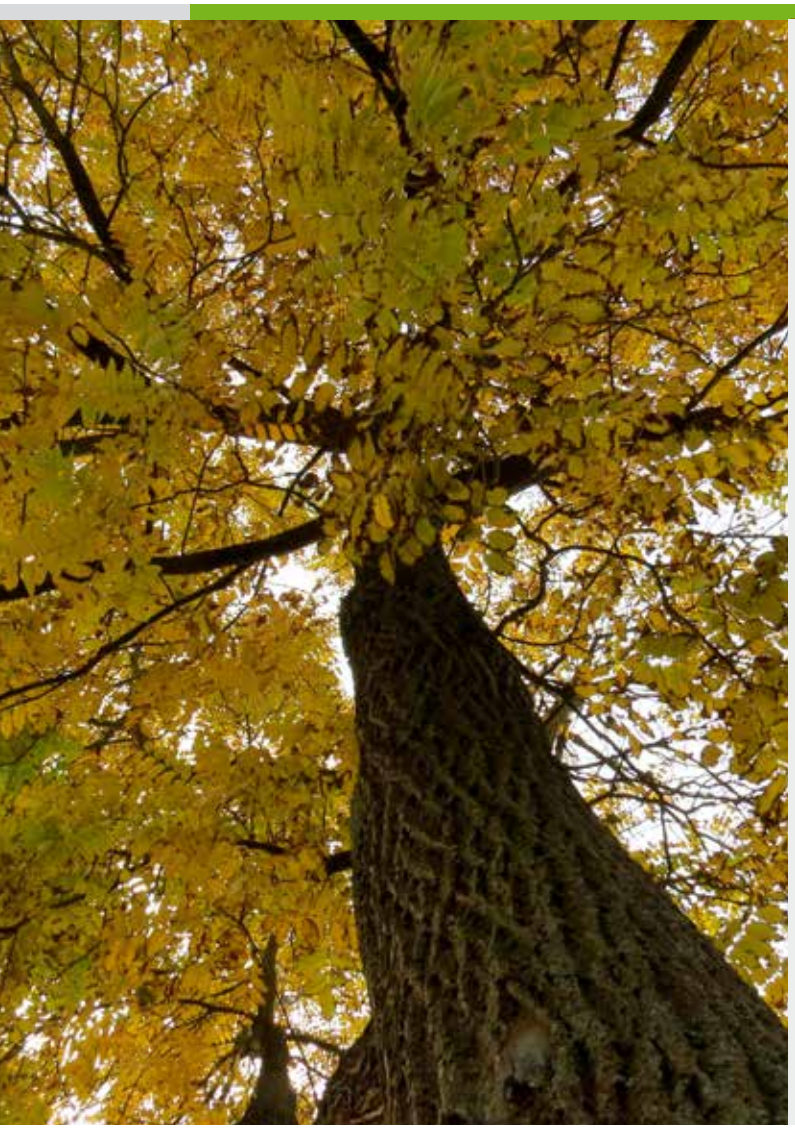
RheinlandPfalz
ZENTRALSTELLE DER FORSTVERWALTUNG

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE INTEGRATION DER SCHWARZNUSS (*JUGLANS NIGRA* L.) IN DIE WALDÖKOSYSTEME DER PFÄLZER RHEINEBENE

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 87/20



Landesforsten
Rheinland-Pfalz

IMPRESSUM

Herausgeber:
Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF)
Hauptstr. 16
D-67705 Trippstadt
Telefon 06306 911-0, Telefax 06306 911 200
zdf.fawf@wald-rlp.de
www.fawf.wald-rlp.de

Verantwortlich:
Der Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Dokumentation:
Mitteilung FAWF, Trippstadt
Nr. 87/20, 162 Seiten

Gestaltung, Grafik und Satz:
Christine Romero, FAWF Rheinland-Pfalz

ISSN 1610-7705 Mitteilungen aus der
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 87/20

nur als Download
http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=2601

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten.

Titelbilder (Ernst-Christian Driedger, Forstamt Rheinauen):
links: Schwarznuss im Forstamt Pfälzer Rheinauen
rechts oben: Fruktifikation der Schwarznuss
rechts unten: Spechthöhle an Schwarznuss

Untersuchungen über die Integration der Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) in die Waldökosysteme der Pfälzer Rheinebene

Sarah Jotz, Dr. Werner Konold
Dr. Ernst Segatz
Dipfl.-Geogr. Johannes Mazomeit
Dr. Volker John, Dr. Norbert Stapper

Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz,
Trippstadt 2020

VORWORT

Aus ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet in der Osthälfte Nordamerikas kam die Schwarznuss (*JUGLANS NIGRA* L.) erstmals im frühen 17. Jahrhundert nach Europa. Lange Zeit fand sie nur Verwendung in Gärten und Parks. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts geriet auch sie im Rahmen allgemeiner Anbaubestrebungen mit fremdländischen Baumarten in den Fokus der Forstleute. Im Oberrheintal sind diese Aktivitäten eng mit dem Namen Rebmann verbunden, der zu dieser Zeit Forstmeister von Straßburg war. Vielerorts sind von diesen Versuchsanbauten nur noch Einzelbäume oder kleinere Gruppen vorhanden. Lediglich in den Auewäldern der Oberrheinebene finden sich noch größere Vorkommen. Im pfälzischen Teil beschränkt sich dieses Vorkommen im Wesentlichen auf das Forstamt Pfälzer Rheinauen. Eine umfassende Untersuchung dieser Vorkommen im Hinblick auf waldbauliche Verfahren, Wuchspotenzial und Interaktion mit Mischbaumarten erfolgte im Jahr 1989 durch die Universität Göttingen.

Nach der Dezimierung der Ulme infolge des Ulmensterbens vermindert sich mit dem zunehmenden Auftreten des Eschentriebsterbens und dem in der Folge zum Teil flächigen Ausfall der Esche der Anteil einer weiteren standorttypischen Baumart der Hartholzaue. Damit wird das Baumartenspektrum für diese Standorte weiter eingeschränkt. Aufgrund der langjährigen positiven Erfahrungen mit der Schwarznuss stellt sich daher die Frage, inwieweit sie diese Ausfälle zumindest teilweise kompensieren kann.

Für eine Entscheidung sind sowohl forstbetriebliche als auch waldökologische und naturschutzfachliche Aspekte gegeneinander abzuwägen. Die Baumartenanteilfläche der Schwarznuss im Forstamt Pfälzer Rheinauen beträgt nach der Forsteinrichtung von 2014 mit knapp 35 Hektar rund 1,3 %, gegenüber 21 % Eschenanteil. Das Holz der Schwarznuss ist ein äußerst gesuchtes Holz und erbringt dementsprechend ausgesprochen gute Erlöse. Ihre Bedeutung für den Betriebserfolg nimmt proportional zum Ausfall der Esche zu. Als nicht standortheimische Baumart muss aus naturschutzfachlicher Sicht aber auch der mögliche Einfluss der Schwarznuss auf die weiteren Floren- und Faunenelemente dieses Waldökosystems berücksichtigt werden. Um diesbezüglich eine faktenbasierte Entscheidungsgrundlage zur Verfügung zu haben, wurden im Jahr 2014, neben einer umfassenden Literaturstudie, Felderhebungen zur Eignung und Besiedlung der Schwarznussstämme durch epiphytische Flechten und Moose durchgeführt. Des Weiteren wurde zur Abschätzung einer möglichen invasiven Verjüngung eine Bestandsaufnahme der natürlichen Verjüngung der Schwarznuss veranlasst.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden im Mai 2015 im Rahmen des vom Forstamt Pfälzer Rheinauen veranstalteten AuenForums Fachleuten aus Forstwirtschaft und Naturschutz zur Diskussion gestellt. Ich freue mich, dass die Ergebnisse mit einer gewissen Verzögerung nun auch in gedruckter Form über die Webseite der FAWF allgemein verfügbar gemacht werden und als Grundlage für den weiteren Diskurs dienen können. Die extremen Witterungsbedingungen der zurückliegenden Jahre 2018, 2019 und 2020 haben die Diskussion um die Verwendung nicht standortsheimischer Baumarten um den Aspekt Klimawandel erweitert. Auch hierzu können die Ergebnisse dieser Untersuchungen beitragen.

Trippstadt im Oktober 2020

Hans-Peter Ehrhart
Leiter der FAWF

INHALTSVERZEICHNIS

Waldbauliche und ökologische Potentiale der Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) - eine Literaturstudie [Sarah Jotz, Dr. Werner Konold] 1

1. Einführung 1
2. Inhalt der Studie 2
3. Verbreitung der Schwarznuss 2
   - 3.1 Natürliches Verbreitungsgebiet 2
   - 3.2 Europäisches Verbreitsgebiet 2
4. Bestandesbegründung 5
5. Beschreibung der Schwarznuss 5
6. Wachstumsverhalten der Schwarznuss im Mischbestand 6
7. Kultivierung 6
8. Ökologie 7
   - 8.1 Klima 7
   - 8.2 Boden 7
   - 8.3 Gefährdungen 8
   - 8.4 Hybridisierung 8
   - 8.5 Allelopathie 8
   - 8.6 Edaphische Auswirkungen 9
9. Potentiale des Schwarznussanbaus im Diskurs 10
10. Ausblick 11
11. Literatur 12

Standörtliche Charakteristika im Bereich der Hördter Rheinaue [Dr. Ernst Segatz] 15

1. Naturraum 15
2. Oberflächengestalt 15
3. Klima 15
4. Geologie und Böden 15
5. Potentielle natürliche Vegetation 16
6. Forstwirtschaft 18
7. Standorte 18
8. Literatur 22

Zur Naturverjüngung der Schwarznuss (*Juglans nigra*) im Bereich der Hördter Rheinaue [Dipl.-Geogr. Johannes Mazomeit] 23

1. Einleitung und Fragestellung 23
2. Die Schwarznuss (Juglans nigra) als Untersuchungsgegenstand 24
   - 2.1 Die Schwarznuss - ein nordamerikanischer Waldbaum 24
   - 2.2 Die Schwarznuss als Park- und Forstbaum in Mitteleuropa 27
   - 2.3 Zur Naturverjüngung der Schwarznuss in Mitteleuropa bzw. Deutschland 28
3. Die Hördter Rheinaue als Untersuchungsgebiet 30
4. Zur Untersuchungsmethode 31
   - 4.1 Zur Erfassung der Anbauflächen der Schwarznuss 31
   - 4.2 Zur Erfassung der Naturverjüngung der Schwarznuss 32
5. Ergebnisse 34
   - 5.1 Die forstlichen Schwarznuss-Anbauflächen 34
   - 5.2 Zur Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue 38
   - 5.3 Die Walnuss (Juglans regia) im Bereich der Hördter Rheinaue 45
   - 5.4 Die Hybrid-Nuss (J. x intermedia) im Bereich der Hördter Rheinaue 45
   - 5.5 Weitere florenfremde Gehölze im Bereich der Hördter Rheinaue 46
6. Schlussfolgerungen/Diskussion der Ergebnisse - mit besondere Berücksichtigung des Aspektes der „(potenziellen) Invasivität der Schwarznuss“ 48
7. (Vorläufige) Empfehlungen 53
8. Zusammenfassung 55
9. Literatur 56

Epiphytische Flechten und Moose an Schwarznuss (*Juglans nigra*) in 3 Auwäldern am Rhein bei Hördt in der Pfalz [Dr. Volker John; Dr. Norbert Stapper] 59

1. Einleitung und Fragestellung 59
2. Methodik 61
   - 2.1 Auswahl der Trägerbäume 61
   - 2.2 Aufnahmeverfahren 62
   - 2.3 Bestimmung der Flechten und Moose 63
3. Ergebnisse und Diskussion 66
   - 3.1 Die Flechten an Schwarznussbäumen 66
   - 3.2 Die Moose an Schwarznussbäumen – Artenspektrum und Indikatoreigenschaften 78
   - 3.3 Häufigkeit und vertikale Verteilung der Flechtenvorkommen 83
   - 3.4 Häufigkeit und vertikale Verteilung der Moosvorkommen 92
4. Ergebnisse der Zusatzarbeiten von 2015: Vergleich der Flechten- und Moosvorkommen an Stämmen und Kronen von Juglans nigra und anderen Baumarten 110
   - 4.1. Vergleich der Artenvielfalt der Flechten an Schwarznuss und den anderen Hauptbaumarten der drei Auwaldstandorte 111
   - 4.2 Vergleich der Artenvielfalt der Moose an Schwarznuss und den anderen Hauptbaumarten der drei Auwaldstandorte 128
5. Bewertung von Juglans nigra als Substrat für epiphytische Flechten und Moose 140
6. Literatur 142

WALDBAULICHE UND ÖKOLOGISCHE POTENTIALE DER SCHWARZNUSS (*JUGLANS NIGRA* L.)

- EINE LITERATURSTUDIE -

Sarah Jotz, Werner Konold
Professur für Landespflege, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

1. Einführung

In Zeiten des Klimawandels ist die Diskussion um den forstlichen Anbau nicht heimischer Baumarten aktuell wie nie (Aas 2008). Die unaufhaltsame Verbreitung von Krankheiten und das immer häufigere Auftreten von Naturkatastrophen stellen die Forstwirtschaft vor neue Herausforderungen (Augsburger Allgemeine 2013). Standorttypische Baumarten der Hartholzauen wie die Esche und die Ulme sind bereits massiv oder werden zunehmend von Krankheiten befallen, heimische Alternativen gibt es jedoch kaum. Neben der Hybridpappel, welche ebenfalls nicht heimisch ist, und der Stieleiche, deren Kultivierung kostenintensiv ist, bleibt das mögliche Baumartenspektrum für diese Standorte weitgehend beschränkt. Daher wird der Anbau nichtheimischer Gehölzarten wie der Schwarznuss (*Juglans nigra*) ernsthaft ins Kalkül gezogen.

Die Ansprüche der Schwarznuss an ihren Standort sind denen der Esche ähnlich. Vor dem Hintergrund des sich unaufhaltsam ausbreitenden Eschentriebsterbens droht die Esche regional vollständig zu verschwinden. Das laublose Kronendach der Eschenbestände sorgt für ein tristes Waldbild und unterstreicht die Notwendigkeit, nach Alternativen wie etwa der Schwarznuss zu suchen; dies auch vor dem Hintergrund, dass *Juglans nigra* eine hervorragende Holzqualität besitzt. Ihre Förderung als potentielle Alternative zur Esche und anderer nichtheimischer Gehölzarten wird jedoch von Seiten des Naturschutzes kritisch gesehen.

Die Schwarznuss, auch unter dem Namen „Amerikanische Nuss“ bekannt, stammt aus Nordamerika und wurde ab dem 17. Jahrhundert in Parks in England eingeführt. In Frankreich und in Deutschland wurden erst zum Ende des 19. Jahrhunderts im Rahmen von staatlichen Förderungsmaßnahmen großflächige Anbauversuche von „exotischen Baumarten“ durchgeführt. Die Schwarznuss konnte sich ausschließlich in den Tallagen der Auen behaupten. Anbauten in den Hanglagen schlugen fehl (Bartsch 1989). Seither trat die Schwarznuss deutlich in den Hintergrund, so dass sich ihr Vorkommen in Deutschland weitgehend auf vereinzelte Bestände im Oberrheingraben beschränkt.

2. Inhalt der Studie

Ziel der Studie ist es, einen Überblick über den Kenntnisstand zur Schwarznuss zu geben, dies vor dem Hintergrund, beurteilen zu können, welche Anbaupotentiale sich für die Pfalz ergeben und inwieweit sie eine Alternative zu anderen Baumarten darstellt. Während neuere Anbauversuche der Schwarznuss bereits wichtige waldwachstumskundliche Informationen liefern, liegen ihre waldökologischen Auswirkungen noch weitgehend im Dunkeln. Die Zukunftspotentiale der Schwarznuss sollen auch unter einem naturschutzfachlichen Blickwinkel erörtert werden.

Das Wissen zum ökologischen Verhalten der Schwarznuss in Mitteleuropa beschränkt sich derzeit noch auf wenige Untersuchungen. Informationen zur Geschichte und Kultivierung der Schwarznuss in Mitteleuropa finden sich bei Garavel (1960). Toussaint und Toussaint (1969) berichten über Anbauversuche mit der Schwarznuss und der Hickory-Nuss im Elsass.

Einen umfassenderen Beitrag zum Anbau der Schwarznuss in den Rheinauen liefert Bartsch (1989). Becquey (1997) setzt sich intensiv mit der Ökologie und dem Anbau der unterschiedlichen Nussbaumarten in Frankreich auseinander. Erfahrungen aus waldwachstumskundlichen Versuchen mit der Schwarznuss in Deutschland und Österreich werden u.a. von Schwab (1990), Kristöffel (1998), Jestaedt (1999), Hertel und Müller-Kroehling (2000), Ehring (2005), Ehring und Keller (2010) und Rumpf und Nagel (2014) vermittelt.

Waldwachstumskundliche Untersuchungen, deren Fokus insbesondere auf der Hybridnuss lag, führten z. B. Mettendorf (2008), Steinacker et al. (2008) und Arnold et al. (2011) durch. Weitere interessante Informationsquellen bieten Beiträge zur Schwarznuss von amerikanischen Landwirtschaftsbehörden und Hochschulen.

In der Diskussion werden die kontroversen Meinungen über den Anbau nichtheimischer Baumarten in den Auenwäldern Mitteleuropas aufgezeigt. Diese basieren auf mündlichen und schriftlichen Mitteilungen und Stellungnahmen von Experten, die im Naturschutz und in der Forstwirtschaft tätig sind. In einem Ausblick werden zu beantwortende Forschungsfragen gestellt.

3. Verbreitung der Schwarznuss

3.1 Natürliches Verbreitungsgebiet

Die Schwarznuss hat ihr natürliches Verbreitungsgebiet in Nordamerika vom Südosten Kanadas bis zum Golf von Mexiko und von der Atlantikküste bis zu den Rocky Mountains. In den USA sind ihre Hauptvorkommen in Missouri, Illinois, Kentucky, Ohio, West-Virginia, Iowa, Tennessee, Arkansas, Indiana und Texas (Garavel 1960).

3.2 Europäisches Verbreitungsgebiet

Die Schwarznuss wurde zum Ende des 17. bzw. zu Beginn des 18. Jahrhunderts in Europa eingeführt. Verstärkt ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurde sie in Parks und Gärten und reihenweise entlang von Straßen gepflanzt (Garavel 1960). Erste Anbauversuche wurden im Elsass in verschiedenen Wäldern der Rheinebene und der Mittelgebirge des Elsass' durch den aus der Pfalz stammenden Oberförster Rebmann von Straßburg in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durchgeführt (Bartsch 1989).

In Frankreich und Deutschland kommt die Baumart heute fast ausnahmslos in den Auenwäldern des Oberrheins zwischen Mainz und Colmar vor (Bartsch 1989), wobei sie in Frankreich teilweise auch in Plantagen angebaut wird (Becquey 1997). Einen Überblick über die aktuelle Verbreitung der Schwarznuss in Deutschland bietet die Abbildung 1.

In Osteuropa wird sie in Plantagen angebaut, so z.B. in Ungarn (3400 ha), Rumänien (2100 ha), den Flussauen der Slowakei (insbesondere in den Flussauen des Váh, des Hron und des Nitra) und in der Ukraine. In Kroatien wird die Schwarznuss seit dem Jahr 1890 in Reinbeständen oder in Mischbeständen mit der Zerreiche (*Quercus cerris*) mit einem Flächenanteil von 2000 ha im Donaubecken kultiviert (Cavlovic et al. 2010).

Für das Forstamt Bensheim weist Jestaedt im Jahr 1999 auf eine Anbaufläche der Schwarznuss von 13,5 ha hin. Die Vorkommen bestanden damals aus 22 Kleinbeständen im Alter von 2 bis 90 Jahren (Jestaedt 1999).

Vorkommen am südlichen Oberrhein

Landkreis Emmendingen: Im Gemeindewald von Denzlingen besteht vor dem Hintergrund des Eschentriebsterbens und zunehmender klimatischer Schäden an Roteiche und Berg-Ahorn die Überlegung, neue Baumarten einzuführen. Dabei kommen insbesondere Schwarznuss (Juglans nigra), Hickory-Nuss (Carya) und Baumhasel (Corylus colurna) in Frage. Die Böden sind sandige bis kiesig-sandige Lehme. Einzelne Flächen werden schrittweise mit diesen Baumarten bepflanzt. Die Pflänzlinge der Schwarznuss werden in einer örtlichen Gärtnerei (Vörstetten) mit Saatgut aus Parks gezogen. Im Gemeindewald Vörstetten befinden sich vitale Schwarznüsse im Alter der Kategorie H7 (61-70 Jahre). Vereinzelt kommt auch die Hybridnuss vor. Dort erreicht die Schwarznuss eine größere Oberhöhe als die Esche.

Die Esche macht zurzeit noch 60% des Baumbestandes der Waldfläche von Vörstetten aus. Aufgrund des voranschreitenden Eschentriebsterbens ist eine vollständige Bestandeserneuerung notwendig. Da Wuchsverhalten und Standortansprüche denen der Esche ähneln, scheint die Schwarznuss die beste Alternative zu sein. Eine natürliche Verjüngung der Schwarznuss ohne gezielte Förderung bzw. Freistellung schätzt der örtliche Revierleiter als nicht möglich ein.

Landkreis Rastatt: Dort kommt die Schwarznuss lediglich in den Auenwäldern entlang des Rheins vor. Der älteste Bestand liegt im Gemeindewald Bietigheim (ca. 45-jährig). Weitere nennenswerte Anbauten haben sich erst in den letzten 20 Jahren etabliert, i.d.R. in der Form von trupp- bis gruppenweisen Beimischungen in Buntlaubholzbeständen der mittleren bis hohen Hartholzaue. Auch in Rastatt sieht man die Schwarznuss als eine mögliche Alternativbaumart vor dem Hintergrund des Eschentriebsterbens. Aus naturschutzfachlichen Gesichtspunkten wird sie jedoch immer in Mischung mit geeigneten Hartlaubhölzern angebaut (Eiche, Berg-Ahorn, Buche, Hainbuche). Die Hybridnuss wird seit ca. 15 Jahren in Mischung oder als Ergänzung zu nicht vollständig aufgelaufener Buntlaubholz-Naturverjüngung oder aber als Zeitmischung angebaut.

Abbildung 1: Verbreitung der Schwarznuss in Deutschland. Die Schwarznuss kommt fast ausschließlich am Oberrhein entlang der Pfälzer Rheinauen vor. Ansonsten weist sie punktuelle Vorkommen auf. Quelle: http://www.floraweb.de, Stand vom 03.04.2014

4. Bestandesbegründung

Die Begründung von Schwarznussbeständen im Oberrheintal ist auf Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten zum Ende des 19. bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts zurückzuführen. Für den Niederwald im Steiner Wald (Naturpark Bergstraße-Odenwald, Hessen) berichtet Jestaedt, dass dieser ab 1885 durch Pflanzung von Eschen, im Jahr 1905 durch Schwarznuss-Saaten, später auch durch die Einführung von Ahorn und Schwarzpappel-Hybriden in Hochwald überführt wurde (Jestaedt 1999). Dabei entstanden die Bestände aus Saat, bei Aussaatabständen von 1×1,40 m allerdings in viel zu hoher Dichte.

Für seine Anbauversuche im Elsass verwendete Oberförster Rebmann das Saatgut aus etwa 250 Gärten und Parks des damaligen deutschen Reichs. Im Elsass wurde die Schwarznuss bis in die 1980er Jahre im Zuge von Umwandlungen von Niederwald in Hochwald in Reinbeständen oder gruppen- und horstweise angepflanzt. Oftmals wurden Gebüsch- oder Niederwaldstreifen stehen gelassen, um *Juglans regia* vor Spätfrost zu schützen (Schwab 1990).

5. Beschreibung der Schwarznuss

Rinde: Die bräunlich-schwarze Rinde (siehe Abbildung 2) wird bereits ab dem 2.-3. Lebensjahr rissig, in den Rissen ist sie braun-rötlich. Das Splintholz ist hell, das Kernholz ist leicht lilagefärbt (Garavel 1960). Die Zweige sind orangebraun und leicht behaart (Bartsch 1989).

Blatt: Die Blätter sind 30 bis 60 cm lang und besitzen 15 bis 23 Fiederblätter. Die Seitenblättchen sind unpaarig gefiedert und gezähnt. Sie zeichnen sich durch einen intensiven Geruch aus (Scheeder 1990).

Blüte: Die Schwarznuss blüht im Juni. Wie alle Walnussgewächse ist die Schwarznuss ein Kätzchenblüher. Die männlichen Blüten wachsen als hängende Kätzchen an den vorjährigen Trieben. Die unscheinbaren weiblichen Blütenstände wachsen an den neuen Trieben (Aas 2008).

Abbildung 2: Borke, Blatt und Frucht von *Juglans nigra* [Fotos: Jotz].

Die Schwarznuss ist einhäusig. Im frühen Vegetationsstadium erscheinen die 5 bis 8 cm langen Kätzchen grün bis gelb. Die weiblichen Blüten sind mit 0,6 cm vergleichsweise klein (Reid et al. 2009).

Frucht: Die Frucht von *Juglans nigra* L. bleibt bei der Reife im September und Oktober geschlossen und fällt meistens erst nach dem Laubfall herab (Garavel 1960). Am Boden wird die grüne Schale schwarz und fängt schnell an, sich zu zersetzen. Sie zeichnet sich durch einen aromatischen zitronigen Geruch aus. Der Steinkern ist sehr hart und wird fast ausschließlich von Eichhörnchen geknackt (Omlor 2006), in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet auch von Truthähnen und Marderhunden (Penn State University 2013). Die Früchte sind rundlich und besitzen einen Durchmesser von 4 bis 6 cm.

Die Bedeutung der Schwarznuss als fruchtliefernde Baumart ist nicht so groß wie jene der Walnuss. Die Nuss ist stark verholzt. Die dicke Schale ist schwer zu öffnen (Garavel 1960). Im Wald fruktifiziert die Walnuss ab dem Alter von 20 Jahren. Der Anbau der Schwarznuss für die Fruchtproduktion ist ausschließlich in den USA von Bedeutung. Eine Veredelung ermöglicht die Produktion von Früchten bereits sieben Jahre nach der Etablierung der Pflanze. Die Veredelung ist unabdingbar für die Produktion von marktfähigen Sorten, deren Früchte eine dünnere Außenhülle besitzt. Der Anbau für die Fruchtproduktion erfolgt meist unter einem intensiven Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln. Unter den besten Bedingungen können 370 kg geschälter, lufttrockener Nüsse je ha produziert werden (Reid et al. 2009).

Wurzeln: Im ersten Jahr bildet sich zunächst eine 1,20 m lange Pfahlwurzel. Ab den darauf folgenden Jahren entwickeln sich Seitenwurzeln (Becquey 1997).

6. Wachstumsverhalten der Schwarznuss im Mischbestand

In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet kommt die Schwarznuss in Mischung mit Eiche, Ahorn, Esche und Hickory im Wald verstreut vor. Sie ist also vorrangig ein Waldbaum, der im Mischbestand gut zurechtkommt (Garavel 1960). Die Schwarznuss verträgt die Konkurrenz durch andere Baumarten besser als die Walnuss, daher eignet sie sich eher für einen forstlichen Anbau. Aufgrund ihrer Pfahlwurzel ist sie windwurfresistent (Bartsch 1989).

Im Forstamt Pfälzer Rheinauen kommt die Schwarznuss in Mischung mit Esche, Berg-Ahorn, Feld-Ahorn, Spitz-Ahorn, Buche, Hainbuche, Kirsche, Erle, Eiche, Winterlinde und in der unteren Baumschicht mit Wildapfel und Wildbirne vor (Forstamt Pfälzer Rheinauen 2014). Unter dem lichten Schirm der Schwarznuss kann sich eine Naturverjüngung aus Edellaubbäumen und schattentoleranten Baumarten gut etablieren (Rumpf & Nagel 2014). Schwab (1990) weist auf die gute Ausschlagfähigkeit der Schwarznuss hin. Aus abgefrorenen Pflanzen können Schösslinge mit guter Wuchsleistung austreiben.

Im Bestand verhält sich die Schwarznuss ähnlich wie die Esche (Rumpf & Nagel 2014). Beide weisen ein rasches Jugendwachstum auf und reagieren empfindlich auf Kronenspannungen, die zum Absterben ganzer Kronenteile führen können. Als junger Baum neigt die Schwarznuss dazu, leicht von Unkraut und Gräsern verdrängt zu werden (Bartsch 1989).

7. Kultivierung

Rumpf & Nagel (2014) bevorzugen die Saat gegenüber der Pflanzung. Tatsächlich reagiert die Schwarznuss sehr empfindlich auf Wurzeldeformationen und Schnittverletzungen, die bei einer Saat nicht auftreten.

Die lockere Krone der Schwarznuss und ihr tiefes Wurzelsystem sind interessante Eigenschaften, die ihre Anpflanzung im Waldfeldbau begünstigen (Bartsch 1989). Obwohl Pflanzungen gegenüber einer Aussaat stärker risikobehaftet sind, empfiehlt Becquey (1997), die Schwarznuss auf Aufforstungsflächen im Reinbestand oder als begleitende Baumart zur Bereicherung der Artenvielfalt und zur Verjüngung eines Bestandes anzupflanzen. Dabei handelt es sich meist um sehr gute Standorte für Edellaubhölzer. Bei einer Pflanzung in Mischbeständen ist auf eine ausreichende Freistellung der Baumart zu achten, damit diese durch die vorhandene Vegetation nicht unterdrückt wird (Becquey 1997).

Die Jungpflanzen brauchen mindestens drei Jahre, um sich zu etablieren. Becquey (1997) empfiehlt folgende Pflanzabstände: 4×5 m in jeder Richtung für eine Individuenzahl von 400 bis 625 Pflänzlingen je ha, oder 3×6 m reihenweise (550 bis 830 Pflänzlinge je ha).

8. Ökologie

8.1 Klima

Die Schwarznuss ist sehr frostgefährdet, sie reagiert besonders empfindlich auf Spätfröste im Frühjahr. Laut Becquey (1997) stellt das regelmäßige Auftreten von Spätfrösten einen wichtigen limitierenden Faktor für den Anbau der Schwarznuss in unseren Breiten dar. *Juglans nigra* verträgt Sommerhitze, solange der Bodenwasserhaushalt ausgeglichen bleibt, sowie Kälte bis zu -35°C.

Auf Grund des Vorkommens von standortgeeigneten Sorten und Herkünften weist die Schwarznuss eine breite ökologische Plastizität auf (Bartsch 1989). Tatsächlich deutet die natürliche Verbreitung der Schwarznuss in den USA auf deren breite ökologische Amplitude hin, was die Entwicklung einer großen Vielfalt von Sippen gefördert hat. Im Vergleich mit ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet befinden sich die Vorkommen der Schwarznuss in Mitteleuropa sehr viel nördlicher. Die Wahl der richtigen Provenienz für eine Bestandesbegründung ist daher entscheidend.

8.2 Boden

Die Schwarznuss ist besonders anspruchsvoll hinsichtlich des Bodens. Sie bevorzugt tiefgründige, gut durchlüftete, durchlässige und ausreichend frische Böden. Sie verträgt keine Staunässe (Becquey 1997) und kommt auf kalkreichen bis weniger kalkreichen, natürlich nährstoffreichen Böden vor (Garavel 1960). Sie gilt als starker Wasserverbraucher. Becquey (1997) vergleicht die Schwarznuss hinsichtlich ihrer Ansprüche an den Boden mit der Pappel.

Die Vorkommen von Schwarzem Holunder (*Sambucus nigra*), der gemeinen Hasel (*Corylus avellana*), der Esche (*Fraxinus excelsior*), der Feld-Ulme (*Ulmus campestris*) oder des Spitz-Ahorns (*Acer pseudoplatanus*) in Schwarznussbeständen sind Anzeichen für günstige Standorteigenschaften für die Baumart. Unter den Krautgewächsen sind der gefleckte Aronstab (*Arum maculatum*), das Wald-Bingelkraut (*Mercurialis perennis*), das Scharbockskraut (*Ficaria verna*), der Bärlauch (*Allium ursinum*) und die Brennnessel (*Urtica dioica*) Zeigerpflanzen für geeignete Standorte. Binsen (u.a. *Juncus conglomeratus*), Zwergsträucher (*Ericaceae*), Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*), die Rasen-Schmiele (*Descampsia cespitosa*) oder das Blaue Pfeifengras (*Molinia caerulea*) hingegen sind Zeiger für Böden, die zu dicht, zu sauer oder von Staunässe geprägt und daher für die Schwarznuss ungeeignet sind (Becquey 1997, Kelen & Becquey 1997).

Abbildung 3: Eine 60-jährige Schwarznuss in den Hördter Rheinauen. Die Schwarznuss charakterisiert sich durch ihr seitenastarmes, geradliniges Höhenwachstum. Diese Eigenschaften machen sie zu einer forstwirtschaftlich sehr attraktiven Baumart [Fotos: Jotz] .

8.3 Gefährdungen

Tiere: Die Schwarznuss wird von Rotwild stark gefegt (Kristöfel 1998). Bei Bestandesbegründung durch Direktsaat besteht die Gefahr eines hohen Verlusts durch Mäusefraß und Krähen. In Niederbayern sind die Samen unmittelbar nach der Keimung durch die Spanische Wegschnecke gefährdet (Hertel & Müller-Kröning 2000).

Parasiten: Bisher sind wenige Schädlinge beobachtet worden (Schwab 1990). Dennoch können insbesondere in Agrarregionen Kastanienbohrer (*Zeuzera pyrina*) und Büffelzikade (*Ceresa bubalus*) die Schwarznuss befallen (Kelen & Becquey 1997). Gelegentlich wird die Schwarznuss von der Weißbeerigen Mistel (*Viscum album*) parasitiert. Gegen Hallimasch (*Armillaria mellea*) ist sie resistenter als *Juglans regia* (Becquey 1997). Insbesondere für die Fruchtproduktion ist die durch *Colletotrichum acutatum* verursachte Anthraknose problematisch. Diese befällt die Blätter der Schwarznuss kurz nach deren Austrieb, so dass der Baum bis Mitte August sein gesamtes Laub abwirft (Reid et al. 2009).

Der Walnussbohrer, die Walnussfruchtfliege, der Breitflügelige Fleckleibbär sowie die Schwarznuss-Aphide stellen insbesondere im Nussanbau für die Fruchtproduktion ein Problem dar (Reid et al. 2009).

8.4 Hybridisierung

Eine natürliche Hybridisierung der Schwarznuss als Mutterbaum mit der Walnuss (*Juglans regia*) als Vaterbaum durch Zufallsbestäubung führt zur Bildung von Hybridnüssen (*Juglans intermedia*). Im Vergleich zu ihren Eltern zeichnet sich die Hybrid-Nuss durch viele Vorteile aus, die sie für deren Einsatz im Waldbau ausgesprochen interessant machen (Becquey 1997, Mettendorf 2008). Einzelexemplare dieser Hybriden, teilweise 100-jährig, kommen im hessischen und im pfälzischen Rheingebiet, seit den 1950er Jahren auch im badischen Oberrheingebiet vor. Folgende Eigenschaften machen die Hybridnuss für den Waldbau besonders interessant:

- Relativ späte Austriebszeit, was im Vergleich zur Schwarznuss eine geringere Spätfrostgefährdung zur Folge hat.
- Schnelles und rigoroses Höhen- und Durchmesserwachstum, hohe Vitalität.
- Gute Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge.

Da die Nüsse der Hybrid-Nuss wenig fruchtbar sind, gilt sie als nicht invasiv. Statt in die Fruchtproduktion geht ihre Energie in die Holzbildung (Becquey 1997).

Nüsse von *Juglans*×*intermedia*-Pflanzen werden seit ein paar Jahren in Hybridplantagen in Frankreich erzeugt. Seit etwa 15 Jahren werden die Pflänzlinge nach Deutschland exportiert (Kelen & Becquey 1997).

8.5 Allelopathie

8.5.1 Beschreibung

In Blättern, Kätzchen, Fruchthüllen, in der inneren Rinde und in den Wurzeln des Baumes ist Juglon enthalten. Diese Substanz besitzen alle *Juglandaceen*, wobei sie bei der Schwarznuss in besonders hohen Konzentrationen zu finden ist. Die Substanz gelangt über abgestorbene Blätter und Früchte in den Boden und reichert sich dort an. Juglon ist schlecht wasserlöslich, wandert dementsprechend nicht weit im Boden. Die höchsten Juglon-Konzentrationen befinden sich im Boden im Bereich der Kronenüberschirmung. Laborversuche und Beobachtungen aus Nussplantagen haben gezeigt, dass die Juglon-Konzentration mit zunehmender Bodentiefe abnimmt (Bartsch 1989). Diese Polyphenole stellen eine wirkungsvolle Abwehr gegen Insekten dar (Pennstate University 2002).

Die Symptome der Toxizität können unterschiedlich sein: Wachstumshemmung, partielles bis hin zum kompletten Absterben der betroffenen Pflanze. Die toxische Wirkung der Nussbäume auf die umliegende Bodenvegetation tritt ab ihrem 7. und 8. Lebensjahr auf (MAF 2012).

8.5.2 Ökologische Auswirkungen der Allelopathie auf die Bestandesverjüngung

Allelopathische Effekte beeinflussen in der Krautschicht die Artenzusammensetzung und den Grad der Vegetationsbedeckung im Bereich der Bäume (Pennstate University 2002). Mit zunehmender Entfernung vom Stamm ist ein abnehmender Konzentrationsgradient an Juglon zu beobachten. Manche Arten der Bodenvegetation tolerieren zwar geringe Juglon-Konzentrationen, würden in unmittelbarer Nähe des Kronendachs der Schwarznuss jedoch nicht überleben. Allerdings können die geringsten Juglon-Mengen im Boden bereits wachstumshemmend auf manche Pflanzenarten wirken. Verfaulende Wurzeln enthalten ebenfalls noch Juglone, so dass ihre Toxizität noch Jahre nach dem Absterben oder Fällen des Baums bestehen bleiben kann.

Das Überleben der einzelnen Pflanzenarten unter Schwarznüssen wird durch den Boden und dessen Wasserdurchlässigkeit, durch Lichtkonkurrenz, Feuchtigkeit sowie das Vorhandensein von Mikroorganismen im Boden zusätzlich beeinflusst (Dana & Lerner 2006). Diese Eigenschaft der Walnuss spielt insbesondere im Landschafts- und Gartenbau eine Rolle. Gut drainierte Böden vermindern die Akkumulierung der Substanz im Boden.

Folgende Baumarten reagieren empfindlich auf Juglon: Erlen (*Alnus* sp.), Birke (*Betula papyrifera*), Japanische Lärche (*Larix kaempferi*), Waldkiefer (*Pinus sylvestris*), Fichte (*Picea abies*). Eichen (*Quercus sp.*), Ulmen (*Ulmus sp.*); alle Walnussarten (*Juglans sp.*) hingegen tolerieren Juglon (MAF 2012). In den Pfälzer Rheinauen scheint die Esche ungestört vom Schwarznussvorkommen zu wachsen (Forstamt Pfälzer Rheinauen 2014). In der Strauch- und Krautschicht reagieren Brombeeren (*Rubus fruticosus agg.*), Zwergsträucher der Gattung Vaccinium oder auch Liguster (*Ligustrum vulgare*) empfindlich auf die Substanz (MAF 2012).

In den USA existieren bereits einige Studien zur Auswirkung der Allelopathie auf den Anbau von Kulturpflanzen. Wie auch schon Bartsch (1989) feststellte, fehlen bis heute Ergebnisse von Untersuchungen in Waldbeständen. Allerdings hat diese Problematik in der forstlichen Praxis keine Relevanz. Tatsächlich weisen die beobachteten Schwarznussbestände eine artenreiche Bodenvegetation auf. So kann vermutet werden, dass diese Form der Toxizität für die umliegende Vegetation nur in Einzelfällen von Nachteil ist, potentielle negative Auswirkungen auf die natürliche Verjüngung des Bestandes daher vernachlässigt werden können (Bartsch 1989).

8.6 Edaphische Auswirkungen

In Versuchsbeständen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt wurde beobachtet, dass sich die Laubstreu von *Juglans nigra* schnell zersetzt und die Bildung sehr guter Humusformen fördert (F-Mull). Mull-Böden sind für bodenwühlende Organismen besonders interessant (Rumpf & Nagel 2014). Das Vorkommen von *Urtica dioica* weist auf eine huminstoffreiche Humusschicht hin (Kelen & Becquey 1997).

9. Potentiale des Schwarznussanbaus im Diskurs

Experten zufolge ist der Anbau der Schwarznuss in Mischbeständen außerhalb von Naturschutzgebieten als unproblematisch anzusehen (Schmidt, mündl. Mitt. vom 5.08.2014). Doch findet die Schwarznuss allerdings fast ausschließlich in Auengebieten des Rheins geeignete Standorte und da ein Großteil der Auen unter Naturschutz steht, gibt es Einschränkungen für ihren Anbau. Aus Sicht des Naturschutzes kommt die Schwarznuss lediglich als Mischbaumart außerhalb der Naturschutzgebiete infrage (Michiels, mündl. Mitt. vom 27.07.2014; Schmidt, mündl. Mitt. vom 05.08.2014). In den Richtlinien Landesweiter Waldentwicklungstypen der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg aus dem Jahre 2013 wird ein maximaler Anteil nicht lebensraumtypischer Mischbaumarten in Auenwäldern von 30% festgelegt (ForstBW 2013).

Die Schwarznuss wird dennoch als mögliche Mischbaumart der grundfeuchten bis mäßig frischen Standorte unter anderen Baumarten wie Esche, Berg-Ahorn, Hainbuche, Rot-Eiche, Kirsche und Birke erwähnt. Aufgrund der Schwierigkeit der Schwarznuss, sich natürlich zu verjüngen, ist sie von dem in Naturwaldstandorten weitgehend geförderten femelschlagartigen Verjüngungsverfahren auszuschließen (ForstBW 2013). Sie lässt sich somit nicht in das allgemeine Verjüngungskonzept der Buntlaubholzwälder integrieren. Eine Möglichkeit für eine erfolgreiche Etablierung wäre eine trupp- oder horstweise Beimischung (ForstBW 2013).

Dank ihrer hohen Überflutungstoleranz (bis 40 Tage, Esche bis 30 Tage) gilt sie als besonders interessant als Alternativgehölz der Hartholzauen (Späth, mündl. Mitt. vom 25.07.2014, FVA BW, mündl. Mitt. vom 29.07.2014). Kristöfel (1998) empfiehlt, sie als Ergänzung zu heimischen Mischbaumarten in Betracht zu ziehen. Scheeder (1990) sieht in der Schwarznuss eine förderungswürdige Baumart, da sie die Baumartenvielfalt erhöhe bzw. das Ökosystem zusätzlich stabilisiere. Als problematisch für den Anbau der Schwarznuss gelten lediglich ihre hohe Verbissgefährdung und ihre kostenintensive waldbauliche Pflege.

In ihren Untersuchungen zum Vorkommen fremdländischer Pflanzensippen in den Hördter Rheinauen dokumentieren Vor & Schmidt (2008) unter anderem auch die Schwarznuss. Sie argumentieren, dass Baumarten, die gut wachsen können, ohne für einheimische Pflanzenarten von Nachteil zu sein, als standortgerecht betrachtet werden können. Dies gelte auch für die Schwarznuss, die aufgrund ihrer sehr lokalen Vorkommen keine „Bedrohung" für die einheimische Vegetation darstelle. Die Autoren erachten eine gezielte Eindämmung der Schwarznussvorkommen vor dem Hintergrund, dass die Baumart hervorragende Holzeigenschaften besitzt, als nicht sinnvoll.

Auch Michiels (FVA BW, mündl. Mitt. vom 29.07.2014) sieht in der Schwarznuss hinsichtlich ihrer hohen Standortansprüche und des beobachtbar hohen Artenvorkommens in ihren Beständen kein invasives Potential. Vor diesem Hintergrund seien vielmehr ihre forstwirtschaftlich attraktiven Eigenschaften in den Vordergrund zu rücken.

Angesichts des Ausmaßes des Eschentriebsterbens wird die Schwarznuss als Alternative zur Esche betrachtet. In den Auenwäldern Bayerns und Baden-Württembergs, wo die Eschenbestände zu 80 % befallen sind, bestehen Überlegungen, die Bestände mit „fremdländischen" Baumarten zu regenerieren. So meinen Rumpf & Nagel (2014), die Schwarznuss könne langfristig die Esche, deren Bestände in Hessen und in Südniedersachsen vom Eschentriebsterben bedroht seien, ersetzen. Diese Auffassung wird auch vom Forstamt Landkreis Emmendingen (mündl. Mitt. vom 04.06.2014), vom Forstamt Rastatt (schriftl. Mitt. vom 13.04.2014) und von der Interessengemeinschaft Nuss (Hertel, schrift. Mitt. vom 06.06.2014) geteilt. Allerdings stellt sich die Frage, inwieweit die Einführung nicht heimischer Baumarten, deren ökologisches Verhalten noch sehr wenig bekannt ist, eine Bedrohung für den einheimischen Naturhaushalt darstellen können. So haben z.B. Untersuchungen zum ökologischen Verhalten der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) in den Auenwäldern der Mittelelbe das aggressive Verbreitungspotential dieser Baumart gegenüber einheimischen Baumarten der Hartholzauen, so z. B. der Ulme, bewiesen (Schmiedel 2010).

Genauso unbekannt sind die Auswirkungen des Juglons auf die Naturverjüngung. Späth vermutet, dass keine Vorteile für Säuge- oder Weichtiere bestehen (mündl. Mitt. vom 26.07.2014). Ob die Schwarznuss gehölzstrukturelle Vorteile hinsichtlich ihrer Grobborkigkeit aufweist, sollen noch ausstehende Untersuchungen in Altbeständen zeigen (Späth, mündl. Mitt. vom 26.07.2014).

Im Allgemeinen lässt sich aus den mündlichen Fachbeiträgen keine eindeutige Meinung über das naturschutzfachliche Potential der Schwarznuss ableiten. Naturschützer betrachten den Anbau der Schwarznuss und anderer nichtheimischer Gehölze in den Rheinauen aus dem Grunde als riskant, weil ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt noch kaum untersucht und daher langfristig schwer einzuschätzen sind (Michiels, mündl. Mitt. vom 29.07.2014; Schmidt, mündl. Mitt. vom 05.08.2014).

10. Ausblick

Bisher fehlen landschaftsökologische Studien über Bestände, in denen die Schwarznuss eine größere Rolle spielt, weitgehend. Die Kritik am Schwarznussanbau ist auf die mangelnden Kenntnisse über ihr ökologisches Verhalten zurückzuführen. Im Allgemeinen ist die Einführung und Förderung nichtheimischer Baumarten, deren ökologisches Verhalten unbekannt ist, stets mit einem gewissen Risiko verbunden, so Schmidt (mündl. Mitt. vom 05.08.2014).

Zur fundierten Feststellung, ob die Schwarznuss naturschutzfachlich von Bedeutung sein könnte, müssten tierökologische bzw. freilandökologische Studien in Altbeständen durchgeführt werden, die es allerdings bis heute nicht gibt.

Ältere Exemplare befinden sich ausschließlich in Parkanlagen, in welchen naturschutzfachliche Belange keine vorrangige Rolle spielen. Daher stellt sich die Frage, auf welchem Wege derartige Informationen gewonnen werden könnten. Aufgrund der bis heute recht eingeschränkten Datenlage stellen sich zum Schwarznussanbau noch viele Forschungsfragen. Beobachtungen und qualitative Beschreibungen von Fachleuten sind interessant und wichtig, doch können sie exakte wissenschaftliche Untersuchungen nicht ersetzen. Für die Formulierung der Forschungsfragen sind sie allerdings bedeutsam.

Die Problematik der Allelopathie findet in den amerikanischen Literaturquellen insbesondere in Bezug auf den landwirtschaftlichen Anbau der Schwarznuss häufig Erwähnung. Mögliche Auswirkungen der Allelopathie auf Naturverjüngung und Regeneration von Waldbeständen hingegen sind bisher weitgehend unerforscht.

Die Auswertung der Literatur und das mündlich und schriftlich mitgeteilte Erfahrungswissen der Fachleute aus Forstwirtschaft und Naturschutz haben gezeigt, dass ein gewisses Potential für den Schwarznussanbau vorhanden ist, der tatsächliche Umgang mit der Baumart wissenschaftlich zu überprüfen bleibt. Neue Erkenntnisse aus der Forschung würden dazu beitragen, die Gefahrenpotentiale der Schwarznuss zu erkennen und Empfehlungen für ihren Anbau dort zu entwickeln, wo ihr Anbau unbedenklich ist (Schmidt, mündl. Mitt. vom 05.08.2014).

11. Literatur

Aas, G. (2008): Die Walnussgewächse (Juglandaceae). In: AFZ, Nr. 16, online verfügbar unter URL: http://www.obg.uni-bayreuth.de/de/Forschung/Publikationen/2008/Aas_2008a/2008_Aas_Juglandaceae.pdf

Bartsch, N. (1989): Zum Anbau der Schwarznuß (Juglans nigra L.) in den Rheinauen. - Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Bd. 95. Universität Göttingen, Forstliche Fakultät: Sauerländer, 90 S.

Becquey, J. (1997): Les noyers à bois (3ème ed.) - Les guides du sylviculteur. Paris : Institut pour le Développement Forestier, 144 S.

Cavlovic, J. ; Kremer, D. ; Božic, M. ; Teslak, K. ; Vedriš, M. ; Goršic, E. (2010): Stand growth models for more intensive management of Juglans nigra: A case study in Croatia. In: Scandinavian Journal of Forest Research. Vol. 25, Issue 2, S. 138-147.

Dana, M. N.; Lerner, B. R. (2006): Black Walnut Toxicity - Purdue University Cooperative Extension Service. Department of Horticulture. West Lafayette (IN). Online unter: http://www.hort.purdue.edu/ext/HO-193.pdf, Stand vom 16.05.2014

Feldmann, C. ; Mahler, G. ; Sauter, U.H. (1995): Holzeigenschaften der Schwarznuss an einem Bestand am Kaiserstuhl. In: AFZ, Vol. 50, issue 11, S. 585-588.

ForstBW (2013): WET Buntlaubholz-Mischwald, online verfügbar unter URL : http://forstbw.de/fileadmin/forstbw_mediathek/forstbw_praxis/wet/WET_BLb_20140401.pdf, Stand vom 10.12.2013.

Garavel, L. (1960): Le noyer noir d'Amérique (Juglans nigra L.). In : Revue Forestière Fran?aise, Nr. 6, S. 362-373

Hertel, W.; Müller-Kroehling, S. (2000): Nussanbau in den Isarauen. In: AFZ, Vol. 23, S. 1249-1250.

Jestaedt, M. (1999); Nussanbau im Forstanbau Bensheim. In: AFZ, Vol. 16, S. 834-836.

Kelen, Géry van der; Becquey, J. (1997): History, ecology, silviculture, and uses of black walnut in France. - Knowledge for the future of Black Walnut. Proceedings of the Fifth Black Walnut Symposium. United States Department of Agriculture, General Technical report NC-191, S. 164-173.

Kristöfel, F. (1998): Zum Wachstum von Juglans nigra in den Leithaauen in Ostösterreich. In: Forst und Holz, Nr. 2, S. 43-47.

MAF [Ministry of Food and Agriculture, Ontario] (2012) : Walnut Toxicity. URL: http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/info_walnut_toxicity.htm., Stand vom 16.05.2014.

Mettendorf, B. (2008): Erfahrungen im Anbau mit Hybridnüssen. In: Die Walnuss (Juglans regia L.). Baum des Jahres 66/08, S. 61-72. Trippstadt: Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz.

Omlor, R. (2006): Schwarze Walnuss, Schwarznuss. - Bot. Garten Mainz. Online unter URL: http://www.botgarten.uni-mainz.de/576.php, Stand vom 05.05.2014.

