-oregon-grape.html](http://www.ehow.com/how_8265478_kill-oregon-grape.html)