Penn state University (2013): Black Walnut (Juglans nigra). Online unter URL: http://www.psu.edu/dept/nkbiology/naturetrail/speciespages/blackwalnut.htm, Stand vom 05.05.2014.

Reid, W.; Coggeshall, M.; Garrett, H.E.; Van Sambeek, J. (2009): Growing Black Walnut for Nut Production. In: Agroforestry in Action 1011. University of Missouri Center for Agroforestry. 15 S. Online unter URL: http://www.centerforagroforestry.org/pubs/walnutNuts.pdf, Stand vom 16.07.2014.

Rumpf, H.; Nagel, R.-V. (2014): Anbauerfahrungen mit der Schwarznuss. Im Hessischen Ried und im südniedersächsischen Bergland. In: Allgemeine Forstzeitschrift AFZ-DerWald (3):26-29. URL: http://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Publikationen/2014/Rumpf_Nagel_Schwarznuss_AFZ-2014-03_26-29.pdf, Stand vom 22.05.2014

Scheeder, T. (1990): Gute Gründe für die Nuß als Waldbaum. In: AFZ, Nr. 48, S. 1221-1226.

Schmiedel, D. (2010): Fraxinus pennsylvanica in den Auenwälder der Mittelelbe : Invasionsbiologie und ökologisches Verhalten im naturschutzfachlichen Kontext. – Dissertation. Technische Universität Dresden. Berlin: Weißensee-Verlag, 206 S.

Schwab, S. (1990): Juglans und Carya im Elsaß. In: AFZ, Nr. 48, S. 1227-1230.

Vor, T.; Schmidt, W. (2008): Neophyten in der Hördter Rheinaue/Rheinland-Pfalz. In: Forstarchiv 79, Jahrgang 2008, S. 143-151, Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung für Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen.

Schriftliche und mündliche Mitteilungen von Institutionen und ihren Vertretern

Forstamt Denzlingen Vörstetten

Forstamt Pfälzer Rheinauen

Hertel, W. (Interessengemeinschaft Nuss)

Landratsamt Rastatt

Michiels, H.-G. (Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldnaturschutz)

Schmidt, P.A. (Deutsche Dendrologische Gesellschaft)

Späth, V. (Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz Bühl, ILN))

Wolf, A. (Naturschutzzentrum Karlsruhe-Rappenwört)

STANDÖRTLICHE CHARAKTERISTIKA IM BEREICH DER HÖRDTER RHEINAUE

Ernst Segatz
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Trippstdt

Die Hördter Rheinaue ist ein Schwerpunktvorkommen der Schwarznuss in Rheinland-Pfalz. Im Anhalt an Gauer und Aldinger (2005) ist die standörtliche Situation der Hördter Rheinaue wie folgt zu charakterisieren:

1. Naturraum

Die Hördter Rheinaue ist Teil des waldökologischen Naturraums des Oberrheinischen Tieflands und liegt im forstlichen Wuchsgebiet „Oberrheinisches Tiefland und Rhein-Main-Ebene". Innerhalb des Wuchsgebietes ist die Hördter Rheinaue dem Wuchsbezirk „Badisch-Pfälzische Rheinauen" zuzuordnen. Sie liegt auf einer Meereshöhe zwischen 80 und 109 m ü. NN.

2. Oberflächengestalt

Die Hördter Rheinaue liegt im tektonisch entstandenen Oberrheingraben. In der Sohle des Grabenbruchs verläuft die junge, holozäne Stromniederung des Rheins, die randlich durch ein Hochgestade des nacheiszeitlichen Rheins begrenzt ist. Das insbesondere im 19. Jahrhundert korrigierte Strombett des Rheins verläuft zwischen stillgelegten, oft weit ausholenden Mäandern, die z. T. vermoort sind. Weite Flächen sind heute durch Dämme vom Strom abgeschnitten. Im Osten und Westen schließt sich die breite würmeiszeitliche Niederterrasse an.

3. Klima

Es herrscht ein warmgemäßigtes Beckenklima kontinentaler Prägung, das durch die Vielzahl von Wasserflächen etwas ausgeglichen wird und sich mehr noch als in den Jahresdurchschnittstemperaturen (überwiegend zwischen 9 und 10,5 °C) in den durchschnittlichen Temperaturwerten der sehr langen Vegetationszeit (1.5. – 30.9.) ausdrückt, die sich zwischen 15,0 und 17,5 °C bewegen. Die jährlichen Niederschlagshöhen sind mit rd. 600 – 700 mm niedrig, die Höhenstufe ist planar.

4. Geologie und Böden

Nach dem Aufsteigen der Randgebirge begann im Pleistozän deren Abtragung und die Füllung des Rheingrabens. In die würmeiszeitliche sog. Niederterrasse aus Kiesaufschüttungen mit meist sandiger Löß- oder Schwemmlehmbedeckung im Süden und sandigeren Bereichen mit Dünenbil-

dungen nach Norden hin hat der Strom die Rheinniederung eingetieft.

In den Rheinauen finden sich holozäne, stets kalkreiche, meist geschichtete Sedimente wechselnder Korngröße über kalkalpinen Schottern. Bodenkundlich handelt es sich um nährstoffreiche Auenböden (Kalkpaternia, Vega) und Gleye sowie ihre Übergangstypen aus schluffigtonigen Lehmen unterschiedlicher Mächtigkeit über feinsandigen Schluffen, Sanden und Kiesen, seltener um Auenpararendzinen auf gröberen Ablagerungen.

5. Potentielle natürliche Vegetation

In der Rheinaue hat der Mensch durch seine wasserbauliche Tätigkeit die potentielle natürliche Vegetation sehr stark verändert. Die einstmals charakteristischen Wälder der Weichholz- (Silberweiden-) Aue wurden stark zurückgedrängt. Auch die tief gelegenen Standorte der Harthol-zauen mit Eichen-Ulmen-Wäldern sind nur noch auf deutlich reduzierter Fläche erhalten geblieben. Höhergelegene Wälder mit nur episodischer Überflutung werden von Esche und Ulme dominiert. In der Altaue, landseits der Dämme, sind auf grundwassernahen Böden Erlen-Eschen- und Stieleichen-Eschen-Hainbuchenwälder als Endstufen einer natürlichen Vegetationsentwicklung zu erwarten.

Regionalwald in den Badisch-Pfälzischen Rheinauen ist ein „Planarer Stromauewald und Hainbuchen-Eschen-Wald mit Stieleiche“. Im noch regelmäßig überfluteten Auenbereich stromseits sind Silberweidenwälder und – wegen des Ulmensterbens heute nicht mehr voll entwicklungsfähige – Eschen-Stieleichen-Ulmenwälder an das besondere Wasserregime angepasst. Landseits der Dämme bilden heute z. T. edellaubholzreiche Buchenwälder, z. T. Eschen-Bergahorn-Hainbuchen-Mischwälder die natürliche Bestockung.

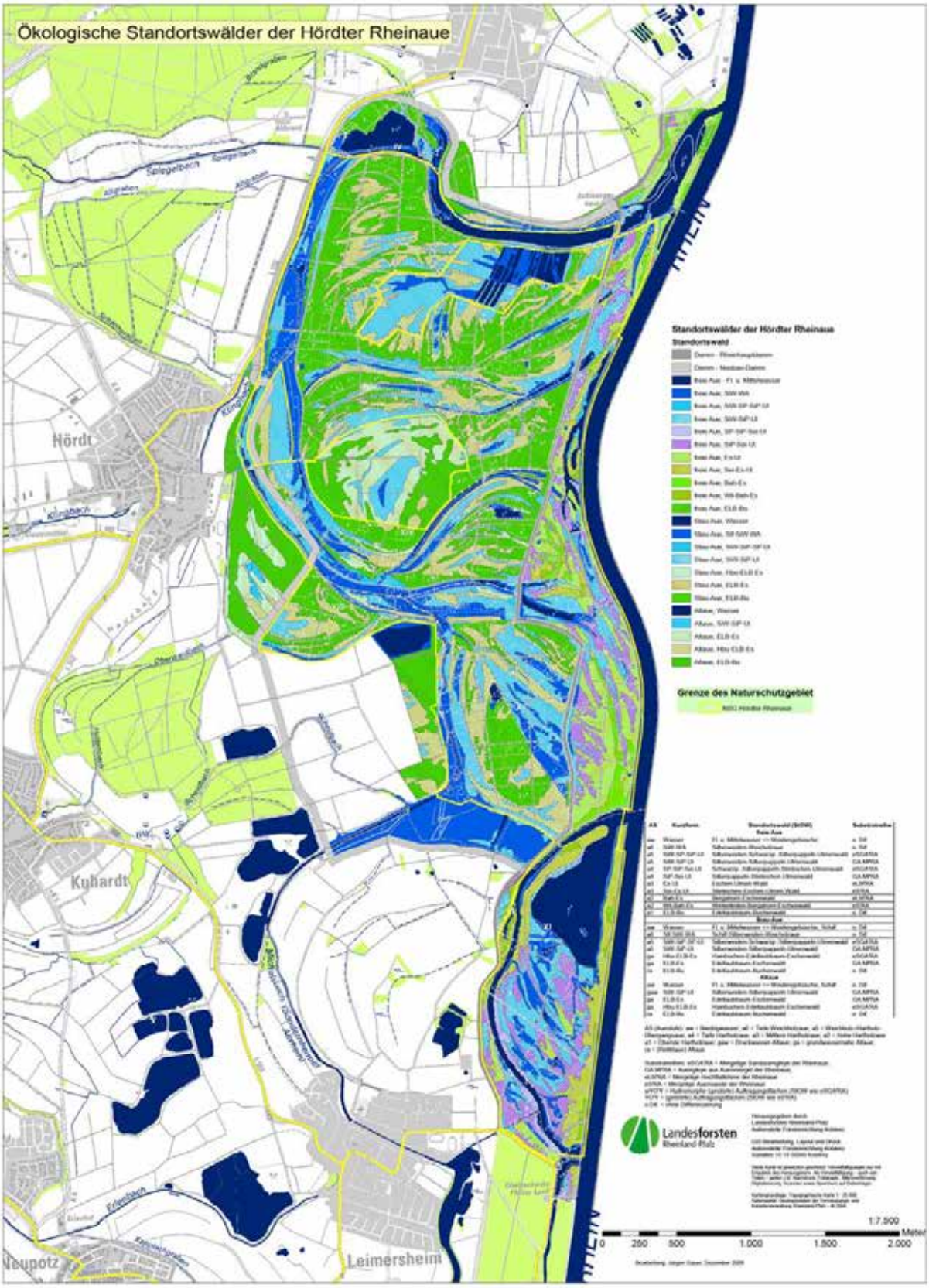


Abbildung 1: Ökologische Standortswälder der Hördter Rheinaue

6. Forstwirtschaft

Die Rheinauen unterliegen wie auch die anderen Gebiete des Oberrheinischen Tieflands seit langem der menschlichen Einflussnahme auf Standort und Bestockung. Stromseits der Dämme wurden meist Bestände aus Weiden oder Schwarzpappelhybriden begründet, landseits finden sich in den höheren Altersklassen durchgewachsene ehemalige Mittelwälder aus Eiche, Ulme, Esche, Pappel, Kirsche, in den jüngeren Altern überwiegen Edellaubholzmischbestände, seltener Pappelbestände.

7. Standorte

Nach WILLIAMS (o.J.) reagiert die Schwarznuss in Amerika sensibel auf unterschiedliche Bodeneigenschaften und entwickelt sich besonders gut auf tiefen, gut drainierten Böden mit neutralem pH-Wert, die gewöhnlich feucht und fruchtbar sind. Sie findet sich auf Kalkböden und wächst besonders gut auf Lehm, Löss-Böden und nährstoffreichen alluvialen Ablagerungen, dagegen langsam auf Nass-Standorten und auf sandigen oder trockenen Rücken und Hängen. Sie erreicht die größten Dimensionen und den höchsten Wert entlang von Flüssen und auf den unteren Bereichen von Nord- oder Osthängen.

Nach Ehring und Keller (2010) beansprucht die Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) beste Auewaldstandorte mit pH-Werten zwischen 5 und 7. Sie gedeiht auf tiefgründigen, nährstoffreichen, gut durchlüfteten und gut wasserversorgten Lehmböden und toleriert kurzfristige Überflutungen. Nach Rink (1992) muss die Durchwurzelungstiefe jedoch mehr als 0,8 m betragen. Verfestigte Schichten im Unterboden, beispielsweise Kies oder Ton, zeigen häufig noch keine Wirkung im Jugendwachstum. Sie führen aber später zu Wachstumsdepressionen, Zopftrocknis bis hin zum Absterben der Bäume und ganzer Bestände. Entsprechende Erfahrungen wurden auch in der Hördter Rheinaue gemacht (schriftl. Mitteilung von A. Vogelgesang, Revierleiter des Forstreviers Pfälzer Rheinauen). Die Schwarznuss erträgt tiefe Wintertemperaturen (je nach Herkunft bis -40 °C), ist aber sehr empfindlich gegenüber Spätfrost.

Im Zuge der zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung (BZE II) (Block und Gauer, 2012) wurde im südwestlichen Randbereich der Hördter Rheinaue im damaligen Forstrevier Hördt, heute Forstrevier Pfälzer Rheinauen, an einem Rasterpunkt ein Bodeneinschlag (306 – S 1196 – 031) angelegt (Feldaufnahme Segatz, vgl. Abb. 2). Seine physikalischen und chemischen Kenndaten kennzeichnen ihn als Beispiel eines potentiellen Schwarznuss-Standorts.

Kennzeichnend sind die hohen pH-Werte im Carbonat-Pufferbereich sowie die durchgängige Basensättigung des Mineralbodens (Abb. 3).

Entsprechend finden sich an austauschbaren Kationen hohe Gehalte an Calcium und Magnesium. Als bestmögliche Humusform findet man dazu passend einen typischen Mull. (Abb. 4).

Bei der Bodenart handelt es sich im Oberboden um schluffigen Ton, ab einer Tiefe von 90 cm um sandigen Schluff über schwach schluffigem Sand ab 140 cm Tiefe.

Beim Substrattyp handelt es sich um einen im Gesamtboden basenreichen, kalkgründigen Lehm aus quartären Umlagerungen mit einer sehr hohen nutzbaren Wasserspeicherkapazität im Wurzelraum von rd. 230 mm.

Der aufstockende Waldbestand wurde im Jahr 2006 als ein Stieleichen,-Eschen-Altholz (ca. 162 / 97j.) mit Schwarznuss-Verjüngung unter Schirm beschrieben. Als Standortswald, das ist nach Arbeitskreis Standortskartierung (2016) „die lokale natürliche Baumartenzusammensetzung im Anhalt an modellhafte Vorstellungen der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation im Bereich einer Standortseinheit“, wurde ein Edellaubbaum-Eschenwald definiert (Gauer, 2008).

Abbildung 2: Gley-Kalkpaternia als Schwarznuss-Standort [Foto: Segatz].

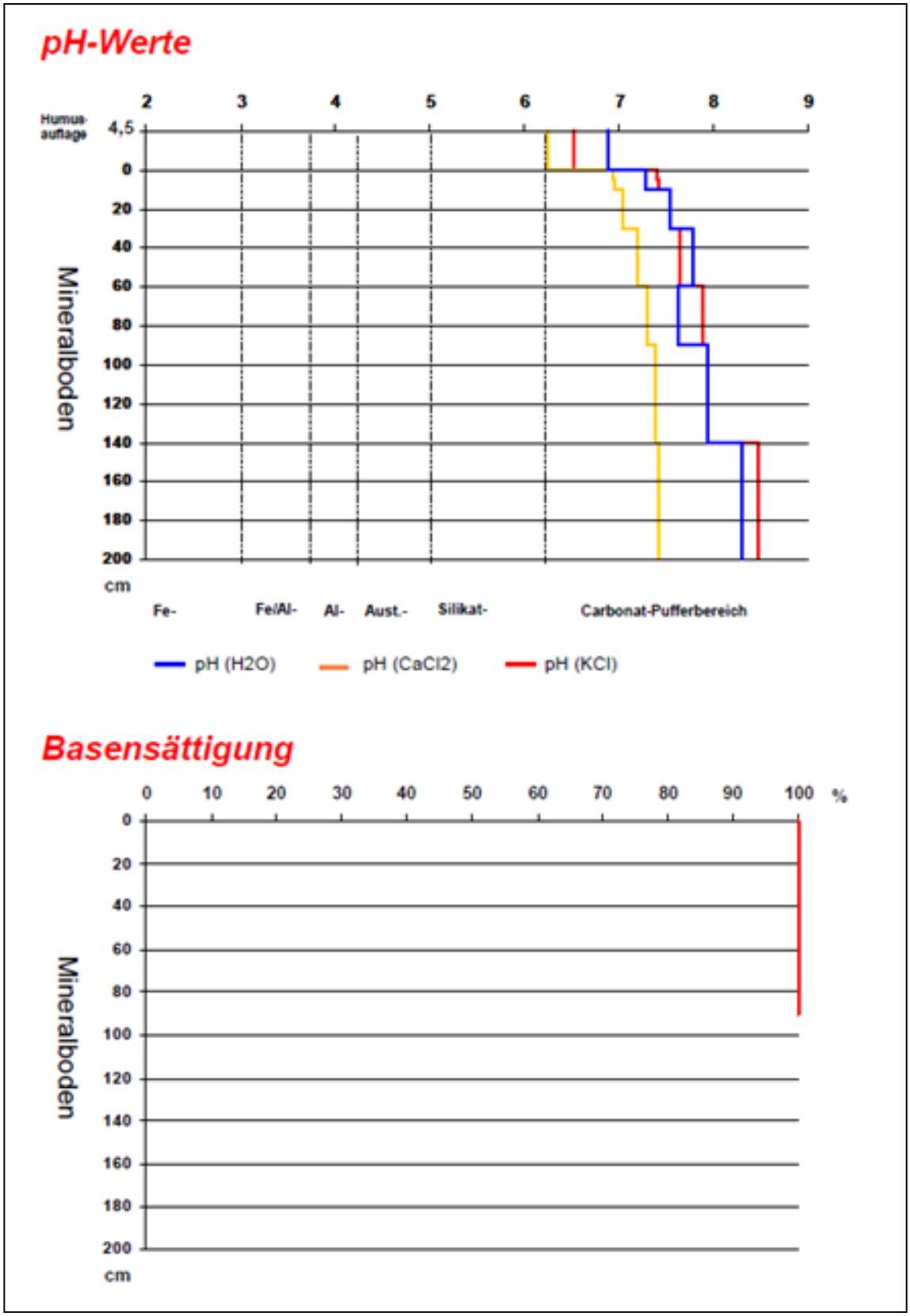


Abbildung 3: pH-Werte und Basensättigung

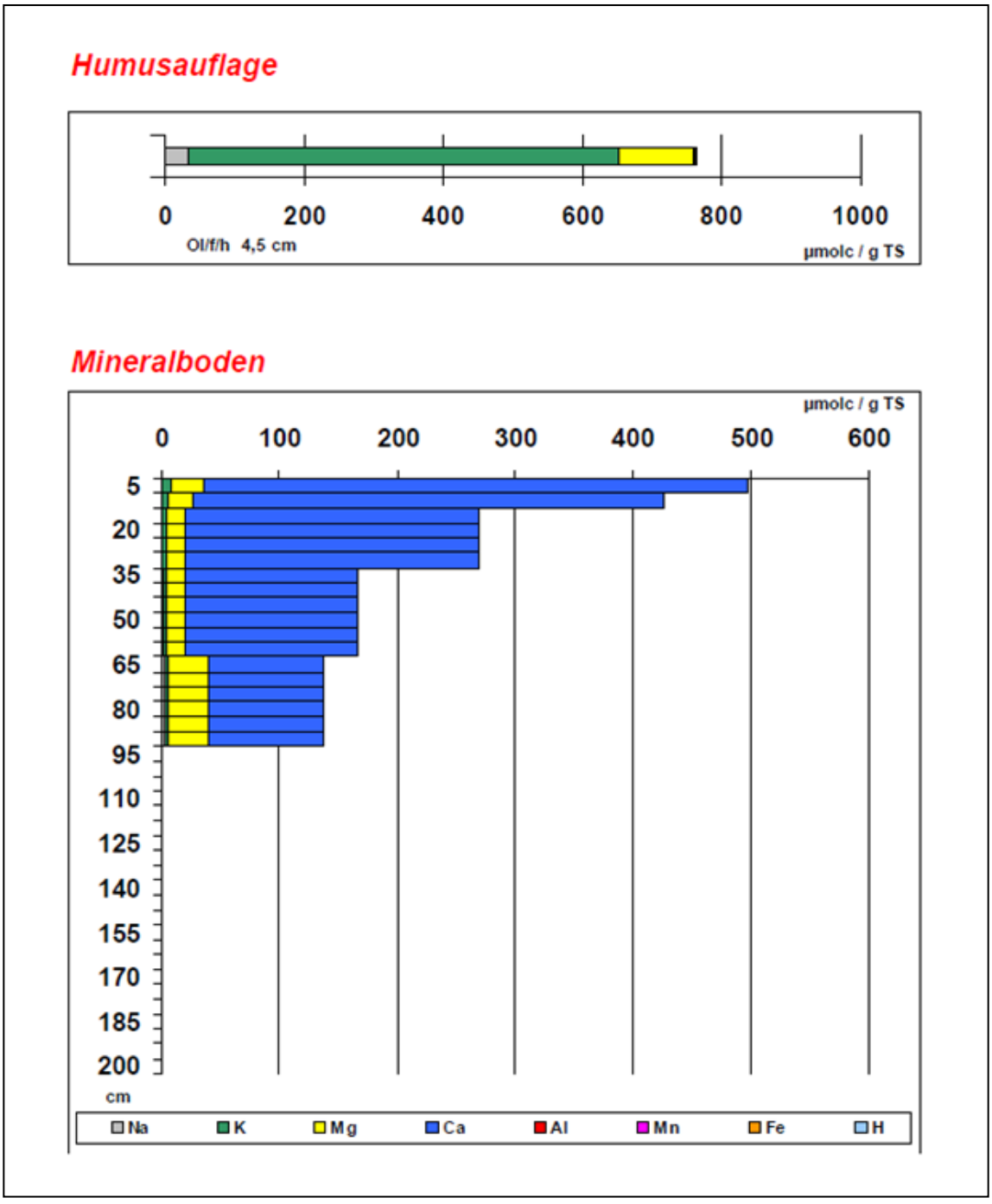


Abbildung 4: Humusauflage und Mineralboden

8. Literatur

Arbeitskreis Standortskartierung (2016): Forstliche Standortsaufnahme, Arbeitskreis Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 7. Auflage 2016, IHW-Verlag Eching bei München

Block, J.& Gauer, J. (2012): Waldbodenzustand in Rheinland-Pfalz, Ergebnisse der zweiten landesweiten Bodenzustandserhebung BZE II, Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) Rheinland-Pfalz Nr. 70/12, 228 S.

Ehring, A. & Keller, O. (2010): Der Schwarznussbaum (*Juglans nigra* L.): Wertvoll, aber mit hohen Ansprüchen. Wald Holz 91, 5: 25-28.

Gauer, J. (2008): Erläuterungen zu den Standortswäldern der Hördter Rheinaue Forstamt Pfälzer Rheinauen; **Hrsg**.: Landesforsten Rheinland-Pfalz – Außenstelle Forsteinrichtung – Standortkartierung 2008

Gauer, J. & Aldinger, E. 2005 (Hrsg.): Waldökologische Naturräume Deutschlands - Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – mit Karte. – Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung, 43. Aug.2005, 324 S., Freiburg

Williams, R. D.(o.J.): Schwarznuss, https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/misc/ag_654/volume_2/juglans/nigra.htm (abgerufen 09.06.2020)

ZUR NATURVERJÜNGUNG DER SCHWARZNUSS (JUGLANS NIGRA) IM BEREICH DER HÖRDTER RHEINAUE

- EINE AKTUELLE BESTANDESAUFNAHME UND BEWERTUNG -

Johannes Mazomeit
Ludwigshafen

1. Einleitung und Fragestellung

Zur Beurteilung einer potenziellen Invasivität der Schwarznuss (*Juglans nigra*) als Neophyt im Bereich der Pfälzer Rheinauen wurde zunächst in einem Testgebiet (Hördter Rheinaue) eine Kartierung natürlich angesamter Schwarznussbäume durchgeführt.

Die Hördter Rheinaue wurde ausgewählt, weil dieser Bereich für seine relativ alten und großen Schwarznuss-Anbauflächen bekannt ist.

Um die spontan angesamten von den forstlich angelegten Schwarznuss-Bestände zu unterscheiden, müssen neben der Lokalisierung der natürlich angesamten Schwarznüsse zugleich die vorhandenen Schwarznuss-Anbauflächen erfasst und abgegrenzt werden.

Im Rahmen dieser Erfassung wird auch auf das Vorhandensein der beiden anderen Juglans-Sippen (Juglans regia und J. x intermedia) eingegangen, gleichermaßen als Forstbäume wie auch auf evtl. Naturverjüngung.

2. Die Schwarznuss (*Juglans nigra*) als Untersuchungsgegenstand

2.1 Die Schwarznuss (als nordamerikanischer Waldbaum)

2.1.1 Das natürliche Verbreitungsgebiet der Schwarznuss

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Schwarznuss (*Juglans nigra*) liegt im östlichen bis zentralen Nordamerika vom Südosten Kanadas bis zum Golf vom Mexiko.

Sargent (1921) beschreibt das Verbreitungsgebiet der Schwarznuss in Nordamerika wie folgt: *„Rich bottom-lands and fertils hillsides, western Massachusetts to southern Ontario, southern Michigan, southeastern Minnesota, central and northern Nebraska, central Kansas, eastern Oklahoma, and southward to western Florida, central Alabama and Mississippi, Luisiana, and the valley of the San Antonio River, Texas, most abundant in the region west of the Alleghany Mountains, and of its largest size on the western slopes of the region west of the high mountains of North Carolina and Tennessee, and fertile river bottom-lands of southern Illinois and Indiana, southwestern Arkansas, and Oklahoma; largely destroyed for its valueble timber, and now rare.*"

Entsprechend diesem großen Verbreitungsgebiet besitzt die Schwarznuss eine große genetische Variabilität hinsichtlich ihres Wachstums- und Standortverhaltens (Williams 1990, Schaarschmidt 2012).

Die Schwarznuss trat anscheinend in ihrem natürlichen Ursprungsgebiet auch schon früher - vor ihrer forstlichen Nutzung - weniger bestandsbildend denn beigemischt mit anderen Laubholzarten auf (Williams 1990, Schaarschmidt 2012). Wichtige Begleiter sind z.B. *Liriodendron tulipifera, Fraxinus americana, Tilia americana, Fagus grandifolia* sowie *Carya*- und *Quercus*-Arten (Schaarschmidt 2012: 9).

In Nordamerika existieren noch einige weitere, nah verwandte *Juglans*-Arten (*J. major, J. microcarpa, J. californica, J. hindsii*), deren Verbreitungsgebiet aber im Unterschied zur Schwarznuss mehr im Südwesten des nordamerikanischen Kontinents liegt (Sargent 1921).

Es ist davon auszugehen, dass diese Arten höhere Wärmeansprüche an das Klima haben. Diese Sippen unterscheiden sich von *Juglans nigra* u.a. in der Größe und Zahl der Fiederblättchen wie auch in der Größe der Früchte.

Diese Arten mit ihren überwiegend nur geringen Wuchshöhen werden z.T. auch in Mitteleuropa kultiviert, aber meist nur in Botanischen Gärten und Parkanlagen.

2.1.2 Merkmale und Unterscheidungsmerkmale der Schwarznuss

In mitteleuropäischen Wäldern und Forsten kann die Schwarznuss eigentlich nicht mit anderen Gehölzarten verwechselt werden, da vergleichbar große (unpaarig) gefiederte Blätter bei anderen Arten in diesen Bereichen sonst nicht anzutreffen sind.

Insbesondere die Kombination der drei für sich allein schon sehr charakteristischen Merkmale Früchte, Blätter und Borke macht sie gegenüber anderen heimischen wie auch forstlich kultivierten Gehölzen unverwechselbar.

In Tab. 1 sind einige der auffälligsten Unterschiede zwischen den im Bereich der Hördter Reinaue vorkommenden Baumarten mit mehrfach (unpaarig) gefiederten Blättern gegenübergestellt.

Da zumindest an einer Stelle auch der Götterbaum (*Ailanthus altissima*) einen verwilderten Bestand ausgebildet hat, ist auch diese Art in die Tabelle aufgenommen worden.

Die Blattmerkmale von *J. nigra* und *J. regia* sind in ihrer frühen Jugendphase nicht immer ganz typisch ausgebildet, so sind die Blattränder von *J. regia* anfangs nicht immer ganzrandig, sondern manchmal auch grob gesägt oder gezähnt. Demgegenüber ist J.nigra auch in der frühen Jugendphase i.d.R. fein gesägt.

Abbildung 1: Unterschiedlich große Früchte [Foto: Mazomeit].

Abbildung 2: Nüsse [Foto: Mazomeit].

Abbildung 3: Borke eines jungen Exemplars [Foto: Mazomeit].

Abbildung 4: Borke eines alten Exemplars [Foto: Mazomeit].

Tabelle 1:

Unterscheidungsmerkmale von Baumarten mit mehrfach gefiederten Blättern innerhalb der Hördter Rheinaue

	J. ***nigra***	*J.* x ***intermedia***	*J.* ***regia***	***Fraxinus excelsior***	***Ailanthus altissima***
Borke	schon früh **tiefrissig**	relativ lange glatt bleibend	relativ lange glatt bleibend	im Alter mit rautenförmigen Mustern rel. flach gefurcht	relativ glatt, längsstreifig gemustert
Blätter					
Blättchenzahl	(11-)13-23-(25)	(9-)11-13	5-9-(11)	(7-)9-13	13-25
Blättchenrand	fein **gesägt**		fast **ganzrandig**	gesägt	ganzrandig mit Ausnahme von 1-3 Zähnen
Endblättchen	z.T. fehlend, i.d.R. nicht größer als die übrigen		Endblättchen meist größer als die übrigen		
junge Blätter					manchmal etwas *rötlich*
Herbstfärbung	meist intensiv gelb		lange grün		fallen oft grün ab
Früchte	kugelig, 4-5 cm dick		nahezu kugelig	*geflügelt*	*geflügelt*
Nuss	dickschalig, mit rauhen Rippen unregelmäßig gefurcht	ähnelt *J.regia*	ziemlich dünnschalig, mit 2 wulstigen Kanten,		

Aufnahmen v. *Juglans nigra-, J. regia-, Ailanthus altissima-* u. *Fraxinus excelsior*-Jungpflanzen aus dem Untersuchungsgebiet „Hördter Rheinaue“

Abbildung 5: *J. regia* (l.) und *J. nigra* (r.) - Jungpflanzen [Foto: Mazomeit].

Abbildung 6: *J. nigra* (l.) - und *Ailanthus altissima (r.)* - Jungpflanzen [Foto: Mazomeit].

Abbildung 7: *J. nigra* (l.) - und *Fraxinus excelsior* (r.) - Jungpflanzen [Foto: Mazomeit].

2.2 Die Schwarznuss als Park- und Forstbaum in Mitteleuropa

Die Schwarznuss ist schon relativ früh aus Nordamerika nach Europa (England) eingeführt worden (nach Wein (1931) bereits 1629).

Auch nach Deutschland kam die Art ebenfalls schon im 17. Jahrhundert, erstmals anscheinend vor 1686 nach Leipzig (Ammann 1686).
Weitere relativ frühe Nachweise aus Deutschland finden sich ebenfalls in Gartenverzeichnissen, wie z.B. für Karlsruhe (Sievert ca. 1720, Risler 1747) sowie für Brandenburg (Gleditsch 1736).

Nicht in allen diesen Fällen ist gesichert, dass die Schwarznuss schon als Freilandgehölz kultiviert wurde, dies gilt insbesondere für die Angabe von Sievert, da die Schwarznuss bei den Arten aufgelistet ist, die „im Winter- oder Glashaus erhalten werden müssen“.

Die Schwarznuss wird in diesen vor-Linné´ischen Verzeichnissen meist als „*(nux) Juglans virginiana*“ oder „*Juglans virginiana nigra*“ bezeichnet.

Als einer der ersten Fürsprecher für die forstlich Nutzung der Schwarznuss in der Kurpfalz darf F. K. Medicus (1790) gelten.

Aufgrund seiner positiven Erfahrungen mit der Aufzucht (ab 1772) eines von ihm selbst aus einer Nuss gezogenen Exemplars und seines Wachstumsverhaltens (nach 17 Jahren) empfiehlt er die Schwarznuss in Waldungen zu kultivieren, die in der Ebene liegen.

Forstliche Anbauversuche im größeren Stil fanden in Deutschland erst Ende des 19. Jahrhunderts statt.
„Einer der Pioniere des Anbaus der Schwarznuss im Wald war dabei der Straßburger Forstmeister Rebmann. Er soll so eifrig gewesen sein, dass man ihm in Fachkreisen den Spitznamen „Nussmann" andichtete. Auf diese Zeit gehen viele heute noch existierende Flächen mit Schwarznuss zurück." (Schaarschmidt 2012: 12, vgl. auch Bartsch 1989). Schon damals gehörten die Rheinauen zwischen Mainz und Colmar zu den bevorzugten Anbauflächen.
Begründet wurden diese von Rebmann angelegten Anbauflächen mit Saatgut aus etwa 250 Gärten und Parks des damaligen deutschen Reichs (Jotz 2014: 3).
Entsprechend unterschiedlich muss das Ausgangsmaterial damals gewesen sein. Aufgrund dieser Anbaugeschichte dürfte nicht mehr zu rekonstruieren sein, welche genaue nordamerikanische Herkunft die heutigen Schwarznuss-Bestände haben.
Eine Korrelation zwischen geographischer Herkunft einerseits und Größe und Gestalt der variablen Nüsse andererseits konnte bislang nicht hergeleitet werden.

2.3 Zur Naturverjüngung der Schwarznuss in Mitteleuropa bzw. Deutschland

Obwohl die Schwarznuss schon seit Jahrhunderten in Mitteleuropa zumindest als Parkbaum kultiviert wird (siehe Kap. 2.2), gab es bis vor wenigen Jahren in Deutschland kaum Meldungen über Verwilderungen oder Naturverjüngung dieser Baumart.

(Dies gilt übrigens auch für ganz Europa. Bei DAISIE/Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (www.europe-aliens.org) wird *Juglans nigra* als subspontan nur für Frankreich, Italien, Madeira, Portugal, Spanien, Tschechien, Ungarn angeben, davon nur in Spanien und Madeira als etabliert.)

So schreibt noch vor wenigen Jahren Schaarschmidt (2012): „Naturverjüngung ist selten".

Wie sehr bislang bzw. auch heute noch Verwilderungen der Schwarznuss von Geländebotanikern, Regionalfloristen und Förstern verkannt werden zeigt die ansonsten so aktuelle, gründliche und umfassende Florenliste für Deutschland von Buttler (6. Version, Stand August 2014). Die Liste vermerkt nur für Berlin, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen Meldungen von unbeständigen Verwilderungen, obwohl entsprechende Nachweise inzwischen auch aus Hessen und Rheinland-Pfalz publiziert sind.

Aber auch in anderen regionalen Standardwerken sind die Angaben zur Schwarznuss sehr beschränkt. (Bei Korneck u.a (1996) wird die Art überhaupt noch nicht erwähnt.)

Ein kleiner Überblick über (z.T. fehlende) Fundangaben im Bereich des Oberrheingrabens:

Hessen:

Bis Mitte der 1990er Jahre tauchte *Juglans nigra* **noch nicht** in der „Standardliste aller in Hessen etablierten und unbeständigen Farn- und Samenpflanzen" auf (Buttler u.a **1996**), obwohl schon Bartsch (1989) erstmals auf eine Naturverjüngung im Bereich von Forstkulturen hinweist.
In der Datenbank FlorKart des Bundesamtes für Naturschutz/BfN (www.floraweb.de) sind inzwischen Funde zumindestens aus Süd-Hessen verzeichnet.
Inzwischen wird die Schwarznuss in Süd-Hessen sogar stellenweise von den Naturschutzbehörden bekämpft, d.h. sie muss schon in größerem Umfang auftreten (siehe **Kap. 6**).

Baden-(Württemberg):

In dem achtbändigen aktuellen Standardwerk zur Flora Baden-Württembergs (Sebald, Seybold & Philippi **1992**; 154) wird die Schwarznuss noch nicht näher behandelt.
(„Bei uns kommt nur die Art *J.regia* vor. Gelegentlich findet man die beiden aus Nordamerika stammenden Arten *J. nigra* (Schwarznuss) und *J.cinera* (Butternuß) als Zierbäume. Sie werden in geringem Umfang auch forstlich kultiviert.")
Offensichtlich lagen den Bearbeitern dieser Flora noch keine Fundmeldungen von Verwilderungen oder von Naturverjüngung aus Baden-Württemberg vor.

In der einige Jahre später erschienenen umfassenderen Florenliste von Baden-Württemberg (Buttler & Harms 1998) ist *Juglans nigra* aufgeführt, mit der Statusangabe „**u**(nbeständig)".
Für diese Liste wurden auch gezielt einige dendrologische und forstliche Arbeiten ausgewertet, u.a. auch die Diplom-Arbeit von Merz (1994). In dieser Arbeit werden erstmals (?) für Baden-Württemberg spontane Jungpflanzen von *Juglans nigra* im Bereich der Ketscher Rheininsel erwähnt.

Die akutellen Verbreitungskarten für Baden-Württemberg (www.florabw.recorder-d.de) geben für 15 MTB-Quadranten Nachweise von *Juglans nigra*, davon in 5 längs der Rheins. Nur 3 von diesen Nachweisen aus BW stammen aus der Zeit vor 2004.

Elsass:

Im Elsass besteht ebenfalls eine (besonders) lange forstliche Anbautradition der Schwarznuss (siehe **Kap.2.2**).
In der Flore d'Alsace (Issler, Loyson & Walter 1965: 172) gibt es aber noch keinen Hinweis auf eine Naturverjüngung in diesen Beständen. Vielmehr steht da nur: „Introduit: forêt de Neuland, vallées vosgiennes". Im Unterschied dazu wird der Status der Walnuss wie folgt beschrieben: „cultivé et subspontané" (S.171)
Auch in der aktuellen Florenliste für das Elsass (Anonymus 2013: 35) findet sich noch kein Hinweis auf eine Naturverjüngung oder Verwilderung („introduit ou cultivé")

Schweiz (im Bereich des Oberrheingrabens, **Region Basel**):

In der sehr gründlichen und ausführlichen „Flora von Basel" (Brodtbeck u.a. 1997: 209) steht bei *Juglans nigra*:
„Zier- und Parkbaum, auch Forstbaum, z.B. Olsberger Wald, Muttenzer Hard, Lange Erlen usw. Kaum verwildernd."

Rheinland-**Pfalz**:

Der möglicherweise erste Nachweis einer (wohl unbeständigen) Verwilderung der Schwarznuss in Rheinland-Pfalz und evtl. sogar in Deutschland erfolgte durch Lohmeyer (1981). Er sah eine Pflanze an einer Ufermauer bei Erpel (MTB 5409/12 Linz) in der Nähe von Neuwied, also im nördlichen Rheinland-Pfalz.

Gerade **in der Pfalz** wären aufgrund der - im Vergleich zu den meisten anderen Bundesländern - relativ großen und alten forstlichen Anbauflächen - eigentlich schon früh Meldungen von Verwilderungen der Schwarznuss zu erwarten gewesen.
Aber weder von forst(wissenschaft)licher Seite (Bartsch 1989) noch von regionalfloristischen Kartierern (Lang & Wolf 1993) wurden bis Anfang der 1990er Jahre eine Naturverjüngung oder eine Verwilderung der Schwarznuss aus der Pfalz gemeldet. Noch in der stark erweit. 2. Aufl. der Flora der Pfalz-Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen für die Pfalz (Lang & Wolf 2011) fehlt *Juglans nigra*.

Naturverjüngungen der Schwarznuss innerhalb der Pfalz wurden erst vor wenigen Jahren erstmals nachgewiesen bzw. publiziert.
Die meisten Meldungen dürften auf die unveröff. Kartierung (zwischen Landau und Germersheim) von Ch. Weingart zurückgehen, so auch die in diesem Raum in der BfN-Karte (www.floraweb.de) verzeichneten.
Als Neophyt innerhalb der Hördter Rheinaue wird *Juglans nigra* erstmals von Vor & Schmidt (2008) bezeichnet.
Auf Verwilderungen innerhalb des Maudacher Bruchs (Ludwigshafen) weist Mazomeit (2009) hin. Dem Verfasser sind darüber hinaus aber auch weitere Verwilderungen von verschiedenen Orten bekannt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass noch vor ca. 25 Jahren so gut wie keine Naturverjüngung und Verwilderung der Schwarznuss aus den Rheinauenwäldern des Oberrheins bekannt waren.
Die meisten - immer noch relativ wenige - Meldungen stammen aus den letzten 20 Jahren.

Das tatsächliche Ausmaß ist offensichtlich noch weitgehend unbekannt.

3. Die Hördter Rheinaue als Untersuchungsgebiet

Das 1966 ausgewiesene Naturschutzgebiet (NSG) „Hördter Rheinaue" ist mit 818 ha das zweitgrößte NSG in Rheinland-Pfalz. Es ist Teil des gleichnamigen, aber deutlich größeren FFH-Gebiets mit 2.382 ha.
Großräumig gesehen liegt es linksrheinisch am nördlichen Oberrhein zwischen Ludwigshafen und Wörth (bei Karlsruhe).
Die nächst gelegenen Orte sind im Norden Sondernheim, im Westen Hördt und Kuhardt, umd im Süden Leimersheim. Die östliche Grenze wird durch den heutigen Lauf des Rheins gebildet. Das NSG liegt insgesamt im Landkreis Germersheim.

Die Hördter Rheinaue ist eine großflächige (ehemalige) Auenlandschaft, die aber heute nur noch zum kleineren Teil in der rezenten Aue liegt.
Der gesamte Naturraum mit seinen Böden und seinen hydrologischen Verhältnissen ist aber sehr stark durch den ursprünglich mäandrierenden Rhein bestimmt (siehe Kinzelbach 1976, z.B. Abb. 5).

„Die Betrachtung der Mäanderentwicklung zeigt, daß der Boden der Rheinaue bis in die jüngste Vergangenheit immer wieder völlig umgelagert und neu sortiert wurde. Daraus ergibt sich einerseits ein lebhaftes Klein-Relief, andererseits eine lokal sehr unterschiedliche Beschaffenheit des Untergrundes.
Das Relief besteht meist aus langgestreckten, rinnenförmigen Hohlformen, bei absoluten Höhenunterschieden von nicht mehr als 2-3 m. Die Vertiefungen sind z.T. trocken, z.T. wechselfeucht, z.T. erreichen sie den Grundwasserspiegel und sind dann dauernd von Wasser erfüllt. Die trockenen und wechselfeuchten Rinnen tragen die lokale Bezeichnung 'Schluten'. (Kinzelbach 1976: 14)

Fast nur mit Ausnahme der vielen kleineren und größeren Wasserflächen wird die gesamte Hördter Rheinaue vorrangig durch ihren Wald- und Forstbestand geprägt.

Eingesprengt in diesen weitgehend geschlossen Wald- und Forstbestand sind nur zwei größere landwirtschaftlich (ackerbaulich) genutzte Flächen.

Die Vielfalt der Fließ- und Stillgewässertypen innerhalb der Hördter Rheinaue ist groß, sie umfasst ziemlich alle Verlandungsstadien.

Die Naturraum typischen Waldstandorte reichen von der von Überstauung geprägten Silberweiden-Aue bis zum sommertrockenen Eschen-Ulmen-Auenwald mit Wolligem Schneeball (Hailer in Kinzelbach 1976: 24).

Das tatsächliche aktuelle Waldbild wird inzwischen vor allem von Bergahorn-, Eschen-, Buchen- und Hybrid-Pappel-(Misch)Beständen bestimmt (siehe **Abb.8**).

In der Hördter Rheinaue wurden schon früh durch den Forst stellenweise florenfremde Baumarten eingebracht.
Von der Größe der Anbaufläche und/oder vom Alter sind dabei vor allem die Schwarznuss und der Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) besonders zu erwähnen.
Insgesamt wurde aktuell eine Vielzahl weiterer ursprünglich florenfremder Baumarten innerhalb des Untersuchungsgebietes als Forstbäume nachgewiesen (siehe **Tab. 4** in **Kap. 5.5**), wovon einige eine Naturverjüngung aufweisen, darunter sogar der Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) und der Götterbaum (*Ailanthus altissima*).

Auch Vor & Schmidt (2008) erwähnen einzelne fremdländische Gehölzarten für das Untersuchungsgebiet.

Der Bereich der Hördter Rheinaue liegt auf einem Höhen-Niveau von 98 - 103 m über NN.

Bei einem Jahresniederschlag von 600-650 mm liegt die Jahresmitteltemperatur bei 9-10° C.

Die Auenböden sind sehr nährstoffreich und kalkhaltig.

Die Hördter Rheinaue ist als Reservepolder für Extremhochwasser vorgesehen (siehe z.B. Schmittecker 2009). Diese Planung wird Auswirkungen auf die forstliche Nutzung wie auch auf die Artenzusammensetzung haben.

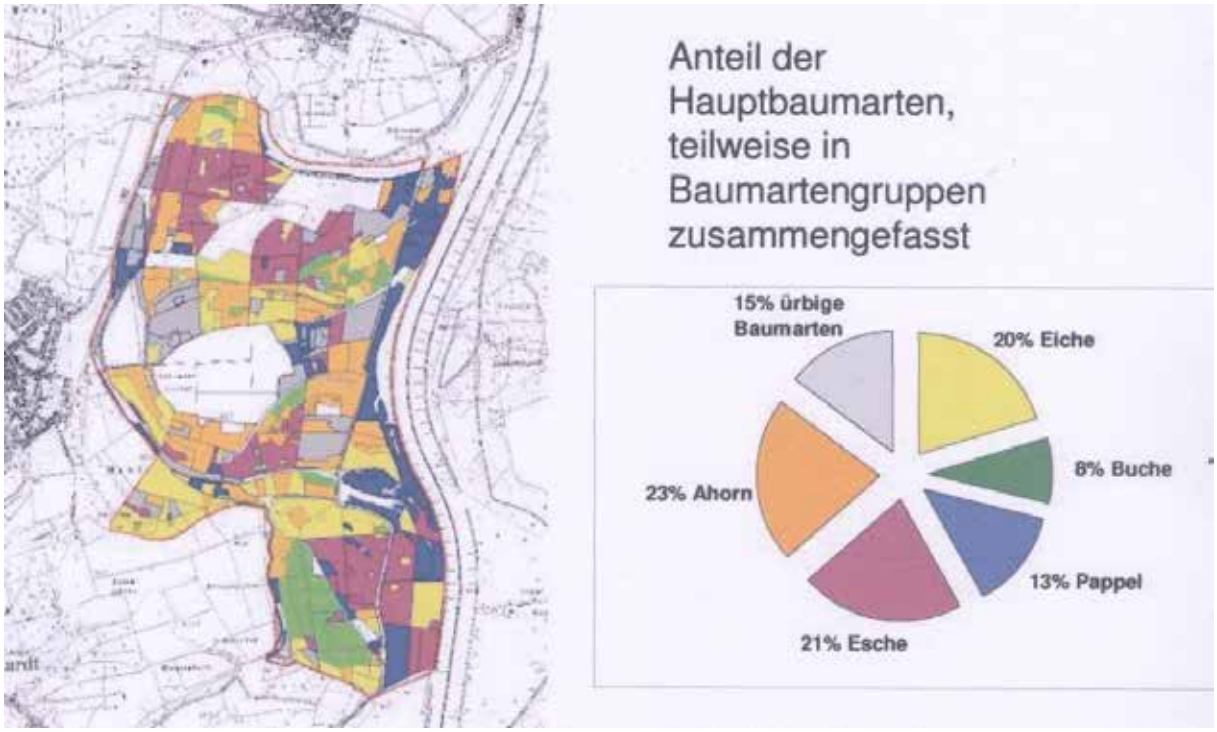


Abbildung 8: Hauptbaumarten in den Wäldern des NSG Hördter Rheinaue (aus Schmitteckert 2009: 2).

4. Zur Untersuchungsmethode

4.1 Zur Erfassung der Anbauflächen der Schwarznuss

Ursprünglich wurde (methodisch) davon ausgegangen, dass die forstlichen Anbauflächen der Schwarznuss innerhalb des Untersuchungsgebietes bekannt und klar abgrenzbar sind.

Tatsächlich liegen zwei unterschiedliche Forsteinrichtungskarten für das Untersuchungsgebiet vor. Die ***neuere*** Karte gibt für die jeweiligen Abteilungen für die einzelnen Baumarten (in diesem Fall *Juglans nigra*) nur Prozentangaben an. Sie ist dadurch für die Unterscheidung und Abgrenzung von gepflanzten und spontanen Beständen keine große Hilfe.
Nur in dem Fall, dass für eine ganze Abteilung keine Schwarznuss-Anteile angegeben sind, kann beim Auftreten von Schwarznuss-Exemplaren von einer Verwilderung ausgegangen werden.

Die ***ältere*** Karte verortet die Schwarznuss-Bestände relativ genau. Eigenen Beobachtungen und Erhebungen im Gelände zufolge ist diese ältere Darstellung aber nicht ganz aktuell bzw. vollständig. (Die Biotoptypenkartierung im Zusammenhang mit der Polderplanung (lagen dem Bearbeiter im Detail nicht vor.)

Dementsprechend wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung versucht, die tatsächlichen Anbauflächen (mit Hilfe aktueller Luftbilder und von Geländebegehungen) abzugrenzen.
Bei größeren zusammenhängenden, mehr oder weniger homogenen Anbauflächen ließ sich dies relativ gut durchführen.
Es gibt aber im Untersuchungsgebiet immer wieder auch Mischbestände, kleinere Bestände (in Gruppen oder Reihen) oder gar Einzelbäume der Schwarznuss.
In diesen Fällen gibt es zumindest zwei Schwierigkeiten:

Erstens lassen sich diese im Luftbild (im Unterschied zu den größeren (Rein-)Beständen nur schwierig überhaupt lokalisieren, insbesondere wenn es sich nur um junge Bäume handelt, die noch keine größeren Kronen entwickelt haben.
Da die Kartierung im Gelände (aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes) im wesentlichen längs der Wege erfolgte, sind und waren Einzelbäume im Bestand naturgemäß leicht zu übersehen.
Zweitens ist diesen kleinen Beständen ihre Entstehungsgeschichte meistens nicht zweifelsfrei anzusehen: Sofern sie in keiner forstlichen Erfassung aufgeführt sind, können sie genauso gepflanzt wie auch von selbst angesamt sein.
In manchen Fällen lassen sich Charakter und Status dieser Bestände aufgrund von Zusatzbeobachtungen und -merkmalen deuten, aber meistens nur mit einer unterschiedlich hohen Wahrscheinlichkeit.
Einige dieser Fälle werden später näher dargelegt .

Um die Anbauflächen kartografisch darzustellen und abzubilden, wurde eine eigene stark vereinfachte Flächennutzungskarte (Wald/Forst; Acker, Gewässer, Grünland, Wege) des Untersuchungsgebietes erstellt.

Im Ergebnis wurden die zusammenhängenden Anbauflächen der Schwarznuss in einer aktuellen Karte erfasst (siehe **Abb.9** in **Kap. 5.1.**).

4.2 Zur Erfassung der Naturverjüngung der Schwarznuss

Die exakte Feststellung einer Naturverjüngung von forstlich genutzten Baumarten kann vor allem innerhalb von forstlich geprägten Waldbeständen Schwierigkeiten bereiten.

Methodisch zweifelsfrei und eindeutig lässt sich eine (beginnende) Naturverjüngung anhand von Keimlingspflanzen feststellen, denn das Vorhandensein von Bäumen wie auch von etwas älteren Jungpflanzen einer Forstbaumart innerhalb des Forstes kann und wird in den meisten Fällen auf Anpflanzungen beruhen.
Keimlingspflanzen lassen sich aber meist nur zu bestimmten Zeiten innerhalb des Jahres gut erkennen. (In der zweiten Jahreshälfte oder gar im letztes Jahresquartal, in der z.T. die Geländearbeiten der vorliegenden Studie stattfanden, sind Keimlinge nur noch in wenigen Fällen eindeutig erkennbar.)

Die erfolgreiche Keimung ist aber auch nur ein - nach der Hervorbringung von reifen Früchten - weiterer Schritt zur erfolgreichen Naturverjüngung. Das Überleben der einjährigen Junpflanzen im Winterhalbjahr (mit den i.d.R. dazugehörigen Frösten) zählt ebenfalls dazu.

Für die vorliegende Untersuchung mit ihren speziellen Fragestellungen sind aber gerade nicht nur die Keimlingspflanzen und ganz jungen Pflanzen von Interesse, sondern vor allem die älteren (sub-)spontan aufgewachsenen Exemplare und Bestände.

Bei der Erfassung im Gelände wurde methodisch so vorgegangen, dass **+/- isoliert** wachsende **junge** Schwarznuss-Exemplare **außerhalb ihrer Anbauflächen** als spontan angesamte Pflanzen angesehen und kartiert wurden.

Von einer genauen quantitativen Erfassung der Naturverjüngung ***innerhalb*** der Anbauflächen wurde aus folgenden Gründen schnell abgesehen:
Die Naturverjüngung der Schwarznuss ***außerhalb*** der Anbauflächen ist schon für sich zahlreich und umfangreich. Schon außerhalb der Anbauflächen bestehen bei einigen Beständen gewisse Probleme (siehe oben) bei der eindeutigen Identifizierung von spontanen Exemplaren.
Diese Schwierigkeiten sind innerhalb der Anbauflächen noch viel größer.
Einige Schwarznuss-Anbauflächen sind recht inhomogen in der Wuchsstärke der einzelnen Schwarznuss-Exemplare. Im nachhinein lässt sich nur in wenigen Fällen zweifelsfrei rekonstruieren, ob es sich bei den schmächtigeren und dünneren Exemplaren im Bestand um Kümmerbäume, Stockauschläge oder aber um subspontanen Jungaufwuchs handelt.
Dass inzwischen Naturverjüngung in und und vor allem an diesen Beständen stattfindet ist aber evident und jedesmal beobachtet worden. Für die Fragestellung der vorliegenden Untersuchung, auch unter dem Aspekt der „Invasivität" ist der spontane Aufwuchs *außerhalb* von Anbauflächen weit interessanter und relevanter.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden vor allem die **Weg- und Waldränder** gezielt nach (sub-)spontanen Exemplaren der Schwarznuss abgesucht und untersucht.

Die Schwerpunktsetzung auf diese Bereiche erfolgte vor allem aus folgenden vier Gründen:

1. Erste Beobachtungen wie auch das Vorwissen der vor Ort im Forst Tätigen wiesen darauf hin, dass eine Naturverjüngung vor allem an diesen Standorten zu beobachten ist (**Schwerpunkt-Vorkommen**).
2. Nur durch eine derartige **Begrenzung** des Untersuchungsrahmens konnte überhaupt mit einem vertretbaren Aufwand die gesamte Hördter Rheinaue untersucht werden.
3. Die Weg- und Waldränder können als ein **+/- repräsentatives Untersuchungsnetz** für das Untersuchungsgebiet betrachtet werden.
4. Eine **Reproduzierbarkeit**/Überprüfung/Nachkontrolle der Untersuchungsergebnisse (zum Beispiel mit einem gewissen zeitlichen Abstand) lässt sich längs dieser linearen Untersuchungsflächen leicht(er) durchführen.

Die Erfassung des spontanen Schwarznuss-Jungaufwuchses längs der Wege erfolgte durch ein schrittweises Abfahren (mit dem Fahrrad).
Die meisten Wege wurden in beide Richtungen abgefahren, manche auch mehrfach und zu unterschiedlichen Zeiten. Dabei wurde bemerkt, das die meist einzeln wachsenden Exemplare je nach Begleitvegetation z.T. auch leicht übersehen werden können.
Waldränder (und einige Gewässerränder) ohne Wege (z.B. an Ackerrändern) wurden zu Fuss abgegangen.

Außer an Weg- und Waldrändern wurde vereinzelt auch Jungaufwuchs abseits der Wege im Bestand beobachtet und dann auch erfasst (siehe **Tab.3**). Diese Beobachtungen sind aber in keiner Weise auch nur annähernd repräsentativ und vollständig. Meistens handelt es sich um Beobachtungen, die vom Weg aus gemacht wurden. Naturgemäß hängt die Möglichkeit einer derartigen Beobachtung (in einer Entfernung zum Weg) mit der Offenheit des Bestandes zusammen. Gerade solche Beobachtungen sind aber natürlich von besonderem Interesse, da sie weitere Aspekte der Möglichkeit und Voraussetzung der Naturverjüngung aufzeigen, auch wenn es sich bei diesen Beobachtungen fast ausschließlich um Jungpflanzen handelt. (Auf die Problematik, ältere Exemplare im Bestand als spontan angesiedelte zu identifizieren, wurde schon hingewiesen.)

In der aktuell erstellten stark vereinfachte Flächennutzungskarte (Wald/Forst; Acker, Gewässer, Grünland, Wege) des Untersuchungsgebietes (siehe Kap. **4.1**, Kap. **5.1**) wurden die erfassten subspontanen Schwarznuss-Exemplare nur außerhalb ihrer Anbauflächen dargestellt (**Abb. 3**).

Die subspontanen Exemplare wurden wie folgt unterschieden und in der Karte verortet:

● = kniehohe Expl.* ..... kleiner 60 cm

■ = knie- bis mannshohe Expl. ..... 60 - 180 cm

♦ = übermannshohe Expl. ..... höher 180 cm

✶ = fruchtende Exemplare .....

■■■■ zahlreiche, nicht mehr im einzelnen zu lokalisierende Aufwüchse

* Bei den ungefähr kniehochen Exemplare dürfte es sich in der Regel um ein- bis maximal zweijährige Jungpflanzen handeln.

Die Höhe allein ist letztlich kein ausreichendes Kriterium für das Alter eines Exemplars, da einerseits Stockauschläge vorkommen und andererseits die Schwarznuss schnell- und starkwüchsig ist.

5. Ergebnisse

5.1 Die forstlichen Schwarznuss-Anbauflächen

Im Rahmen der aktuellen Kartierung konnten **knapp 40** Schwarznuss-Anbauflächen (ohne allerjüngste Schonungen/Aufforstungen) im Bereich der Hördter Rheinaue lokalisiert und erfasst werden. (Dabei sind **nicht alle** Einzelbäume oder sehr zerstreut in Misch-Beständen vorkommende Exemplare erfasst, wie auch sicher nicht alle ganz kleinen Schwarznuss-Bestände, die sich auch nicht mittels Luftbildauswertung eindeutig erkennen lassen.)
Bei den jüngeren Beständen handelt es sich häufig um Reinbestände/Monokulturen, während in den älteren Anbauflächen die Schwarznuss auch in Mischbeständen auftritt.

Die erfassten Anbauflächen haben eine Größe von **ca. 0,04 ha** bis **4,7 ha**.

Einige Schwarznuss-Bestände (*) lassen sich anhand des Luftbildes nicht eindeutig abgrenzen, in diesem Fällen fehlt (bislang noch) eine Flächenangabe.

Die **lfd. Nr.** der Anbauflächen wurden vom Bearbeiter aufgrund ihrer räumlichen Lage vergeben.

Der Stamm-Umfang (in cm in 1 m Höhe) wurde an einem starken (für den Bestand) repräsentativen Exemplar gemessen.

Abkürzungen (für die Tab. und die Anmerkungen bei den Fotoaufnahmen):
St-U: Stamm-Umfang (gemessen **in cm in 1 m Höhe**)
B.: Bestand (unterschieden nach *Rein*- und *Misch*-Bestand)
Uw: Krautschicht/Unterwuchs, sofern auffällig u. charakteristisch für den Bestand

stw.: stellenweise
c.: cirka
o: oben
u: unten

Tabelle 2:

Forstliche Anbaufläche der Schwarznuss

lfd.Nr	Abtl.	Rein-/Misch-B.	Größe *	St.-Umf.	Alter	Bemerkungen Uw.
NW-1		Rein		33		*Solidago*
NW-2		Rein	0,35	70		stw. *Solidago*
NW-3						
NW-4		Rein	0,1	46		
NW-5						
NW-6		Rein	0,12	55/62		stw. *Rubus caesius*
NW-7		**Misch**	0,74	**105/117**		stw. *Solidago*
NW-8			0,17	69		
NW-9		Rein				stw. *Solidago*
NW-10						
NM-1		**Misch**,v.a. Tilia	0,23	**100**		
NM-2		Rein	0,3	62 - F		*Aegopodium*
NM-3		Rein	0,23	75 - F		*Solidago !*
NM-4		Rein		38		viel *Aegopodium*
NM-5		**Misch**				
NO-1		**Misch**		**115/146**		(160
NO-2		Rein	0,13	60		
NO-3		Rein	0,09	63		viel *Acer*-Jpfl.
NO-4		**Misch**	**4,7**			
MO-1		Rein	0,04	50		*Solidago* lückig
MO-2		**Misch**	**1,64**	80		**keine Störzeiger**
MO-3		**Misch**	0,6	**137**		**keine Störzeiger**
MO-4		+/- Rein-	0,9	65 (**125**		
MO-5				52		*Aegopodium/Solidago*
MO-6a	Gr. Brenn	**Misch**-	*insg.*:	**150(200**		stw. *Aegopodium*
MO-6b		Rein-	2,6			*Solidago* !
MO-7		Rein	0,18			
MO-8		**Misch**	0,23	**200**		
MS-1			0,1			
MS-2		Reihenpflanzung	0,2			
MS-3		Reihenpflanzung	0,2			
MS-4		Rein	0,64	89		*Solidago* !
SW-1	nördl. Kaiserweg	-sehr inhomogen -	2,2	**115**		*Solidago*
SW-2	südl. Kaiserweg		0,57	<40		
SW-3a		-sehr inhomogen	*insg.:*	(**126**		
SW-3b		**Misch** (mit Fagus)	1,3			keine Störzeiger
SW-4	südl. Kaiserweg	(Misch): rel.wenige	0,5	**110**		
S		**Misch**	1			keine Störzeiger

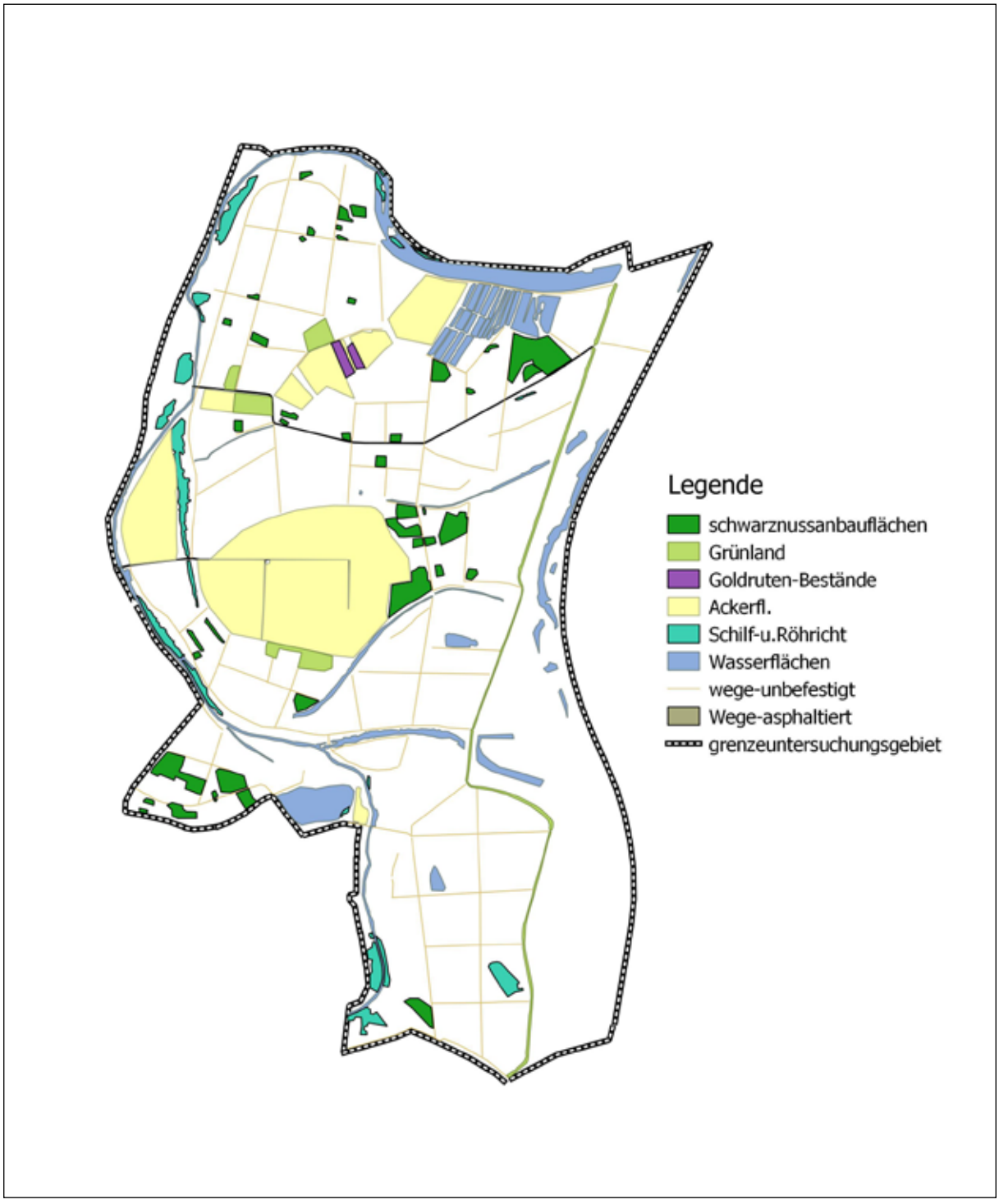


Abbildung 9: Schwarznuss-Anbauflächen im Bereich der Hördter Rheinaue (Arbeitskarte).

Abbildung 10: NH-6: Rein-B. (St-U: ca. 60), Uw: stw. *Rubus* [Foto: Mazomeit].

Abbildung 11: NM-1: Misch-B. (St-U: 100) mit *Tila* [Foto: Mazomeit].

Abbildung 12: NO-1: Misch-B. (**St-U: - 160**) [Foto: Mazomeit].

Abbildung 13: NO-2: Rein-B. (St-U: 60) [Foto: Mazomeit].

Abbildung 14: MO-6a: Misch-B. (v.a. Buchen) (St-U: 150 (-200) [Foto: Mazomeit].

5.2 Zur Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue

Aufgrund der diesjährigen Kartierungen im Untersuchungsgebiet der Hördter Rheinaue kann als Haupt-Ergebnis festgestellt werden, dass in diesem Bereich eine Naturverjüngung der Schwarznuss im hohen Umfang stattfindet, auch außerhalb der eigentlichen forstlichen Anbauflächen.

Schwerpunktmäßig lässt sich dieser spontane Jungaufwuchs (außerhalb der Anbauflächen) vor allem längs der Wege feststellen, was z.T. methodisch bedingt ist (siehe **Kap. 4.2**).
Insbesondere Jungpflanzen finden sich aber auch innerhalb von ganz unterschiedlichen Forst- und Waldbeständen. Diese Beobachtungen wurden mehr oder weniger zufällig gemacht und sind nicht Ergebnis eines systematischen Absuchens! (siehe **Tab. 3**).
Größere (übermannshohe) Exemplare konnten vor allem an einigen Waldrändern nachgewiesen werden.
Zumindest an zwei Stellen (außerhalb der eigentlichen Anbauflächen) konnten auch schon fruktifizierende Exemplare der zweiten Generation nachgewiesen werden.

Tabelle 3:

Wuchsorte / Standorte spontan aufgewachsener Schwarznüsse im Bereich der Hördter Rheinaue
forstliche Anbauflächen/Alt-Bestand
Schonungen
Wegränder
Waldränder
Windwurfflächen
Lichtungen
Buchenmischwälder
(lichter) Ahorn-Birken-Forst
lichter Ahornforst
lichter Pappel-Ahorn-Forst
Pappel-Bestand
Pappel-Eichen-Bestand
Silberweiden-Bestand
Weiherrand
Schilf-Bestand
Seggen-Bestand
Acker
auf Wegen
kleine Aufschüttungen
Baustelle (Dammerhöhung)

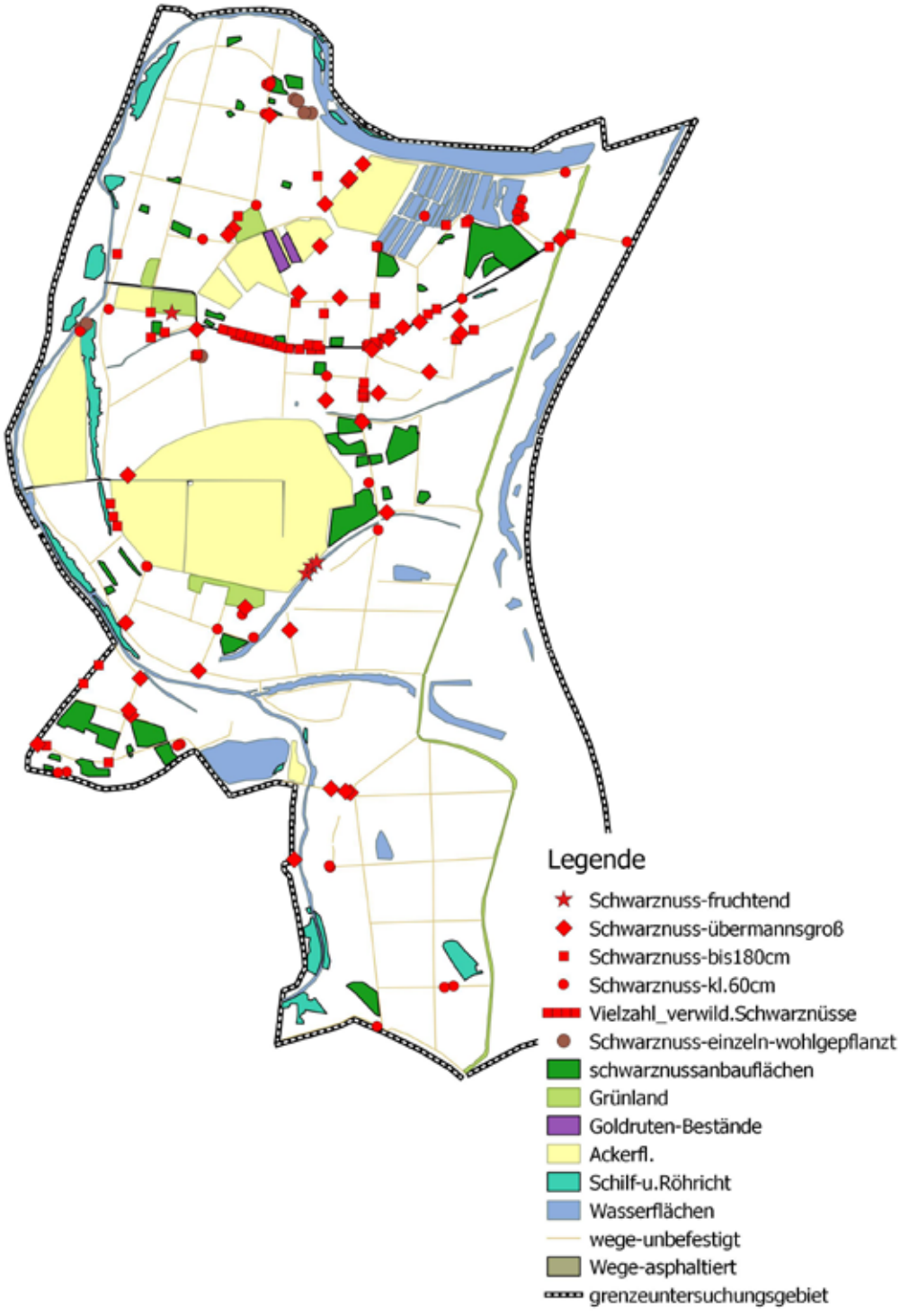


Abbildung 15: Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue außerhalb ihrer Anbauflächen (vorläufige Arbeitskarte).

5.2.1 Ausgewählte exemplarische Wuchsorte auf unterschiedlichen Standorten

Spontan angesamte Schwarznuss-Exemplare **auf anthropogenen** und gestörten Standorten:

Abbildung 15: Jungpflanze (Keimling, noch mit erkennbarer Nuss) **auf** unbefestigtem Wald**weg** [Foto: Mazomeit].

Abbildung 16: *J. nigra*-Exemplare auf einer Aufforstungsfläche. Die Exemplare scheinen offensichtlich nicht zu den aufgeforsteten Pflanzen zu gehören (Bereich Hirtenhäusel) [Foto: Mazomeit].

Abbildung 17: Besonders viele, unterschiedlich große angesamte Schwarznuss-Exemplare wachsen längs des zentralen, W-O ausgerichteten Asphaltweges [Foto: Mazomeit].

Abbildung 18: Spontan angesamte, größere, jedoch noch nicht fruchtende Schwarznuss-Exemplare **an Waldrändern** (nordwestexponiert an einem Acker) [Foto: Mazomeit].

Abbildung 19: Beispiele für spontan angesamte Exemplare in einem lichten Ahorn-Birken-Bestand [Foto: Mazomeit].

Abbildung 20: Beispiele für spontan angesamte Exemplare in einem Eichen-Pappel-Bestand [Foto: Mazomeit].

Abbildung 21: *Juglans nigra*-Jungpflanze in einem dichten Bestand aus Goldruten (und Giersch) [Foto: Mazomeit].

5.2.2 Fruchtende (spontan angesamte) Exemplare

Abbildung 22: Fruchtende (spontan angesamte) Exemplare an Wiesenrand [Foto: Mazomeit].

Abbildung 23: Fruchtende (spontan angesamte) Exemplare am südöstlichen Rand der Ackerfläche sudwestlich der "Großen Brenn" (die Schwarznuss-Exemplare heben sich mit ihrem hellgrünen Herbstlaub deutlich von den Weiden ab) [Foto: Mazomeit].

5.2.3 Unklare Fälle älterer, z.T. schon fruchtender Schwarznuss-Exemplare

Abbildung 24: Zwei schön gewachsene, bereits fruchtende Schwarznuss-Bäume am Weg abseits forstlicher Anpflanzungen und potenzieller Mutterbäume als ein Beispiel für die Schwierigkeiten, den Status von manchen insbesondere einzelnen älteren Schwarznuss-Exemplare zu ermitteln und richtig anzugeben (Bereich der Nordspitze der Gewanne "Gerhardkies") [Foto: Mazomeit].

5.3 Die Walnuss (*Juglans regia*) im Bereich der Hördter Rheinaue

Die Angaben zum Status der Walnuss in Mitteleuropa sind widersprüchlich (zumindest interpretierbar).

Allgemein akzeptiert ist der folgende Abschnitt der Walnuss-Geschichte in Mitteleuropa:

„Im Tertiär war die Gattung *Juglans* Teil der mitteleuropäischen Flora, wurde im Pleistozän jedoch gänzlich in die transkaukasischen und pontischen Gebirge verdrängt. In Mitteleuropa lassen sich Pollen erst wieder seit dem Neolithikum nachweisen“ (Sebald, Seybold & Philippi 1992: 155).

Die entscheidende Frage ist, wie die Pollen- und Nuss-Schalenfunde, die in der Folgezeit nachgewiesen wurden, interpretiert werden. Denn sie können gleichermaßen von kultivierten wie von verwilderten Beständen stammen.
Auffällig ist, dass erst relativ spät (im 19. Jahrhundert) wilde Vorkommen in Deutschland entdeckt und publiziert wurden.

Dennoch wird die Walnuss häufig als Archäophyt bezeichnet oder gar als indigen (zumindest für Hessen, Buttler-Florenliste).
In der (noch) aktuellen Roten Liste (mit Florenliste) für Deutschland (Korneck u.a. 1996: 88) wird die Walnuss als neophytisch in Hessen und Baden-Württemberg und unbeständig in Bayern angesehen.

In Rheinland-Pfalz wird sie als (ursprünglich) vorkommend eingestuft.

Im Bereich der Hördter Rheinaue finden sich (angesamte) Jungpflanzen der Walnuss (*J. regia*) ähnlich häufig wie von der Schwarznuss (*J. nigra*).
Eine Auswertung und Interpretation dieser Beobachtungen wie auch von älteren Exemplaren ist aber noch schwieriger als bei der Schwarznuss, da die Walnuss im Untersuchungsgebiet so gut wie nicht im Bestand, sondern fast ausschließlich einzeln oder in Gruppen forstlich kultiviert wird, d.h. im Fall eines älteren, fruchtenden Baumes ist die zweifelsfreie Identifikation als (sub-)spontanes Exemplars praktisch nicht möglich.

Erschwerend kommt hinzu, dass auch kultivierte Exemplare zum Leidwesen des Forstes oftmals keine „forstliche Statur“ zeigen, so dass auch der Habitus und das Erscheinungsbild nicht als ein Kriterium für eine Verwilderung herangezogen werden können.
Viele Walnuss-Verwilderungen an den Waldrändern dürften darüber hinaus ihren Ursrpung nicht im Bereich des Forstes, sondern im Bereich der Landwirtschaft haben. So wachsen in den vorhandenen landwirtschaftlichen Enklaven im Bereich der forstlich genutzten Hördter Rheinaue zumindest einzelne ältere Walnussbäume.

Zu den Unterscheidungsmerkmalen zwischen *J. nigra* und *J. regia* siehe **Kap**. **2.1.2**.

5.4 Die Hybrid-Nuss (*Juglans x intermedia*) im Bereich der Hördter Rheinaue

Zwischen der Schwarznuss (*Juglans nigra*) und der Walnuss (*J. regia*) gibt es eine durch Zufall entstandene Hybride (J. x *intermedia*), die ebenfalls als Forstbaum genutzt wird.

Sie besitzt gegenüber ihren Eltern einige Eigenschaften, die sie aus *forstlicher* Sicht besonders interessant und vielversprechend erscheinen lässt (Jotz 2014: 7), u.a

- ein schnelles Höhen- und Durchmesserwachstum
- eine gute Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen.

Aus *naturschutzfachlicher* Sicht ist hervorzuheben, dass sie

- wenig(er) fruchtbar sein soll, d.h. ein geringes invasives Potenzial besitzen soll

Neben Einzelindividuen wurde im Bereich der Hördter Rheinaue im Rahmen der aktuellen Kartierung nur ein kleiner forstlicher Bestand der Hybrid-Nuss erfasst.

5.5 Weitere florenfremde Gehölze im Bereich der Hördter Rheinaue

Bei der Kartierung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue fielen auch einige andere ursprünglich florenfremde Gehölzarten auf (siehe Tab. 4).

Diese Beobachtungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, insbesondere da die Identifikation und die Erfassung von Arten bestimmter Gattungen (z.B. *Fraxinus, Populus, Ulmus, Tilia*) eine sehr gezielte und systematische Vorgehensweise und Kartierung erfordert.

Die (sicher noch unvollständige und deshalb vorläufige) Liste wird nur deshalb an dieser Stelle dokumentiert, um den Umfang der Verwilderungen der Schwarznuss (im Vergleich zu den anderen forstlich kultivierten Baumarten) quantitativ besser einordnen zu können.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass kaum eine andere fremdländische Gehölzart im Bereich der Hördter Rheinaue derart häufig verwildert auftritt wie die Schwarznuss.

Sicher spielt der (unterschiedliche) Umfang der forstlichen Nutzung der einzelnen Arten dabei eine Rolle, der Grad der Verwilderung lässt sich aber nicht allein damit erklären.

Tabelle 4:

Zur Vorkommen und zur Naturverjüngung einiger ursprünglich florenfremder Baumarten im Bereich der Hördter Rheinaue (eigene Beob. in 2014 - ohne Anspruch auf Vollständigkeit*)

	im forstlichen Bestand	**Naturverjüngung**	VS*	Bemerkungen
Acer negundo	ss	ss	N	
Aesculus hippocastanum	zerstreut	**z**	N	meist nur Jungpflanzen
Ailanthus altissima	**ss**	**s, aber zahlreich**	N	
Alnus incana	z	s	S	
Alnus x pubescens	ss		-	
Catalpa spec.	ss	-	S	VS als bignonioides
Celtis occidentalis	ss	-	-	
Corylus colurna	s		-	
Fraxinus americana	s	ss	-	
Fraxinus pennsylvanica	?	?	N	
Gleditsia triacanthos	ss	ss	-	spont. Rheinböschung
Juglans x intermedia	s		-	
Juglans nigra	**häufig**	**häufig**	N	
Juglans regia	**zerstreut**	**häufig**	A	
Liriodendron tulipifera	s	stellenweise	S	..
Malus domestica	s		-	
Morus alba	ss	evtl. 1x verwild.	S	
Paulownia tomentosa	**- - (?)**	**ss (1x)**	-	
Platanus x hispanica	s	-	-	
Populus x canadensis	**häufig**	?	N	vor allem in der rez.Aue
Populus trichocarpa	stellenweise		-	vor allem in der rez.Aue
Robinia pseudoacacia	**zerstreut**	**häufig**	N	
Sequiadendron giganteum	**?**	**?**	S	
Sorbus cf. aucuparia	s		-	
Sorbus cf. aria	ss		-	
Sorbus torminalis	s		-	
Tilia tomentosa	ss	-	-	1 Expl. Ber. Gerhardkies
Tilia x vulgaris	s		-	

ss: sehr selten (nur Einzelbeobachtungen)
s : selten (zumindest einige Beobachtungen)
z : zerstreut (an mehreren Stellen, aber nicht bestandsbildend)
VS= von VOR & SCHMIDT (2008) im Bereich der Hördter Rheinaue nachgewiesen:
N : Neophyt
A : Archäophyt
S: Synanthrop

6. Schlussfolgerungen/Diskussion der Ergebnisse mit besonderer Berücksichtigung des Aspektes der „(potenziellen) Invasivität der Schwarznuss“

Die wesentliche Zielsetzung der vorliegenden Studie war, den Umfang der Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue zu ermitteln, um dadurch zu einer ersten Einschätzung hinsichtlich der Etablierung und einer potenziellen oder vorhandenen Invasivität der Schwarznuss zu gelangen.

Als Hauptergebnis der aktuellen Kartierung kann eindeutig festgestellt werden:
Eine Naturverjüngung der Schwarznuss (*Juglans nigra*) findet im Bereich der Hördter Rheinaue statt, stellenweise in großem Umfang.

Nicht ganz so eindeutig lassen sich die nächsten Fragen beantworten:
Wie sieht es mit der Etablierung (Einbürgerung) und der potenziellen bzw. tatsächlichen Invasivität der Schwarznuss aus?

In diesem Zusammenhang muss einerseits auf die Begriffe *Naturverjüngung*, *Etablierung* (*Einbürgerung*) und *Invasivität* eingegangen werden; andererseits müssen diese Begriffe voneinander unterschieden und abgegrenzt werden,

Im forstlichen Bereich versteht man unter **Naturverjüngung** den spontanen Nachwuchs eines Gehölzbestandes im Unterschied zu dem künstlich und aktiv durch Saat oder Pflanzung begründeten.

Der **Einbürgerungsgrad** einer Gehölzart kann wie folgt (**Tab. 5**) vereinfacht und etwas schematisch in Stufen dargestellt werden.
Ob eine ursprünglich fremdländische Art eingebürgert/etabliert ist, wird in der Fachliteratur (z.B. Buttler & Harms 1998: 63) inzwischen meist an drei Kriterien festgemacht:

a) an der *spontanen Reproduktionsfähigkeit*: Die Art muss sich im Gebiet *spontan* generativ fortpflanzen oder vegetativ vermehren.

b) an der *Zeitdauer*: Der Art muss dieses Verhalten schon mindestens 25 Jahre im Gebiet gezeigt haben.

c) an einem *Areal*: Die Art muss ein Areal *selbstständig* besiedelt haben. (Die rein vegetative Ausdauer an einem Ort reicht nicht!)

Bei einem strengen Zugrundelegen dieser Kriterien kann von einer Einbürgerung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue noch nicht (sicher) gesprochen werden, denn ob die ältesten verwilderten Exemplare schon 25 Jahre alt sind, ist nicht gesichert.

Die relativ neuen Begriffe **Invasivität** bzw. **invasive Arten** werden unterschiedlich verwendet. Dies ist durchaus problematisch, da letzterer inzwischen in das Naturschutzrecht Eingang gefunden hat. Die Verwendung nicht nur in der Öffentlichkeit, sondern auch in der Wissenschaft kann sich durchaus von der in der Rechtssprechung unterscheiden.
Die Autoren (Nehring u.a. 2013: 12) der aktuellen grundlegenden Publikation des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) zu diesem Thema stellen deshalb fest:

„Invasive Arten sind gebietsfremde Arten, die in ihrem neuen Areal die Biodiversität (Vielfalt der Lebensräume, Arten und Gene) gefährden (CBD 2000, 2002)“ und merken zugleich an:

„Dem Sinn der CBD* (2000, 2002) entsprechend bezieht sich der Begriff „invasiv“ ausschließlich auf die Gefährdung der biologischen Vielfalt. Das entspricht auch der Definition von „invasiv“ im deutschen BNatSchG (§ 7 Abs. 2 Nr. 9, „invasive Art: eine Art, deren Vorkommen außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets für die dort natürlich vorkommenden Ökosysteme, Biotope oder Arten ein erhebliches Gefährdungspotenzial darstellt“). ...

Zu beachten ist ..., dass speziell in der Wissenschaft oft eine abweichende, auf ausbreitungsbiologische Parameter abzielende Verwendung des Invasionsbegriffs (vgl. Wissenschaftszweig „Invasionsbiologie“) üblich ist.“

* Convention of Biological Diversity

Mit anderen Worten:
***Naturschutzrechtlich* ist nicht *per se* die Ausbreitungsdynamik einer Art entscheidend, sondern ihre Auswirkungen** (oder auch das Gefährdungspotenziel) **gegenüber** der vorhandenen **ursprünglichen und schützenswerten** Biodiversität, in Gestalt und Form ihrer **Lebensräume, Arten** und Gene.

Mit zunehmendem Einbürgerungsgrad steigt (i.d.R.) auch der Grad der „Invasivität" einer ursprünglich floren- oder gebietsfremden Art, da die Etablierung der Art meist (aber nicht immer) auf Kosten der ursprünglichen und natürlichen Vegetation und ihrer Arten geht.

Bei Zugrundelegung der Darstellung der Tab.5 lässt sich der Status der Schwarznuss innerhalb der Hördter Rheinaue aufgrund der aktuellen Erhebungen im Bereich zwischen Stufe 5 und 6 einordnen:
Eine Naturverjüngung findet (stellenweise) im größerem Umfang statt und eine Tendenz zur Etablierung ist auch außerhalb der Anbauflächen zu erkennen. Schon fruchtende Exemplare außerhalb der Anbauflächen, also fruchtende spontan angesamten Exemplaren, sind aber noch selten. Der genaue Umfang dieser fruchtenden selbst angesamten Exemplaren lässt sich aber nicht immer genau ermitteln, da gerade bei diesen älteren Exemplaren in einigen Fällen der spontane Charakter nicht eindeutig ist.

Tabelle 5:

Zum Einbürgerungsgrad einer Gehölzart (eigene Darstellung)

Stufe/Grad		
8	**Verdrängung der natürlichen Vegetation**	**invasive Art (im rechtl. Sinne)**
	↑	
7	**Etablierung in der natürlichen Vegetation**	*Apophyt*
	↑	
6	**Etablierung auf naturnahen Standorten**	↑ *„invasive Art" i.w.S.*
	↑	*- Status der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue*
5	**Naturverjüngung** unter +/- natürlichen Bedingungen auf +/- **naturnahen** Standorten	***- Status der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue***
	↑	
4	dauerhafte **Etablierung** auf *naturfernen* Standorten	↑ *Neophyt* (u.U. *„invasive Art* " i.w.S.)
	↑	
3	**Naturverjüngung** auf *naturfernen* / anthropogenen Standorten	wenn nicht von Dauer: *Ephemerophyt*
	↑	
2	Erzeugung **fertil**er Früchte (od. vegetative Ausbreitung)	Kulturpflanze
	↑	
1	**winterhart** im Freiland (auch ohne Schutzmaßnahmen)	Kulturpflanze

Über die (potenzielle) Invasivität der Schwarznuss (im Umfeld ihrer Anbauflächen) besteht derzeit unter Fachleuten/Experten und Naturschützern keine Einigkeit.
Dies hängt nicht zuletzt auch mit der z.T. noch vorhandenen bis vorherrschenden Einschätzung zusammen, dass sich die Schwarznuss in Mitteleuropa kaum oder nur schwer naturverjüngt (stellvertretend: Schaarschmidt 2012: 8, Jotz 2014: 2 und 8).

Tatsächlich liegen bislang verhältnismäßig wenige Meldungen über Verwilderungen vor. Die meisten von ihnen sind jüngeren Datums (siehe Kap. **2.3**). Bei einer Auswertung der forstlichen wie auch der regionalfloristischen Literatur (siehe Kap. **2.3**) muss man zu dem Schluss kommen, dass die Naturverjüngung der Schwarznuss in Mitteleuropa tatsächlich erst ein sehr junges Phänomen ist.

In der aktuellen Liste der invasiven Pflanzenarten des Bundesamtes für Naturschutz (Nehring u.a. 2013b) wird die Schwarznuss nicht geführt, nicht einmal als potenziell invasiv.
Die Autoren schränken ihre Liste aber insoweit ein, dass sie den nicht abschließenden Charakter ihrer Liste betonen: „Es ist momentan nicht auszuschließen, dass es einige wenige weitere invasive oder potenziell invasive Gefäßpflanzen in Deutschland gibt, die jedoch im Rahmen der Vorrecherche nicht erfasst wurden" (S.39)

Das Regierungspräsidium Darmstadt hingegen stuft die Schwarznuss als invasiv ein, weil sie sich stellenweise im Bereich der Hartholzaue (Lebensraumtyp 91FO) etabliert (Ernst 2011).
(Es dürfte ein recht einmaliger Fall sein, dass ein Park- und Forstbaum, der schon seit Jahrhunderten in der betreffenden Region kultiviert wird und der noch vor knapp 20 Jahren nicht einmal in der Florenliste des betreffendenen Landes aufgeführt war, plötzlich als invasiv bewertet wird.)

Zur Situation im Bereich der Hördter Rheinaue:
Im Bereich der Hördter Rheinaue wurde bei der vorliegenden Untersuchung in 2014 eine Naturverjüngung wie auch Etablierungstendenzen fast ausschließlich in Bereichen forstlich geprägter Bestände festgestellt.

Aufgrund der festgestellten Reproduktionsfähigkeit und dem Umfang der Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue **ist ein Eindringen und eine Etablierung in naturnähere Bestände aber nicht auszuschließen, sondern mittelfristig wahrscheinlich und zu erwarten.**

Ein spontanes Auftreten in der naturnahen Vegetation muss (aber) nicht zwangsläufig zu einer nachhaltigen Verdrängung der ursprünglichen Vegetation und ihrer Artenzusammensetzung (und damit zu einer Gefährdung der Biodiversität) führen.
Der Umfang der Verdrängung der vorhandenen Vegetation hängt i.d.R. mit der Konkurrenzkraft und der Reproduktionsfähigkeit der jeweiligen neophytischen Art zusammen.
In diesem Zusammenhang ist bezeichnend, dass unter den problematischen „invasiven" Neophyten eine Vielzahl von Arten sich befindet, die die Fähigkeit besitzt, sich stark vegetativ auszubreiten (siehe **Tab. 6**).
Einige dieser problematischen Arten können die Standortbedingungen verändern (**Tab.7**).

Eine aktuelle Verdrängung oder auch nur Gefährdung von Arten und Vegetation (und damit der Biodiversität) *durch die Verwilderung* der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue lässt sich **derzeit** durch die gegenwärtige Situation (noch) nicht belegen.

Anders sieht die Einschätzung aus, wenn eine Entwicklung in die Zukunft prognostiziert wird.
Denn dann müssten zumindest zwei Aspekte der Schwarznuss stärker berücksichtigt werden.

1. In den Forst-Beständen, die sich weitgehend nur aus der Schwarznuss zusammensetzen, scheint nach den aktuellen Beobachtungen (2014) im Bereich der Hördter Rheinaue eine ***Verarmung der Bodenvegetation*** aufzutreten.
   Im Extremfall dominiert nur die Späte Goldrute (*Solidago gigantea*) die Krautschicht.
   Dort, wo die Goldruten nicht so stark auftreten, treten stellenweise nitrophile Arten, wie z.B. der Giersch (*Aegopodium podagraria*) auf.
   Bekanntlich gibt es auch unter Hybrid-Pappeln (*Populus x canadensis*) oder kränkelnden Eschen (*Fraxinus* excelsior)-Beständen ähnlich aufgebaute Goldruten-Bestände. Vermutlich hängt das massive Auftreten der Goldruten

Tabelle 6:

Eigenschaften einiger ausgewählter naturschutzfachlich problematischer Baum-Neophyten

	Standort-ansprüche	Standort-amplitude	Fruchtbildung im Freistand (im geschlossen Bestand) **	starke / gute vegetative Regenerations-fähigkeit	auch veget. Ausbreitung z.B. durch Wurzelaus-läufer	
*Acer negundo**		**hoch**	**8**			**Pionierart**
*Ailanthus altissima**	**gering**			**ja**	**ja**	**Pionierart**
*Fraxinus pennsylvanica**	**gering**	**hoch**	**6-7** (10-15)	**ja**		**(Pionierart)**
*Prunus serotina**	**gering**		**6** (	**ja**		**Pionierart**
Quercus rubra	**gering**		25 (50)	**ja**		
*Populus x canadensis**	**gering**			**ja**		**Pionierart**
*Robinia pseudoacacia**	**gering**	**hoch**	**6**	**ja**	**ja**	**Pionierart**
- Tendenz insgesamt -	**gering**	**hoch**	schon in jungen Jahren	**ja**		**Pionierart**
Juglans nigra	hoch (als Forstbaum)	anscheinend rel. **hoch**	4-6 *** (20) #	**ja**		

* stehen auf der sog. „schwarzen Liste" des BfN (Nehring u.a. 2013: 39f.)
** nach Angaben bei Kowarik (2010)
*** nach Schaarschmidt (2012) (Bei der Kartierung im Bereich der Hördter Rheinaue konnten so junge fruktifizierende Exemplare aber nicht beobachtet werden)
# nach Jotz (2014: 4)

in erster Linie mit Belichtungsverhältnissen durch den Umfang und Zeitpunkt der Kronenbelaubung zusammen und weniger mit direkten Einflüssen der Baumart auf die Standortverhältnissen.

2. Im Fall der Schwarznuss sind aber auch direkte Auswirkungen auf den Boden und den Unterwuchs dokumentiert. Dies hängt mit dem Gehalt an ***Juglon*** in den Blättern und Früchten zusammen, die zu einer Anreicherung dieser Substanz im Boden führen.
   Einige Pflanzenarten reagieren besonders empfindlich auf das Juglon, von den Gehölzen z.B. die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und Birken (*Betula spec.*) (Funt & Martin o.J.), die Kiefer (*Pinus sylvestris*) (Williams 1990) und Apfelbaum-Arten (*Malus spec.*)(Funt & Martin o.J., Williams 1990).

Funt & Martin (o.J.) konkretisieren und quantifizieren die Empfindlichkeit der Arten gegenüber der Anwesenheit einer Schwarznuss wie folgt: „Plants that do not grow within 50 feet of drip line of Black Walnut".
Da z.B. der Holz-Apfel (*Malus sylvestris*) eine charakteristische wie auch inzwischen weithin seltene Gehölzart der Rheinauen ist (Schulze u.a. 2013), muss dieser allelopathischen Wirkung der Schwarznuss durchaus Aufmerksamkeit geschenkt werden.
Welche Arten der Rheinauenwälder tatsächlich sensibel auf das Juglon reagieren, ist noch weitgehend unbekannt. Entsprechende Untersuchungen wurden im wesentlichen in Nordamerika an den dort vorhanden Arten durchgeführt (siehe z.B. Williams 1990, Funt & Martin o.J.).

Tabelle 7:

Auswirkungen einiger naturschutzfachlich problematischer Laubbaum-Neophyten

	Veränderung der Standort-bedingungen #	Verändertes Bodenleben (z.B. Auswir-kungen auf Pilzbestände	Unterdrückung des Unterwuchses (Allelopathie) (***vermutet***) **	Tendenz zu einer verarmten oder bes. neophytenreiche Krautschicht
*Acer negundo**		?		
(Aesculus hippocasta-num)		?	X ⇨	(X)
*Ailanthus altissima**		?	X ⇨	(X)
*Fraxinus pennsylvanica**		?		
*Prunus serotina**		?	X ⇨	(X)
*Quercus rubra**		X		X
*Populus x canadensis**		?		X
*Robinia pseudoacacia**	X (durch Stickstoff-anreicherung)	zu erwarten		X
- Tendenz insgesamt -	?	?	z.T.	X
Juglans nigra	?	?	X	X (zumindest in Reinbeständen)

* diese Arten stehen auf der sog. „schwarzen Liste" des BfN (Nehring u.a. 2013: 39f.)
** nach Kowarik (2010: 369)
# weitgehend unbekannt

Während nach den aktuellen Beobachtungen innerhalb der Hördter Rheinaue unter Schwarznuss-**Mono**kulturen die Krautschicht stark verarmt ist, scheint dies nach ersten eigenen Beobachtungen in forstlichen **Misch**beständen (z.B. mit Linden, Hainbuchen und/oder Buchen) weit weniger oder kaum der Fall zu sein, insbesondere wenn sie schon älter sind.

So konnte in einem derartigen Mischbestand z.B. sogar stellenweise eine hohe Frequenz und z.T. sogar Dichte der Weißen Waldhyazinthe (*Platanthera bifolia*) beobachtet werden. Es gibt im Bereich der Hördter Rheinaue auch standorttypische *Equisetum hiemale*-Bestände unter (einzelnen) Schwarznuss-Bäumen, die sich nicht von denen unter anderen Baumbeständen unterscheiden.

Insoweit wären die Auswirkungen einer (zukünftig möglicherweise) etablierten Schwarznuss stark davon abhängig, ob sie nur vereinzelt oder mehr oder weniger geschlossen in Massenbeständen auftritt.

Die Kenntnis der typischen Eigenschaften von problematischen „invasiven" Baumarten kann u.U. dazu beitragen, potenziell „invasive" Arten rechtzeitig zu erkennen.

Keine biologische Eigenschaft, sondern ein Verhalten soll nach Meinung von Nehring u.a (2013b: 26) für invasive Arten zumindest in der Tendenz charakterisch sein:

„Invasive Gefäßpflanzenarten treten nach der Ersteinführung im Durchschnitt fast doppelt so schnell in der freien Natur auf wie gebietsfremde Arten, für die bisher keine Hinweise auf invasives Verhalten vorliegen."

Dies erscheint doch fraglich, gibt es doch eine Reihe von auffälligen Gegenbeispielen.

Demzufolge wäre ein zukünftiges invasives Verhalten der Schwarznuss eher unwahrscheinlich, da zwischen Einführung (siehe **Kap.2.2**) und erstem spontanem Auftreten (**Kap. 2.3**) eine besonders lange Zeitspanne liegt.

7. (Vorläufige) Empfehlungen

Die vorliegende Untersuchung hat(te) den Charakter einer Pilotstudie. Sie konnte nicht alle Fragestellungen im Zusammenhang mit der Naturverjüngung (und der potenziellen Invasivität) der Schwarznuss klären.
Dies hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass bestimmte (neue) Fragestellungen erst im Laufe der Untersuchung entstanden sind und deshalb im Rahmen der vorliegenden Studie noch nicht abschließend untersucht werden konnten.

Entsprechend ergibt sich weiterer Untersuchungsbedarf (siehe diesbezüglich vor allem die Punkte 1-2)

Folgende Empfehlungen lassen sich derzeit fachlich begründen und formulieren:

- hinsichtlich des ***Untersuchungsbedarfs***

1) Als „Pilotstudie" beschränkte sich die vorliegende Untersuchung auf das Untersuchungsgebiet des NSG „Hördter Rheinaue". Aufgrund der vorhandenen alten und zahlreichen Bestände einerseits und der unterschiedlichen Standortbedingungen anderseits erschien dieser Bereich den Auftraggebern als besonders geeignet.
   Eine Ausdehnung des Untersuchungsraums auf weitere Anbauflächen der Schwarznuss am Rhein erscheint sinnvoll, um weitere Erkenntnisse über Art und Weise, Umfang und Auswirkungen (siehe Punkt 2) der Naturverjüngung der Schwarznuss zu gewinnen.

2) Untersuchung der **Auswirkungen** des Anbaus der **Schwarznuss auf die Waldbodenvegetation**
   Die Geländearbeit der vorliegenden Untersuchung fand in der zweiten Jahreshälfte, z.T. sogar erst im letzten Jahresquartal statt. Entsprechend war es jahreszeitlich zu spät für vollständige pflanzensoziologische Aufnahmen. Entsprechende Erhebungen waren auch ursprünglich nicht vorgesehen.
   Die aktuellen Beobachtungen weisen darauf hin, dass forstliche Schwarznuss-**Rein**bestände z. B. den Aufwuchs von Goldruten (*Solidago gigantea*)-Bestände fördern und sich darüber hinaus negativ auf die ursprüngliche Waldbodenvegetation auswirken.
   Bei Schwarznuss-Mischbeständen (z.B. mit Linden, Buchen oder Hainbuchen) konnten diese Wirkungen nicht (oder bei weitem nicht in dieser Tendenz) festgestellt werden, insbesondere bei älteren Beständen.
   Entsprechende weitergehende gründliche (Vegetations-)Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um diese ersten Beobachtungen zu verifizieren (oder einzuschränken).
   (Da es sich bei den Mischbeständen tendenziell eher um die älteren Schwarznuss-Bestände handelt und bei den Reinbeständen um die jüngeren, muss dieser Aspekt als Faktor für die Qualität der Bodenvegetation berücksichtigt und überprüft werden.)
   Auch der Aspekt der Auswirkungen des Juglons auf den Unterwuchs müsste näher anhand mitteleuropäischer Pflanzenarten untersucht werden.

3) **Aufbau eines** kontinuierlichen **Monitorings** zur Naturverjüngung und Ausbreitung der Schwarznuss:
   Die vorliegende Untersuchung und Bestandserhebung hinsichtlich der Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue ist - zeitlich gesehen - eine punktuelle Momentaufnahme.
   Der überwiegende Teil der erfassten subspontanen Schwarznuss-Exemplare ist noch verhältnismäßig jung. Viele der erfassten Exemplare dürften maximal einige wenige Jahre alt sein.

Auf Grundlage dieser einmaligen Momentaufnahme lässt sich (noch) nicht ermitteln, wie hoch die Überlebensquote bei den Jungpflanzen ist (z.B. nach Einwirkung von Frost und Wildverbiss) und wie schnell die Naturverjüngung tatsächlich voranschreitet.
Der Umfang der festgestellten Naturverjüngung außerhalb der eigentlichen forstlichen Anbauflächen lässt eine Fortführung, einen Ausbau und eine Implementierung eines Schwarznuss-Monitorings als dringend geboten erscheinen.
Diese Empfehlung ist auch mit Bezug auf BNatSchG 40 (2) zu sehen.

- hinsichtlich eines **Neophyten-Managements**

4) Es wäre zu überlegen und zu überprüfen, ob zukünftig bei einer Fortschreibung des Schwarznuss-Monitorings (siehe Punkt 3) die Erfassung der Naturverjüngung verbunden wird mit einer **Eliminierung des Neuaufwuchses** - zumindest an bestimmten (naturschutzfachlich sensiblen und unerwünschten) Stellen.
Derzeit hat die Naturverjüngung der Schwarznuss im Bereich der Hördter Rheinaue noch einen Umfang, der eine solche gezielte Aufwuchskontrolle möglich erscheinen lässt.

5) Ansonsten wird - auch unabhängig vom Monitoring - zumindest mittelfristig **ein Management-Plan** zu entwickeln sein, da einzelne Jungpflanzen schon im Bereich schützenswerter oder sensibler Standorte (z.B. Weiherränder, Schilfbereich) beobachtet wurden.

- hinsichtlich des **Anbaus**

Eine Naturverjüngung der Schwarznuss findet nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung offensichtlich überall dort, wo sie angepflanzt wird, statt.

Daraus lassen sich im Moment - nicht zuletzt aus Gründen der Vorsorge - zumindest folgende Empfehlungen hinsichtlich der **Standortwahl** bei evtl. Neuanpflanzungen aussprechen:

6) Zumindest **in unmittelbarer Nähe zu** naturschutzfachlich **schutzwürdigen** bzw. -rechtlich **geschützten Biotopen** und Standorten sollten zumindest **keine neuen Schwarznuss-Bestände** begründet werden, wobei unter „unmittelbare Nähe" in diesem Zusammenhang zumindest ein Abstand von 100 Metern zu verstehen ist.

7) Da schon einzelne Mutterbäume eine Naturverjüngung ermöglichen, sollten **einzelne Bäume (oder kleine Gruppen) nicht isoliert** (als Diasporenlieferant für die weitere Umgebung) **gepflanzt** (und geduldet) werden, da in diesen Fällen der forstliche Nutzen zu dem potenziellen Auswirkungen in keinem vertretbaren Verhältnis steht.
(Diese Forderung kann u.U. z.T. in einem gewissen Widerspruch bzw. Konflikt zur nächsten Empfehlung -8- stehen oder gesehen werden.)
Vorhandene Einzelbäume sollten ebenfalls unter diesem Blickwinkel betrachtet und behandelt werden.

8) Nach derzeitigem Kenntnisstand (aufgrund der aktuellen Beobachtungen im Bereich der Hördter Rheinaue - siehe Punkt 2) wirken sich Reinbestände der Schwarznuss ungünstig (z.B. durch Förderung des Aufwuchses von Goldruten und nitrophilen Kräutern) auf die Bodenvegetation aus (siehe oben). Deshalb **sollte vom Anbau und Aufbau von Schwarznuss-Monokulturen Abstand genommen werden.**
Entsprechend sollte - wenn möglich - in den vorhandenden Schwarznuss-Jungbeständen der Aufwuchs von anderen Laubholzarten gefördert werden, um dadurch zumindest mittelfristig die Zusammensetzung der Krautschicht in der Bodenvegetation positiv zu beeinflussen.

Weitergehende Empfehlungen und Forderungen bedürfen weiterer Untersuchungen.

8. Zusammenfassung

In 2014 wurde im Bereich des Naturschutzgebietes „Hördter Rheinaue“ (Landkreis Germersheim, Rheinland-Pfalz) eine Untersuchung durchgeführt, um Kenntnisse zur Naturverjüngung und zur (potenziellen) Invasivität der dort schon seit vielen Jahrzehnten angebauten Schwarznuss (*Juglans nigra*) zu gewinnen.

In diesem Zusammenhang wurden auch die vorhandenen Anbauflächen der Schwarznuss erfasst.

Die Hauptergebnisse dieser Untersuchung sind:

Eine **Naturverjüngung** der Schwarznuss auch außerhalb ihrer Anbauflächen **findet statt**, stellenweise in erheblichem Umfang. Die Schwarznuss dürfte nach den aktuellen Erhebungen inzwischen - neben der Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und der Walnuss (*Juglans regia*) - die am häufigsten spontan auftretende florenfremde Baumart in diesem Bereich sein.

Von einer **Einbürgerung/Etablierung** kann dennoch noch **nicht sicher** ausgegangen werden, da ein spontanes Auftreten über einen Zeitraum bzw. spontane Bestände von über 25 Jahren nicht gesichert ist. Zumindest einzelne fruktizierende, spontan angesamte Exemplare wurden erfasst, obwohl gerade die zweifelsfreie Identifikation von älteren (mutmaßlich spontan) angesamten Exemplaren in vielen Fällen nicht einfach und eindeutig ist.
Ältere spontan angesiedelte Exemplare konnten vor allem an Waldrändern beobachtet werden.
Eine akute **Invasivität** im engen Sinne des Naturschutzrechts, d.h. eine Gefährdung der Biodiversität (im Sinne schützenswerter Vegetation und Arten) kann **im Moment noch nicht** festgestellt werden.
Eine **potenzielle Invasivität** im Sinne des Naturschutzrechts ist aber aufgrund der aktuellen Erhebungen im Bereich der Hördter Rheinaue **nicht auszuschließen**, sondern durchaus im Bereich des Möglichen.
Dies lässt sich insbesondere mit bestimmten Eigenschaften (z.B. hohe Reproduktionsfähigkeit, schnelles Wachstum, gute vegetative Regenerationsfähigkeit, allelopathische Inhaltsstoffe), mit dem beobachtetem Verhalten (z.B. spontanes Vorkommen auf unterschiedlichen Standorten, auch über größere Entfernung) der Schwarznuss wie auch mit Auswirkungen von vorhandenen forstlichen Schwarznuss-Reinbeständen (Begünstigung nitrophiler und neophytischer Krautbestände) begründen.

Weitergehende Untersuchungen sind aber notwendig, um diese vorerst vorläufigen Beobachtungen und Einschätzungen weiter abzusichern. Es wird darüber hinaus gutachterlich u.a. empfohlen, ein Schwarznuss-Monitoring zu installieren.

9. Literatur

Ammann, P. (1686): Hortus Bosianus. Leipzig

Anonymus (2013): Liste des plantes indigènes, naturalisées, introduites et culitvées en Alsace . http:/herbier.unistra.fr/uploads/media/florealsace.pdf

Bartsch, N. (1989): Zum Anbau der Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) in den Rheinauen, - Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Univ. Göttingen u. d. Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt 95: 1-90. Göttingen

Brodtbeck Th. u.a. (1997): Flora von Basel und Umgebung, Teil 1 (Mittl. Naturforsch. Gesell. Basel 1997 Vol.2). Liestal

BfN (Stand 2013): *Juglans nigra*, in: Verbreitungskarten der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. - http://www.floraweb.de/webkarten/karte.html?taxnr=3126

Buttler, K.P. (2013) Florenliste Deutschland. - http://www.kp-buttler.de/florenliste/

Buttler, K.P. & K.H. Harms (1998): Florenliste von Baden-Württemberg (= Naturschutz-Praxis, Artenschutz 1).- Karlsruhe: LAfU Baden-Württemberg

Buttler, K.P. u.a. (1996): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessen. 3. Aufl., hrsg. v. Hess. Ministerium des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz

CBD (2000): Global strategy on invasive alien species. Convention on Biological Diversity. UNEP/CBD/SBSTTA/6/INF/9: 1-52

CBD (2002): Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. COP VI/23 http://cbd.int/decisions/

Daisie (o.J.): *Juglans nigra* - species factsheet. http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=14975

Ernst, M. (2011): Invasive Gehölze gefährden den guten Erhaltungszustand von FFH-Gebieten.- Vortrag im Rahmen der Veranstaltung der Naturschutz-Akademie Hessen „Invasive Gehölze" am 6. April 2011 in Wetzlar. http://www.na-hessen.de/downloads/11n40invasivegehoelzeffhgebiete.pdf

Funt, R.C. & J. Martin (o.J.): Black Walnut toxicity to plants, humans and horses. Ohio State University Extensvion Fact sheet. http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/1000/1148.html

Gleditsch, (1736): Catalogus plantarum, Leipzig 1736

Issler, E., Loyson, E. & Walter, E. (1965): Flore d'Alsace. Strasbourg

Jotz, S. (2014): Waldbauliche und ökologische Potentiale der Schwarznuss (*Juglans nigra*), unveröff.

Kinzelbach, R. (1976): Das Naturschutzgebiet „Hördter Rheinaue" bei Germersheim. Mitt. POLLICHIA 64: 5-62

Korneck, D., Schnittler, M. & Vollmer, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) Deutschlands. - Schriften-R.f.Vegetationskunde 28: 21-187. - Bonn-Bad Godesberg

Kowarik, I. (2010): Biologische Invasionen, 2. Aufl.. Stuttgart: E.Ulmer

Lang, W. & Wolff, P. (1993): Flora der Pfalz.- Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen für die Pfalz und ihre Randgebiete. (Veröff. Pfälz. Ges. Förderung der Wissenschaften 85). Speyer

Lang, W. & Wolff, P. (2011): Flora der Pfalz - Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen für die Pfalz und ihre Randgebiete. 2. stark erweit. u. aktual. Aufl. (CD)

Lohmeyer, W. (1981): Über die Flora und Vegetation der dem Uferschutz dienenden Bruchsteinmauern, -pflaster und -schüttungen am nördlichen Mittelrhein.- Natur u. Landschaft 56 (7/8): 253-260

Mazomeit, J. (2009): Pflanzenraritäten am Oberrhein. Beispiele aus Ludwigshafen und Mannheim. (POLLICHIA-Sonderveröffentlichung 13)

Medicus, F. K. (1790): Von etlichen ausländischen Bäumen, deren Angewöhnung an deutsches Klima Hofnung giebt, daß sie bald Forstbäume werden können. - Vorlesungen der Churpfälz. physikalisch-oekonomischen Gesellschaft in Heidelberg 5 (1): 43-68

Merz, O. (1994): Neophytische Gehölze in der nördlichen Oberrheinniederung - Beiträge zur Verbreitung und Biologie. unveröff. Dipl.Arbeit. Stuttgart: Univ. S-Hohenheim

Nehring, S., Essl, F. & Rabitsch, W. (2013): Methodik der naturschutzfachlichen Invasivitätsbewertung für gebietsfremde Arten (BfN-Skripten 340). Bonn.- http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript340.pdf

Nehring, S., Kowarik, I., Rabitsch, W. & Essl, F. (Hg. 2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen (BfN-Skripten 352). Bonn.- http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/ skript352 .pdf

Risler, J. (1747): Hortus Carolsruhanus. Lörrach

Sargent, C.S. (1921): Manual of the trees of North America (exclusive of Mexico), Boston and New York

Schaarschmidt (2012): *Juglans nigra*, in: Enzyklopädie der Holzgewächse - 60. Erg.Lfg. 3/12

Schmitteckert, M. (2009): Protokoll - 4. Treffen der Steuerungsgruppe Ökologische Flutungen am 3.11.2009. - http://www.sgdsued.rlp.de/icc/Internet/med/00c/00c5299f-6527-a214-dc6d-e8772e13d633,11111111-1111-1111-1111-111111111111.pdf

Schulze, T., Schröder, J. & Kätzel, R. (2013): Erfassung und Dokumentation genetischer Ressourchen seltener und gefährdeter Baumarten in Deutschland, Teillos 2: Wild-Apfel (*Malus sylvestris*) und Wild-Birne (*Pyrus pyraster*) - Berichtsteil: Wild-Apfel http://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/03_Forschungsfoerderung/04_BiologischeVielfalt/Abschlussbericht_Wildapfel.pdf?__blob=publicationFile

Sebald, O., Seybold, S. & Philippi, G. (1992): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Bd.4. - Stuttgart: E. Ulmer

Sievert, A.W. (Hg. ca.1720): Catalogus derer in dem Hochfürstlichen Garten zu Karlsruh sich befindenden Gewächsen; davon der erste Theil anzeiget, welche im Winter- oder Glas-Haus erhalten werden müssen ...

Vor, T. & Schmidt, W. (2008): Neophyten in der Hördter Rheinaue/Rheinland-Pfalz.- Forstarchiv 79: 143-151. - http://media.repro-mayr.de/99/548199.pdf

Wein, K. (1931): Die erste Einführung nordamerikanischer Gehölze in Europa. II. - Mittl. Deutsch. Dendr. Ges. 43: 95-154

Williams, R. D. (1990): *Juglans nigra* L., in BURNS, R.M. & B.H. HONKALA (eds.): Silvics of North America, 2. Hardwoods. - http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics.../juglans/nigra.

EPIPHYTISCHE FLECHTEN UND MOOSE AN SCHWARZNUSS (*JUGLANS NIGRA*) IN DREI AUWÄLDERN AM RHEIN BEI HÖRDT IN DER PFALZ

Volker John
Bad Dürkheim
Norbert Stapper
Monheim/Rhein

1. Einleitung und Fragestellung

Im Februar 2014 trat die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) an die beiden Gutachter heran mit der Frage nach der grundsätzlichen Eignung von Schwarznussbäumen (*Juglans nigra*) als Substrat für epiphytische Flechten und Moose. Die im Gebiet nicht einheimische Schwarznuss wird seit etwa achtzig Jahren in der Vorderpfalz im Bereich des Forstamtes Pfälzer Rheinauen erfolgreich forstlich genutzt. Nach den Ausführungen des Bestellers und des Revierleiters kommt die Schwarznuss mit den standörtlichen Bedingungen gut zurecht, während andere an den gleichen Standorten stockende Baumarten entweder hinsichtlich ihrer Urwüchsigkeit im Gebiet (z. B. *Populus* sp.) oder aufgrund von Baumkrankheiten (*Fraxinus* sp.) problematisch sind. Die zentrale Frage richtete sich nach der Vielfalt epiphytischer Flechten und Moose, die schon aufgrund der Trockenheit der Schwarznussborke auf den ersten Blick als gering eingestuft wurde. Bemerkenswert ist auch der Umstand, dass *Juglans*-Arten bereits seit der Antike für ihre toxischen Wirkungen auf die Vegetation bekannt sind, die auf allelopathischen Effekten zahlreicher phenolischer Inhaltsstoffe beruhen, unter diesen das hochwirksame Naphtochinon Juglon (Hoy & Stickney 1881; Davis 1928; Coder 2011), über dessen Wirkung auf Kulturpflanzen viel, auf Flechten und Moose offenbar aber nur wenig bekannt ist. Andererseits war die Schwesterart, die Walnuss (*Juglans regia*), ähnlich wie Ulmenarten, zu Zeiten des "Sauren Regens" aufgrund ihrer unter natürlichen Bedingungen subneutralen Rinde eines der wenigen verbliebenen Epiphytensubstrate mit noch relativ vielen Flechtenvorkommen am Stamm. Die Walnuss gilt auch als geeigneter Trägerbaum für standardisierte Flechtenkartierungen (VDI 2005). Viele allelopathische Substanzen werden auch von Flechten und Moosen gebildet und dienen diesen als Schutz gegen Fraßfeinde oder Pilze. Epiphytische Flechten und Moose an Waldbäumen sind nicht nur ein willkommenes ästhetisches Merkmal, sie sind auch von großer physiologischer Bedeutung für das Ökosystem Wald. Sie vergrößern die biologische Oberfläche und bieten vielen Tieren Feuchtigkeit, Unterschlupf, und Nahrung (Richardson 1974; Sharnoff 1998; Kricke 2000). Als wechselfeuchte Organismen nehmen sie rasch Feuchtigkeit aus der Luft auf, nutzen im Regen oder Stammablaufwasser gelöste oder in okkulten Niederschlägen

(Nebel, Wolken, Tau) in teils sehr hoher Konzentration vorhandene Nährstoffe, die sie den Pflanzen der Bodenschicht oder tiefer auf dem Baum lebenden Organismen als Dünger verfügbar machen, wenn sie etwa infolge von Schneereibung oder Windschur vom Substrat abfallen (Knops et al. 1991; Lange et al. 1970). Im Fall von Flechten mit Cyanobakterien als Pilzpartner ("Blaualgenflechten") wird sogar molekularer Stickstoff aus der Umgebungsluft fixiert und in den Nährstoffkreislauf eingebracht. Dies könnte grundsätzlich auch für epiphytische Moose zutreffen, die gemeinsam mit Cyanobakterien in der Baumkrone leben (Lindo & Whiteley 2011). Allerdings sind viele Flechten mit Cyanobakterien (Gattungen *Collema, Leptogium* und andere) in Deutschland und den Nachbarländern wahrscheinlich infolge eutrophierender Immissionen in den vergangenen Jahrzehnten stellenweise sehr selten geworden (Kienesberger & Türk 2008), so dass ihr Beitrag zur Stickstofffixierung im Untersuchungsgebiet wahrscheinlich bedeutungslos ist.

Bemühungen zur Luftreinhaltung haben inzwischen gegriffen, und mit stark gesunkenen SO_2-Immissionen hat sich die Epiphytenflora, die Ende der 1980er Jahre im Untersuchungsgebiet stark verarmt war, wieder erholt. Eutrophierende Immissionen sind nach wie vor hoch und begünstigen die Etablierung nährstofftoleranter Arten bzw. führen zur Verdrängung von Arten mit Adaptation an nährstoffarme Habitate. Gleichzeitig werden im Westen Deutschlands, wie zuvor schon in den Niederlanden (van Herk et al. 2002; Aptroot & van Herk 2007), erste Wirkungen des Klimawandels auf die epiphytische Flechtenflora erkennbar, indem an Waldbäumen und an freistehenden Bäumen vermehrt ursprünglich in Westeuropa und im Mittelmeerraum angestammte Arten auftreten (John 2006a, 2006b, Pluntke & John 2012, Stapper & Aptroot 2010, 2011; Stapper et al. 2011; Stapper & John 2014). Ähnliches ist bei auch Moosen zu beobachten (Frahm & Klaus 2001), wenngleich das Phänomen dort weniger gut dokumentiert ist und nur wenige Arten bisher als potentielle Indikatorarten für Klimawandelfolgen identifiziert wurden.

Im Gegensatz zu Untersuchungen in den Tropen und Nordamerika beschränkt sich die überwiegende Mehrzahl aller Biodiversitätsstudien in Mitteleuropa, die auch Waldflächen einschließen, bei der Aufnahme epiphytischer Artvorkommen auf die Stammbasis und den Mittelstamm bis in etwa zwei Meter Höhe. Nur in wenigen Fällen wurden Vorkommen von Flechten und/oder Moosen gleichzeitig auch im Kronenraum der Bäume aufgenommen, im Verlauf von Baumbesteigungen oder anhand gefällter oder sturmgebrochener Bäume (Barkman 1958; Boch et al. 2013; Johansson et al. 2003; John & Schröck 2001; Stapper & Franzen-Reuter 2003; Stetzka 2001; Stetzka & Becker 2011). Während Boch et al. (2013) bei der Beschränkung auf die unteren zwei Meter der Bäume in verschiedenen Buchenwäldern nur von 38 bzw. 4 Prozent nicht erfasster Flechten bzw. Moose berichten, weichen die Beobachtungen der meisten anderen Autoren erheblich davon ab, und sie begründen dies z.B. mit dem unterschiedlichen Alter der Borke, unterschiedlicher Bestandesdichte und unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen in Abhängigkeit zur Höhe über dem Boden.

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde offenbar erstmals eine umfangreiche Inventur des epiphytischen Artenspektrums auf *Juglans nigra* vorgenommen. Zur Aufnahme der Epiphyten im Kronenraum wurden hier frisch gefällte Bäume verwendet. Vor- und Nachteile dieser für das angestrebte Ziel ausreichenden Methode wurden von John & Schröck (2001) ausführlich diskutiert.

Um die Bedeutung der Schwarznuss als Träger von Epiphyten gegenüber anderen Baumarten besser einschätzen zu können wurden im Frühjahr 2015 weitere Bäume anderer Baumarten gefällt. Auf diese Weise sollte geklärt werden, ob der Flechten- und Moosbewuchs auf *Juglans nigra* typisch ist für diese Baumart. Auch sollte geklärt werden, ob die Verteilung der epiphytischen Flechten und Moose an diversen Baumarten von Standortsfaktoren überlagert wird.

2. Methodik

2.1 Auswahl der Trägerbäume

Die Lage des Untersuchungsgebietes und die standörtlichen Verhältnisse werden hier als bekannt vorausgesetzt und daher anhand von Karten nur die Positionen der untersuchten Schwarznussbäume an den drei Waldflächen dargestellt.
Wenn Standort und Zustand der Borke am Stamm es zuließen, wurden die von der Forstverwaltung vorgekennzeichneten Bäume berücksichtigt.

Die Bäume wurden nach einer gemeinsamen Begehung mit dem Revierförster ausgewählt und nach der Aufnahme der Flechten- und Moosvorkommen am Stamm und am Stammfuß farblich markiert (14. bis 16. März). Nach erfolgter Fällung wurde die Aufnahme der Artvorkommen im Kronenraum an den liegenden Bäumen vorgenommen (26. bis 29. März).

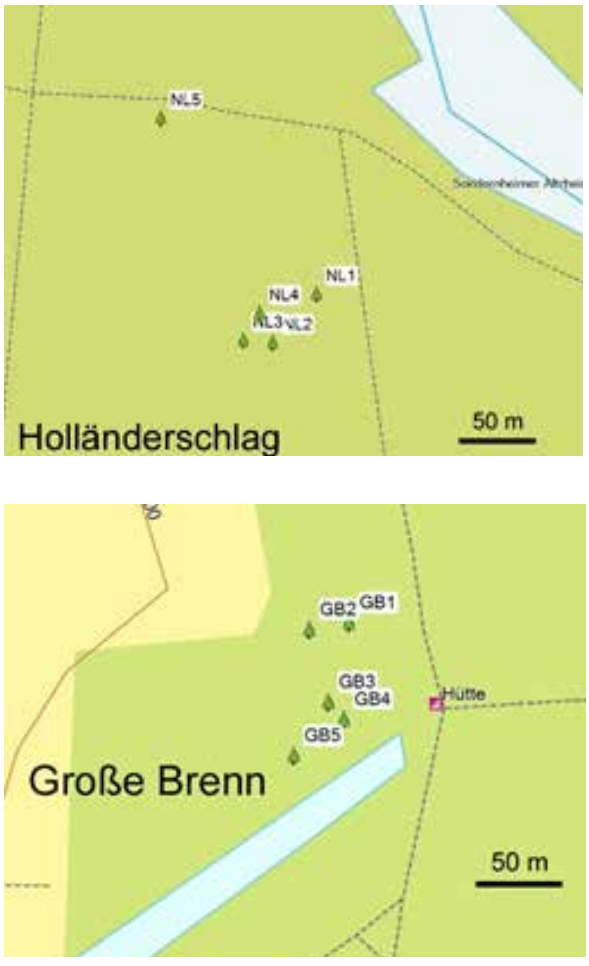


Abbildung 1: Positionen der untersuchten Schwarznussbäume an den drei Standorten Holländerschlag und Große Brenn östlich von Hördt und Erlen am Rhein unmittelbar südlich von Maximiliansau. Kartengrundlage: OSM-Germany Summer II [www.frikart.no]. © OpenStreetMap-Mitwirkende (CC BY-SA 2.0). Kartografie: NJStapper.

Tabelle 1:

Bezeichnung, Stammumfang, Inklination und Position der untersuchten Bäume.

Waldfläche	Baum-# (Karten)	Baum-# Datenbank	Stammumfang (cm)	Inklination (Grad)	Rechtswert	Hochwert
Erlen	Erlen 1	11	190	80	3448423	5431579
Erlen	Erlen 2	12	165	90	3448477	5431620
Erlen	Erlen 3	13	205	90	3448488	5431665
Erlen	Erlen 4	14	140	80	3448489	5431650
Erlen	Erlen 5	15	195	85	3448517	5431631
Holländerschlag	NL 1	21	185	87	3452890	5449392
Holländerschlag	NL 2	22	135	90	3452861	5449368
Holländerschlag	NL 3	23	180	90	3452842	5449369
Holländerschlag	NL 4	24	170	90	3452853	5449387
Holländerschlag	NL 5	25	180	90	3452787	5449514
Große Brenn	GB 1	31	160	85	3453147	5447811
Große Brenn	GB 2	32	180	88	3453123	5447807
Große Brenn	GB 3	33	195	85	3453134	5447765
Große Brenn	GB 4	34	185	87	3453143	5447755
Große Brenn	GB 5	35	110	88	3453113	5447734

2.2 Aufnahmeverfahren

Ziel war die möglichst vollständige Erfassung des Artenspektrums aller Flechten und Moosvorkommen auf den ausgewählten Schwarznussbäumen von der Stammbasis bis in die kleinsten Zweige im Kronenraum. Dazu wurde eine Trennung in vier Segmente vorgenommen:

I: Stammbasis, vom Boden bis in 40 cm Höhe,
II: Stamm von 40 bis 200 cm Höhe über dem Boden,
III: Oberer Stamm ab Ansatz der Kronenäste und Äste mit mehr als 5 cm Durchmesser,
IV: bis zu 5 cm dicke Äste und Zweige im Kronenraum.

Diese Segmentierung berücksichtigt weniger die absolute Höhe der untersuchten Substratflächen über dem Boden und die ohnehin nicht exakt bekannten Beleuchtungsverhältnisse, als sie vielmehr die etwa gleichalten Bäume in annähernd gleich alte Borken- bzw. Rindenstichproben einteilt. Für den Vergleich mit anderen Baumarten wird dies von uns als zielführender eingestuft als konkrete Angaben zur Höhe.

An der Stammbasis (I) und am Stamm (II) wurde im Fall der Moose deren prozentualer Deckungsgrad bezogen auf den Gesamtumfang geschätzt. Zur quantitativen Aufnahme der Flechten wurde deren Frequenz in den Haupthimmelsrichtungen über Kreuz mit Zählrahmen ermittelt, wie es in Epiphytenuntersuchungen im Level II-Programm (Stofer et al. 2003; Stapper 2005; Stapper et al. 2007; EN 16413, 2014) und neuerdings auch im Langzeit-Epiphytenmonitoring in Baden-Württemberg (Stapper & Aptroot 2010, 2011) üblich ist. Im Kronenraum hingegen (Segmente III und IV) wurden die Flechten- und Moosvorkommen nur qualitativ aufgenommen (Vorkommen ja/nein). Schätzungen des Deckungsgrades oder der Anzahl von Vorkommen sind insbesondere an chaotisch im Gelände liegenden Ästen und Zweigen gefällter Bäume nicht zuverlässig möglich, sodass entsprechende Angaben eine Exaktheit vorgäben, die jedoch in der Realität gar nicht zu gewährleisten wäre.

2.3 Bestimmung der Flechten und Moose

Alle im Gelände aufgesammelten Flechten- und Moosproben, ein Großteil davon Mischproben von den jeweiligen Baumsegmenten, wurden in den Laboren der Gutachter stereomikroskopisch gesichtet und die Artansprache überprüft bzw. Arten aus Mischbelegen separiert. Der weitaus größte Teil der Artvorkommen wurde zwar bereits im Gelände mit Hilfe 10fach vergrößernder Leuchtlupen erkannt, wenngleich einige dann noch nicht auf Artniveau angesprochen werden konnten. Und bei der anschließenden Laboruntersuchung wurden dann noch einige weitere, zumeist kleinwüchsige Arten in Mischbelegen gefunden, was aber den Normalfall darstellt.
Die Bestimmung der Flechten und Moose erfolgte anhand aktueller Bestimmungsliteratur (Flechten: Wirth et al. 2013; Smith et al. 2009; Moose: Nebel & Philippi 2001-2005; Atherton et al. 2010; Frahm et al. 2007) und der Nutzung mikroskopischer und chemischer Merkmale für eine exakte Artansprache. Im Fall einiger kritischer Flechtenbelege wurden deren Inhaltstoffe mittels Dünnschichtchromatographie (HPTLC; Arup et al. 1993; Orange et al. 2001; Schumm 2002) oder Mikro-Rekristallisation untersucht (nach Asahina in Huneck & Yoshimura 1996). Alle bestimmten Arten wurden in Papierkapseln herbarisiert und die Belege – je ein Exemplar jeder Art je Baum und Segment, ggf. mit Angabe von verbliebenen Begleitarten, für mehrere Tage bei -28 Grad eingelagert, um Schäden durch Insektenfraß etc. vorzubeugen.
Die Belege sind im Pfalzmuseum für Naturkunde, Bad Dürkheim (POLL) hinterlegt.

Abbildung 2: Frühjahrsaspekt eines Auwaldes mit Schwarznussbäumen.
Obere Zeile: Blick in den Standort Große Brenn (links) und Erlen (rechts).
Unten: Liegendes Stammholz (Segment II) am Standort Erlen [Fotos: John].

Abbildung 3: Holländerschlag: Kronenaspekt im Frühjahr und Stammbasis mit Moosschürze [Fotos: John].

Abbildung 4: Standort Erlen: Liegende Krone, Segment III, Äste [Fotos: John].

3. Ergebnisse und Diskussion

Auf den drei Waldflächen wurden an insgesamt 15 untersuchten Schwarznussbäumen 89 Flechtenarten, sieben flechtenbewohnende (= lichenicole) Pilze und 54 Moosarten festgestellt. Die lichenicolen Pilze (*Arthonia molendoi, Athelia arachnoidea, Homostegia piggotii, Paranectria oropensis, Syzygospora physciacearum, Tremella lichenicola, Xanthoriicola physciae*; die Nomenklatur folgt von Brackel 2014) wurden beiläufig notiert.

3.1 Die Flechten an Schwarznussbäumen

Artenspektrum der Flechten

In Tabelle 2 sind die erfassten Flechtenarten mit Autorenzitat zusammengestellt. In dieser Liste sind zusätzlich Gefährdungsstatus und die Zeigerarten für historisch alte Wälder gekennzeichnet (gem. Wirth et al. 2009).

Tabelle 2:

Liste der Flechtenarten an *Juglans nigra* mit Angaben zu Eutrophierungstoleranz, Indikatorart für den Klimawandel, historisch alte Wälder, Rote-Liste-Status und Schutzstatus.

N: N-Zahl nach WIRTH (2010) bzw. NIMIS & MARTELLOS (2008). **Klima:** VDI = Klimawandelindikatorart nach VDI 3957 Blatt 20 (VDI 2015). **AW:** Arten historisch alter Wälder (WIRTH et al. 2009); **Rote Liste:** D = Rote Liste Deutschland (WIRTH et al. 2011); RP = Rote Liste Rheinland-Pfalz (WIRTH et al. 1996); **Status:** 0 = ausgestorben oder verschollen; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet; 3 = gefährdet; R = extrem selten; V = Vorwarnliste; G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes; D = Daten unzureichend; – = nicht in der Liste aufgeführt; * = ungefährdet. **Schutz:** § = in Deutschland geschützte Arten nach BArtSchV.

Flechtenart	N	Klima	AW	Rote Liste		Schutz
				D	RP	
Agonimia allobata (Stizenb.) P.James	4		(AW)	D	-	
Agonimia tristicula (Nyl.) Zahlbr.	1			*	*	
Alyxoria varia (Pers.) Ertz & Tehler	3			V	*	
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.	7			*	*	
Anisomeridium polypori (Ellis & Everh.) M.E.Barr	3			*	-	
Arthonia radiata (Pers.) Ach.	4			*	*	
Arthonia spadicea Leight.	3			*	3	
Bacidia arceutina (Ach.) Arnold	3			2	*	
Bacidia rubella (Hoffm.) A.Massal.	5			V	2	
Bacidina neosquamulosa (Aptroot & Herk) S.Ekman	6	VDI		*	-	
Bacidina sulphurella (Samp.) M.Hauck & V.Wirth	6			*	-	
Bactrospora dryina (Ach.) A.Massal.	1		AW	2	0	
Biatoridium monasteriense J.Lahm ex Körb.	3			2	-	
Buellia griseovirens (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.	4			*	*	
Athallia cerinella (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting	6			*	1	
Athallia cerinelloides (Erichsen) Arup, Frödén & Søchting	6			*	-	
Caloplaca obscurella (J.Lahm ex Körb.) Th.Fr.	6			*	-	
Candelaria concolor (Dicks.) Stein	7			*	2	

Flechtenart	N	Klima	AW	Rote Liste		Schutz
				D	RP	
Candelaria pacifica M.Westberg & Arup	7			-	-	
Candelariella efflorescens s. l.	7			*	*	
Candelariella viae-lacteae G.Thor & V.Wirth	7			*	-	
Candelariella xanthostigma (Pers. ex Ach.) Lettau	5			*	*	
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler	7			V	*	
Chaenotheca ferruginea (Turner ex Sm.) Mig.	4			*	*	
Chaenotheca furfuracea (L.) Tibell	2		(AW)	V	*	
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.	3			*	*	
Cladonia fimbriata (L.) Fr.	3			*	*	
Cladonia macilenta Hoffm.	3			*	*	
Coenogonium pineti (Schrad.) Lücking & Lumbsch	4			*	*	
Evernia prunastri (L.) Ach.	4			*	*	§
Flavoparmelia caperata (L.) Hale	4	VDI		*	3	§
Halecania viridescens Coppins & P.James		VDI		*	-	
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt	7			*	2	
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.	3			*	*	
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav.	4			*	*	
Hypotrachyna afrorevoluta (Krog & Swinsc.) Krog & Swinsc.	4	VDI		*	-	
Lecania cyrtella (Ach.) Th.Fr.	6			*	3	
Lecania naegelii (Hepp) Diederich & van den Boom	7			*	2	
Lecanora carpinea (L.) Vain.	4			*	*	
Lecanora chlarotera Nyl.	5			*	*	
Lecanora compallens Herk & Aptroot				*	-	
Lecanora expallens Ach.	5			*	*	
Lecanora horiza (Ach.) Linds.	4			3	-	
Lecanora persimilis Th.Fr.	5			D	-	
Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.	4			*	*	
Lecanora symmicta (Ach.) Ach.	4			*	*	
Lecidella elaeochroma (Ach.) M.Choisy	5			*	*	
Lepraria finkii (Hue) R.C.Harris	5			*	-	
Lepraria incana (L.) Ach.	3			*	*	
Lepraria rigidula (B. de Lesd.) Tønsberg	2			*	-	
Melanelixia glabratula (Lamy) Sandler & Arup	4			*	*	§
Melanelixia subargentifera (Nyl.) O.Blanco et al.	6			3	2	§
Melanelixia subaurifera (Nyl.) O.Blanco et al.	5			*	3	§
Melanohalea elegantula (Zahlbr.) O.Blanco et al.	5	VDI		*	*	§
Melanohalea exasperata (de Not.) O.Blanco et al.	3			2	0	§

Fortsetzung Tabelle 2

Flechtenart	N	Klima	AW	Rote Liste		Schutz
				D	RP	
Melanohalea exasperatula (Nyl.) O.Blanco et al.	6			*	*	§
Micarea viridileprosa Coppins & van den Boom	1	VDI		*	-	
Normandina pulchella (Borrer) Nyl.	4			*	1	
Opegrapha vermicellifera (Kunze) J.R.Laundon	3	VDI		V	3	
Parmelia serrana A.Crespo, M.C.Molina & D.Hawksw.	3			*	-	§
Parmelia sulcata Taylor	7			*	*	§
Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale	6			*	3	§
Parmotrema perlatum (Huds.) M.Choisy	4	VDI		V	2	§
Pertusaria albescens (Huds.) M.Choisy & Werner	6			*	*	
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.	2			*	*	
Phaeophyscia nigricans (Flörke) Moberg	9			*	*	
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg	9			*	*	
Phlyctis argena (Spreng.) Flot.	5			*	*	
Physcia adscendens H.Olivier	8			*	*	
Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.	5			2	2	
Physcia dubia (Hoffm.) Lettau	8			*	*	
Physcia stellaris (L.) Nyl.	6			*	3	
Physcia tenella (Scop.) DC.	7			*	*	
Physcia tribacioides Nyl.	5	VDI		R	1	
Physconia distorta (With.) J.R.Laundon	6			3	3	
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt	6			V	3	
Physconia grisea (Lam.) Poelt	8			*	3	
Physconia *perisidiosa* (Erichsen) Moberg	4			V	3	
Placynthiella icmalea (Ach.) Coppins & P.James	5			*	*	
Pleurosticta acetabulum (Neck.) Elix & Lumbsch	5			V	3	§
Polycauliona polycarpa (Hoffm.) Frödén, Arup & Søchting	8			*	*	
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	2			*	*	
Punctelia borreri (Sm.) Krog	6	VDI		*	-	§
Punctelia jeckeri (Roum.) Kalb	6	VDI		*	-	§
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog	5	VDI		*	*	§
Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.	4			3	*	§
Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenh.) Vězda	6			*	*	
Violella fucata (Stirt.) T.Sprib.	3			*	*	
Xanthoria parietina (L.) Th.Fr.	8			*	*	

Eine Anzahl von nur fünf Bäumen pro Standort reicht selbstverständlich nicht aus, um das gesamte **Artenspektrum der Flechten** auch nur annähernd zu erfassen. Dies wird sofort sichtbar, wenn man die kumulative Anzahl der Flechtenarten über die Anzahl untersuchter Bäume darstellt (siehe Abbildung 7), die analog der Arten-Areal-Kurve näherungsweise einer logarithmischen Kurve folgt. Die vielseitigen Möglichkeiten der Anwendung von Arten/Areal-Kurven hat Schmitt (1999) ausführlich am Beispiel Höherer Pilze dargestellt. Beispiele für die Anwendung bei Flechten findet man bei John & Schröck (2001) und John & Türk (2006). Würde man die Darstellung auf alle Bäume des Projektes beziehen (nicht gezeigt), so wäre die zu erwartende Artenzahl zu einem hohen Prozentsatz bereits erreicht. Eine Artenzahl, wie sie durch die statistische Berechnung vorhergesehen wird, lässt sich auch bei vollständiger Erfassung möglichst vieler Bäume nicht erreichen, da Störgrößen wie Hochwasser und Immissionen aus den benachbarten urbanen und landwirtschaftlichen Regionen dies verhindern.
Obgleich die **Wuchsform der Flechten** keine Bedeutung für die systematische Stellung der Arten und ihre Klassifizierung hat, besitzt sie für die Bioindiktion eine gewisse Aussagekraft, da im Allgemeinen die Strauch und Blattflechten wegen ihrer größeren Oberfläche empfindlicher auf Luftschadstoffe (insbesondere SO_2, Stickstoff, Ozon) reagieren als Krustenflechten. Im Untersuchungsgebiet gehört jeweils genau die Hälfte der Arten diesen beiden Gruppen an. Aber auch die seltenen und gefährdeten Arten gehören etwa paritätisch diesen beiden Wuchsformen an wie z.B. *Athallia cerinella* und *Bactrospora dryina* zu den Krusten- und *Physcia tribacioides* und *Ramalina fastigiata* zu den Blatt- und Strauchflechten.

Artenschutz

Die Einstufung der einzelnen Arten in der **Gefährdungskategorie** jeweils für ganz Deutschland und Rheinland-Pfalz ist in Tabelle 2 dargestellt. Dabei sollte dringend beachtet werden, dass sich für Rheinland-Pfalz die Gefährdungssituation im vergangenen Vierteljahrhundert in vielerlei Hinsicht verändert hat, und diese Liste derzeit obsolet ist. Es existiert aber leider keine aktuellere Zusammenstellung in Rheinland-Pfalz.

Mit *Bactrospora dryina* (Ach.) A.Massal. und *Melanohalea exasperata* (de Not.) O. Blanco et al. wurden zwei Flechten gefunden, die noch in der Roten Liste von 1996 (Wirth et al. 1996) in Rheinland-Pfalz als ausgestorben galten. 21 Arten sind in dieser Liste, die bisher als einzige Rote Liste für die Flechten in Rheinland-Pfalz angesehen werden kann, überhaupt nicht erwähnt.
Die ebenfalls damals mit 1 (vom Aussterben bedroht) bewerteten Arten sind heute eher in Ausbreitung begriffen, was vor allem für Normandina pulchella (Borrer) Nyl. sowie für Candelaria concolor (15 Nachweise) zutrifft.

Nach der **Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV 2009)** sind 16 der vorhandenen Arten geschützt. Diese Arten gehören allerdings in Realität zu den häufigsten und verbreitetsten Flechten in Deutschland überhaupt, sodass deren Erwähnung und Aufzählung keinerlei Sinn ergeben würde.

Ökologische Zeigerwerte der Flechten

Anhand der Zeigerwerte lassen sich mit Hilfe von Flechtengesellschaften typische Lebensräume oder ökologische Rahmenbedingungen grob abschätzen. Die Zeigerwertklassen sind nach Wirth (2010) folgendermaßen festgelegt:

R: Reaktionszahl (pH-Wert)

1 extrem sauer, pH-Wert des Substrats unter 3,4
2 sehr sauer, pH 3,4 – 4,0234
3 ziemlich sauer, pH 4,1– 4,8
4 ziemlich/mäßig sauer, pH 4,5 –5,2
5 mäßig sauer, pH 4,9 –5,6
6 schwach sauer, pH 5,3 – 6,1
7 subneutral, pH 5,7– 6,5
8 neutral, pH 6,6 –7,5
9 basisch, pH über 7

L: Lichtzahl

1 Tiefschattenpflanze, noch bei < 1 %, selten > 10 % der relativen Beleuchtung (r. B.) vorkommend
2 zwischen 1 und 3
3 Schattenpflanze, meist bei < 5 % r. B. vorkommend
4 zwischen 3 und 5
5 Halbschattenpflanze, meist bei > 10 % r. B. vorkommend, aber selten in vollem Licht

6 zwischen 5 und 7

7 Halblichtpflanze, meist bei vollem Licht, aber auch im Schatten

8 Lichtpflanze, nur ausnahmsweise bei < 40 % r. B.

9 Volllichtpflanze, nur bei vollem Licht, selten bei < 50 % r. B.

F: Feuchtezahl

1 auf trockenste Bereiche beschränkt

2 niederschlagsarme Standorte (unter 750 mm/ Jahr) deutlich bevorzugend

3 niederschlagsarme Standorte tolerierend, aber oft auch in feuchten Lagen

4 auch an niederschlagsarmen Standorten, aber nur bei hoher Luftfeuchte

5 niederschlagsarme Gebiete gewöhnlich meidend; Niederschläge meist über 700 mm

6 Niederschläge gewöhnlich über 800 mm

7 gewöhnlich auf ziemlich niederschlagsreiche Gebiete beschränkt; Niederschläge meist über 1000 mm

8 gewöhnlich in niederschlagsreichen Gebieten (über 1400 mm), aber auch Austrocknung vertragend

9 gewöhnlich in niederschlagsreichen Gebieten (über 1400 mm), an sehr humiden Standorten; Flechten nur kurzfristig austrocknend

N: Eutrophierungszahl (Düngungstoleranz)

1–2 keine/fast keine Eutrophierung des Habitats tolerierend (z. B. Waldbäume und überhängende Felswände im Waldinnern)

3 – 4 schwache/ziemlich schwache Eutrophierung (leichte Staubbelastung der Rinde oder der Fels-oberfläche)

5 – 6 mäßige/deutliche Eutrophierung (freistehende Bäume, offene Felsen in Weiden, Mauerkronen)

7 ziemlich starke Eutrophierung (staubbelastete Mauern und Dachziegel, freistehende Bäume in der Feldflur und an stärker befahrenen Straßen, mäßig frequentierte Vogelsitzplätze, Mauern und Dachteile unter Baumkronen)

8 starke Eutrophierung (Vogelsitzplätze, stark staubbelastete Habitate)

9 sehr starke Eutrophierung (z.B. extrem staubimprägnierte Baumbasis, Urinierbereich Hunde, Kuppen von Vogelsitzplätzen, Mauern an Misthaufen)

Tabelle 3:

Zeigerwerte der Flechten nach Wirth (2010).

Datengrundlage für die Kalkulation auf Basis der Zeigerwerte.

Art	L	T	K	F	R	N	KW	KO	Anmerkung
Agonimia allobata	4	6	2	4	5	4	7	6	
Agonimia tristicula	6	5	5	6	7	1	5	5,5	Anm. 1
Alyxoria varia	4	6	4	5	6	3	6	5,5	
Amandinea punctata	7	x	6	3	5	7	4,5	3,5	
Anisomeridium polypori	4	5	3	4	7	3	6	5,5	
Arthonia radiata	3	5	4	4	5	4	5,5	5	
Arthonia spadicea	2	6	3	4	4	3	6,5	5,5	
Bacidia arceutina	6	6	3	5	6	3	6,5	6	
Bacidia rubella	6	6	3	5	7	5	6,5	6	
Bacidina neosquamulosa	5	6	2	5	5	6	7	6,5	

Art	L	T	K	F	R	N	KW	KO	Anmerkung
Bacidina sulphurella	4	6	4	4	6	6	6	5	
Bactrospora dryina	4	6	2	4	3	1	7	6	
Biatoridium monasteriense	4	3	3	8	5	3	5	7,5	Anm. 1
Buellia griseovirens	4	5	5	4	5	4	5	4,5	
Caloplaca cerinella	7	6	5	3	7	6	5,5	4	
Caloplaca cerinelloides	7	6	5	3	7	6	5,5	4	
Caloplaca obscurella	7	3	3	5	5	6	5	6	Anm. 1
Candelaria concolor	7	5	6	3	6	7	4,5	3,5	
Candelaria pacifica	7	5	6	3	6	7	4,5	3,5	Anm. 2
Candelariella efflorescens s. l.	6	6	3	5	5	7	6,5	6	Anm. 3
Candelariella viae-lacteae	7	9	6	2	7	7	6,5	3	
Candelariella xanthostigma	7	5	5	3	5	5	5	4	
Catillaria nigroclavata	7	5	4	3	7	7	5,5	4,5	
Chaenotheca ferruginea	5	x	6	3	2	4	4,5	3,5	
Chaenotheca furfuracea	3	4	4	4	3	2	5	5	
Cladonia coniocraea	5	x	6	x	4	3	4,5	4,5	
Cladonia fimbriata	7	5	6	x	4	3	4,5	4,5	
Cladonia macilenta	7	4	6	x	2	3	4	4,5	
Coenogonium pineti	3	5	3	4	4	4	6	5,5	
Evernia prunastri	7	5	6	4	3	4	4,5	4	
Flavoparmelia caperata	6	7	3	4	5	4	7	5,5	
Halecania viridescens									Anm. 4
Hyperphyscia adglutinata	7	9	3	2	7	7	8	4,5	
Hypogymnia physodes	7	x	6	3	3	3	4,5	3,5	
Hypogymnia tubulosa	7	5	5	3	5	4	5	4	
Hypotrachyna afrorevoluta	6	7	2	5	4	4	7,5	6,5	
Lecania cyrtella	7	5	6	3	7	6	4,5	3,5	
Lecania naegelii	6	5	6	3	7	7	4,5	3,5	
Lecanora carpinea	6	5	6	3	5	4	4,5	3,5	
Lecanora chlarotera	6	5	6	3	6	5	4,5	3,5	
Lecanora compallens									Anm. 4
Lecanora expallens	5	6	3	3	4	5	6,5	5	
Lecanora horiza	8	3	3	4	4	4		5,5	Anm. 1
Lecanora persimilis	7	6	4	3	7	5	6	4,5	
Lecanora pulicaris	7	4	6	3	3	4	4	3,5	
Lecanora symmicta	7	4	6	5	5	4	4	4,5	
Lecidella elaeochroma	6	5	6	3	6	5	4,5	3,5	
Lepraria incana	4	5	6	3	3	5	4,5	3,5	
Lepraria finkii	4	5	5	4	6	3	5	4,5	
Lepraria rigidula	4	5	4	5	4	2	5,5	5,5	
Melanelixia glabratula	5	5	6	4	3	4	4,5	4	Anm. 5
Melanelixia subargentifera	7	5	7	5	7	6	4	4	

Fortsetzung Tabelle 3

Art	L	T	K	F	R	N	KW	KO	Anmerkung
Melanelixia subaurifera	6	5	5	5	6	5	5	5	
Melanohalea elegantula	7	7	3	5	4	5	7	6	
Melanohalea exasperata	8	3	4	6	6	3	4,5	6	
Melanohalea exasperatula	7	5	6	3	5	6	4,5	3,5	
Micarea viridileprosa	5	3	3	8	3	1	5	7,5	Anm. 1
Normandina pulchella	6	5	3	5	5	4	6	6	
Opegrapha vermicellifera	3	8	2	4	5	3	8	6	
Parmelia serrana	6	x	6	5	3	3	4,5	4,5	Anm. 6
Parmelia sulcata	7	x	6	3	5	7	4,5	3,5	
Parmelina tiliacea	7	6	5	3	5	6	5,5	4	
Parmotrema perlatum	6	7	2	6	5	4	7,5	7	
Pertusaria albescens	6	x	6	3	6	6	4,5	3,5	
Pertusaria amara	6	x	6	4	3	2	4,5	4	
Phaeophyscia nigricans	8	x	6	x	8	9	4,5	4,5	
Phaeophyscia orbicularis	7	x	6	x	7	9	4,5	4,5	
Phlyctis argena	5	5	4	3	4	5	5,5	4,5	
Physcia adscendens	7	x	6	3	7	8	4,5	3,5	
Physcia aipolia	7	x	6	3	7	5	4,5	3,5	
Physcia dubia	8	x	6	x	7	8	4,5	4,5	
Physcia stellaris	7	4	6	3	6	6	4	3,5	
Physcia tenella	7	x	6	3	6	7	4,5	3,5	
Physcia tribacioides	8	3	3	7	5	5	5	7	Anm. 1
Physconia distorta	7	5	6	5	7	6	4,5	4,5	
Physconia enteroxantha	7	4	6	5	6	6	4	4,5	
Physconia grisea	7	7	6	2	6	8	5,5	3	
Physconia perisidiosa	7	4	6	5	6	4	4	4,5	
Placynthiella icmalea	7	x	6	3	2	5	4,5	3,5	
Pleurosticta acetabulum	7	6	5	3	7	5	5,5	4	
Polycauliona polycarpa	7	x	5	3	7	8	5	4	
Pseudevernia furfuracea	8	4	6	5	3	2	4	4,5	
Punctelia borreri	7	8	2	5	5	6	8	6,5	
Punctelia jeckeri	7	7	3	3	4	6	7	5	
Punctelia subrudecta	7	7	3	3	4	5	7	5	
Ramalina fastigiata	7	5	4	6	6	4	5,5	6	
Scoliciosporum chlorococcum	6	5	3	3	3	6	6	5	
Violella fucata	5	4	3	4	3	3	5,5	5,5	
Xanthoria parietina	7	x	x	3	7	8	5	4	

Anm. 1: Die Daten wurden aus Nimis & Martellos (2008) gemäß dem in Tabelle 4 angegebenen Schlüssel in die 9-stufige Skala umgerechnet.
Anm. 2: Gleiche Daten wie für ***Candelaria concolor*** übernommen.
Anm. 3: Gleiche Daten wie für ***Candelariella reflexa*** übernommen.
Anm. 4: keine Zeigerwertdaten publiziert
Anm. 5: Gleiche Daten wie für ***Parmelia fuliginosa*** übernommen.
Anm. 6: Gleiche Daten wie für ***Parmelia saxatilis*** übernommen.

Die Transformation neunstufiger Zeigerwerte in die fünfstufige Skala wurde nach dem in Tabelle 4 angegebenen Schlüssel vorgenommen. Bei den Feuchtezahlen und den Zahlen für Aridität (Aridity) sind die Skalen gegenläufig.

Tabelle 4:

Transformation der neunstufigen in die fünfstufige Skala.

Klasse in der 9-stufigen Skala nach Wirth (2010)	Klasse in der 5-stufigen Skala nach Nimis & Martellos (2008)	
für R, L, F und N	für R, L und N	für F
1	1	5
2	1	5
3	2	4
4	2	4
5	3	3
6	4	2
7	4	2
8	5	1
9	5	1

Besondere Indikator-Arten

Stickstoff- und Eutrophierungszeiger (nach Wirth 2010). Die Arten in den Klassen 7, 8 und 9 der Zeigerwerte für N können als Eutrophierungszeiger angesehen werden. Das betrifft 15 Flechtenarten, die vorwiegend in der Krone auf Ästen und Zweigen vorkommen. Hierzu zählen die häufigsten Arten im Untersuchungsgebiet, sowohl was Frequenz als auch Dominanz betrifft:

Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Scheid.
Candelaria concolor (Dicks.) Stein
Candelariella viae-lacteae G.Thor & V.Wirth
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt
Lecania naegelii (Hepp) Diederich & Van den Boom
Parmelia sulcata Taylor
Phaeophyscia nigricans (Flörke) Moberg
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg
Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier
Physcia dubia (Hoffm.) Lettau
Physcia tenella (Scop.) DC.
Physconia grisea (Lam.) Poelt
Polycauliona polycarpa (Hoffm.) Frödén, Arup & Søchting
X*anthoria parietina* (L.) Th. Fr.

Stickstoff meidende und eutrophierungsintolerante Arten sind dagegen sehr selten im Gebiet und vorwiegend im unteren Bereich der Bäume zu finden. Die Arten mit N-Werten von 1 und 2 nach Wirth (2010) bzw. 1 für Eutrophierung nach Nimis & Martellos sind die folgenden:

Agonimia tristicula (Nyl.) Zahlbr.
Bactrospora dryina (Ach.) A.Massal.
Chaenotheca furfuracea (L.) Tibell
Lepraria rigidula (B. de Lesd.) Tønsberg
Micarea viridileprosa Coppins & van den Boom

Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf

Klimawandel-Zeiger (nach Verein Deutscher Ingenieure 2015):

Bacidina neosquamulosa (Aptroot & Herk) S.Ekman
Bactrospora dryina (Ach.) A.Massal.
Flavoparmelia caperata (L.) Hale
Halecania viridescens Coppins & P.James
Hypotrachyna afrorevoluta (Krog & Swinscow) Krog & Swinskow
Melanohalea elegantula (Zahlbr.) O. Blanco et al.
Micarea viridileprosa Coppins & van den Boom
Opegrapha vermicellifera (Kunze) J.R.Laundon
Parmotrema perlatum (Huds.) M.Choisy
Physcia tribacioides Nyl.
Punctelia borreri (Sm.) Krog
Punctelia jeckeri (Roum.) Kalb
Punctelia subrudecta (Nyl.) Krog

Zeiger-Arten alter Wälder (nach Wirth et al. 2009) sind

Agonimia allobata (Stizenb.) P.James
Bactrospora dryina (Ach.) A.Massal.

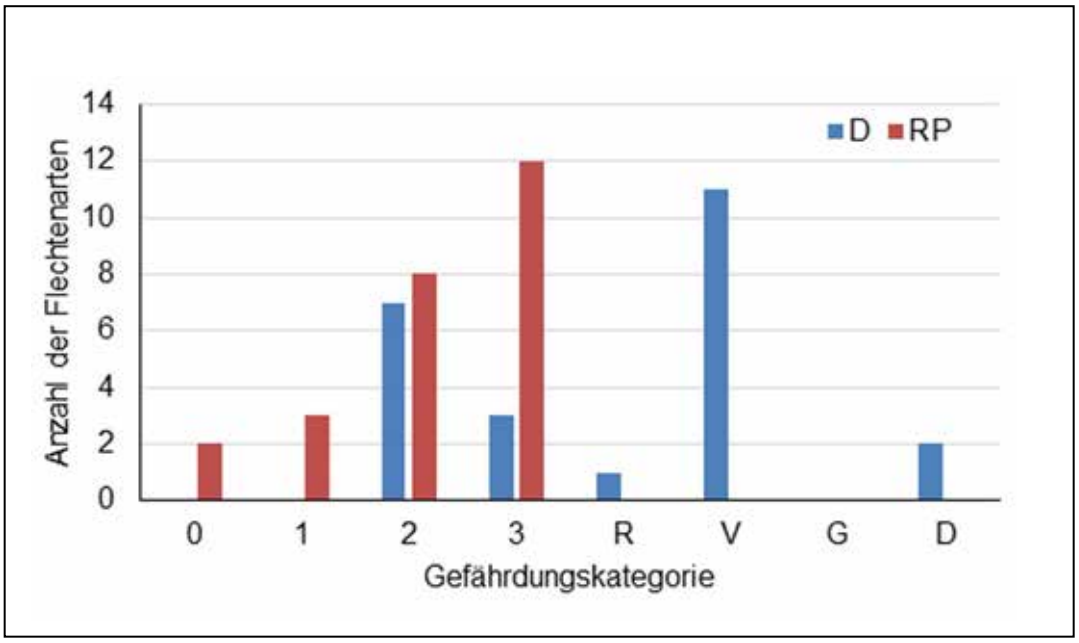
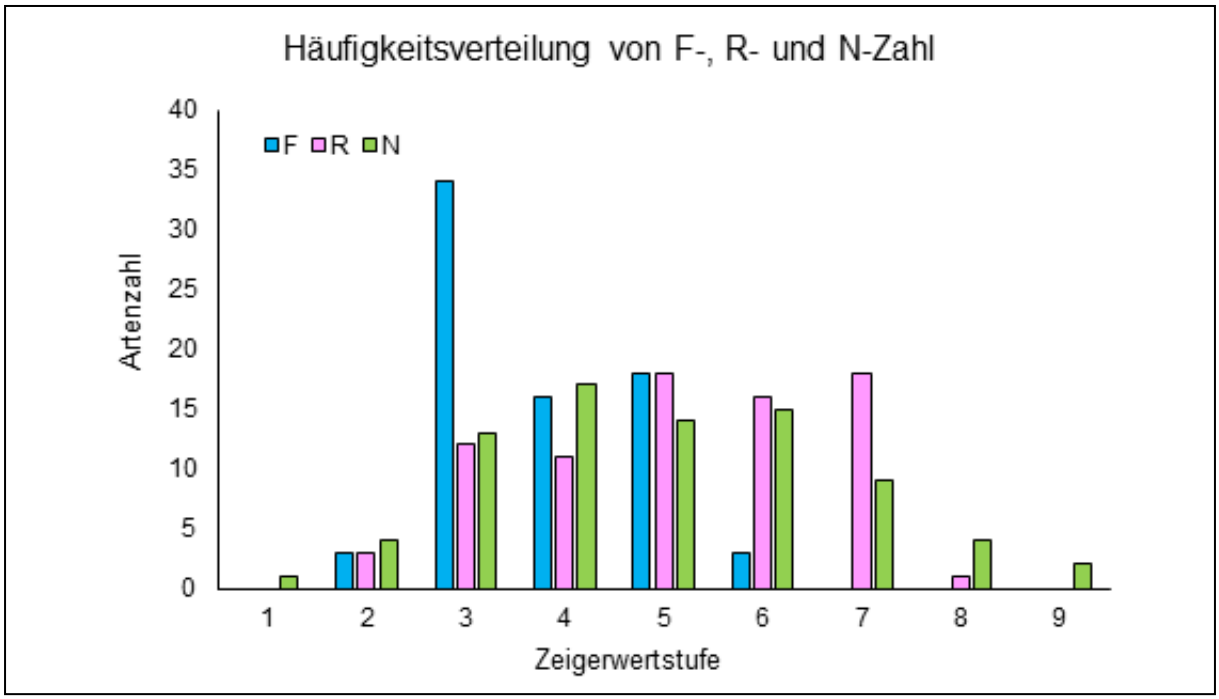


Abbildung 5: Anzahl der Flechtenarten in den Gefährdungskategorien.
Aufgetragen ist die Anzahl der Flechtenarten in einer der Gefährdungskategorien gemäß Roter Liste Deutschland (Wirth et al. 2011) bzw. Rheinland-Pfalz (Wirth et al. 1996).



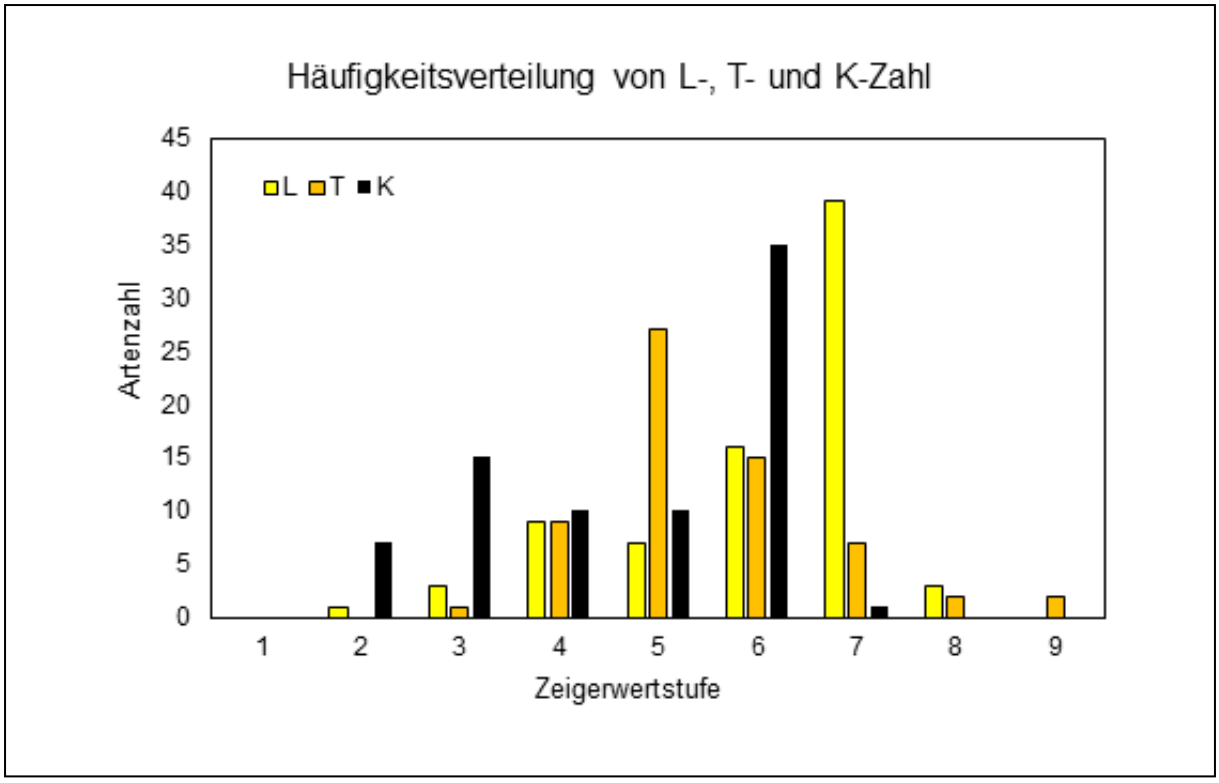


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung von Feuchte-, Reaktions- und Nährstoffzahl sowie von Licht-, Temperatur-, Kontinentalitätszahl der Flechten nach WIRTH (2010).
Aufgetragen ist die Anzahl der Flechtenarten mit dem jeweiligen Zeigerwert im gesamten Projekt.

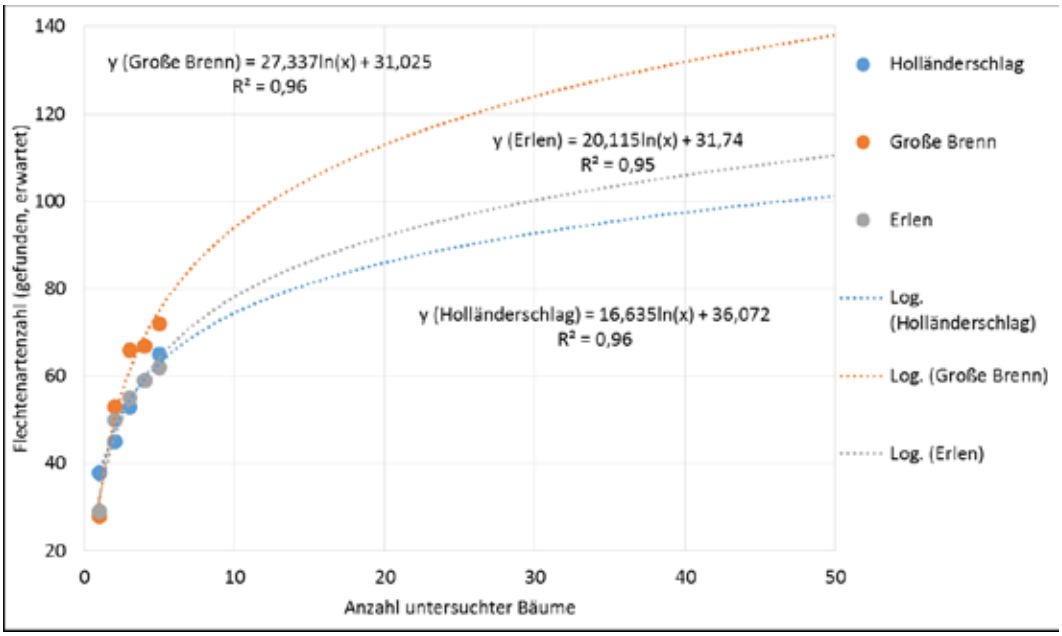


Abbildung 7: Aufsummierung der mit steigender Anzahl untersuchter Bäume neu hinzukommender Flechtenarten. Daten von jeweils fünf Baumen pro Standort, jeweils gesamte Artvorkommen pro untersuchtem Baum. Logarithmische Datenanpassung in Analogie zur Arten-Areal-Kurve.

Punctelia borrere Foto: Stapper

Punctelia jeckeri Foto: John

Abbildung 8: Beispiele großer Blattflechten der Gattung *Punctelia* aus dem Kronenraum.

Physcia tribacioides;
Foto: John.
Standort: Holländerschlag.

Diese in Nordwestdeutschland in Ausbreitung begriffene, kleine Blattflechte ist eine der als Klimawandelindikatoren eingestuften Arten.

Lecania naegelii (mit *Xanthoria parietina*, gelb, und *Phaeophyscia orbicularis*, grau);
Foto: Stapper.
Standort: Große Brenn.

Die braunen Fruchtkörper links und die mit den schwarzen Scheiben rechts gehören beide zur selben Art! Kalibrierbalken: 1 mm.

Xanthoriicola physciae, lichenicoler Pilz auf der Blattflechte *Xanthoria parietina*;
Foto: Stapper.

Dieser Pilz entwickelt zahlreiche kleine Fruchtkörper, wodurch die Scheiben der gelben Flechtenfruchtkörper wie durch Ruß geschwärzt erscheinen.

Abbildung 9: Makrofotos von Flechten und einem lichenicolen Pilz aus dem Kronenraum von *Juglans nigra*.

3.2 Die Moose an Schwarznussbäumen – Artenspektrum und Indikatoreigenschaften

Das **Artenspektrum** der an den 15 Schwarznussbäumen (*Juglans nigra*) nachgewiesenen Moose umfasst insgesamt 54 auf Art- bzw. zumindest auf Gattungsniveau angesprochene Arten, und zwar vier Lebermoose, 31 akrokarpe und 19 pleurokarpe Laubmoose (siehe Tabelle 5). **Vergleichsdaten** aus anderen Studien mit *Juglans nigra* liegen nicht vor. Barkman (1958) listet Ergebnisse von Erhebungen in einigen europäischen Ländern auf, wonach an verschiedenen Baumarten in der Schweiz im Mittel insgesamt 14 Moose pro Baum (Stamm und Kronenraum) registriert wurden, mit maximal 61 Arten an Fagus sylvatica und 24 an *Fraxinus excelsior*, aber z. B. nur 7 Moosen an *Juglans regia*. In entsprechende Studien in den Niederlanden wurden im Mittel 27 Moose pro Baumart nachgewiesen mit z. B. 66 Arten an *Fraxinus excelsior* und 13 Arten an Juglans regia und jeweils 51 Moosen an *Fagus sylvatica* und *Quercus* spp., was dem hier gefundenen Wert von 54 an *Juglans nigra* sehr nahe kommt. Die rein numerische Artenvielfalt ist jedoch nur von begrenzter Aussagekraft, wenn z. B. nicht fakultative und obligate Epiphyten differenziert wurden, oder wenn auf den Stämmen angeschwemmte Feinerde bodenbewohnenden Moosen (z. B. *Eurhynchium pumilum*) gestattet, an der Stammbasis hinaufzuwachsen, wie etwa am Standort Erlen. Ebenso muss eine ausreichend hohe Anzahl Bäume untersucht werden, um durch Hinzunahme weiterer Bäume praktisch keine neuen Arten mehr zu finden (John & Schröck 2001). In Abbildung 10 ist die kumulative Zahl der Moosarten über die Anzahl untersuchter Bäume für jeden Standort dargestellt, die, analog der Arten-Arealkurve, einer logarithmischen "Sättigungskurve" folgt (Stapper & Franzen-Reuter 2003). Trotz der augenscheinlich guten Datenanpassung (R^2 zwischen 0,9 und 0,99) erlaubt diese Darstellung nur abzuschätzen, dass z. B. die Moosarten am Standort Holländerschlag wahrscheinlich ungleichmäßiger über die untersuchten Bäume verteilt sind, und dass das maximal erfassbare Moosartenspektrum an Schwarznuss oberhalb von 50 bis 70 Arten liegt. Bei Epiphytenuntersuchungen in deutschen Wäldern findet man, sofern man darauf achtet, dass sich die Bestandsstruktur bei der Suche nicht verändert, nach mehr als 25 untersuchten Bäumen auf den letzten fünf Bäumen oft keine neuen Arten mehr (unveröffentlichte eigene Beobachtung). Die Ableitung spezieller Diversitätsindizes verbietet sich wegen der zu geringen Anzahl der Datenpunkte. Auch innerhalb einer Baumart kann die Zahl der insgesamt nachgewiesenen Arten sehr verschieden sein, wie die Ergebnisse von Boch et al. (2013) zeigen, die auf der Schwäbischen Alb, im Nationalpark Hainich und in der Schorfheide an *Fagus sylvatica* 69, 46 bzw. 30 Moose nachwiesen, wobei 34 Moosarten ausschließlich auf der Schwäbischen Alb gefunden wurden. Dieser Fund bestätigt die Behauptung von Barkman (1958), dass die numerischen Artenzahlen pro Baumart nur von begrenzter Relevanz sind und stark von den standörtlichen Gegebenheiten und der Lage im klimatischen Gefälle Europas bestimmt werden. Vor dem Hintergrund, dass *Fagus* und *Quercus* in Europa wahrscheinlich die Baumarten mit den meisten Epiphyten sind (Barkman 1958), ist **die hier vorgefundene Artenvielfalt von 54 Moosen an *Juglans nigra* unerwartet hoch**. Auch die eingangs erwähnten phytotoxischen Substanzen, deren Vorkommen in der Schwarznuss nicht auf die Früchte beschränkt ist, scheinen für die Moose, zumindest die hier nachgewiesenen Arten, kein Hemmnis darzustellen.

Die weitaus meisten an Schwarznuss gefundenen Moosarten sind im Gebiet als "ungefährdet" eingestuft, vier Arten als "im Rückgang begriffen" (Lauer 2005). *Orthotrichum striatum, O. tenellum* und *Tortula laevipila* werden als gefährdet betrachtet (Kategorie 3), *O. pallens, O. pulchellum* und *Plagiothecium latebricola* als "wahrscheinlich gefährdet" (Kategorie G). Hinsichtlich der genannten *Orthotrichum*-Arten wird die Unterscheidung der beiden Kategorien 3 und G auf Grundlage eigener Beobachtungen im NRW-Rheinland als fragwürdig eingeschätzt.

Tabelle 5:

Liste der Moosarten an *Juglans nigra* mit Angabe der Licht- und Feuchtezahl und des Rote-Liste-Status.

Zeigerwert: L = Lichtzahl und F = Feuchtezahl nach DÜLL (2001).
Gefährdungsgrad: Angaben aus LAUER (2005):
3 = gefährdet; G = wahrscheinlich gefährdet; V = im Rückgang begriffen; * = ungefährdet.

Moosart	Zeigerwert L	Zeigerwert F	Gefährdungsgrad
Lebermoose			
Frullania dilatata (L.) Dumort.	8	4	
Metzgeria furcata (L.) Dumort.	5	4	*
Porella platyphylla (L.) Pfeiff.	5	4	*
Radula complanata (L.) Dumort.	7	5	*
Laubmoose			
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp.	5	4	*
Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor	5	5	*
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.	5	4	*
Bryum capillare Hedw.	5	4	*
Bryum flaccidum Brid. (syn. B. laevifilum Syed)	5	5	*
Cirriphyllum crassinervium (Taylor) Loeske & M. Fleisch.	4	5	*
Dicranoweisia cirrata (Hedw.) Lindb.	7	5	*
Dicranum montanum Hedw.	6	5	*
Didymodon sinuosus (Mitt.) Delogne	6	5	*
Eurhynchium hians (Hedw.) Sande Lac.	7	5	*
Eurhynchium praelongum (Hedw.) Schimp.	6	6	*
Eurhynchium pumilum (Wilson) Schimp.	3	5	*
Fissidens taxifolius Hedw.	5	6	*
Homalia trichomanoides (Hedw.) Bruch & Schimp	4	6	*
Homalothecium sericeum (Hedw.) Schimp.	7	2	*
Hypnum cupressiforme Hedw.	5	4	*
Isothecium alopecuroides (Dubois) Isov.	5	5	*
Leskea polycarpa Hedw.	7	4	*
Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwägr.	8	4	V
Neckera complanata (Hedw.) Huebener	4	4	V
Orthotrichum affine Brid.	8	4	*
Orthotrichum diaphanum Brid.	8	2	*
Orthotrichum lyellii Hook. & Taylor	7	4	*
Orthotrichum obtusifolium Brid.	7	4	*
Orthotrichum pallens Bruch ex Brid.	4	4	G
Orthotrichum patens Bruch ex Brid.	6	4	V
Orthotrichum pulchellum Brunt.	8	3	G
Orthotrichum pumilum Sw.	8	4	*

Fortsetzung Tabelle 5

Moosart	Zeigerwert L	Zeigerwert F	Gefährdungs-grad
Orthotrichum speciosum Nees	7	5	V
Orthotrichum stramineum Hornsch. ex Brid.	7	3	*
Orthotrichum striatum Hedw.	8	5	3
Orthotrichum tenellum Bruch ex Brid.	8	3	3
Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T.J.Kop.	4	5	*
Plagiomnium undulatum (Hedw.) T.J.Kop.	4	6	*
Platygyrium *repens* (Brid.) Schimp.	6	4	*
Pylaisia polyantha (Hedw.) Schimp.	8	5	*
Schistidium crassipilum H.H. Blom			*
Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Gangulee	4	6	*
Tortula *laevipila* (Brid.) Schwägr.	8	3	3
Tortula muralis Hedw.	8	2	*
Tortula papillosa Wilson	8	3	*
Tortula ruralis (Hedw.) P. Gaertn.	9	2	*
Ulota bruchii Hornsch. ex Brid.	4	5	*
Ulota crispa (Hedw.) Brid.	4	6	*
Zygodon viridissimus (Dicks.) Brid.	6	5	*

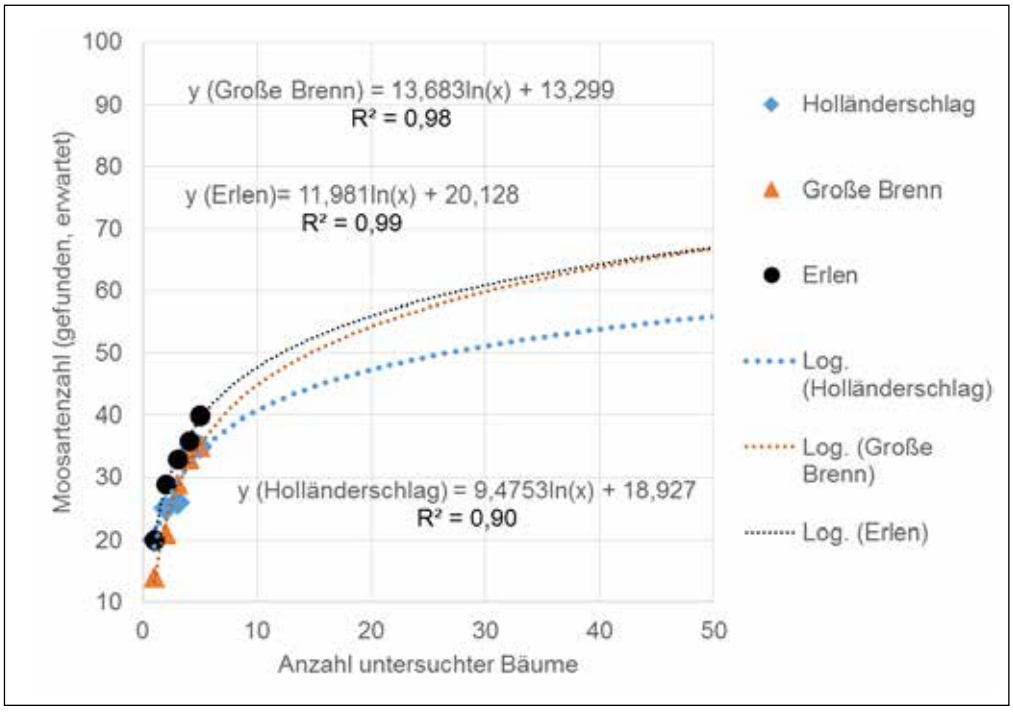
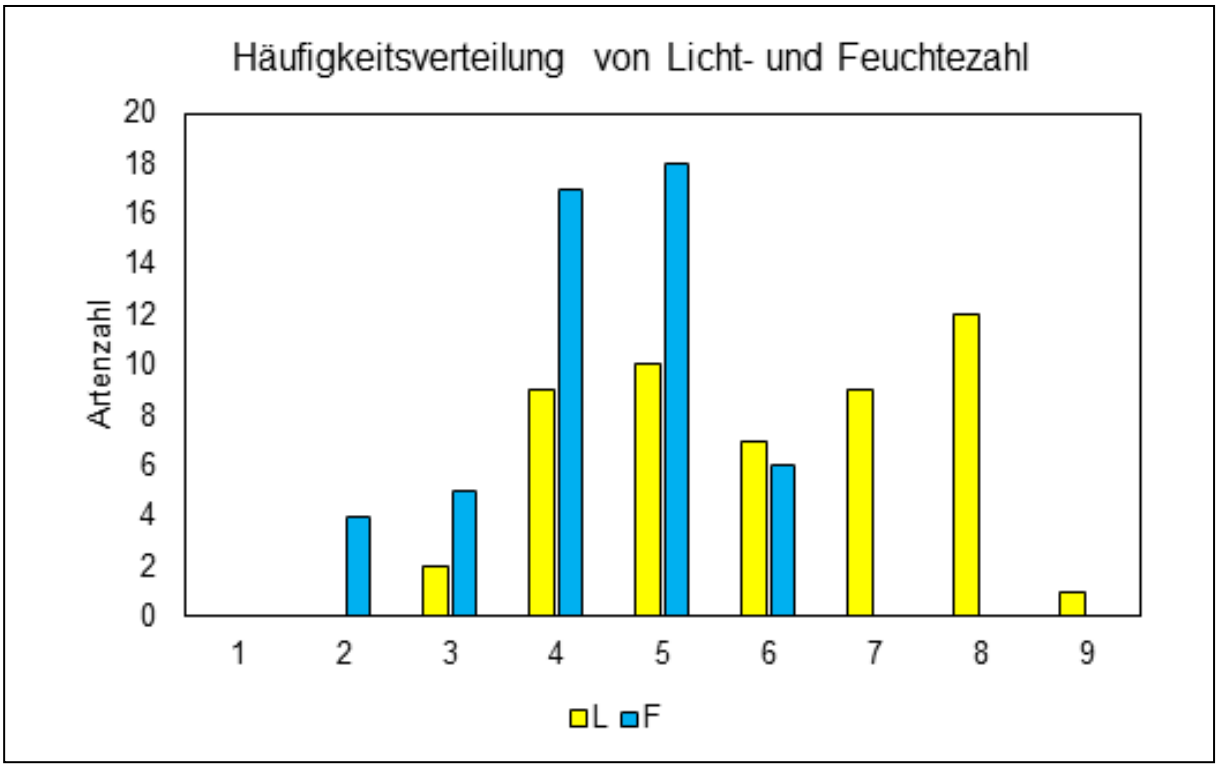


Abbildung 10: Aufsummierung der mit steigender Anzahl untersuchter Bäume neu hinzukommender Moosarten. Daten von jeweils fünf Bäumen pro Standort, jeweils gesamte Artvorkommen pro untersuchtem Baum. Logarithmische Datenanpassung in Analogie zur Arten-Areal-Kurve.

Zu den Arten mit den häufigsten Vorkommen, das heißt, die in den meisten Segmenten der Trägerbäume registriert wurden, zählen die pleurokarpen Moose *Hypnum cupressiforme, Platygyrium repens, Homalia trichomanoides* und A*nomodon viticulosus*, die am Stamm und an der Stammbasis beträchtliche Deckungsgrade erreichen. Ebenfalls häufige Arten, allerdings vornehmlich am oberen Stamm oder in der Krone anzutreffen, sind die akrokarpen Laubmoose *Orthotrichum affine, O. diaphanum* und *Ulota bruchii*.

Rund die Hälfte der Moosarten wurde mit **Sporenkapseln** in unterschiedlichem Reifegrad angetroffen (die meisten Arten der Gattung *Orthotrichum* sind nur mit Kapseln sicher ansprechbar), einige der Moose bilden reichlich vegetative Diasporen, z. B. P*latygyrium repens, Orthotrichum lyellii* und *O. obtusifolium* oder auch *Leucodon sciuroides*. Überraschenderweise nicht gefunden wurde das für Stromtäler typische Moos T*ortula latifolia*, das sich fast ausschließlich anhand von Brutkörpern verbreitet und überall in den Auwäldern entlang des Rheins sehr häufig und im Gebiet mehrfach belegt ist (Lauer 2005). Hingegen ist *Leskea polycarpa*, die andere Charakterart des Syntrichio *latifoliae-Leskeetum polycarpae*, namentlich an den häufig gefluteten Stämmen der Bäume des Standortes Erlen teils reichlich vorhanden.

Die Häufigkeitsverteilungen der **ökologischen Zeigerwerte** (siehe Abbildung 11) weisen die meisten Moose als an frische bis trockene, mäßig saure Standorte adaptierte Halbschatten- bis Lichtpflanzen aus, deren Verbreitungsschwerpunkt in Mitteleuropa liegt. Die breite Verteilung der Lichtzahlen beruht darauf, dass hier sowohl die Moose des gut belichteten Kronenraumes erfasst sind als auch die des geringer belichteten Stammfußes mit seinen vom Boden emporkriechenden Schattenpflanzen, z. B. dem für Auwaldböden typischen *Eurrhynchium pumilum* (L3).
Im Gegensatz zu Flechten sind bei den Moosen bisher nur weniger Arten bekannt, die sich infolge des **Klimawandels** ausbreiten (Frahm & Klaus 2001; Nebel & Philippi 2001). Unter den Epiphyten sind dies *Cryphaea heteromalla, Metzgeria fruticulosa, Orthotrichum pulchellum, Tortula pagorum, Ulota phyllantha* und *Zygodon conoideus*, die in den letzten zehn Jahren sporadisch an zumeist freistehenden Bäumen in Niedersachsen, im Westen von Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz sowie im Saarland nachgewiesen wurden, häufig auch an *Sambucus nigra* (Übersicht in Meinunger & Schröder 2007; für die Pfalz siehe Lauer (2005), Einzelnachweise in NRW siehe z. B. Bomble 2003 (*U. phyllantha*) oder Stapper 2010 (*M. fruticulosa, O. pulchellum, U. phyllantha*). Es ist davon auszugehen, dass alle genannten Moosarten am Rande ihrer östlichen Arealgrenze nur bei intensiver Kontrolle sehr vieler Substrate nachgewiesen werden können. In der vorliegenden Arbeit wurde von diesen Moosen einzig *Orthotrichum pulchellum* nachgewiesen, einmal kümmerlich an Kronenästen von Baum 32 auf der Waldfläche Große Brenn. Lauer (2005) gibt östlichste Fundpunkte im Pfälzer Wald an (MTB 6813), weshalb das jetzige Vorkommen in der Großen Brenn als Folge einer weiteren **Ausbreitung der Art nach Osten** interpretiert werden kann. Man muss dabei allerdings beachten, dass die Karten in Lauer (2005), wie in allen vergleichbaren Werken, den Bearbeitungsstand wiedergeben und nicht die tatsächliche Verbreitung der Art zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. *Zygodon conoideus* kann habituell leicht mit anderen Arten der Gattung verwechselt werden, doch alle untersuchten *Zygodon*-Vorkommen mussten aufgrund ihrer Brutkörpermerkmale klar *Z. viridissimus* zugeschlagen werden (häufigste Art der Gattung). *Z. conoideus* fehlt in der Moosflora von Baden-Württemberg (Nebel & Philippi 2000-2005), wurde aber von Heseler 1994 erstmals im Westen der Pfalz nachgewiesen (Lauer 2005) und ist dort in mehreren Messtischblättern belegt. Etwas seltener belegt, aber von ähnlich bekannter Verbreitung in der Pfalz ist das Lebermoos *Metzgeria fruticulosa,* während *Cryphaea heteromalla* zwar auch im Westen besonders häufig angetroffen wurde (oft an *Populus*; MTB 6610 und benachbarte), aber auch in den von der vorliegenden Untersuchung betroffenen MTB inzwischen mehrfach belegt ist.



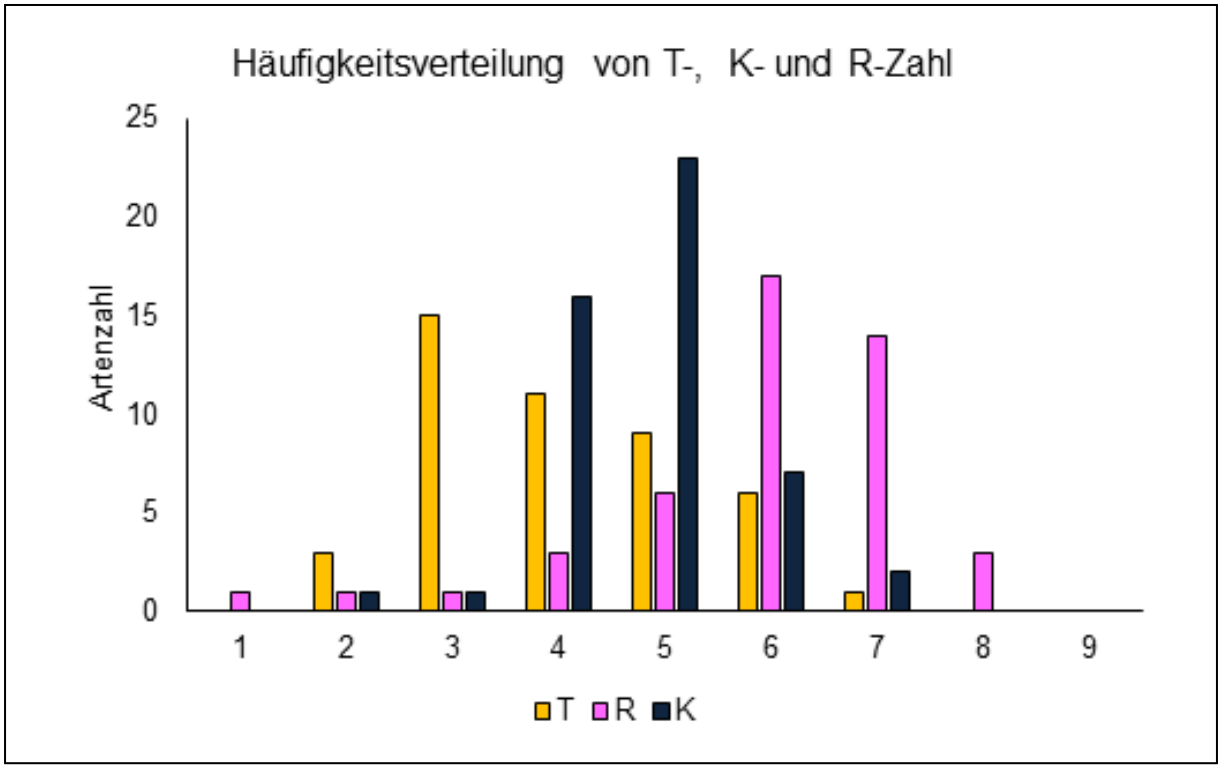


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung der Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Feuchte- und Reaktionszahl der Moose nach Düll (2001). Aufgetragen ist die Anzahl der Moosarten mit dem jeweiligen Zeigerwert im gesamten Projekt.

3.3 Häufigkeit und vertikale Verteilung der Flechtenvorkommen

Hinsichtlich der jeweiligen Gesamtzahl der auf den Trägerbäumen registrierten Flechtenarten ergeben sich nur geringe Unterschiede zwischen den drei Lokalitäten. An den beiden nördlichen Standorten Holländerschlag und Große Brenn wurden insgesamt 65 bzw. 72 verschiedene Flechtenarten an Schwarznussbäumen nachgewiesen, am südlichen Standort Erlen am Rhein nahe der Stadt Karlsruhe waren es mit 62 Arten fast ebenso viele. Die Biodiversität der Flechten innerhalb der vier Baumsegmente variiert allerdings wesentlich stärker als zwischen den drei Standorten. Während an allen Standorten im Mittel 32 bis 37 Flechtenarten pro Baum gefunden wurden (siehe Tabelle 6), war der untere Stammbereich immer sehr flechtenarm, die Mehrzahl der Arten auf den Kronenraum der Bäume beschränkt.

Bei getrennter Betrachtung der vier Segmente der Trägerbäume fällt folgendes auf:

- Am häufig überfluteten Standort Erlen wurden keine **Flechten am Stammfuß** (Segment I) beobachtet. Das hat seine Ursache mit Sicherheit in der Überschwemmungssituation bei Hochwasser. Flechten vertragen Eutrophierung und das submerse Leben in dieser Situation wesentlich schlechter als die Moose. Auch die Ablagerung von Feinerde bei jedem Hochwasserereignis dürfte sich negativ auf die Flechten auswirken. Am Standort Holländerschlag finden sich nur an einem der fünf Bäume Flechten an der Stammbasis, dabei gleich fünf verschiedene Arten. Am Standort Große Brenn mit mindestens zwei Flechten an den Stammfüßen aller Bäumen hat die Überschwemmungssituation bei Hochwasser also die geringsten Auswirkungen auf die Flechten an der Stammbasis der Bäume.
- An den drei Standorten wurden auch an den **Stämmen der Bäume** (Segment II) nur wenige Flechtenarten registriert. In Erlen werden zwischen 0 und 3 Arten am Stamm angegeben (insgesamt 9 Meldungen), in Holländerschlag zwischen 1 und 4 (Summe 14 Meldungen) und in Große Brenn zwischen 1 und 6 Arten. Die mittlere Anzahl der Arten pro Baum und Stammfuß war mit 4 Arten pro Baum am Standort Große Brenn am höchsten.
- Die Flechten am Stamm der Bäume wurden nach der aktuellen Europäischen Norm (EN 16413, 2014) erfasst. Dabei wurde die **Frequenz der einzelnen Arten in einem Gitter** an den vier Himmelsrichtungen am Stamm notiert. Die geringe Artenzahl und die höchst geringen Frequenzen der Flechten in diesem Segment der Bäume waren nicht zielführend. Die Wuchsbedingungen sind hier aufgrund äußerer Einflüsse wie regelmäßige Überflutung, Beschattung usw. suboptimal.
- Was die Vorkommen der **Flechten im Subkronteil** an dickeren Ästen betrifft (Segment III), sind die Zahlen am Standort Erlen mit 87 Meldungen und im Holländerschlag mit 80 Meldungen vergleichbar, während die Zahl bei Große Brenn mit 103 wiederum etwas höher liegt. Die mittlere Anzahl verschiedener Flechtenarten pro Baum in diesem Segment war in Erlen und Holländerschlag ähnlich (17,4 bzw. 16,9), am höchsten am Standort Große Brenn (20,4; vergl. Tabelle 6).
- Im Kronenraum **an dünnen Zweigen** (Segment IV) zeigt sich ein etwas anderes Bild. Während hier in Holländerschlag mit 103 Meldungen und Große Brenn mit 109 Meldungen die Werte fast gleich sind, fällt Erlen mit einer deutlich höheren Zahl von 131 aus dem Rahmen. Die mittlere Anzahl verschiedener Arten pro Baum beträgt für dieses Segment 20,6 und 21,8 am Standort Holländerschlag bzw. Große Brenn, am Standort Erlen ist sie mit 26,2 Arten pro Baum und Kronensegment IV am höchsten (Tabelle 6).
- **Keine Flechtenart wurde in allen vier Segmenten nachgewiesen**. Nur eine einzige Flechte, *Coenogonium pineti,* wurde vom Stammfuß bis in den mittleren Kronenraum angetroffen (I bis III), und zwar am Standort Holländerschlag. Die meisten Arten, die in drei Segmenten nachgewiesen wurden, befanden sich an den Standorten Große Brenn und Erlen sowohl am Stamm (Segment II) als auch an dünnen Ästen und Zweigen (IV). Es handelte sich um allgemein häufige epiphytische Flechtenarten, *Amandinea punctata* und *Candelariella efflorescens* s.l. (Erlen) bzw. *Lecanora chlarotera*, *Lecanora expallens* und *Lecidella elaeochroma* (Große Brenn).

- **Die zehn häufigsten Flechtenarten im Projekt** sind *Parmelia sulcata* (30 Vorkommen, alle Standorte, alle Segmente), *Physcia adscendens* (28), *Punctelia subrudecta* (28), *Punctelia jeckeri* (27), *Candelariella efflorescens* s. l. (26), *Xanthoria parietina* (25), *Catillaria nigroclavata* (25), *Phaeophyscia orbicularis* (24), *Lecanora chlarotera* (19).
- **Zeigerarten für "Alte Wälder"** wurden überwiegend an Stammfuß und Stamm nachgewiesen (*Agonimia allobata, Bactrospora dryina*).
- Die sehr unterschiedliche vertikale Verteilung der Arten auf die Bäume äußert sich auch in den **Zeigerwertmedianen der Flechten für jedes Segment der Trägerbäume** an den drei Waldstandorten (vergl. Tabelle 11 und Abbildung 12). An starke Beleuchtung adaptierte und düngetolerante Flechtenarten besiedeln die oberen Segmente. Viele nitrophytische Flechten gedeihen nur bei starker Beleuchtung, weshalb sie im Wald in Lichtungen oder bei mangelndem Kronenschluss üblicherweise nur im unteren Stammbereich vorkommen (Stapper et al. 2007; Hauck & Wirth 2010). Die im Kronendach nachgewiesenen Flechten sind aufgrund ihrer medianen Zeigerwerte offenbar besser an Temperaturschwankungen bzw. kühle Standorte adaptiert als die Arten der mittleren bzw. unteren Baumsegmente, die wahrscheinlich vom milderen Mikroklima innerhalb des Bestandes profitieren.

Tabelle 6:

Anzahl der Flechtenarten pro Baum und Segment für den Waldstandort. Einzeldaten hierzu siehe Tabelle 7 ff.

Waldstandort (Flechtenarten insgesamt)	Baumnummer	Segment				Baum gesamt
		I	II	III	IV	
		Anzahl der Flechtenarten				
Erlen (62)	11	0	0	14	28	34
	12	0	3	13	33	42
	13	0	2	19	23	34
	14	0	2	21	18	28
	15	0	2	20	29	37
	MW	0,00	1,80	17,40	26,20	35,00
	+ SF	0,00	0,49	1,63	2,60	2,28
Holländerschlag (65)	21	0	4	21	26	41
	22	0	1	13	11	21
	23	0	4	18	19	30
	24	0	1	12	28	33
	25	5	4	16	19	35
	MW	1,00	2,80	16,00	20,60	32,00
	+ SF	1,00	0,73	1,64	3,01	3,29
Große Brenn (72)	31	2	1	15	24	28
	32	4	5	35	19	47
	33	5	5	21	23	44
	34	3	6	16	27	41
	35	2	3	17	16	23
	MW	3,20	4,00	20,80	21,80	36,60
	+ SF	0,58	0,89	3,69	1,93	4,70

Tabelle 7:

Verteilung der Flechtenarten an der Stammbasis.

Flechten an der Stammbasis (Segment I)															
Standort	**Holländerschlag**					**Große Brenn**					**Erlen**				
Baumnummer	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Agonimia allobata					1		1	1	1	1					
Alyxoria varia							1		1	1					
Arthonia radiata							1								
Bacidia arceutina								1							
Bacidia rubella								1							
Biatoridium monasteriense						1									
Chaenotheca furfuracea					1										
Coenogonium pineti					1										
Lepraria incana							1								
Lepraria finkii					1	1		1							
Opegrapha vermicellifera					1			1	1						
Summe Artenzahl	**0**	**0**	**0**	**0**	**5**	**2**	**4**	**5**	**3**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Eintrag "1" bedeutet Vorkommen der jeweiligen Art

Tabelle 8:

Verteilung der Flechtenarten am Stamm.

Flechten am Stamm (Segment II)															
Standort	**Holländerschlag**					**Große Brenn**					**Erlen**				
Baumnummer	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Agonimia allobata	1							1	1						
Agonimia tristicula													1		
Alyxoria varia					1	1	1	1	1	1					
Amandinea punctata														1	
Anisomeridium polypori								1							
Arthonia spadicea												1			
Bacidina sulphurella									1						1
Bactrospora dryina				1											
Candelariella efflorescens / xanthostigmoides														1	
Chaenotheca ferruginea			1												
Chaenotheca furfuracea			1		1										
Cladonia coniocraea												1			
Coenogonium pineti			1				1								
Lecanora chlarotera										1					
Lecanora compallens								1							
Lecanora expallens							1		1	1					
Lecidella elaeochroma							1		1						
Lepraria incana	1		1		1		1								
Lepraria finkii	1	1										1	1		
Opegrapha vermicellifera	1				1				1						1
Phlyctis argena								1							
Summe Artenzahl	**4**	**1**	**4**	**1**	**4**	**1**	**5**	**5**	**6**	**3**	**0**	**3**	**2**	**2**	**2**

Eintrag "1" bedeutet Vorkommen der jeweiligen Art

Tabelle 9:

Verteilung der Flechtenarten an dickeren Ästen.

Flechten an Ästen (Segment III)															
Standort	**Holländerschlag**					**Große Brenn**					**Erlen**				
Baumnummer	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Agonimia tristicula	1				1				1		1				
Amandinea punctata	1													1	1
Anisomeridium polypori													1		
Bacidia rubella														1	
Bacidina neosquamulosa												1			
Buellia griseovirens		1	1				1	1	1					1	
Caloplaca cerinella							1								
Caloplaca obscurella									1						
Candelaria concolor	1				1	1	1		1	1				1	1
Candelaria pacifica		1	1					1	1				1		
Candelariella efflorescens / xanthostigmoides	1	1	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1
Candelariella viae-lacteae				1	1		1	1		1			1	1	
Candelariella xanthostigma	1		1				1	1							
Catillaria nigroclavata	1		1			1	1	1		1		1	1	1	1
Cladonia coniocraea											1				
Cladonia fimbriata	1	1										1			
Cladonia macilenta				1											
Coenogonium pineti		1													
Evernia prunastri							1								
Flavoparmelia caperata	1					1	1	1	1		1			1	
Halecania viridescens	1				1	1	1	1				1		1	
Hyperphyscia adglutinata	1								1				1		1
Hypogymnia physodes			1				1								
Hypogymnia tubulosa							1					1			
Hypotrachyna afrorevoluta	1						1	1				1			
Lecania naegelii															1
Lecanora chlarotera					1	1	1		1	1					1
Lecanora compallens	1	1													
Lecanora expallens			1	1			1				1	1	1	1	1
Lecanora horiza								1							
Lecanora pulicaris			1				1								
Lecidella elaeochroma					1					1					
Lepraria incana		1	1	1							1				
Lepraria finkii													1		1
Lepraria rigidula											1				1
Melanelixia glabratula			1	1	1	1	1	1					1		
Melanelixia subargentifera													1		
Melanelixia subaurifera			1		1	1	1								
Melanohalea elegantula													1		

Flechten an Ästen (Segment III)															
Standort	**Holländerschlag**					**Große Brenn**					**Erlen**				
Baumnummer	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Melanohalea exasperata	1														
Micarea viridileprosa					1										
Normandina pulchella	1	1	1	1	1		1	1	1			1	1		1
Parmelia serrana							1								
Parmelia sulcata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Parmelina tiliacea								1							
Parmotrema perlatum							1								
Pertusaria albescens														1	
Pertusaria amara							1								
Phaeophyscia nigricans										1					
Phaeophyscia orbicularis	1				1	1	1		1	1	1		1	1	1
Phlyctis argena		1	1	1		1		1	1	1		1	1	1	1
Physcia adscendens	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	1
Physcia dubia									1						
Physcia stellaris										1					
Physcia tenella							1	1			1			1	1
Physcia tribacioides															
Physconia distorta							1		1	1			1	1	
Physconia enteroxantha							1							1	
Physconia perisidiosa	1										1				
Placynthiella icmalea								1							
Pleurosticta acetabulum							1								
Pseudevernia furfuracea							1								
Punctelia borreri							1	1							1
Punctelia jeckeri	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1
Punctelia subrudecta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ramalina fastigiata							1								
Xanthoria parietina	1		1		1	1	1	1		1	1		1	1	1
Summe Artenzahl	**21**	**13**	**18**	**12**	**16**	**15**	**35**	**21**	**16**	**17**	**14**	**13**	**19**	**21**	**20**

Eintrag "1" bedeutet Vorkommen der jeweiligen Art

Tabelle 10:

Verteilung der Flechtenarten an dünnen Zweigen.

Flechten an dünnen Zweigen (Segment IV)															
Standort	**Holländerschlag**					**Große Brenn**					**Erlen**				
Baumnummer	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Amandinea punctata	1		1					1	1		1	1			1
Bacidina neosquamulosa	1														
Buellia griseovirens		1		1				1	1			1	1	1	
Caloplaca cerinella	1				1		1		1	1					
Caloplaca cerinelloides					1										
Caloplaca obscurella	1										1				1
Candelaria concolor				1		1					1	1	1	1	1
Candelaria pacifica											1				
Candelariella efflorescens / xanthostigmoides	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Candelariella viae-lacteae				1		1		1	1	1					1
Candelariella xanthostigma	1					1									
Catillaria nigroclavata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Evernia prunastri	1											1	1		1
Flavoparmelia caperata						1						1	1		1
Halecania viridescens		1		1	1	1		1			1	1	1		1
Hyperphyscia adglutinata				1	1	1						1	1		
Hypogymnia physodes	1		1	1				1	1		1	1		1	1
Hypogymnia tubulosa											1	1	1		1
Hypotrachyna afrorevoluta				1											
Lecania cyrtella					1		1		1	1					
Lecania naegelii	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lecanora carpinea	1			1		1		1	1						
Lecanora chlarotera	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1
Lecanora expallens				1	1					1					
Lecanora horiza					1		1								
Lecanora persimilis	1			1	1		1		1		1	1	1		
Lecanora pulicaris	1	1	1				1	1	1				1		1
Lecanora symmicta		1	1	1				1	1		1	1			1
Lecidella elaeochroma	1			1	1	1	1	1	1			1	1		
Melanelixia glabratula	1	1	1						1		1				
Melanelixia subargentifera	1								1						1
Melanelixia subaurifera				1	1	1	1	1			1	1	1	1	1
Melanohalea elegantula	1														
Melanohalea exasperata								1				1			
Melanohalea exasperatula				1							1	1	1	1	1
Parmelia sulcata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Parmelina tiliacea				1											1
Parmotrema perlatum				1											

Flechten an dünnen Zweigen (Segment IV)															
Standort	**Holländerschlag**					**Große Brenn**					**Erlen**				
Baumnummer	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Phaeophyscia nigricans			1						1						
Phaeophyscia orbicularis	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Phlyctis argena				1	1	1								1	1
Physcia adscendens	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Physcia aipolia								1	1						
Physcia stellaris	1				1	1	1		1	1	1	1		1	1
Physcia tenella	1		1			1	1			1	1	1			1
Physcia tribacioides									1						
Physconia distorta												1	1		
Physconia enteroxantha															
Physconia grisea						1								1	
Physconia perisidiosa											1				
Pleurosticta acetabulum								1			1	1	1		
Polycauliona polycarpa												1			
Pseudevernia furfuracea			1								1	1			
Punctelia borreri						1	1					1			
Punctelia jeckeri	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Punctelia subrudecta	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Scoliciosporum chlorococcum			1	1			1					1			
Violella fucata											1				1
Xanthoria parietina	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Summa Artenzahl	**26**	**11**	**19**	**28**	**19**	**24**	**19**	**23**	**27**	**16**	**28**	**33**	**23**	**18**	**29**

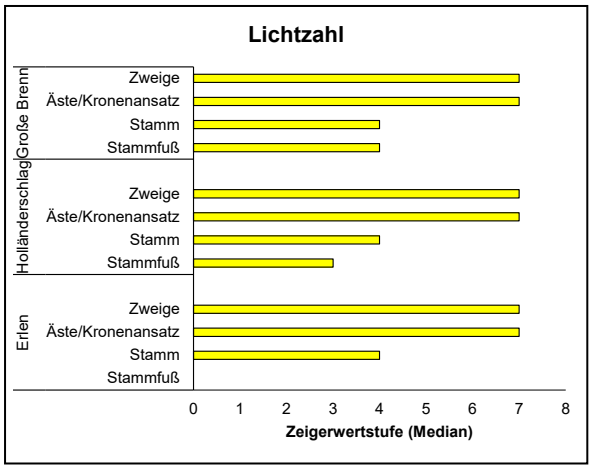
Eintrag "1" bedeutet Vorkommen der jeweiligen Art

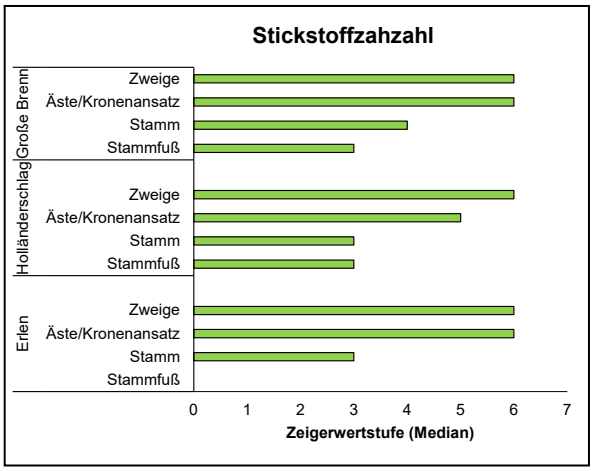
Tabelle 11:

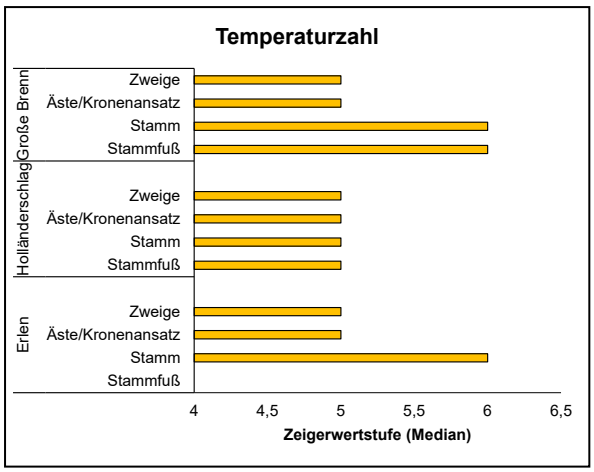
Zeigerwertmediane der Flechten für jedes Segment der Trägerbäume an den drei Waldstandorten.

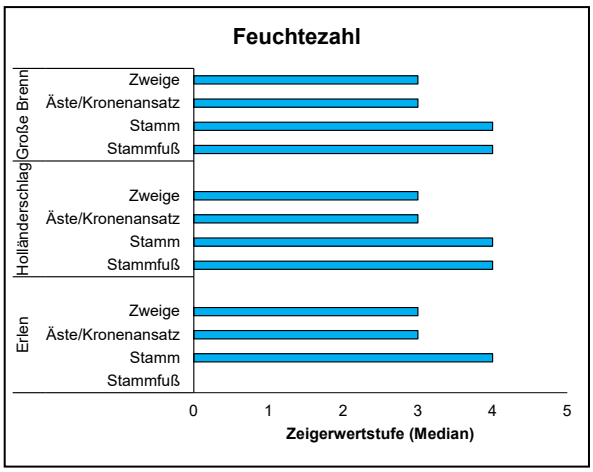
medL, medT, medK, medF, medR und medN: Mediane der Zeigerwerte für Licht, Temperatur, Kontinentalität, Feuchte, Reaktion und Düngungstoleranz (Nährstoffzahl).
Signifikanzen: Vergleich der jeweiligen Mediane der Zeigerwerte für die Segmente Kronenansatz oder Zweige mit dem Segment Stamm (Mann-Whitney-U-Test, (*) $p<0,05$, (**), $p<0,01$, keine Markierung in den Zeilen: kein statistisch signifikanter Unterschied).

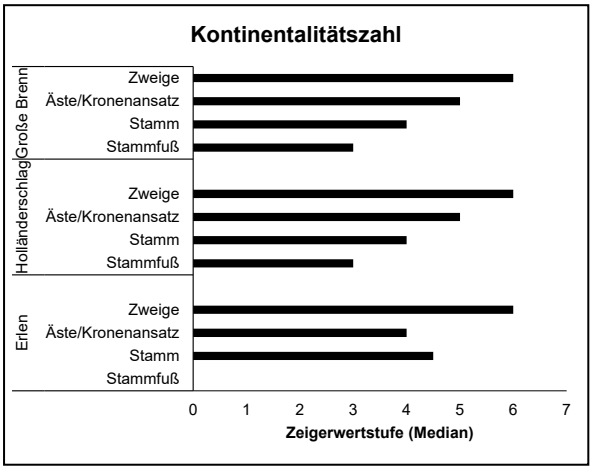
Segment	Flechtenarten pro Segment (MW)	medL	medT	medK	medF	medR	medN
Erlen							
Stammfuß	0	-	-	-	-	-	-
Stamm	1,8	4,0	6,0	4,5	4,0	5,0	3,0
Äste/Kronenansatz	17,4	7,0**	5,0	4,0	3,0	5,0	6,0*
Zweige	26,2	7,0**	5,0	6,0	3,0	6,0	6,0*
Holländerschlag							
Stammfuß	1,0	3,0	5,0	3,0	4,0	5,0	3,0
Stamm	2,8	4,0	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0
Äste/Kronenansatz	16,0	7,0**	5,0	5,0	3,0	5,0*	5,0**
Zweige	20,6	7,0**	5,0	6,0*	3,0	6,0**	6,0**
Große Brenn							
Stammfuß	3,2	4,0	6,0	3,0	4,0	5,0	3,0
Stamm	4,0	4,0	6,0	4,0	4,0	6,0	4,0
Äste/Kronenansatz	20,4	7,0**	5,0	5,0*	3,0	5,0	6,0**
Zweige	21,8	7,0**	5,0	6,0**	3,0**	6,0	6,0**











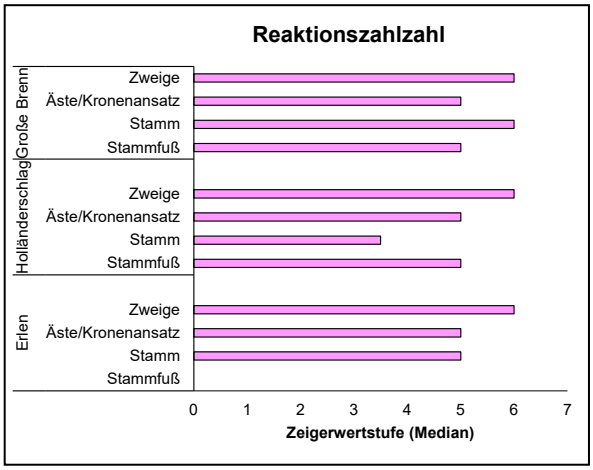


Abbildung 12: Mediane der ökologischen Zeigerwerte der Flechten in Abhängigkeit vom untersuchten Segment eines Trägerbaumes.

3.4. Häufigkeit und vertikale Verteilung der Moosvorkommen

Hinsichtlich der jeweiligen **Gesamtzahl** der auf den Trägerbäumen registrierten Moosarten unterscheiden sich die drei Lokalitäten nicht erheblich. Am Standort Erlen am Rhein gegenüber von Karlsruhe wurden im Mittel 22,6 Moose pro Baum nachgewiesen, an den nördlicheren Standorten Holländerschlag und Große Brenn 17,2 bzw. 18,4 Moosarten pro Baum (siehe Abbildung 15 und Tabelle 12).

Bei getrennter Betrachtung der vier Segmente der Trägerbäume fällt folgendes auf:

- Auf der Stammbasis ist die Moosdeckung höher als am Stamm. Dieser Unterschied ist am stärksten am Standort Holländerschlag, wo im Mittel knapp 80 % der Stammbasis von überwiegend pleurokarpen Moosen, insbesondere *Anomodon viticulosus*, bedeckt wird (siehe Tabelle 13 und Abbildung 16).
- Während die Bedeckung durch Moose mit steigender Höhe abnimmt (nicht dargestellt), werden mit zunehmender Höhe, d.h. beim Übergang zu den Segmenten III und IV im Mittel mehr verschiedene Moosarten nachgewiesen, als an Stamm und Stammbasis (Abbildung 17).
- Nur fünf von insgesamt 54 Moosarten kommen in allen vier Segmenten von der Stammbasis bis in die Kronenäste vor. Diese sind das Lebermoos *Radula complanata*, das akrokarpe Laubmoos *Zygodon viridissimus* und die pleurokarpen Moose *Hypnum cupressiforme*, H. *resupinatum, Leskea polycarpa* und *Platygyrium repens* (siehe Abbildung 18 bis Abbildung 20).
- Sechs für den Waldboden oder die Stammschürze typische Moose, darunter *Eurrhynchium*-Arten oder *Fissidens taxifolius* bleiben auch in dieser Untersuchung auf das Segment Stammbasis (I) beschränkt (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20).
- Akrokarpe Moose, insbesondere die Arten der Gattung *Orthotrichum* und *Ulota* erscheinen auf den Schwarznussbäumen auf die Segmente Äste/Kronenansatz (III) und Zweige (IV) limitiert (siehe Abbildung 20).
- Der mit 60 – 80 % deutlich höhere relative Anteil akrokarper Moose in den Segmenten III und IV gegenüber rund 20 % in den Segmenten I und II weist darauf hin, dass insbesondere gipfelfrüchtige Moose erst durch die Hinzunahme des Kronenraumes repräsentative erfasst werden können (siehe Abbildung 20 und Abbildung 21).
- Während sich nur geringe Unterschiede zwischen den Segmenten ergeben hinsichtlich der Zeigerwertmediane von Temperatur-, Kontinentalitäts- und Reaktionszahl (siehe Tabelle 15), nimmt der Median der Feuchtezahl der Moose an allen drei Standorten von der Stammbasis hin zu den Zweigen ab (Abbildung 22). Der Median der Lichtzahl steigt indes statistisch signifikant von 5 auf 8 an (Mann-Whitney-U-Test, Vergleich der Segmente II und III, für alle drei Standorte $p<0{,}01$).

Tabelle 12:

Anzahl der Moosarten pro Baum bzw. pro Segment.
Hinsichtlich der Einzeldaten siehe Tabelle 16ff.

Waldstandort (Moosarten insgesamt)	Baum-nummer	Segment				Baum gesamt
		I	II	III	IV	
		Anzahl der Moosarten				
Erlen (40)	11	2	1	16	13	20
	12	4	6	15	11	23
	13	8	10	12	10	22
	14	11	7	10	7	24
	15	7	5	15	3	24
	MW	6,4	5,8	13,6	8,8	22,6
	+ SF	1,6	1,5	1,1	1,7	0,8
Holländerschlag (35)	21	5	7	10	6	20
	22	6	3	6	2	14
	23	3	1	6	6	9
	24	11	9	7	6	23
	25	7	1	14	8	20
	MW	6,4	4,2	8,6	5,6	17,2
	+ SF	1,3	1,6	1,5	1,0	2,5
Große Brenn (34)	31	5	2	8	6	14
	32	8	3	16	4	21
	33	9	2	11	6	22
	34	5	2	11	9	19
	35	6	1	7	4	16
	MW	6,6	2	10,6	5,8	18,4
	+ SF	0,8	0,3	1,6	0,9	1,5

Tabelle 13:

Deckungsgrad der Moose am Stammfuß der Trägerbäume.

Artname	Waldstandort		
	Holländerschlag	Große Brenn	Erlen
	Deckungsgrad (%, Stammbasis)		
Lebermoose			
Metzgeria furcata (L.) Dumort.	1,0	1,0	
Porella platyphylla (L.) Pfeiff.		1,0	
Radula complanata (L.) Dumort.	1,0	1,0	
Akrokarpe Laubmoose			
Barbula sinuosa (Mitt.) Grav.			1,0
Bryum laevifilum Syed	1,0	1,0	
Cirriphyllum crassinervium (Taylor) Loeske & M. Fleisch.			1,0
Fissidens taxifolius Hedw.	1,0	1,0	2,0
Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T.J.Kop.	3,0		
Plagiomnium undulatum (Hedw.) T.J.Kop.	3,0		
Zygodon viridissimus (Dicks.) Brid.	2,0		2,0
Pleurokarpe Laubmoose			
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp.	**5,0**	4,4	2,7
Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor	**38,8**		**8,0**
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.	**18,6**	**5,6**	3,5
Eurhynchium hians (Hedw.) Sande Lac.	**10,0**	1,0	2,0
Eurhynchium praelongum (Hedw.) Schimp.			2,5
Eurhynchium pumilum (Wilson) Schimp.		1,0	2,0
Homalia trichomanoides (Hedw.) Brid.	**8,0**	**11,6**	2,5
Hypnum cupressiforme Hedw.	**10,8**	4,3	3,0
Hypnum resupinatum Taylor		1,0	
Isothecium alopecuroides (Dubois) Isov.	**10,0**	**5,0**	
Leskea polycarpa Ehrh. ex Hedw.			**5,0**
Neckera complanata (Hedw.) Huebener	**5,0**		
Plagiothecium latebricola Bruch & Schimp.	2,5		
Platygyrium repens (Brid.) Schimp.		3,0	
Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Nieuwl. ex Gangulee			3,0

Tabelle 14:

Deckungsgrad der Moose am Stamm der Trägerbäume.

Artname	Waldstandort		
	Holländerschlag	Große Brenn	Erlen
	Deckungsgrad (%, Stamm)		
Lebermoose			
Metzgeria furcata (L.) Dumort.	1,0		1,0
Porella platyphylla (L.) Pfeiff.	2,0	1,0	
Radula complanata (L.) Dumort.	1,5	2,0	
Akrokarpe Laubmoose			
Barbula sinuosa (Mitt.) Grav.			1,0
Cirriphyllum crassinervium (Taylor) Loeske & M. Fleisch.			1,5
Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T.J.Kop.	1,0		
Tortula muralis Hedw.			1,0
Tortula ruralis (Hedw.) P.Gärtn, E.Mey. & Scherb.			1,0
Zygodon viridissimus (Dicks.) Brid.	1,0		3,0
Pleurokarpe Laubmoose			
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp.	1,0		2,0
Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor	21,0		4,6
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp.			2,0
Homalia trichomanoides (Hedw.) Brid.	3,5		4,0
Homalothecium sericeum (Hedw.) Schimp.	3,5		1,0
Hypnum cupressiforme Hedw.	4,0	4,0	2,0
Hypnum resupinatum Taylor	1,0		
Isothecium alopecuroides (Dubois) Isov.	2,0		
Leskea polycarpa Ehrh. ex Hedw.			3,0
Neckera complanata (Hedw.) Huebener	3,0		
Platygyrium repens (Brid.) Schimp.		2,8	
Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Nieuwl. ex Gangulee			3,0

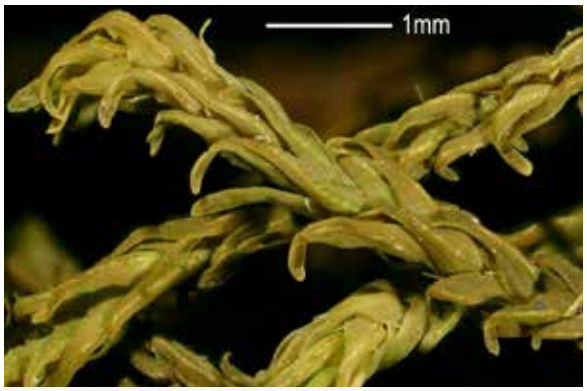
Tabelle 15:

Zeigerwertmediane der Moose für jedes Segment der Trägerbäume an den drei Waldstandorten.

Segment	*Moose pro Segment (MW)*	medL	medT	medK	medF	medR
Standort "Holländerschlag"						
Stammfuß	*6,4*	5,0	3,0	5,0	5,0	7,0
Stamm	*4,2*	5,0	3,0	5,0	4,0	6,5
Äste/Kronenansatz	*8,6*	7,0	4,0	5,0	4,0	6,0
Zweige	*5,6*	7,0	4,0	5,0	4,0	6,0
Standort "Große Brenn"						
Stammfuß	*6,6*	5,0	4,0	5,0	5,0	6,0
Stamm	*2*	5,5	5,0	5,0	4,0	6,0
Äste/Kronenansatz	*10,6*	7,0	4,0	4,0	4,0	6,0
Zweige	*5,8*	8,0	4,0	4,0	4,0	6,0
Standort "Erlen"						
Stammfuß	*6,4*	5,0	4,0	5,0	5,0	7,0
Stamm	*5,8*	5,0	4,0	5,0	5,0	7,0
Äste/Kronenansatz	*13,6*	7,0	4,0	5,0	4,0	6,0
Zweige	*8,8*	7,0	4,0	5,0	4,0	6,0

Das letzte Hochwasser stand am Standort Erlen 2 m hoch und hat Feinerde auf den bemoosten Stämmen hinterlassen. Eine der häufigeren Arten hier ist *Anomodon viticulosus*. Foto: John.

Erst bei maximaler Vergrößerung des Bildes lässt sich erahnen, dass es sich hierbei um *Homalia trichomanoides* handelt. Standort Große Brenn. Foto: Stapper.



Ästchen von *Anomodon viticulosus*. Foto: Stapper.

Brachythecium rutabulum; Foto: Stapper

Zygodon viridissimus; Blatt und Brutkörper. Balken: 0,5 mm. Fotos: Stapper

Abbildung 13: Moose an der Stammbasis von *Juglans nigra*

Porella platyphylla. Foto: Stapper

Radula complanata. Foto: Stapper

Orthotrichum deaphanum. Foto: Stapper

Orthotrichum obtusifolium. Foto: Stapper

Abbildung 14: Je zwei Beispiele für häufige Lebermoose (obere Reihe) und Laubmoose an *Juglans nigra*.

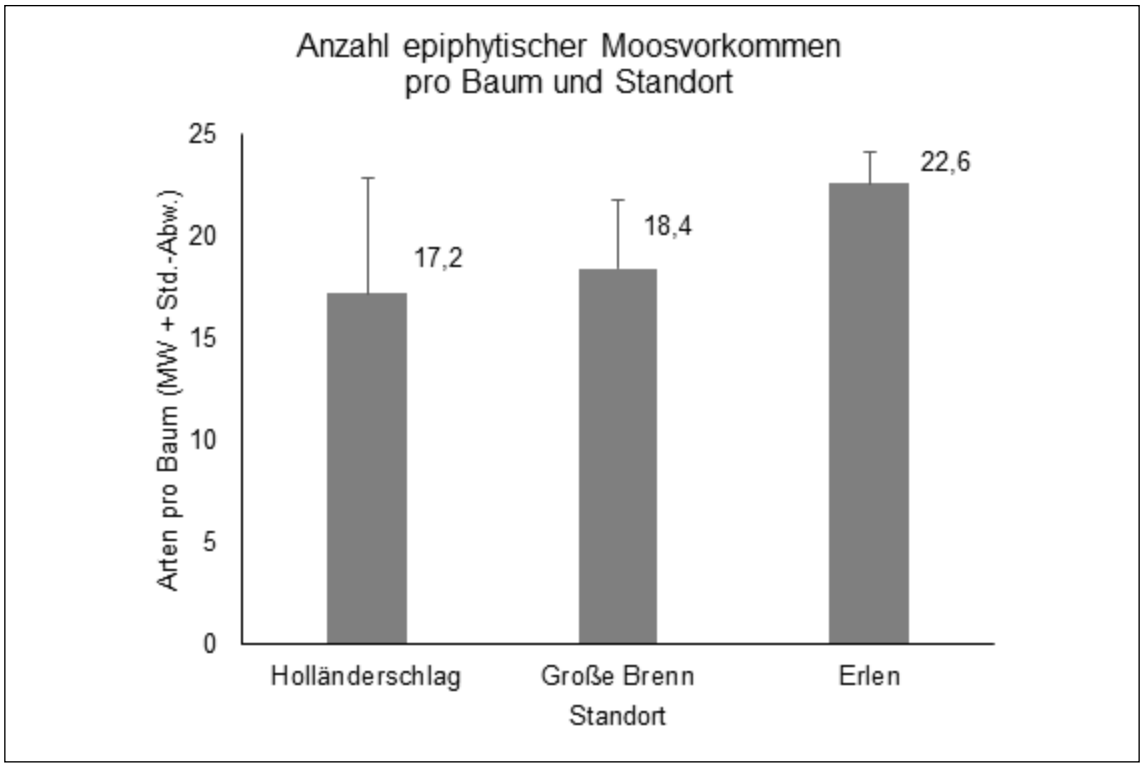


Abbildung 15: Anzahl epiphytischer Moosvorkommen pro Baum und Waldstandort.

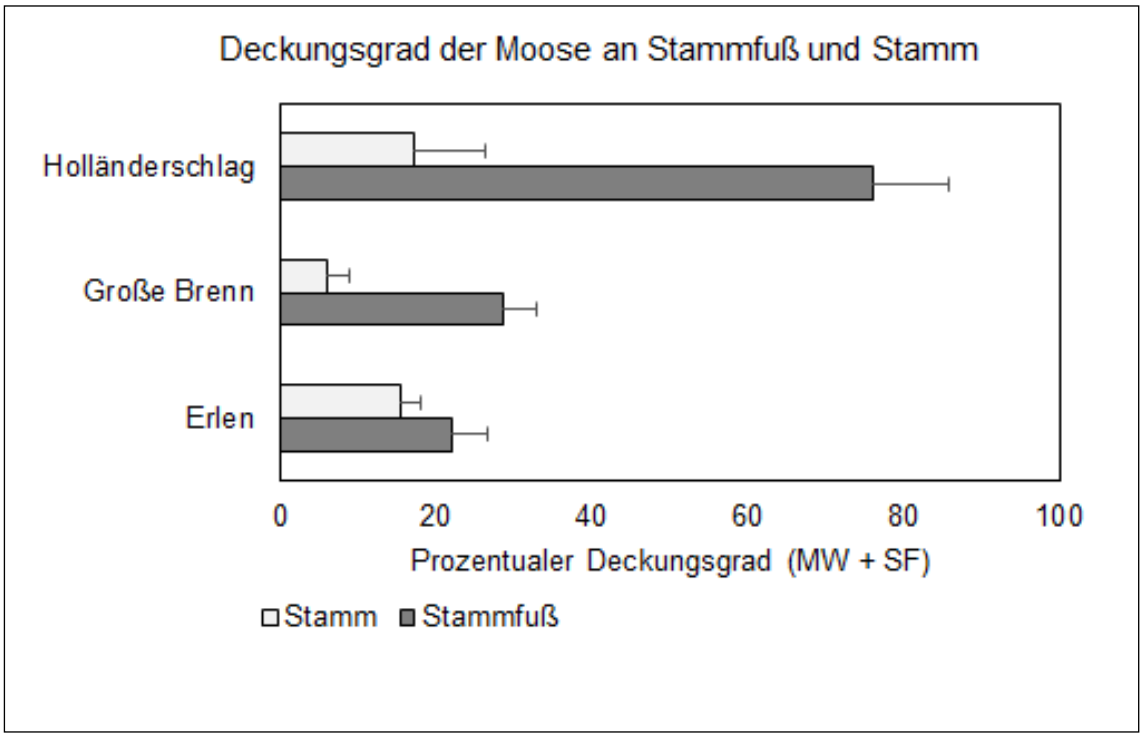
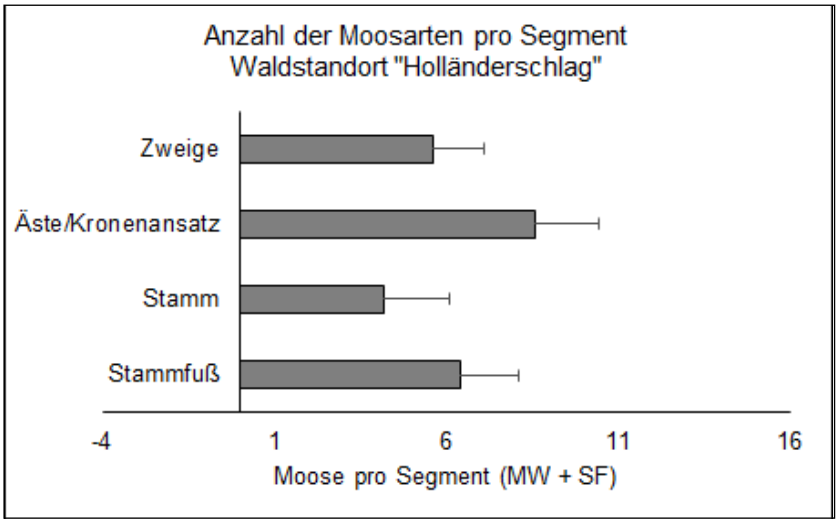
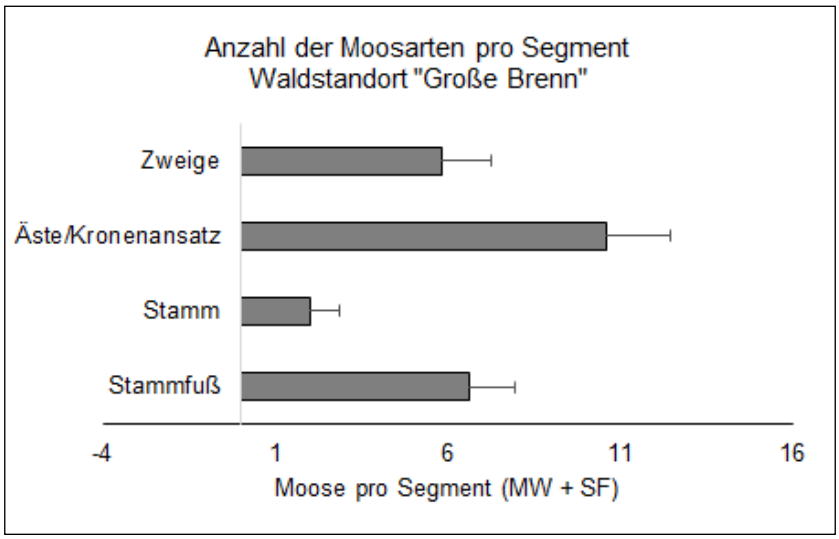


Abbildung 16: Mittlerer Deckungsgrad der Moose am Stammfuß und Stamm der Trägerbäume.





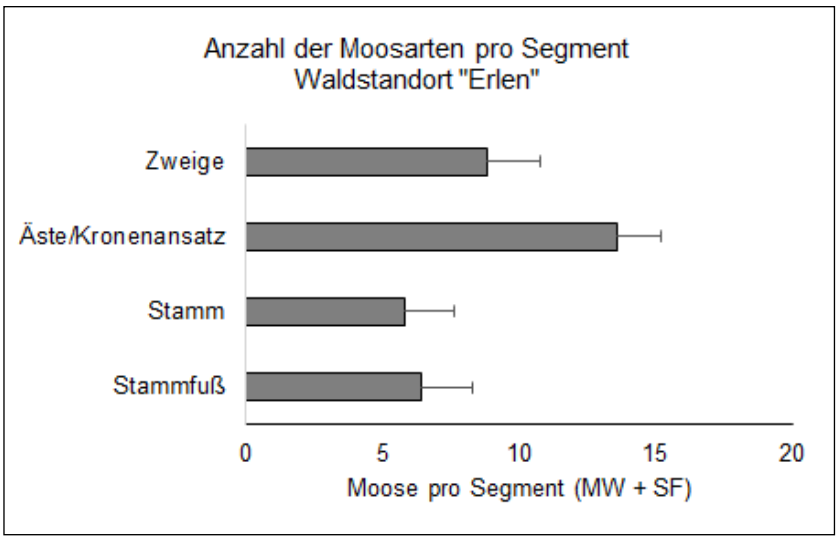


Abbildung 17: Anzahl der Moosvorkommen in Abhängigkeit vom untersuchten Segment des Trägerbaumes.

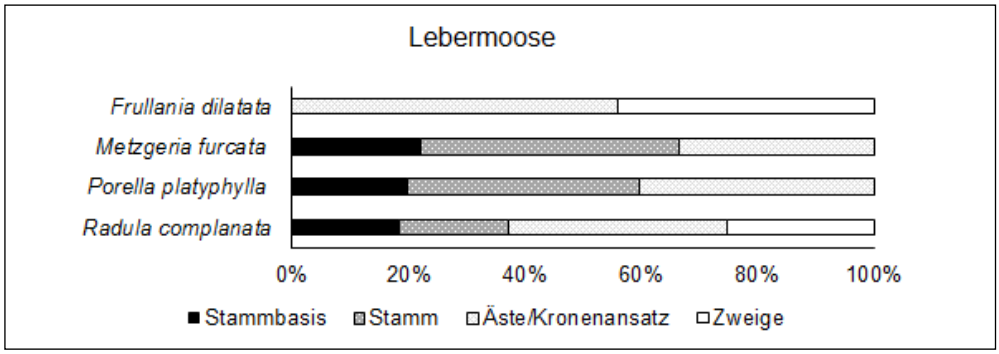


Abbildung 18: Relative Verteilung der Lebermoose auf die Segmente der Trägerbäume.

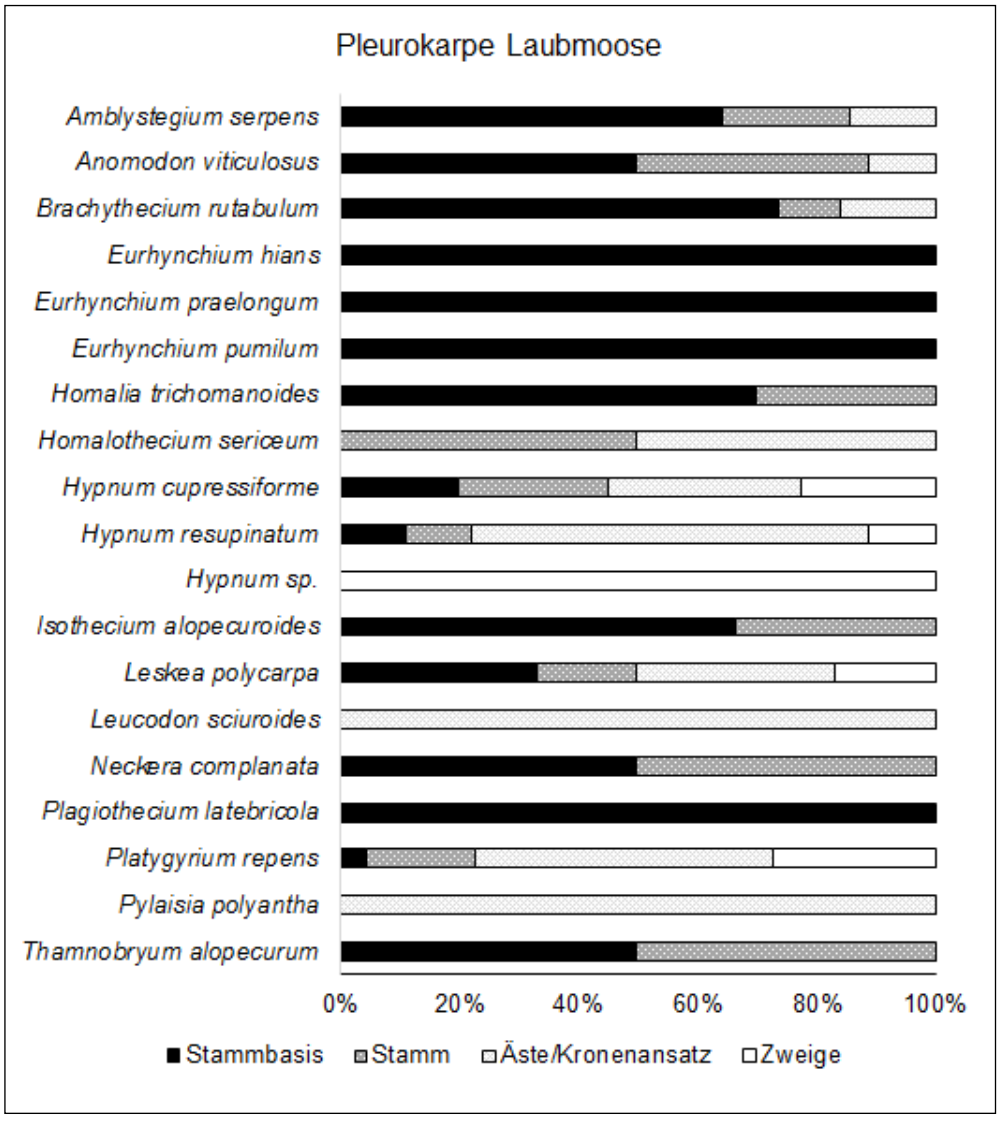


Abbildung 19: Relative Verteilung der pleurokarpen Laubmoose auf die Segmente der Trägerbäume.

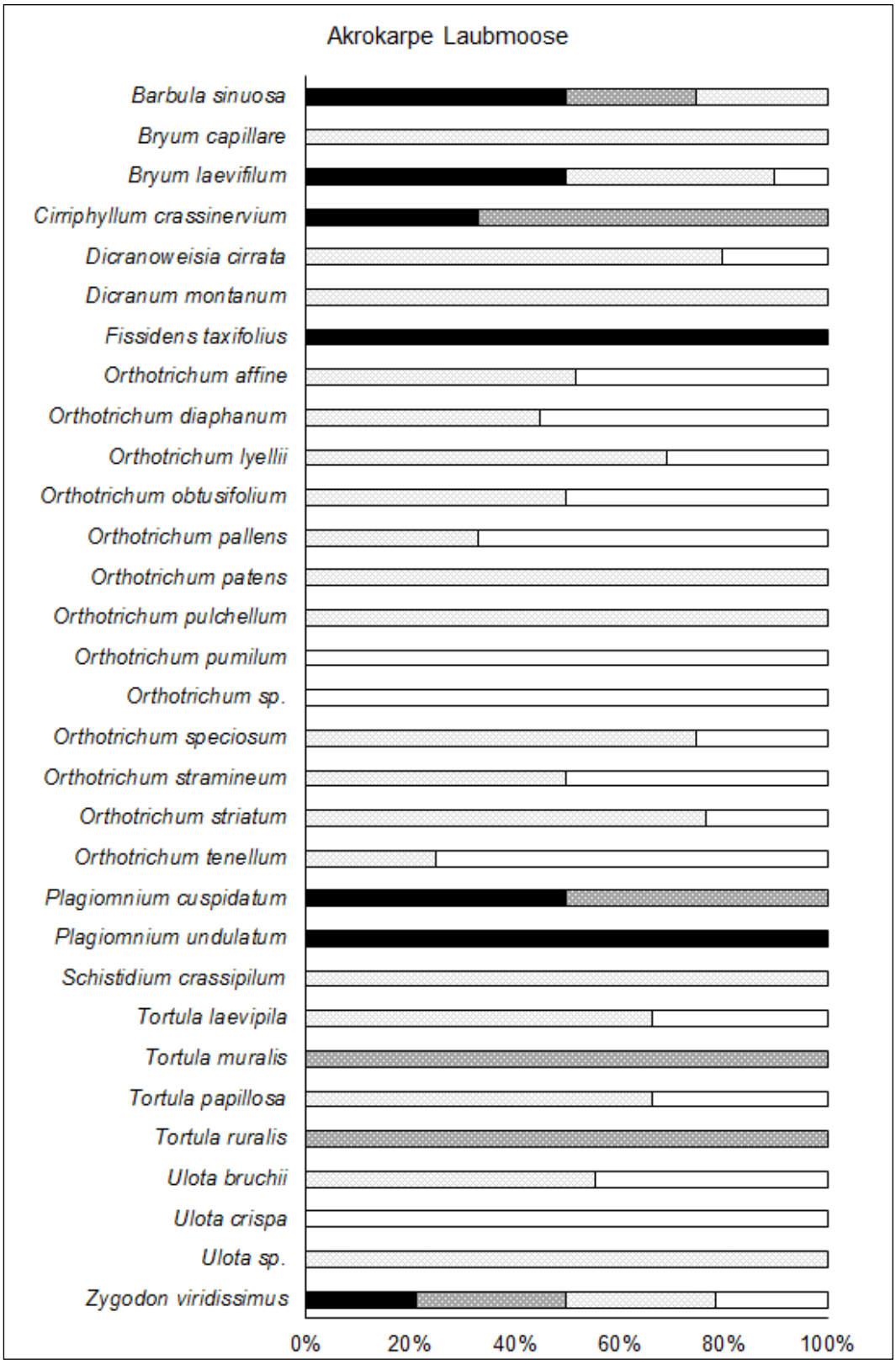
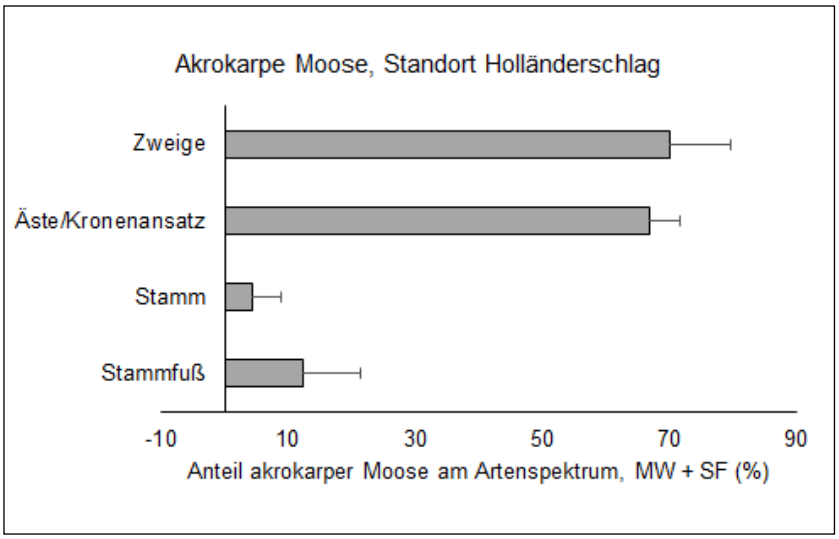
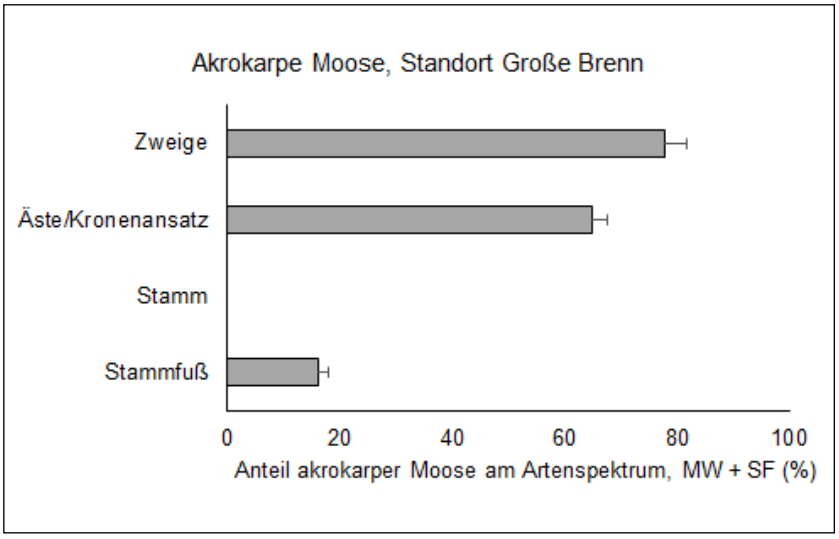


Abbildung 20: Relative Verteilung der akrokarpen Laubmoose auf die Segmente der Trägerbäume.





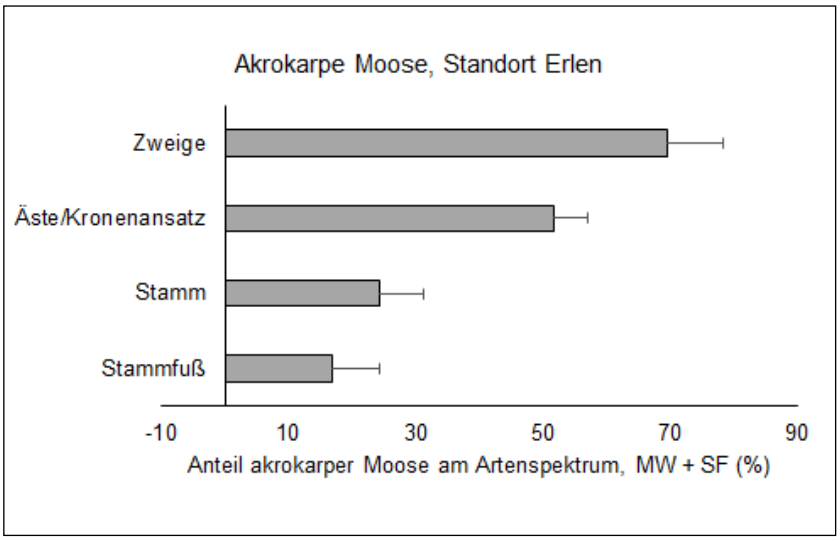
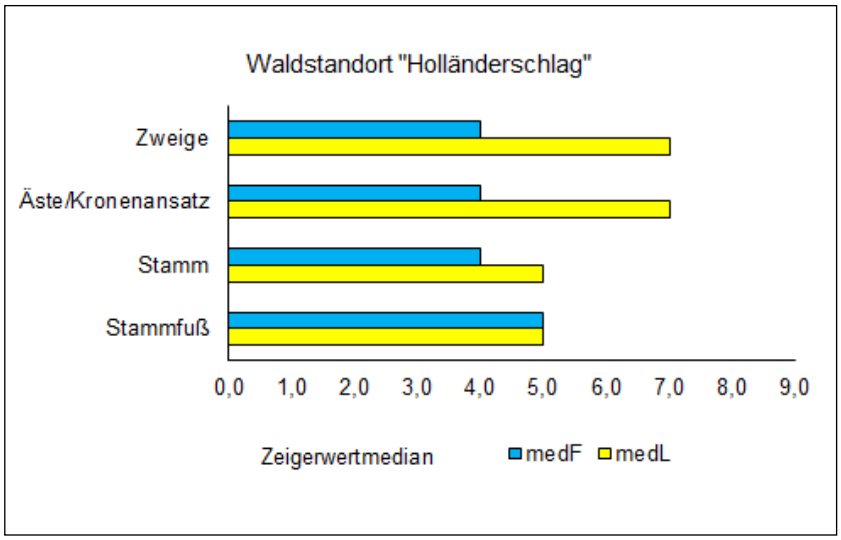
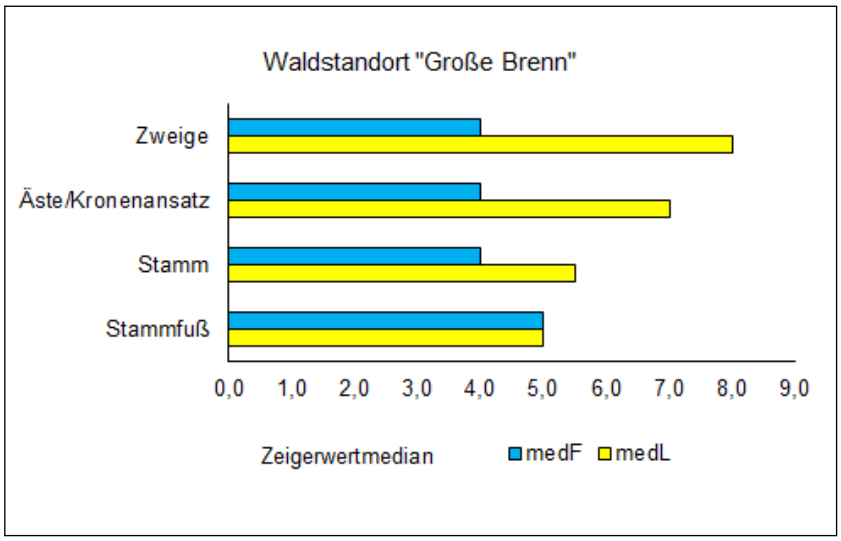


Abbildung 21: Anteil akrokarper Moose am Artenspektrum der Trägerbaumsegmente.





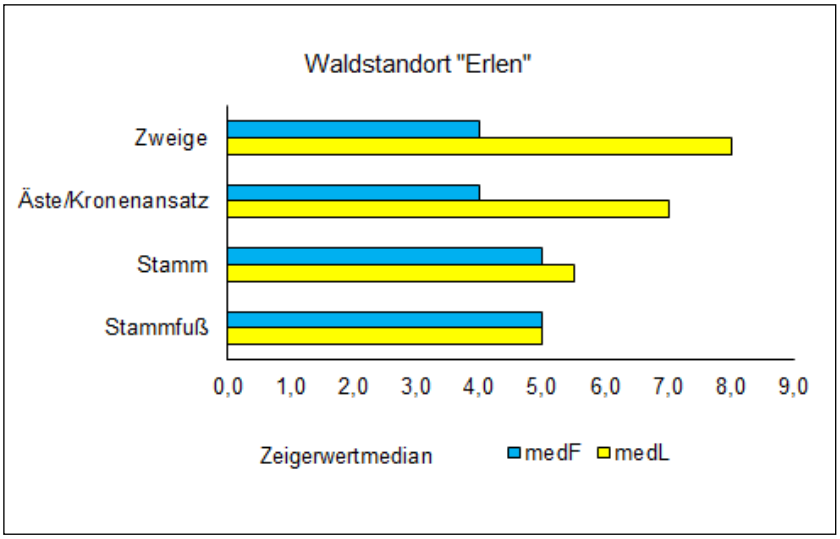


Abbildung 22: Mediane von Licht- und Feuchtezahl der Moose in Abhängigkeit vom untersuchten Segment eines Trägerbaumes.

Tabelle 16:

Verteilung der Moosarten an der Stammbasis.

Für jede an der Stammbasis vorkommende Moosart ist die Häufigkeitsklasse angegeben:

1: Einzelexemplar, bzw. weniger als Daumenfläche;

2: Gesamtgröße entspricht der Handtellerfläche;

3: insgesamt mehr oder erheblich mehr als die Größe der Handtellerfläche. Die jeweils geschätzte prozentuale Deckung ist in der Datenbank hinterlegt.

Moose an der Stammbasis (Segment I)															
Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**					**Große Brenn**				
Baumnummer	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
Amblystegium serpens	3			3	3					2	3	3	1	2	3
Anomodon viticulosus	3	3	3	3	3	3	3		3	2					
Barbula sinuosa			2	2											
Brachythecium rutabulum		2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3
Bryum laevifilum									1		1	1	1	1	
Cirriphyllum crassinervium					2										
Eurhynchium hians		2		3		3							1		1
Eurhynchium praelongum			2	3											
Eurhynchium pumilum					2							2			
Fissidens taxifolius			1	2	2				1						1
Homalia trichomanoides		2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Hypnum cupressiforme				2			3	3	2	3		3	1		3
Hypnum resupinatum												2			
Isothecium alopecuroides									3				1		
Leskea polycarpa			3	3											
Metzgeria furcata										1			1		
Neckera complanata							3								
Plagiomnium cuspidatum									2						
Plagiomnium undulatum									2						
Plagiothecium latebricola						2			2						
Platygyrium repens														2	
Porella platyphylla													3		
Radula complanata										1	2	2			
Thamnobryum alopecurum				2											
Zygodon viridissimus			2				3		1						
Summe Artenzahl	**2**	**4**	**8**	**11**	**7**	**5**	**6**	**3**	**11**	**7**	**5**	**8**	**9**	**5**	**6**

Tabelle 17:

Verteilung der Moosarten am Stamm.

Für jede an der Stammbasis vorkommende Moosart ist die Häufigkeitsklasse angegeben:

1: Einzelexemplar, bzw. weniger als Daumenfläche;

2: Gesamtgröße entspricht der Handtellerfläche;

3: insgesamt mehr oder erheblich mehr als die Größe der Handtellerfläche. Die jeweils geschätzte prozentuale Deckung ist in der Datenbank hinterlegt.

Moose am Stamm (Segment II)															
Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**					**Große Brenn**				
Baumnummer	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
Amblystegium serpens			2	2					1						
Anomodon viticulosus	3	3	3	3	3	3			3						
Barbula sinuosa				1											
Brachythecium rutabulum			2	3											
Cirriphyllum crassinervium				2	2										
Homalia trichomanoides		3	3	3	3	3			3						
Homalothecium sericeum		1	3			2	3								
Hypnum cupressiforme		2	1		2		3	3	3		3	3	3	2	
Hypnum resupinatum						1									
Isothecium alopecuroides									2						
Leskea polycarpa			3												
Metzgeria furcata			1			1	1		1						
Neckera complanata										3					
Plagiomnium cuspidatum									2						
Platygyrium repens											3	3		3	1
Porella platyphylla						2							1		
Radula complanata						2			1			2			
Thamnobryum alopecurum				2											
Tortula muralis			1												
Tortula ruralis		1													
Zygodon viridissimus		2	3		3				1						
Summe Artenzahl	**1**	**6**	**10**	**7**	**5**	**7**	**3**	**1**	**9**	**1**	**2**	**3**	**2**	**2**	**1**

Tabelle 18:

Verteilung der Moosarten an Ästen.

Alle mit einer "1" gekennzeichneten Arten wurden an den Ästen der Bäume nachgewiesen.

Moose an Ästen (Segment III)															
Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**					**Große Brenn**				
Baumnummer	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
Amblystegium serpens	1		1												
Anomodon viticulosus			1		1										
Barbula sinuosa	1														
Brachythecium rutabulum	1		1								1				
Bryum capillare					1					1					
Bryum laevifilum	1	1								1		1			
Dicranoweisia cirrata		1			1		1	1							
Dicranum montanum							1		1						
Frullania dilatata	1	1		1	1	1			1	1		1	1		
Homalothecium sericeum		1	1		1					1					
Hypnum cupressiforme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
Hypnum resupinatum							1				1	1	1	1	1
Leskea polycarpa	1				1										
Leucodon sciuroides					1										
Metzgeria furcata		1	1							1					
Orthotrichum affine	1	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Orthotrichum diaphanum	1		1			1		1	1	1	1			1	1
Orthotrichum lyellii	1	1	1		1	1				1		1	1	1	
Orthotrichum obtusifolium	1	1	1	1						1	1	1		1	
Orthotrichum pallens	1														
Orthotrichum patens					1							1			
Orthotrichum pulchellum												1			
Orthotrichum speciosum	1											1	1		
Orthotrichum stramineum				1						1					
Orthotrichum striatum		1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	
Orthotrichum tenellum						1						1			
Platygyrium repens	1	1		1	1	1			1	1		1	1	1	1
Porella platyphylla			1	1											
Pylaisia polyantha													1		
Radula complanata		1	1	1						1		1			1
Schistidium crassipilum														1	
Tortula laevipila		1			1										
Tortula papillosa	1				1	1				1		1	1	1	1
Ulota bruchii		1		1		1	1	1	1		1	1	1		1
Ulota sp.														1	
Zygodon viridissimus	1	1	1										1		
Summe Artenzahl	**16**	**15**	**12**	**10**	**15**	**10**	**6**	**6**	**7**	**14**	**8**	**16**	**11**	**11**	**7**

Tabelle 19:

Verteilung der Moosarten an Zweigen

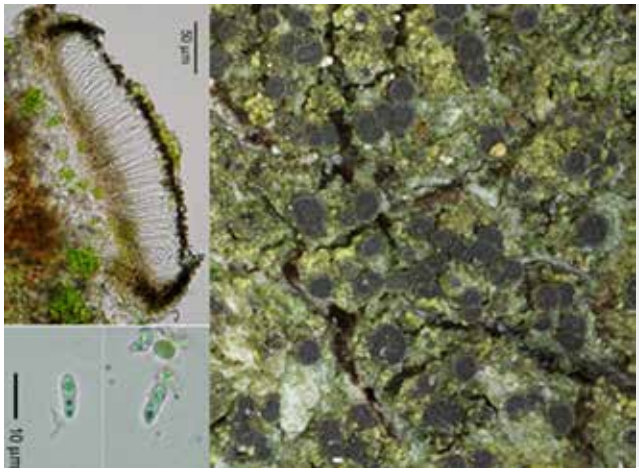
Alle mit einer "1" gekennzeichneten Arten wurden an den Ästen der Bäume nachgewiesen.

Moose an Zweigen (Segment IV)															
Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**					**Große Brenn**				
Baumnummer	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
Bryum laevifilum	1														
Dicranoweisia cirrata								1							
Frullania dilatata	1	1	1	1		1				1			1		
Hypnum cupressiforme	1	1	1	1			1	1		1	1	1			
Hypnum resupinatum											1				
Hypnum sp.															1
Leskea polycarpa			1												
Orthotrichum affine	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	
Orthotrichum diaphanum			1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Orthotrichum lyellii	1	1		1		1									
Orthotrichum obtusifolium	1		1		1				1	1	1		1		1
Orthotrichum pallens		1						1							
Orthotrichum pumilum														1	
Orthotrichum sp.							1								1
Orthotrichum speciosum	1														
Orthotrichum stramineum									1					1	
Orthotrichum striatum		1											1	1	
Orthotrichum tenellum	1					1			1		1	1		1	
Platygyrium repens	1	1	1			1				1				1	
Radula complanata		1	1	1						1					
Tortula laevipila	1														
Tortula papillosa	1	1		1										1	
Ulota bruchii	1	1				1		1	1	1			1	1	
Ulota crispa		1	1												
Zygodon viridissimus	1		1	1											
Summe Artenzahl	**13**	**11**	**10**	**7**	**3**	**6**	**2**	**6**	**6**	**8**	**6**	**4**	**6**	**9**	**4**

Bacidina neosquamulosa;

Foto: Stapper;
Aufnahmelokalität: Kolderveen, NL. Trockenes Exemplar.

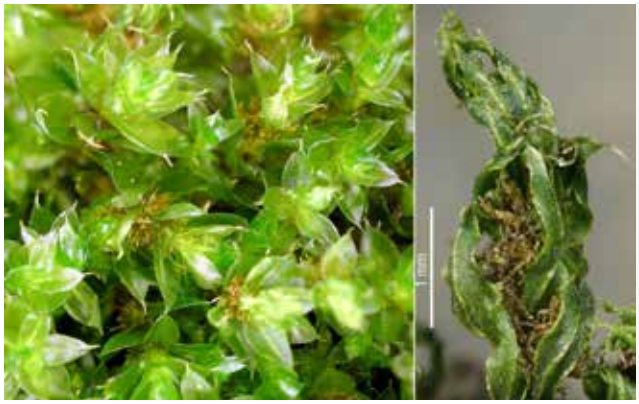
Diese eutrophierungstolerante Krustenflechte breitet sich von Nordwesten her in Deutschland aus. Sie ist durch ein kleinschuppiges Lager (Name!) gekennzeichnet. Die meisten Vorkommen sind steril, die Fruchtkörper häufig heller als im hier gezeigten Beispiel.



Catillaria nigroclavata;

Foto: Stapper.

Diese Krustenflechte ähnelt der ebenfalls an nährstoffimprägnierter Borke häufigen ***Amandinea punctata***, sie besitzt aber farblose statt brauner Sporen.



Bryum laevifilum
(Syn. *Bryum capillare var. flaccidum*)

Foto: Stapper.

Eine der häufigsten Arten der Gattung Bryum, hier dargestellt mit blattachselständigen fadenförmigen Brutkörpern, links feuchte Pflanzen, rechts ein trockener Spross.

Abbildung 23: Beispiele für selten dargestellte Flechten und Moose, die an *Juglans nigra* nachgewiesen werden.

4. Ergebnisse der Zusatzarbeiten von 2015: Vergleich der Flechten- und Moosvorkommen an Stämmen und Kronen von *Juglans nigra* und anderen Baumarten

Im Fokus steht hier die Frage nach der Artendiversität epiphytischer Flechten und Moose an *Juglans nigra* im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten an den gleichen Waldstandorten. Aus diesem Grund wurden im März 2015 an den drei Standorten Erlen, Große Brenn und Holländerschlag die Stammfüße, Stämme, Kronenäste und Zweige von *Acer pseudoplatanus, Fraxinus excelsior, Populus hybrida, Ulmus laevis, Prunus avium, Salix* sp. und *Fagus sylvatica* in der gleichen Weise auf Flechten- und Moosvorkommen untersucht, wie im Jahr zuvor *Juglans nigra*. Die untersuchten Baumarten sind in Tabelle 20 aufgeführt. Da die Anzahl der jeweils untersuchten Exemplare einer Baumart eines Standortes für eine repräsentative Aussage zu gering ist, wurden die drei Standorte für die vergleichende Betrachtung zusammengefasst.

Alle Bäume wurden gemeinsam mit dem Revierförster ausgewählt, wobei darauf geachtet wurde, dass die Variabilität der standörtlichen Bedingungen und der Altersstruktur weitgehend der der zuvor untersuchten Schwarznussbäume entspricht. Einzig die Weide am Standort Erlen stand in einer Geländesenke möglicherweise etwas tiefer als alle anderen dort untersuchten Bäume und war somit wahrscheinlich einem stärkerem Hochwassereinfluss ausgesetzt.

Tabelle 20:

Liste der an den drei Waldstandorten 2015 auf Flechten und Moosvorkommen hin untersuchten Baumarten.

Lokalität	Baumart	Baum#	BHD cm	Aufnahme
Erlen	*Salix sp.*	101	55	Fle. & Moo.
Erlen	*Populus nigra*	102	100	Fle. & Moo.
Erlen	*Fraxinus excelsior*	103	75	Fle. & Moo.
Erlen	*Fraxinus excelsior*	104	40	Fle. & Moo.
Erlen	*Fraxinus excelsior*	105	50	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fraxinus excelsior*	201	50	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fraxinus excelsior*	202	45	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fagus sylvatica*	203	90	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fagus sylvatica*	204	80	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Acer pseudoplatanus*	205	50	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fraxinus excelsior*	206	50	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fagus sylvatica*	207	80	Fle. & Moo.
Holländerschlag	*Fagus sylvatica*	*208*	*100*	*nur Moose*
Holländerschlag	*Fagus sylvatica*	*209*	*55*	*nur Moose*
Große Brenn	*Prunus avium*	301	50	Fle. & Moo.
Große Brenn	*Acer pseudoplatanus*	302	45	Fle. & Moo.
Große Brenn	*Ulmus laevis*	303	35	Fle. & Moo.
Große Brenn	*Populus nigra*	304	75	Fle. & Moo.
Große Brenn	*Fagus sylvatica*	305	50	Fle. & Moo.
Große Brenn	*Fagus sylvatica*	306	50	Fle. & Moo.

4.1 Vergleich der Artenvielfalt der Flechten an Schwarznuss und den anderen Hauptbaumarten der drei Auwaldstandorte

Die Untersuchung der 15 Schwarznussbäume (*Juglans nigra*) offenbarte mit 89 verschiedenen Flechten eine überraschend hohe Artenvielfalt. Dies warf die Frage auf, wie viele Arten durch Hinzunahme weiterer, auf den Flächen ebenfalls vorkommenden Baumarten noch hinzukämen, wie sich die Schwarznuss als Trägerbaum von diesen anderen Arten unterscheidet und welche Eigenschaften für die dauerhafte Ansiedlung epiphytischer Flechten günstig sind. Die weitgehende Ähnlichkeit der drei Standorte Erlen, Große Brenn und Holländerschlag hinsichtlich der Gesamt-Flechtenartenzahlen an Schwarznuss und die an den Einzelstandorten zu geringe Individuenzahl gefällter Bäume anderer Arten rechtfertigt die zusammenfassende Betrachtung der drei Standorte.

Die Beobachtungen im Einzelnen:

- Durch die Hinzunahme von 18 weiteren Bäumen aus sieben Gattungen stieg die Gesamtzahl der Flechten von bisher 89 an *Juglans nigra* nachgewiesenen Arten auf 103 Arten an. 76 (= 74 %) der insgesamt 103 Flechtenarten kommen an allen Baumarten außer *Juglans nigra* vor, 62 Flechtenarten (= 60 %) wurden an allen Baumarten registriert.
- Am höchsten ist die mittlere Anzahl der Flechten an *Juglans nigra* mit 34,5 Arten, während an *Acer pseudoplatanus* 17, an *Fagus sylvatica* 4,2, an *Fraxinus excelsior* 26,1 und an *Populus hybrida* 29 Flechten nachgewiesen wurden. Von den Gattungen *Prunus, Salix* und *Ulmus* wurde jeweils nur ein Baum untersucht und dabei 21, 22 bzw. 13 Flechtenarten registriert.
- Hinsichtlich der Gesamtartenzahl ähneln sich *Juglans nigra, Fraxinus excelsior* und *Populus hybrida* weitgehend (siehe Abbildung 24). Auf den andern Baumarten wurden deutlich weniger Flechten nachgewiesen bzw. die Anzahl untersuchter Bäume ist für den direkten Vergleich zu gering.
- Bis auf die Buche, die sich am Standort insgesamt arm an epiphytischen Flechten präsentiert und deren Vorkommen auf im Mittel jeweils ein bis zwei Arten in den vier Segmenten begrenzt, sowie die Pappel, deren Zweige artenärmer sind als die Kronenäste (Segment III), weisen alle Baumarten die größte Anzahl verschiedener Flechten im Segment Zweige (IV) auf. Die größte Ähnlichkeit hinsichtlich der Verteilung der Artenzahl auf die Segmente weisen *Juglans nigra* und *Fraxinus excelsior* auf (siehe Abbildung 25 und Abbildung 32). Auf den meist glattrindigen Zweigen (Segment IV) ist die Artenvielfalt auf allen Bäumen deutlich höher, bei *Juglans nigra* sogar bis zu etwa achtmal höher als am Stamm (Segment II)!
- Bei den 14 hinzugekommenen Flechtenarten handelt es sich überwiegend um für glatte Borken bzw. Rinde typische Krustenflechten. Bis auf *Pyrenula nitida* ist keine der Arten in Rheinland-Pfalz als gefährdet zu betrachten.
- Die an den meisten Baumarten vorkommenden und somit am weitesten im Projekt verbreiteten Flechtenarten sind *Candelaria concolor* (8 von 8 Baumarten), *Physcia adscendens* (8), *Xanthoria parietina* (8), *Candelariella efflorescens s. l.* (7), *Lepraria incana* (7), *Parmelia sulcata* (7), *Phaeophyscia orbicularis* (7), *Phlyctis argena* (7), *Catillaria nigroclavata* (6), und *Melanelixia glabratula* (6).
- 27 Flechtenarten wurden ausschließlich an *Juglans nigra* nachgewiesen, allerdings wurden von dieser Baumart auch die meisten Bäume untersucht und somit darauf seltener vorkommende Arten überhaupt registriert. Ansonsten wurden drei (*Arthonia ruana, Opegrapha rufescens* und *Pyrenula nitida*) bzw. vier Flechtenarten (*Arthonia dispersa, Hypotrachyna revoluta, Parmeliopsis ambigua* und *Ramalina farinacea*) ausschließlich an den Baumarten *Fagus sylvatica* bzw. *Fraxinus excelsior* nachgewiesen. 76 Flechtenarten indes wurden an mindestens zwei verschiedenen Baumarten angetroffen. Die meisten an allen Baumarten vorkommenden Flechtenarten sind an Schwarznussbäumen relativ häufiger als an den anderen Baumarten (siehe Abbildung 26).
- Angesichts der hohen Anzahl untersuchter Eschen bietet sich ein direkter Vergleich mit der Schwarznuss hinsichtlich der Vielfalt epiphytischer Flechten an. Von 99 an Esche und

Schwarznuss gemeinsam nachgewiesenen Arten kommt nur die Hälfte (49 Arten = 49 %) tatsächlich auf beiden Baumarten vor, zehn Flechtenarten ausschließlich an Esche und 40 ausschließlich an den 15 Schwarznussbäumen. Es ist mit Blick auf die kumulative Artenzahlkurve (Abbildung 7) und einer im Vergleich zu Schwarznuss wahrscheinlich etwas geringeren potentiellen Flechtenartenzahl davon auszugehen, dass das Artenspektrum an Esche hier nur zu rund 40 % erfasst wurde. Die Hälfte der an nur Schwarznuss nachgewiesenen Flechten wurde allerdings lediglich an einem Baum angetroffen. Sie sind somit im Projekt seltene Arten, einige wenige auch darüber hinaus, wie z. B. *Bactrospora dryina, Biatoridium monasteriense* und *Physcia tribacioides*.

- Stammfuß und Stamm von *Juglans* und *Fraxinus* sind gekennzeichnet vom Vorkommen für einen Auenwald typischer häufiger Krustenflechten, wie *Lepraria finkii, Anisomeridium polypori* und *Opegrapha vermicellifera*, von denen die beiden letzteren vegetative Pyknosporen bilden und sich somit rasch frei werdende Räume erschließen können (Abbildung 27). *O. vermicellifera* bildet im Gebiet auch Fruchtkörper aus. Etwa die Hälfte der auf beiden Baumarten an den Kronenästen (III) vorkommenden Arten (insgesamt 32) sind Blatt- und Krustenflechten. 19 der 37 auf beiden Baumarten an Zweigen vorkommenden Arten sind Blattflechten, nur zwei Arten sind Strauchflechten (*Evernia prunastri, Pseudevernia furfuracea*; (Abbildung 28 und Abbildung 29).
- Die Ähnlichkeit der beiden Baumarten tritt auch bei der Auswertung der Mediane der Zeigerwerte für Licht, Kontinentalität, Feuchte und Verhalten gegenüber Nährstoffeintrag zutage, die für die beide Baumarten und die jeweiligen Segmente, wie in Abbildung 30 und Abbildung 35 dargestellt, ein weitgehend übereinstimmendes Bild ergibt. An beiden Bäumen findet man die feuchtebedürftigeren Arten in den unteren Segmenten und die beleuchtungstoleranteren und an höhere Nährstoffeinträge adaptierten Arten in den oberen Segmenten zusammen mit solchen, die stärkere Temperaturschwankungen leichter tolerieren (hohe K-Werte).

Tabelle 21:

Flechtenarten an der Stammbasis, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzungen:
Acp, *Acer pseudoplatanus*; Fag, *Fagus sylvatica*; Frx, *Fraxinus excelsior*; Pop, *Populus hybrida*; Pru, *Prunus avium*; Sal, *Salix alba*; Ulm, Ulmus laevis.

Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**							**Große Brenn**					
Segment	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	301	302	303	304	305	306
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Fag	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag
Alyxoria varia																1		
Arthonia ruana																	1	1
Arthonia spadicea																1		
Arthopyrenia punctiformis																1		
Bacidina adastra		1		1														
Coenogonium pineti															1			
Lepraria finkii		1			1	1	1			1								
Lepraria incana								1					1					
Opegrapha vermicellifera					1	1	1			1				1	1	1		
Pseudosagedia aenea						1	1								1		1	
Summe Artenzahl	0	2	0	1	2	3	3	1	0	2	0	0	1	1	3	4	2	1

Tabelle 22:

Flechtenarten am Stamm, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzung siehe Tabelle 21.

Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**							**Große Brenn**					
Segment	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	301	302	303	304	305	306
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Frx	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag
Agonimia tristicula		1																
Alyxoria varia		1	1	1	1		1									1		
Anisomeridium polypori	1	1					1											
Arthonia atra							1											
Arthonia spadicea																	1	1
Bacidina adastra	1		1															
Candelariella efflorescens s.l.	1	1																
Candelariella xanthostigma		1																
Coenogonium pineti																1		
Graphis scripta							1					1					1	
Lecania naegelii		1																
Lecanora argentata		1																
Lecanora expallens	1					1				1								
Lecidella laeochroma	1	1					1											
Lepraria finkii	1	1		1	1											1		
Lepraria incana								1					1			1		
Opegrapha rufescens																	1	1
Opegrapha vermicellifera		1		1	1	1	1				1					1		
Phaeophyscia orbicularis	1																	
Phlyctis argena				1														
Physcia adscendens	1																	
Physconia perisidiosa	1																	
Pseudosagedia aenea												1			1		1	1
Pyrenula nitida												1						
Summe Artenzahl	9	10	2	4	3	2	6	1	0	1	1	3	1	0	1	5	4	3

Tabelle 23:

Flechtenarten an dickeren Ästen, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*

Abkürzung siehe Tabelle 21.

Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**							**Große Brenn**					
Segment	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	301	302	303	304	305	306
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Frx	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag
Alyxoria varia															1			
Amandinea punctata						1												
Anisomeridium polypori				1														
Bacidina adastra	1														1			
Buellia griseovirens						1												
Caloplaca obscurella	1					1												
Candelaria concolor			1	1		1		1					1		1	1		
Candelaria pacifica			1															
Candelariella efflorescens s.l.			1		1	1		1			1					1		
Candelariella xanthostigma																1		
Catillaria nigroclavata		1			1											1		
Cladonia fimbriata						1												
Evernia prunastri										1								
Flavoparmelia caperata						1	1			1	1		1			1		
Halecania viridescens					1											1		
Hyperphyscia adglutinata	1		1															
Hypogymnia physodes							1											
Lecania naegelii		1														1		
Lecanora expallens					1		1											
Lecidella elaeochroma	1	1			1											1		
Lepraria finkii					1						1							
Lepraria incana											1							
Melanelixia glabratula					1	1		1		1	1		1			1		
Melanelixia subaurifera							1						1					
Melanohalea elegantula						1												

Fortsetzung Tabelle 23:

Standort	Erlen					Holländerschlag							Große Brenn					
Segment	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	301	302	303	304	305	306
Baumartkurz	*Sal*	*Pop*	*Frx*	*Frx*	*Frx*	*Frx*	*Frx*	*Fag*	*Fag*	*Acp*	*Frx*	*Fag*	*Pru*	*Acp*	*Ulm*	*Pop*	*Fag*	*Fag*
Melanohalea exasperata																1		
Normandina pulchella						1									1	1		
Parmelia serrana						1										1		
Parmelia sulcata		1	1		1	1	1	1		1	1		1			1		
Phaeophyscia nigricans					1											1		
Phaeophyscia orbicularis	1	1	1	1	1		1							1	1	1		
Phlyctis argena	1		1	1	1	1					1					1		
Physcia adscendens	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1	1	1		
Physcia aipolia			1															
Physcia stellaris		1				1												
Physcia tenella			1								1							
Physconia distorta													1					
Physconia enteroxantha													1					
Physconia grisea																1		
Physconia perisidiosa	1																	
Pleurosticta acetabulum		1														1		
Punctelia jeckeri					1	1	1			1	1		1			1		
Punctelia subrudecta					1	1	1			1	1		1			1		
Ramalina fastigiata										1								
Violella fucata																1		
Xanthoria parietina		1	1	1	1	1	1						1	1		1		
Summe Artenzahl	**8**	**9**	**11**	**6**	**15**	**18**	**10**	**5**	**0**	**8**	**11**	**0**	**10**	**3**	**6**	**23**	**0**	**0**

Tabelle 24:

Flechtenarten an Zweigen, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzung siehe Tabelle 21.

Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**							**Große Brenn**					
Segment	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**	**IV**
Baum#	**101**	**102**	**103**	**104**	**105**	**201**	**202**	**203**	**204**	**205**	**206**	**207**	**301**	**302**	**303**	**304**	**305**	**306**
Baumartkurz	**Sal**	**Pop**	**Frx**	**Frx**	**Frx**	**Frx**	**Frx**	**Fag**	**Fag**	**Acp**	**Frx**	**Fag**	**Pru**	**Acp**	**Ulm**	**Pop**	**Fag**	**Fag**
Alyxoria varia	1														1			
Amandinea punctata					1	1								1		1		
Arthonia dispersa							1											
Arthopyrenia punctiformis							1											
Bacidina adastra	1													1				
Buellia griseovirens			1	1		1	1											
Caloplaca cerinella	1					1										1		
Candelaria concolor	1		1	1	1	1				1			1	1				
Candelariella efflorescens s. l.	1	1	1	1						1			1	1				
Candelariella xanthostigma			1	1												1		
Catillaria nigroclavata	1	1	1	1	1	1	1			1			1	1				
Evernia prunastri			1		1													
Flavoparmelia caperata			1															
Graphis scripta										1								
Halecania viridescens				1														
Hyperphyscia adglutinata	1			1						1			1					
Hypogymnia physodes			1	1			1	1					1					
Hypogymnia tubulosa			1	1														
Hypotrachyna revoluta			1	1														
Lecania cyrtella	1					1										1		
Lecania naegelii	1	1	1	1	1	1										1		
Lecanora argentata											1							
Lecanora carpinea	1				1		1									1		
Lecanora chlarotera	1			1	1	1										1		
Lecanora expallens					1													
Lecanora persimilis																1		
Lecanora pulicaris						1		1			1							
Lecanora sambuci	1															1		

Fortsetzung Tabelle 24

Standort	Erlen					Holländerschlag							Große Brenn					
Segment	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	301	302	303	304	305	306
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Frx	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag
Lecanora symmicta						1	1			1								
Lecidella elaeochroma	1	1	1		1		1			1						1		
Lepraria incana										1					1			
Melanelixia glabratula							1			1	1		1					
Melanelixia subargentifera			1															
Melanelixia subaurifera						1	1				1			1				
Melanohalea elegantula				1														
Melanohalea exasperatula			1	1									1					
Opegrapha vermicellifera															1			
Parmelia sulcata		1	1	1	1			1			1			1	1	1		
Parmeliopsis ambigua						1												
Phaeophyscia orbicularis	1	1	1	1	1						1		1	1	1	1		
Phlyctis argena			1		1		1			1	1		1	1	1			
Physcia adscendens	1	1	1	1	1		1	1		1			1			1		
Physcia stellaris							1				1		1	1				
Physcia tenella			1															
Physconia distorta													1					
Physconia enteroxantha																1		
Pseudevernia furfuracea			1	1			1											
Punctelia borreri			1	1														
Punctelia jeckeri		1	1	1	1						1							
Punctelia subrudecta		1	1	1	1						1							
Ramalina farinacea			1															
Scoliciosporum chlorococcum													1					
Xanthoria parietina	1	1	1	1	1	1	1	1		1			1		1	1		
Summe Artenzahl	**16**	**10**	**25**	**22**	**16**	**13**	**15**	**5**	**0**	**12**	**10**	**0**	**14**	**10**	**7**	**15**	**0**	**0**

Tabelle 25:

Flechten mit Vorkommen an *Fraxinus excelsior* und *Juglans nigra*.

Angegeben ist die relative Häufigkeit der Flechten in Prozent der Bäume mit Vorkommen der jeweiligen Art. Sortierung: Abnehmende Häufigkeit an *Juglans nigra*. Grundlage sind die Daten von 15 *Juglans*- und sechs *Fraxinus*-Individuen.

Artname	*Fraxinus* (%)	*Juglans* (%)
Parmelia sulcata	100,0	100,0
Physcia adscendens	100,0	100,0
Punctelia jeckeri	100,0	100,0
Punctelia subrudecta	100,0	100,0
Candelariella efflorescens s. l.	83,3	100,0
Catillaria nigroclavata	83,3	100,0
Xanthoria parietina	83,3	100,0
Lecania naegelii	66,7	100,0
Phaeophyscia orbicularis	83,3	93,3
Lecanora chlarotera	50,0	86,7
Phlyctis argena	100,0	80,0
Candelaria concolor	66,7	80,0
Halecania viridescens	33,3	80,0
Melanelixia glabratula	66,7	73,3
Lecanora expallens	50,0	73,3
Melanelixia subaurifera	50,0	73,3
Normandina pulchella	16,7	73,3
Flavoparmelia caperata	66,7	66,7
Hypogymnia physodes	50,0	66,7
Lecidella elaeochroma	50,0	66,7
Physcia stellaris	50,0	66,7
Physcia tenella	33,3	66,7
Candelariella viae-lacteae	0,0	66,7
Buellia griseovirens	66,7	60,0
Lepraria finkii	83,3	53,3
Amandinea punctata	33,3	53,3
Hyperphyscia adglutinata	33,3	53,3
Lecanora pulicaris	33,3	53,3
Lecanora symmicta	33,3	53,3
Lecanora persimilis	0,0	53,3
Lepraria incana	16,7	46,7
Alyxoria varia	66,7	40,0
Melanohalea exasperatula	33,3	40,0
Candelaria pacifica	16,7	40,0
Agonimia allobata	0,0	40,0
Physconia distorta	0,0	40,0
Opegrapha vermicellifera	83,3	33,3

Artname	*Fraxinus* (%)	*Juglans* (%)
Coenogonium pineti	0,0	26,7
Scoliciosporum chlorococcum	0,0	26,7
Cladonia fimbriata	16,7	20,0
Phaeophyscia nigricans	16,7	20,0
Lecanora compallens	0,0	20,0
Lecanora horiza	0,0	20,0
Melanohalea exasperata	0,0	20,0
Parmelina tiliacea	0,0	20,0
Anisomeridium polypori	33,3	13,3
Melanohalea elegantula	33,3	13,3
Physcia aipolia	16,7	13,3
Bacidia rubella	0,0	13,3
Bacidina neosquamulosa	0,0	13,3
Bacidina sulphurella	0,0	13,3
Chaenotheca furfuracea	0,0	13,3
Cladonia coniocraea	0,0	13,3
Lepraria rigidula	0,0	13,3
Parmotrema perlatum	0,0	13,3
Physconia enteroxantha	0,0	13,3
Physconia grisea	0,0	13,3
Physconia perisidiosa	0,0	13,3
Violella fucata	0,0	13,3
Parmelia serrana	16,7	6,7
Arthonia radiata	0,0	6,7
Arthonia spadicea	0,0	6,7
Bacidia arceutina	0,0	6,7
Bactrospora dryina	0,0	6,7
Biatoridium monasteriense	0,0	6,7
Caloplaca cerinelloides	0,0	6,7
Chaenotheca ferruginea	0,0	6,7
Cladonia macilenta	0,0	6,7
Micarea viridileprosa	0,0	6,7
Pertusaria albescens	0,0	6,7
Pertusaria amara	0,0	6,7
Physcia dubia	0,0	6,7
Physcia tribacioides	0,0	6,7
Placynthiella icmalea	0,0	6,7

Fortsetzung Tabelle 25

Artname	*Fraxinus* (%)	*Juglans* (%)
Candelariella xanthostigma	33,3	33,3
Evernia prunastri	33,3	33,3
Hypogymnia tubulosa	33,3	33,3
Lecanora carpinea	33,3	33,3
Punctelia borreri	33,3	33,3
Caloplaca cerinella	16,7	33,3
Agonimia tristicula	0,0	33,3
Hypotrachyna afrorevoluta	0,0	33,3
Pleurosticta acetabulum	0,0	33,3
Pseudevernia furfuracea	50,0	26,7
Caloplaca obscurella	16,7	26,7
Lecania cyrtella	16,7	26,7
Melanelixia subargentifera	16,7	26,7
Polycauliona polycarpa	0,0	6,7
Ramalina fastigiata	0,0	6,7
Bacidina adastra	33,3	0,0
Hypotrachyna revoluta	33,3	0,0
Pseudosagedia aenea	33,3	0,0
Arthonia atra	16,7	0,0
Arthonia dispersa	16,7	0,0
Arthopyrenia punctiformis	16,7	0,0
Graphis scripta	16,7	0,0
Lecanora argentata	16,7	0,0
Parmeliopsis ambigua	16,7	0,0
Ramalina farinacea	16,7	0,0

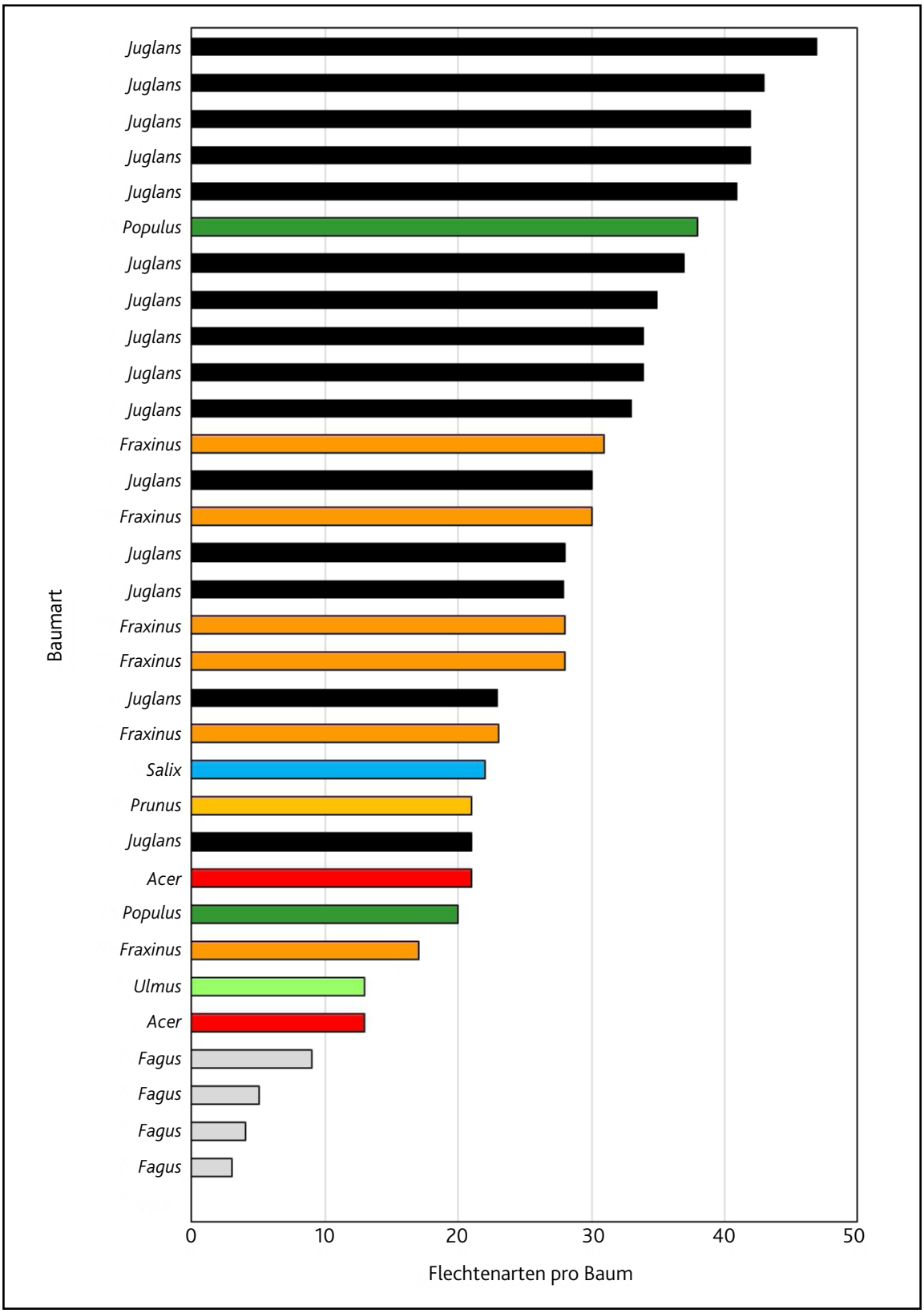


Abbildung 24: Anzahl der **Flechtenarten** pro Baum und Baumart

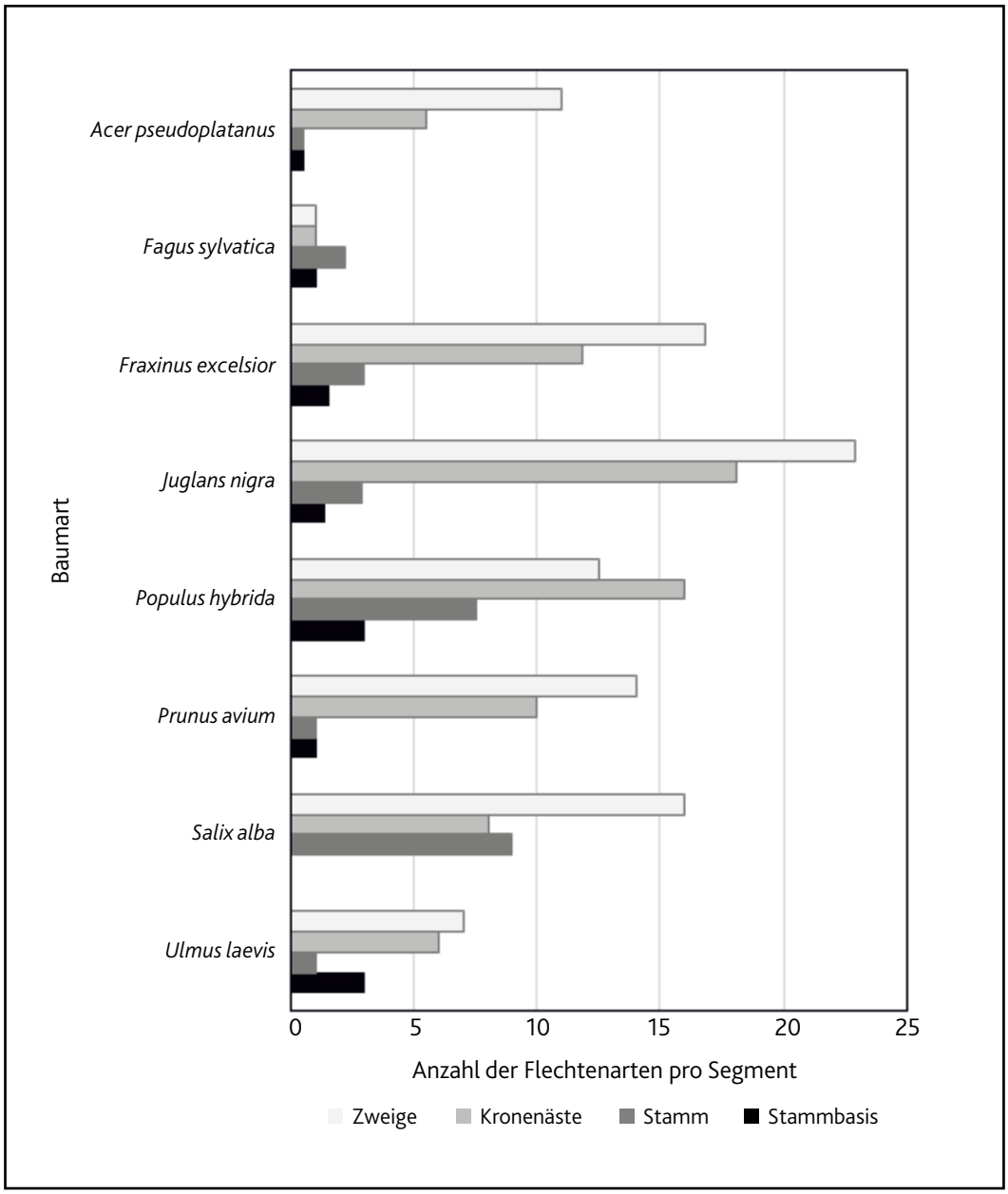


Abbildung 25: Vertikale Verteilung der Flechtenvorkommen auf den Trägerbäumen im Projekt.

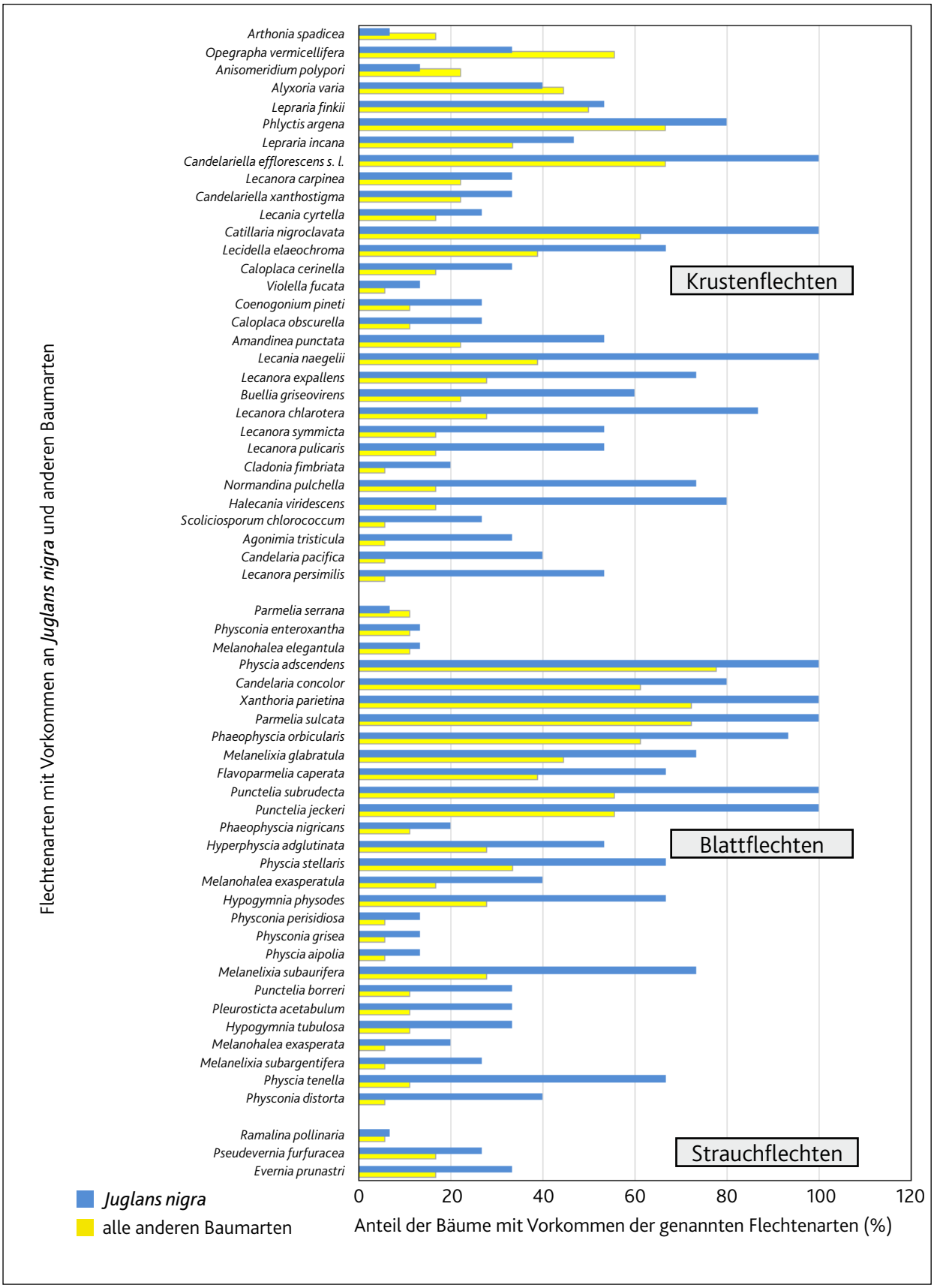


Abbildung 26: Flechtenarten mit Vorkommen an Schwarznuss und allen anderen Baumarten im Projekt - Häufigkeitsvergleich.

Sortierungskriterium: Von oben nach unten nimmt das relative Vorkommen der jeweiligen Flechtenart an *Juglans* im Verhältnis zu *Fraxinus* zu.

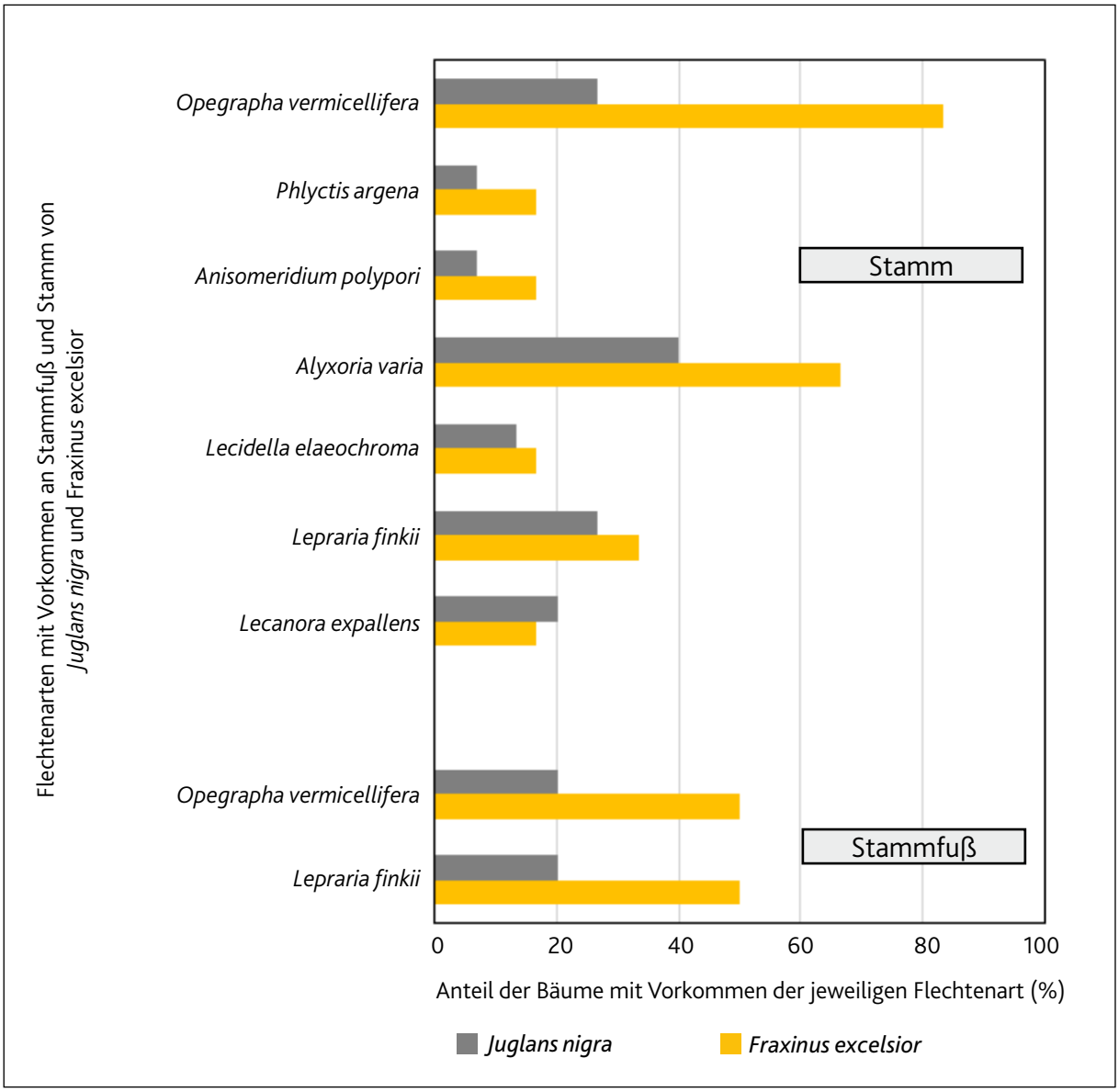


Abbildung 27: Flechtenarten mit Vorkommen an Stammfuß und Stamm von *Juglans nigra* und *Fraxinus excelsior*.

Sortierungskriterium siehe Abbildung 27.

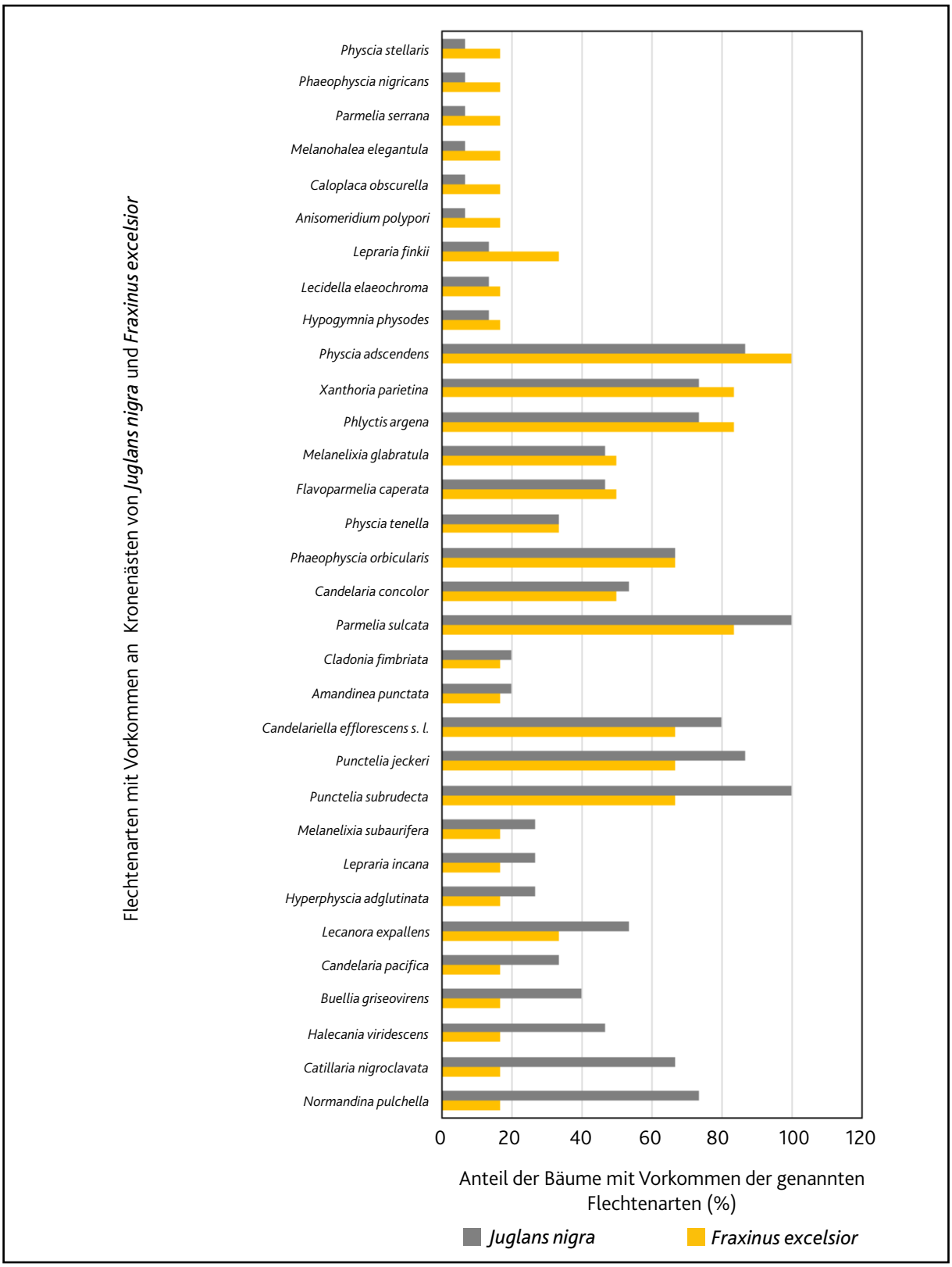


Abbildung 28: Flechtenarten mit Vorkommen an Kronenästen von *Juglans nigra* und *Fraxinus excelsior*.

Sortierungskriterium siehe Abbildung 27.

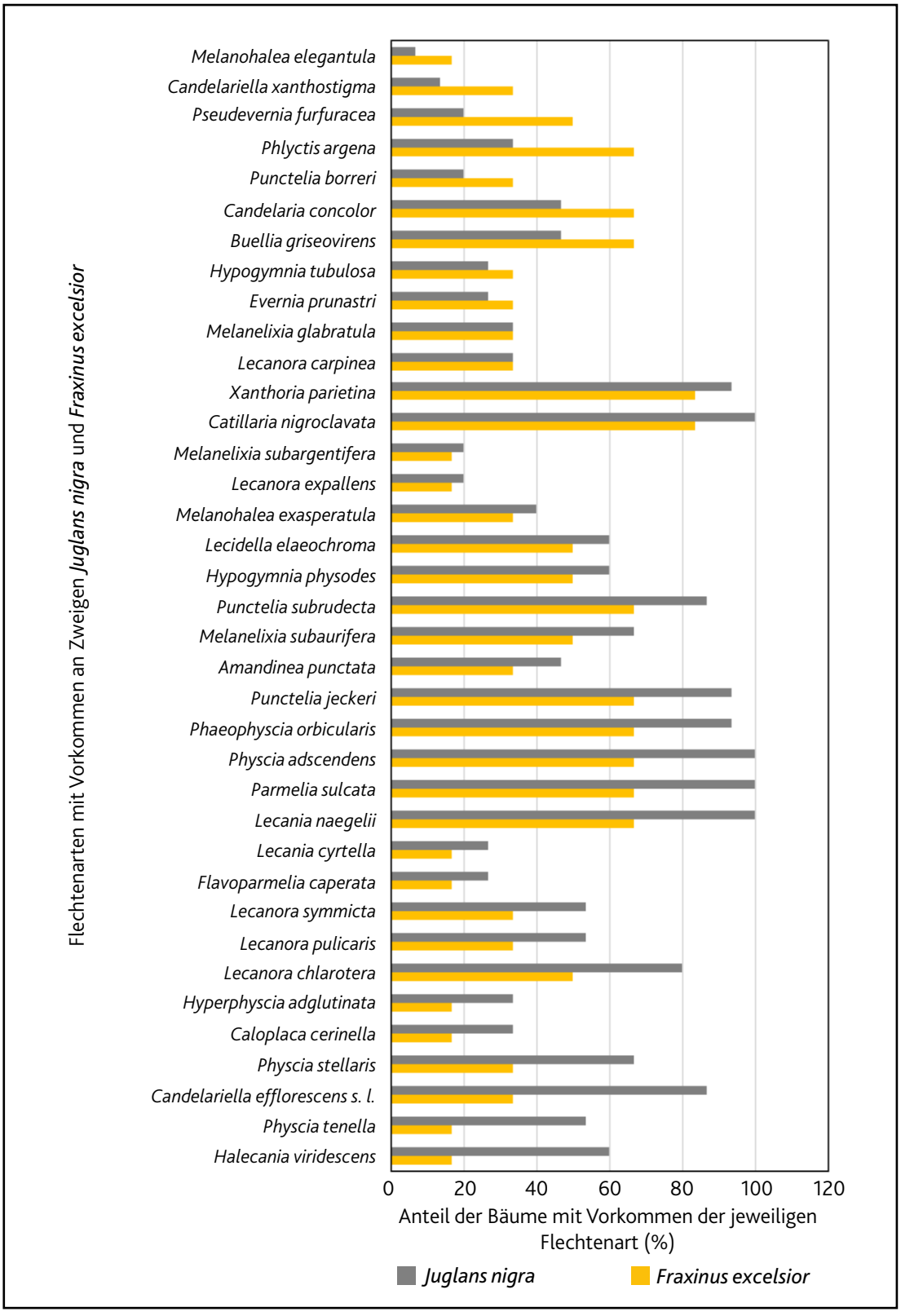


Abbildung 29: Flechtenarten mit Vorkommen an Zweigen von *Juglans nigra* und *Fraxinus excelsior*.

Aufgetragen sind die ungewichteten Mediane der Zeigerwerte der Flechten für Licht, Kontinentalität, Feuchte und Verhalten gegenüber Nährstoffeintrag separat für die entsprechende Baumart und jedes Segment vom Stammfuß bis in die Kronenäste.

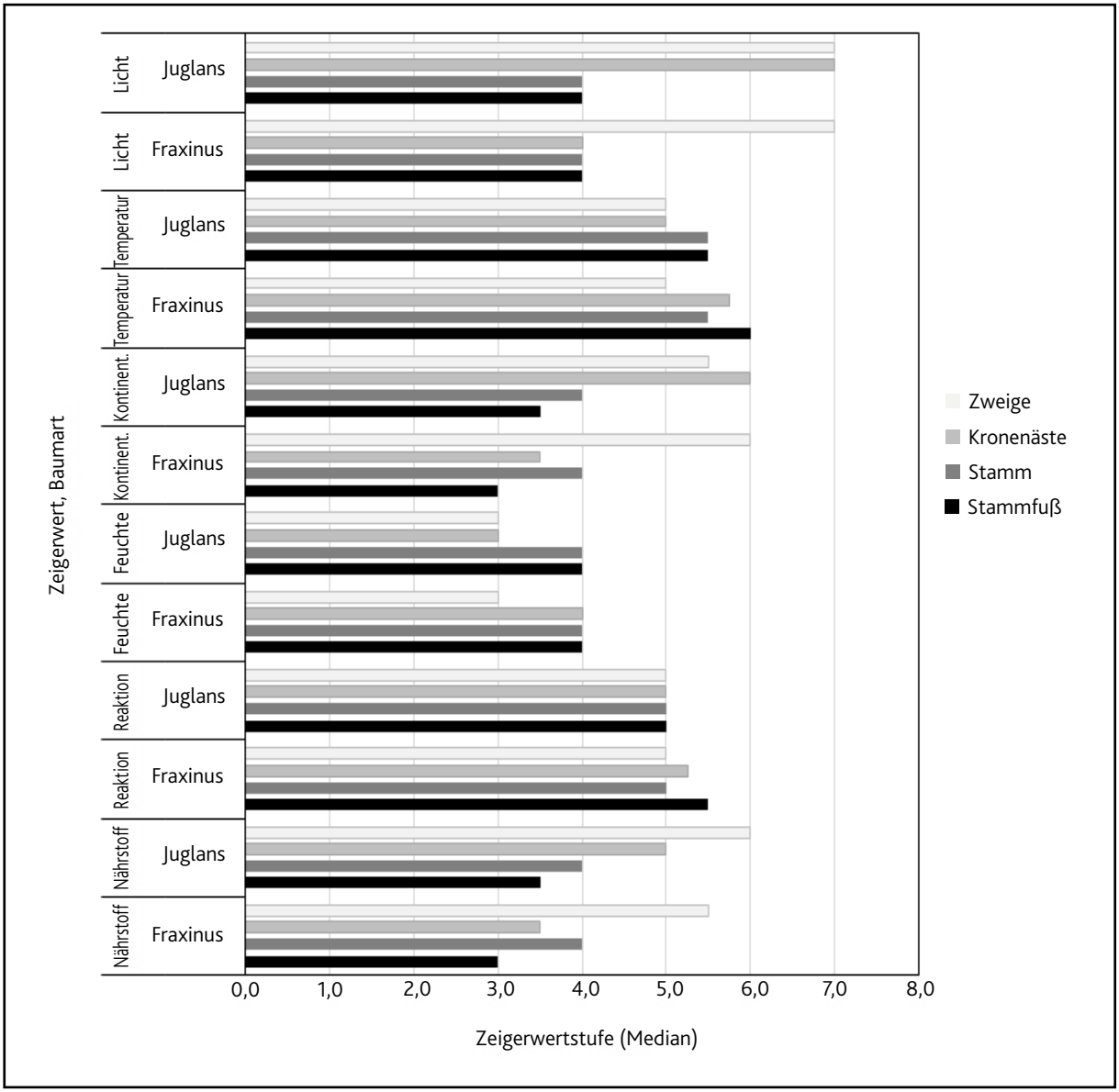


Abbildung 30: Ökologische Zeigerwerte der Flechten an Schwarznuss und Esche in Abhängigkeit vom untersuchten Segment der Trägerbäume.

4.2 Vergleich der Artenvielfalt der Moose an Schwarznuss und den anderen Hauptbaumarten der drei Auwaldstandorte

Die Untersuchung von 15 Schwarznussbäumen (*Juglans nigra*) offenbarte mit 54 auf Art- bzw. zumindest auf Gattungsniveau angesprochenen Moosen eine überraschend hohe Artenvielfalt (siehe Tabelle 5), was die Frage aufwarf, wie viele Arten durch Hinzunahme weiterer, auf den Flächen ebenfalls vorkommenden Baumarten noch hinzukämen, in welcher Weise sich die Schwarznuss als Trägerbaum von diesen anderen Arten unterscheidet, welche Eigenschaften für die dauerhafte Ansiedlung epiphytischer Moose günstig sind. Die weitgehende Ähnlichkeit der drei Standorte Erlen, Große Brenn und Holländerschlag hinsichtlich der Gesamt-Moosartenzahlen an Schwarznuss (siehe Kapitel 3.4) und die an den Einzelstandorten zu geringe Individuenzahl gefällter Bäume anderer Arten rechtfertigt die zusammenfassende Betrachtung der drei Standorte.

Die Beobachtungen im Einzelnen:

- Durch die Hinzunahme von 20 weiteren Bäumen aus sieben Gattungen stieg die Gesamtzahl der Moose von bisher 54 an *Juglans nigra* nachgewiesenen Arten auf 59 Arten an. 45 (= 76 %) der insgesamt 59 Moose kommen an allen Baumarten vor.
- Am höchsten ist die mittlere Anzahl der Moose an *Juglans nigra* mit 19,4 Arten, während an *Acer pseudoplatanus* 9,5, an *Fagus sylvatica* 3,7, an *Fraxinus excelsior* ebenso wie an *Populus hybrida* 17,5 Moose nachgewiesen wurden. Von den Gattungen *Prunus*, *Salix* und Ulmus wurde jeweils nur ein Baum untersucht und dabei 12, 20 bzw. 9 Moosarten registriert.
- Hinsichtlich der Gesamtartenzahl ähneln sich *Juglans nigra*, *Fraxinus excelsior* und *Populus hybrida* weitgehend (siehe Abbildung 31). Auf den andern Baumarten wurden deutlich weniger Moose angetroffen bzw. ihre Individuenzahl ist für den direkten Vergleich zu gering.
- Bis auf die Buche, die sich am Standort insgesamt arm an epiphytischen Moosen präsentiert und deren Vorkommen im Wesentlichen auf die Stammbasis begrenzt, weisen alle Baumarten die größte Anzahl verschiedener Moose im Segment Kronenansatz/Kronenäste aus. Auch hier zeigt sich eine große Ähnlichkeit zwischen sich *Juglans nigra, Fraxinus excelsior* und *Populus hybrida* (siehe Abbildung 32). Auf den meist glattrindigen Zweigen (Segment IV) ist die Artenvielfalt auf allen Bäumen erheblich geringer als auf den Ästen.
- Bei den fünf hinzugekommenen Moosarten handelt es sich um *Brachythecium populeum, Rhynchostegium murale, R. riparioides, Tortula latifolia* und *Lophocolea heterophylla*, allesamt an den Standorten zu erwartende Species. Keines dieser Moose ist in Rheinland-Pfalz als gefährdet eingestuft (Lauer 2005). Das gegenüber sauren Immissionen anscheinend resistente und im NRW-Rheinland inzwischen seltener gewordene Lebermoos *Lophocolea heterophylla* (Stapper, nicht publ. Beob.) wurde nur einmal an der Stammbasis von Buche gefunden, das für die Stromtalgesellschaft Syntrichio latifoliae-Leskeetum polycarpae charakteristische Moos T*ortula latifolia* am Stamm der in einer Senke stehenden Weide zusammen mit *Leskea polycarpa*.
- 14 Moose bzw. Gattungen wurden ausschließlich an *Juglans nigra* nachgewiesen, darunter die vom Boden her an der rauen und mit Feinerde überkrusteten Borke hochwachsenden Arten *Cirriphyllum crassinervium, Fissidens taxifolius, Plagiothecium latebricola, Plagiomnium undulatum* und *Tortula muralis* sowie die an nicht übererdeter Borke angetroffenen, mehrheitlich akrokarpen Moose *Bryum capillare*, *Hypnum* sp., *Leucodon sciuroides, Dicranum montanum, Orthotrichum pallens, O. pulchellum, Schistidium crassipilum, Tortula laevipila* und *T. ruralis*.
- Nur wenige Moose, die an allen Baumarten nachgewiesen wurden, sind an *Juglans nigra* (bezogen auf die Anzahl der Bäume mit Vorkommen der jeweiligen Art) seltener als an der Gesamtheit der anderen Baumarten. Dies sind, wie in Abbildung 33 dargestellt, die pleurokarpen Arten *Pylaisia polyantha* und *Thamnobryum alopecurum* sowie die akrokarpen epiphytischen Moose *Orthotrichum pumilum* und *Ulota crispa*. Die an allen Baumarten nachgewiesenen Lebermoose kommen allesamt häufiger an J. nigra vor.

- Angesichts der hohen Anzahl untersuchter Eschen bietet sich ein direkter Vergleich mit der Schwarznuss hinsichtlich der Vielfalt epiphytischer Moose an. Von 55 an beiden Baumarten nachgewiesenen Arten kommen 54 (98 %) auch an den 15 Schwarznuss vor, aber nur 38 (69 %) an den sechs untersuchten Eschen nachgewiesen, was im Wesentlichen an der geringeren Anzahl untersuchter Eschen liegen dürfte. Auch an den Schwarznussbäumen wären mit sechs untersuchten Individuen lediglich 42 Arten (rund 76 %) erfasst worden (siehe hierzu auch die kumulative Artenzahlkurven in Abbildung 10). Die Hälfte der an Schwarznuss nachgewiesenen Moose wurde lediglich an drei Bäumen angetroffen, sie sind also eher selten. Beschränkt auf die Anzahl der darauf vorkommenden Moosarten scheinen sich die beiden Baumarten insgesamt sehr zu ähneln.
- An Stammfuß und Stamm von *Juglans* und *Fraxinus* (wie auch an allen übrigen Baumarten) überwiegen die pleurokarpen Moose, während die akrokarpen Moose für die oberen Segmente kennzeichnend sind. Arten aus der Familie der Orthotrichaceae (*Orthotrichum, Zygodon* und *Ulota*) sind überwiegend auf die oberen Segmente beschränkt.
- Mit welcher Stetigkeit die einzelnen Moosarten in den vier Segmenten der Eschen und Schwarznüsse angetroffen wurden, ist in Abbildung 34 grafisch dargestellt. Einige Arten sind häufiger an *Esche* als an *Juglans*, z. B. *Eurrhynchium hians* (Stammfuß, I), *Platygyrium repens* (Stamm, II), *Frullania dilatata* und *Orthotrichum lyellii* (Kronenäste, III) und *Orthotrichum striatum* (Zweige, IV). An *Juglans* jedoch kommen häufiger vor die Moose *Anomodon viticulosus* (I, II), *Tortula papillosa* (III) und *Orthotrichum obtusifolium* (IV). Einige der an den Zweigen (IV) von mindestens drei *Juglans*-Individuen nachgewiesenen Arten fehlen an der Esche in diesem Segment und kommen dort erst im tieferen Segment III vor: *Orthotrichum lyellii, O. tenellum, Tortula papillosa, Zygodon viridissimus,* und das Lebermoos *Radula complanata*.
- Die Ähnlichkeit der beiden Baumarten tritt auch bei der Auswertung der Mediane der Zeigerwerte für Licht und Feuchte zutage, die für die beide Baumarten und die jeweiligen Segmente, wie in Abbildung 35 dargestellt, ein vollständig übereinstimmendes Bild ergibt. An beiden Bäumen findet man die feuchtebedürftigeren bzw. zeitweise überflutungstoleranten Arten an der Stammbasis und die beleuchtungstoleranteren Arten in den oberen Segmenten (vergl. Abbildung 22 und Tabelle 15).

Tabelle 26:

Moose an der Stammbasis, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzungen: Acp, ***Acer pseudoplatanus***; Fag, ***Fagus sylvatica***; Frx, ***Fraxinus excelsior***; Pop, ***Populus hybrida***; Pru, ***Prunus avium***; Sal, ***Salix alba***; Ulm, ***Ulmus laevis***.

Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**									**Große Brenn**					
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	208	209	301	302	303	304	305	306
Segment	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Baumartkurz	*Sal*	*Pop*	*Frx*	*Frx*	*Frx*	*Frx*	*Frx*	*Fag*	*Fag*	*Acp*	*Frx*	*Fag*	*Fag*	*Fag*	*Pru*	*Acp*	*Ulm*	*Pop*	*Fag*	*Fag*
Amblystegium serpens		1	1				1	1		1			1	1	1		1			1
Anomodon viticulosus		1	1	1						1										
Brachythecium populeum										1					1					
Brachythecium rutabulum		1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eurhynchium hians		1	1	1	1	1		1												
Eurhynchium praelongum				1																
Eurhynchium pumilum					1															
Homalia trichomanoides		1	1	1	1	1	1			1	1	1		1	1		1	1		
Homalothecium sericeum						1														1
Hypnum cupressiforme				1	1	1	1	1				1	1	1						
Isothecium alopecuroides															1					
Leskea polycarpa	1		1								1	1								
Lophocolea heterophylla												1								
Metzgeria furcata												1						1		
Plagiomnium cuspidatum											1	1								
Platygyrium repens									1											
Radula complanata														1						
Rhynchostegium murale													1							
Rhynchostegium riparioides			1	1																
Thamnobryum alopecurum		1	1																	
Summe Artenzahl	**1**	**6**	**8**	**6**	**4**	**4**	**4**	**4**	**2**	**5**	**3**	**6**	**4**	**5**	**5**	**1**	**3**	**3**	**1**	**3**

Tabelle 27:

Moose am Stamm, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzungen siehe Tabelle 26.

Standort	**Erlen**						**Holländerschlag**												**Große Brenn**						
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	208	209	301	302	303	304	305	306					
Segment	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II					
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Frx	Fag	Fag	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag					
Amblystegium serpens	1	1	1	1			1																		
Anomodon viticulosus	1		1	1																					
Barbula sinuosa	1																								
Brachythecium rutabulum				1												1									
Bryum laevifilum	1			1																					
Dicranoweisia cirrata	1																								
Eurhynchium hians					1																				
Frullania dilatata		1	1							1	1														
Homalia trichomanoides				1	1		1																		
Hypnum cupressiforme	1	1		1	1	1				1	1				1		1	1							
Leskea polycarpa	1	1	1		1																				
Metzgeria furcata			1			1	1																		
Neckera complanata			1																						
Orthotrichum affine		1																							
Orthotrichum obtusifolium				1																					
Platygyrium repens		1		1			1				1														
Pylaisia polyantha		1																							
Radula complanata	1		1				1										1								
Tortula latifolia	1																								
Tortula papillosa				1																					
Zygodon viridissimus	1																								
Summe Artenzahl	**10**	**7**	**7**	**9**	**4**	**2**	**5**	**0**	**0**	**2**	**3**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**2**	**1**	**0**	**0**					

Tabelle 28:

Moose am Stamm, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzungen siehe Tabelle 26.

Standort	Erlen						Holländerschlag													Große Brenn						
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	208	209	301	302	303	304	305	306						
Segment	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III	III						
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Frx	Fag	Fag	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag						
Amblystegium serpens	1	1	1							1																
Brachythecium rutabulum		1	1														1									
Bryum laevifilum			1																							
Frullania dilatata	1	1	1	1	1	1	1			1	1						1	1								
Hypnum cupressiforme	1	1	1	1	1	1					1				1	1		1								
Hypnum resupinatum										1							1									
Leskea polycarpa		1	1																							
Metzgeria furcata			1			1				1																
Orthotrichum affine	1		1			1	1			1							1	1								
Orthotrichum diaphanum	1		1		1											1		1								
Orthotrichum lyellii		1	1	1	1	1	1				1															
Orthotrichum obtusifolium	1	1		1	1	1	1										1	1								
Orthotrichum patens											1				1											
Orthotrichum pumilum		1				1												1								
*Orthotrichum sp_*					1																					
Orthotrichum speciosum			1																							
Orthotrichum stramineum			1		1											1										
Orthotrichum striatum		1	1		1						1							1								
Orthotrichum tenellum	1	1	1	1				1							1											
Platygyrium repens		1			1	1	1			1	1				1			1								
Porella platyphylla				1																						
Pylaisia polyantha		1		1														1								
Radula complanata	1	1			1					1							1	1								
Tortula papillosa	1		1	1														1								
Ulota bruchii			1		1	1	1									1		1								
Ulota crispa						1									1											
*Ulota sp_*										1	1					1		1								
Zygodon viridissimus	1		1																							
Summe Artenzahl	**10**	**13**	**17**	**8**	**12**	**10**	**6**	**1**	**0**	**8**	**7**	**0**	**0**	**0**	**5**	**5**	**6**	**13**	**0**	**0**						

Tabelle 29:

Moose am Stamm, alle Baumarten ausgenommen *Juglans nigra*.

Abkürzungen siehe Tabelle 26.

Standort	**Erlen**					**Holländerschlag**										**Große Brenn**					
Baum#	101	102	103	104	105	201	202	203	204	205	206	207	208	209	301	302	303	304	305	306
Segment	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Baumartkurz	Sal	Pop	Frx	Frx	Frx	Frx	Frx	Fag	Fag	Acp	Frx	Fag	Fag	Fag	Pru	Acp	Ulm	Pop	Fag	Fag
Dicranoweisia cirrata						1														
Frullania dilatata						1	1			1	1									
Hypnum cupressiforme	1					1	1			1										
Leskea polycarpa	1																			
Orthotrichum affine	1	1	1	1	1					1	1									
Orthotrichum diaphanum				1			1								1					
Orthotrichum lyellii	1																			
Orthotrichum obtusifolium				1																
Orthotrichum pumilum				1																
Orthotrichum sp_											1									
Orthotrichum speciosum	1		1		1	1														
Orthotrichum stramineum			1		1	1														
Orthotrichum striatum			1	1	1	1									1					
Orthotrichum tenellum		1																		
Platygyrium repens						1														
Radula complanata	1																			
Tortula papillosa	1																			
Ulota bruchii	1					1	1													
Ulota crispa	1	1																		
Ulota sp_						1					1									
Summe Artenzahl	**9**	**3**	**4**	**5**	**4**	**9**	**4**	**0**	**0**	**3**	**4**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Tabelle 30:

Moose mit Vorkommen an *Fraxinus excelsior* und *Juglans nigra*.

Angegeben ist die relative Häufigkeit der Moose in Prozent der Bäume mit Vorkommen der jeweiligen Art. Sortierung: Abnehmende Häufigkeit an *Juglans nigra*. Grundlage sind die Daten von 15 *Juglans*- und sechs *Fraxinus*-Individuen.

Artname	*Fraxinus* (%)	*Juglans* (%)		Artname	*Fraxinus* (%)	*Juglans* (%)
Brachythecium rutabulum	67	100		*Orthotrichum pallens*	0	20
Hypnum cupressiforme	100	100		*Orthotrichum speciosum*	50	20
Homalia trichomanoides	100	93		*Tortula laevipila*	0	20
Orthotrichum affine	100	93		*Bryum capillare*	0	13
Platygyrium repens	83	87		*Cirriphyllum crassinervium*	0	13
Ulota bruchii	67	87		*Dicranum montanum*	0	13
Orthotrichum diaphanum	67	80		*Eurhynchium praelongum*	17	13
Orthotrichum obtusifolium	67	80		*Eurhynchium pumilum*	17	13
Amblystegium serpens	50	73		*Isothecium alopecuroides*	0	13
Frullania dilatata	100	67		*Neckera complanata*	17	13
Orthotrichum lyellii	100	67		*Orthotrichum patens*	17	13
Orthotrichum striatum	83	67		*Orthotrichum sp.*	33	13
Tortula papillosa	33	67		*Plagiothecium latebricola*	0	13
Anomodon viticulosus	33	60		*Ulota crispa*	17	13
Radula complanata	50	60		*Hypnum sp.*	0	7
Bryum laevifilum	33	53		*Leucodon sciuroides*	0	7
Zygodon viridissimus	17	53		*Orthotrichum pulchellum*	0	7
Hypnum resupinatum	0	47		*Orthotrichum pumilum*	33	7
Metzgeria furcata	50	47		*Plagiomnium cuspidatum*	17	7
Homalothecium sericeum	17	40		*Plagiomnium undulatum*	0	7
Orthotrichum tenellum	33	40		*Pylaisia polyantha*	17	7
Eurhynchium hians	67	33		*Schistidium crassipilum*	0	7
Fissidens taxifolius	0	33		*Thamnobryum alopecurum*	17	7
Dicranoweisia cirrata	17	27		*Tortula muralis*	0	7
Leskea polycarpa	33	27		*Tortula ruralis*	0	7
Orthotrichum stramineum	50	27		*Ulota sp.*	33	7
Porella platyphylla	17	27		*Rhynchostegium riparioides*	33	0
Barbula sinuosa	0	20				

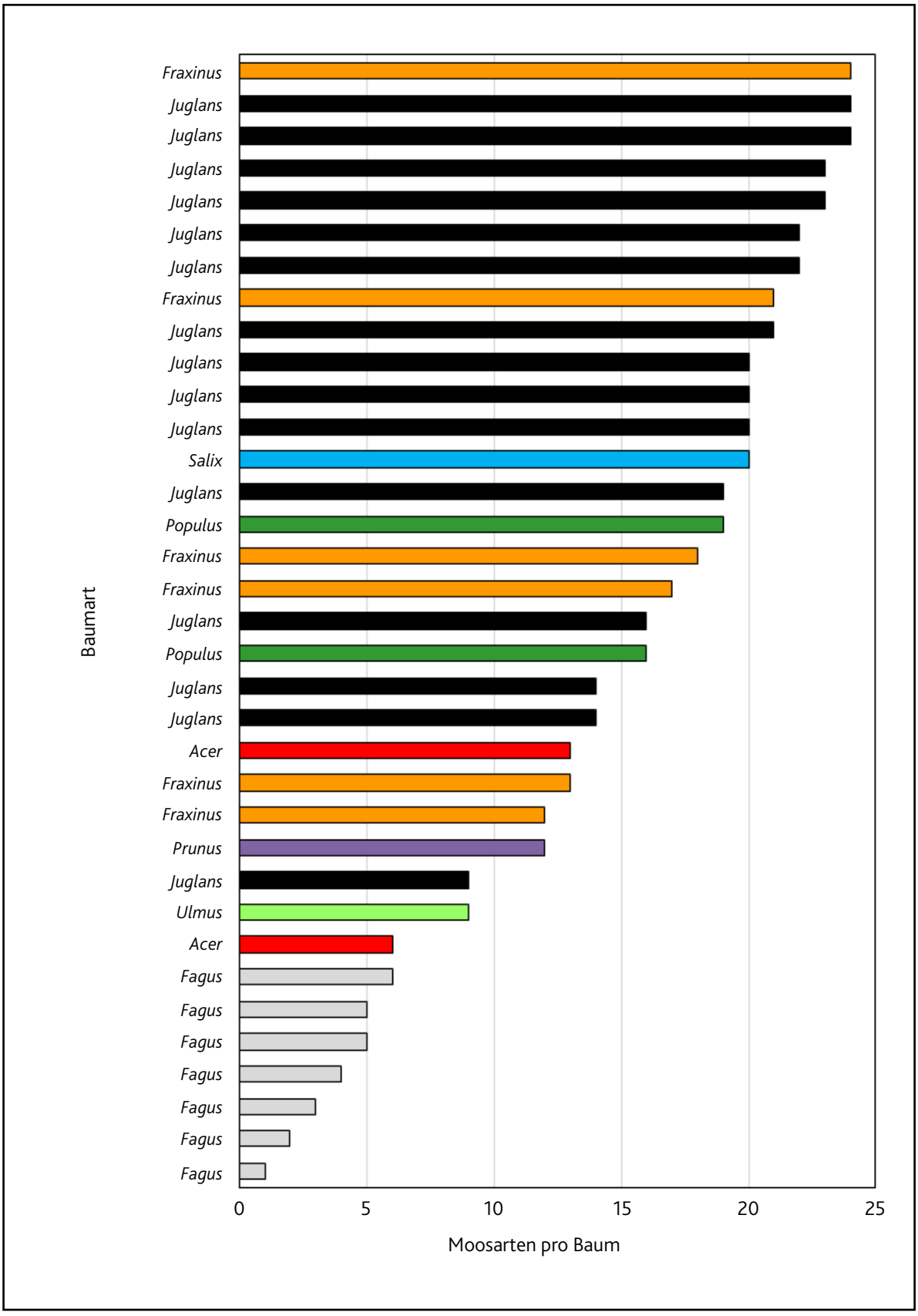


Abbildung 31: Anzahl der **Moosarten** pro Baum und Baumart

Für jede untersuchte Baumart ist die Anzahl der in den einzelnen Baumsegmenten vorkommenden Moosarten angegeben.

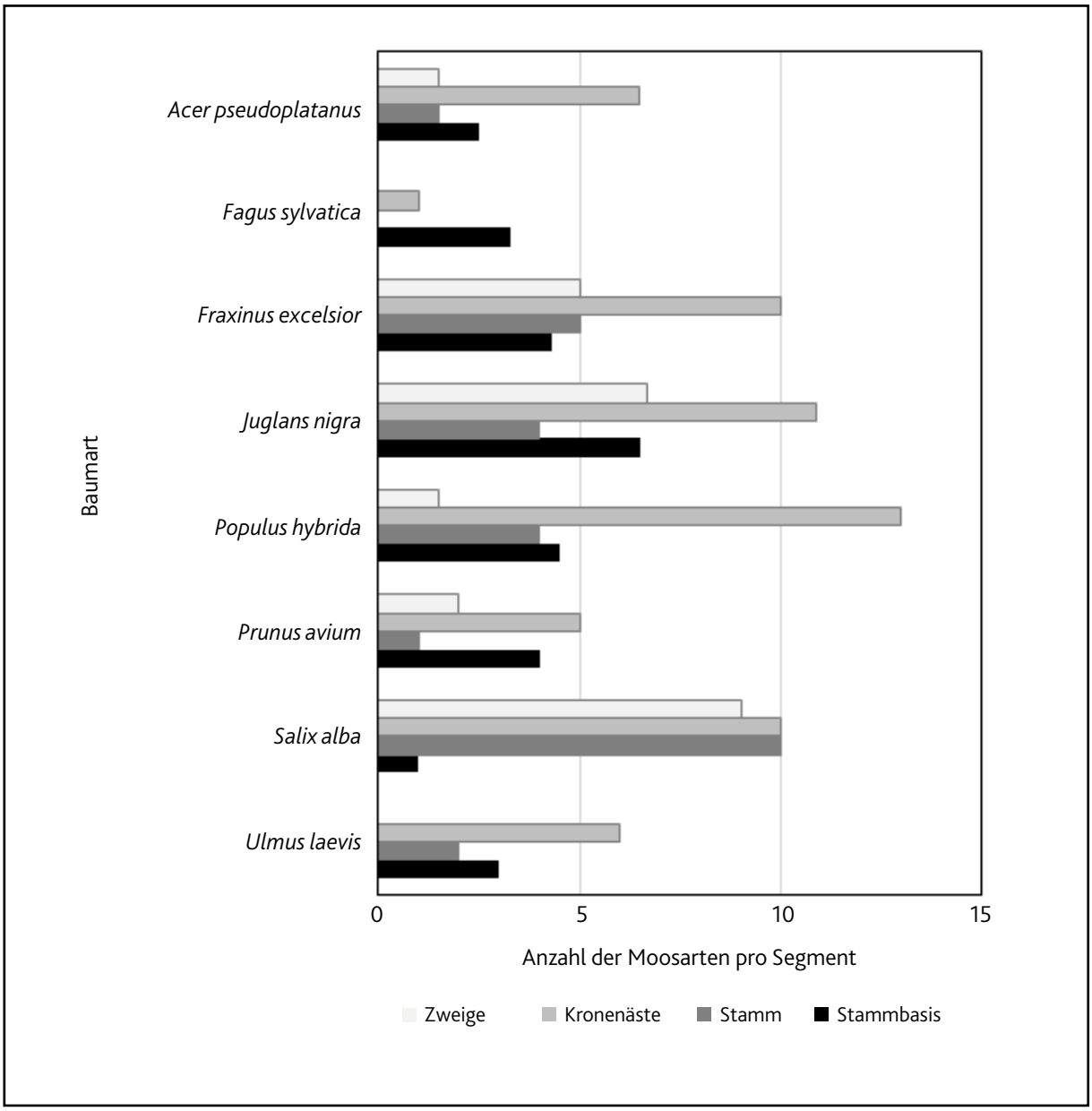


Abbildung 32: Vertikale Verteilung der Moosvorkommen auf den Trägerbäumen im Projekt.

Sortierungskriterium: Von oben nach unten nimmt das relative Vorkommen der jeweiligen Moosart an *Juglans* im Verhältnis zur Gesamtheit der anderen Baumarten zu.

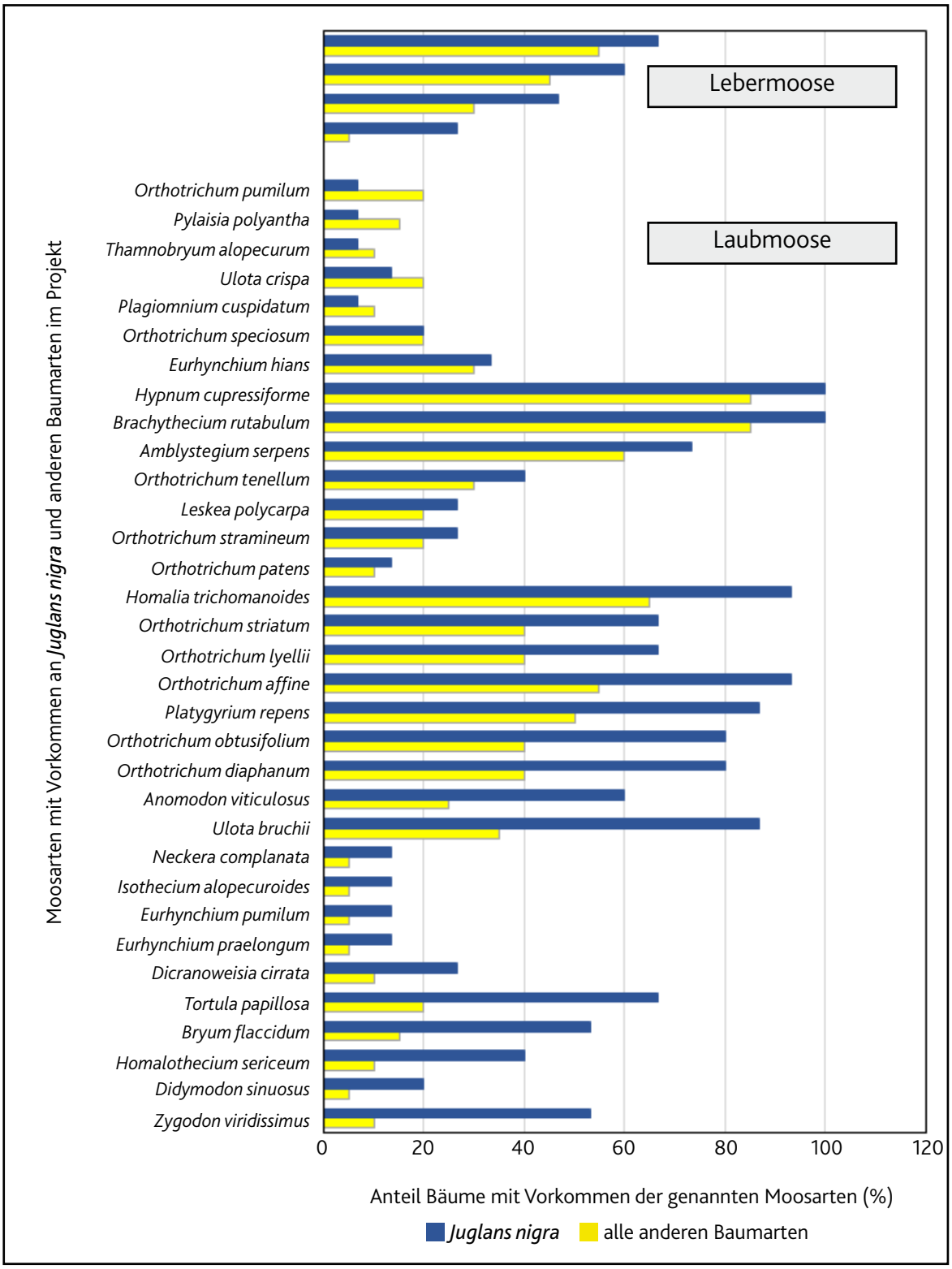


Abbildung 33: Moosarten mit Vorkommen an Schwarznuss an allen anderen Baumarten im Projekt - ein Häufigkeitsvergleich

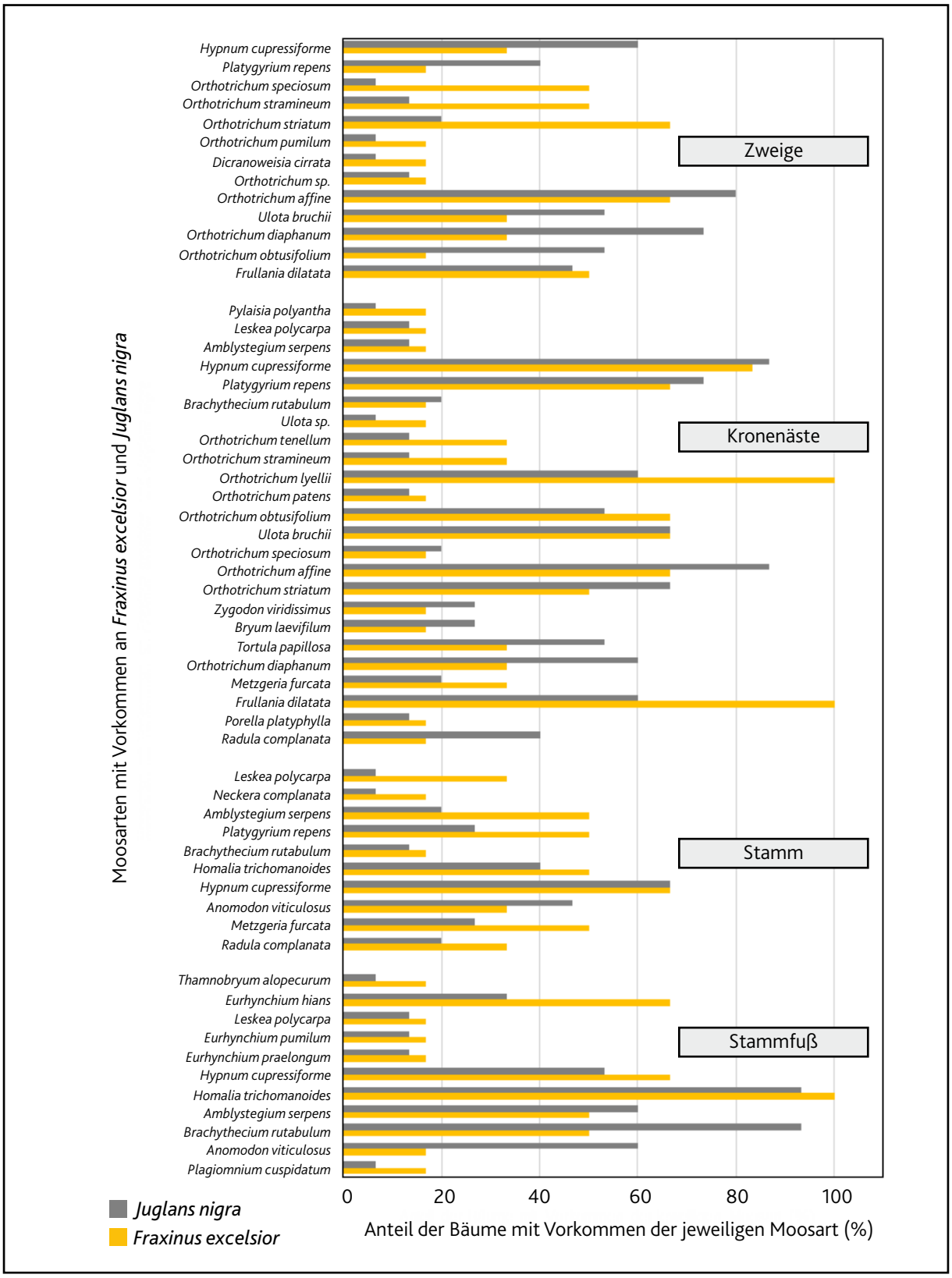


Abbildung 34: Moosarten mit Vorkommen an Stammfuß und Stamm, Kronenästen oder Zweigen von *Juglans nigra* und *Fraxinus excelsior*.

Aufgetragen sind die ungewichteten Mediane der Zeigerwerte der Moose für Licht und Feuchte separat für die entsprechende Baumart und jedes Segment vom Stammfuß bis in die Kronenäste

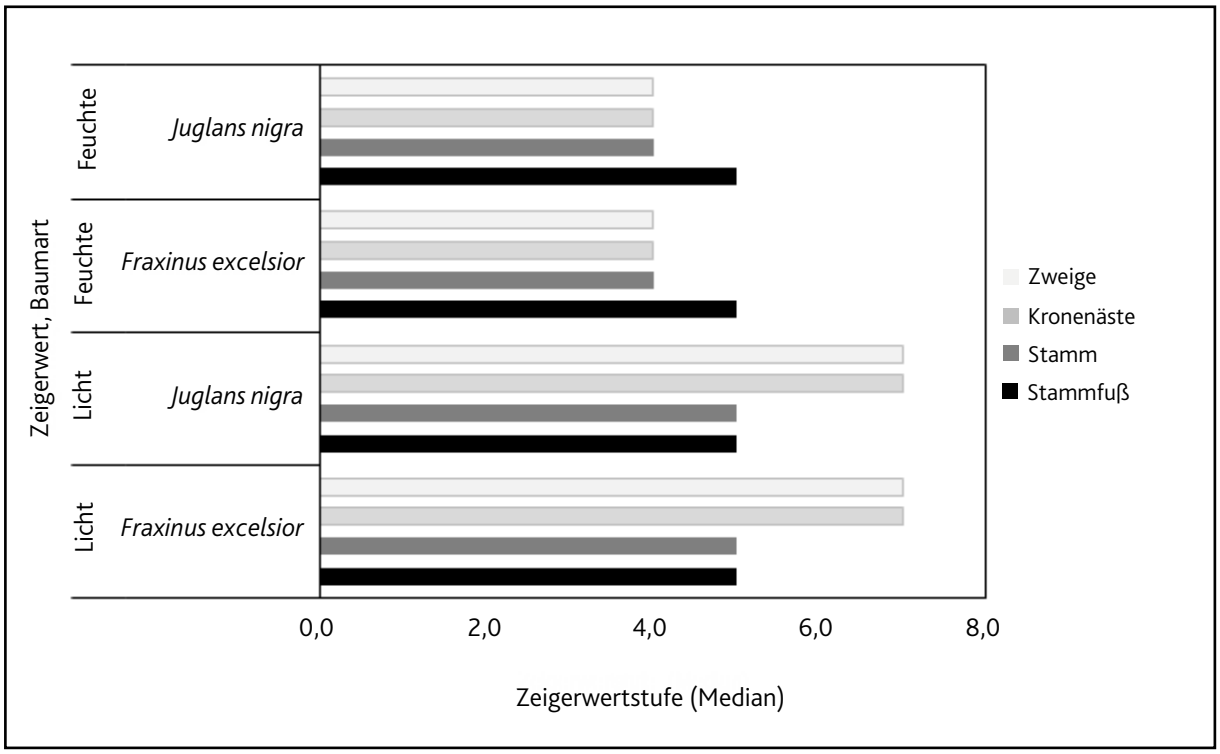


Abbildung 35: Ökologische Zeigerwerte der Moose an Schwarznuss und Esche in Abhängigkeit vom untersuchten Segment der Trägerbäume.

5. Bewertung von *Juglans nigra* als Substrat für epiphytische Flechten und Moose

Die Biodiversität der Flechten und Moose auf den eigentlich als "nicht-einheimisch" geltenden Schwarznussbäumen stellt sich als unerwartet reich heraus. Die hohe Zahl der beobachteten Arten erhält noch eine besondere Dimension vor dem Hintergrund der räumlichen Nähe der Standorte zur Metropolregion Mannheim-Ludwigshafen (Holländerschlag, Große Brenn) und Karlsruhe-Wörth (Erlen). Die Kombination des Vorkommens nitrophytischer, also Eutrophierung ertragender Flechten gleichzeitig mit gegenüber Luftschadstoffeinträgen extrem sensiblen Arten sowie einigen Indikatorarten für die historische Kontinuität von Waldstandorten ("Altwaldarten") zusammen mit so genannten Klimawandelzeigerarten dokumentiert einerseits die ungewöhnlich hohe Artendiversität, aber gleichzeitig auch ein hohes Potential der Standorte für ökologische Stabilität.

Die vertikale Verteilung der Moose und Flechten an Schwarznuss ist einerseits typisch für Waldbäume, indem die Moose an Stammfuß und unterem Stamm, namentlich in Form pleurokarper Arten, große Flächenanteile überziehen und die Polster akrokarper Moose vom Stamm bis in die Krone hinauf vorkommen, während die Diversität der Flechten erst ab den mittleren Segmenten nach oben hin gewinnt. Leider liegen zum Bewuchs von Schwarznussbäumen aus unserem Raum keine Daten zu Vergleichszwecken vor. Im Vergleich zu den Ergebnissen in Nordamerika Hyerczyk (2005), der ursprünglichen Heimat von *Juglans nigra*, ist die Diversität in den hier untersuchten Auwäldern wesentlich höher. Vergleicht man die vertikale Verteilung der Flechten und Moose an den Schwarznussbäumen, so nimmt zwar die Artenzahl beider Organismengruppen mit der Höhe am Baum zu, doch im Gegensatz zur Verdopplung der Zahl der Moosarten steigt die Anzahl der Flechtenarten an Schwarznuss beim Übergang in die oberen Segmente auf rund das Achtfache gegenüber Stammfuß und Stamm an. Das ist zusätzlich bemerkenswert, weil die Rinde von *Juglans nigra* offenbar rasch rissig wird und somit eine Etablierung endophloeodaler (in lebendiger Rinde lebender) Flechten erschwert. Eventuell entfalten allelopathische Inhaltsstoffe der Borke in den unteren Segmenten eine hemmende Wirkung auf Flechten, die auf Moose weniger stark ausgeprägt ist. Hinzu kommt, dass insbesondere an Überschwemmungsstandorten vom Boden heraufwachsende "fakultative" epiphytische Moose von ihrer Toleranz gegenüber Nährstoffeinträgen profitieren und dass sie angespülte Feinerde überwachsen können. Nicht alle Moose ertragen eine längere Überflutung, weshalb z. B. das für den Standort charakteristische, pleurokarpe Moos *Neckera complanata* deutlich seltener als erwartet gefunden wurde.

Im Frühjahr 2015 wurden sieben weitere Baumarten an den drei Auwaldstandorten in der gleichen Weise auf Flechten- und Moosbewuchs untersucht. Durch Hinzunahme von bis zu 20 weiteren Bäumen stieg die Gesamtzahl der registrierten Flechten- und Moosarten um 16 bzw. 9 % an. D. h., nur noch wenige Arten aus beiden Organismengruppen wurden durch Hinzunahme von anderen Baumarten mit mehr oder weniger stark abweichenden Substrateigenschaften zusätzlich beobachtet. Bei beiden Organismengruppen wiesen Schwarznuss und Esche die größten Parallelen auf.

Als Gründe für unterschiedliche Artenvielfalt der Flechten an den diversen Baumarten ist an erster Stelle die Rauhigkeit der Borke zu nennen. Von einigen wenigen spezialisierten Arten wird die glatte Borke der Esche der rissigen Borke anderer Bäume vorgezogen (z. B. drei *Arthonia*-Arten, *Graphis scripta, Pseudosagedia aenea*). Ähnliches gilt für die wenigen Arten, die an Buche beobachtet wurden (z. B. *Pyrenula nitida*).

Als Grund für die Unterschiede der Moosartenvielfalt auf den untersuchten Baumarten kommen einerseits standortklimatische Parameter in Betracht und, ebenso wie bei den Flechten, die unterschiedliche Rauigkeit und das Wasseraufnahme- und Wasserspeichervermögen der jeweiligen Borken. Ebenso dürfte eine Rolle spielen, wie früh die Rinde der noch jungen Bäume und (in höherem Baumalter) der Zweige durch die Besied-

lung mit endophloischen Flechten oder Pilzen in seiner Struktur und den chemischen Eigenschaften verändert wird und dadurch direkt oder indirekt (durch zunehmende Rauigkeit) Moosen eine Ansiedlung erleichtert. Die Oberfläche der Zweige von *Juglans nigra* ist deutlich rauer als die von *Fraxinus excelsior*, was die erwähnten Unterschiede in der Besiedlung mit Moospolstern aus der Familie Orthotrichaceae erklären könnte. Buche und mehr noch der Bergahorn gelten grundsätzlich als hervorragende Substrate für epiphytische Moose, doch wahrscheinlich ist ihre Borke nicht nur zu glatt, sondern auch deren Wasserspeichervermögen zu gering, um an den Auwaldstandorten so vielen Moosen eine Ansiedlung zu ermöglichen, wie es an Eschen, Schwarznüssen oder auch an der Hybridpappel gelingt.
Wie in Abbildung 24 und Abbildung 31 dargestellt, sind die Schwarznussbäume insgesamt wesentlich reicher durch Flechten und Moose besiedelt, als die anderen Baumarten. Da es sich zudem auf allen Baumarten um ein zumindest ähnliches Artenspektrum an Flechten und Moosen handelt scheinen die Epiphyten die „fremde" Schwarznuss als Substrat angenommen zu haben. Das wird unterstrichen durch das Vorkommen von zwei Flechten an Schwarznuss, die als Zeigerarten für alte Wälder gelten. Während 15 Flechtenarten nur an anderen Baumarten als *Juglans nigra* registriert wurden konnten immerhin 23 Arten nur an dieser Baumart nachgewiesen werden. Die Schwarznuss scheint an den untersuchten Standorten auch so vital zu sein, dass Flechten, die vermodernde Bereiche am Baum besiedeln, wie *Trapeliopsis*-Arten, fehlen. Somit kann die Schwarznuss auch beim Ausfall anderer Baumarten eine wichtige ökologische Funktion übernehmen. Eine der Funktionen besteht in ihrer Funktion als Trägerbaum für epiphytische Flechten und Moose, die die biologische Oberfläche auf den Bäumen vergrößern und zahllosen Kleintieren eine dauerhafte oder vorübergehende Heimstatt oder Brutstätte bieten, und die auch als Nahrungsquelle dienen.

6. Literatur

Aptroot, A. & C. M. Van Herk, 2007: Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with Trentepohlia phycobionts. – Environmental Pollution 146: 293–298.

Arup, U., Ekman, S., Lindblom, K. Mattson, J.E., 1993: High performance thin layer chromatography (HPTLC), an improved technique for screening lichen substances. - Lichenologist: 61-71.

Atherton, I.; Bosanquet, S.; Lawley, M. (Eds), 2010: Mosses and Liverworts of Britain and Ireland: A Field Guide. - British Bryological Society. - Latimer Trend & Co., Plymouth. 849 S.

Barkman, J.J., 1958: Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Assen: van Gorcum. 628 p.

Boch, S., Müller, J., Prati, D., Blaser, S., Fischer, M., 2013: Up in the Tree – The Overlooked Richness of Bryophytes and Lichens in Tree Crowns. - PLoS ONE 8(12): e84913. doi:10.1371/journal.pone.0084913.

Bomble, W., 2003: Lophocolea semiteres und Ulota phyllantha in Aachen. – Bryol. Rundbr. 64: 1.

Brackel, W. Von, 2014: Kommentierter Katalog der flechtenbewohnenden Pilze Bayerns. - Bibliotheca Lichenologica Band 109. - Borntraeger, Stuttgart. - 476 S.

Brunet, J., Fritz, Ö., Richnau, G., 2010: Biodiversity in European beech forests – a review with recommendations for sustainable forest management. - Ecological Bulletins 53: 77–94.

Coder, K.D., 2011: Black Walnut Allelopathy: Tree Chemical Warfare. - Allelopathy Series - Warnell school of forestry and natural resources, Georgia - WSFNR11-10.- http://www.warnell.uga.edu/outreach/pubs/pdf/forestry/Walnut%20Allelopathy%2011-10.pdf .

Davis, E.F., 1928: The toxic principle of *Juglans nigra* as identified with synthetic juglone, and its toxic effects on tomato and alfalfa plants. American Journal of Biology 15:62.

Düll, R., (2001): Zeigerwerte von Moosen. – in: Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V. & Werner, W., 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica 18, 3. Auflage, 262 S.

EN 16413, 2014: Ambient air – Biomonitoring with lichens - Assessing epiphytic lichen diversity, Brüssel.

Frahm, J.-P., Klaus, D., 2001: Bryophytes as indicators of recent climate fluctuations in Central Europe. – Lindbergia 26: 97-104.

Frahm, J.-P., Stapper, N.J., Franzen-Reuter, I., 2007: Epiphytische Moose als Umweltgütezeiger. Ein illustrierter Bestimmungsschlüssel. - Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Schriftenreihe Band 40. Düsseldorf, 152 S.

Hauck, M., Wirth, V., 2010: Preference of lichens for shady habitats is correlated with intolerance to high nitrogen levels. Lichenologist 42: 475-484.

Herk C.M. Van, Aptroot, A., Dobben, H.F. Van, 2002: Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist 34: 141-154.

Hoy, P.R. & Stickney, J.S., 1881: Comments on walnut. Transactions of the Wisconsin State Horticultural Society 11:166-167.

Huneck, S., Yoshimura, I., 1996: Identification of lichen substances. – Springer, Berlin Heidelberg. 493 S.

Hyerczyk, R. D. (2005): The lichen flora oft en Chicago Parks, Chicago Park District, Chicago, Illinois. – Transactions of the Illinois State Academy of Science 98 (3&4): 97-122.

Johansson T, Knutsson T, Lundkvist H., 2003: Gammelekslavar – vad gömmer sig på 2–14 meters höjd? [Epiphytic lichens on old oaks—what hides on 2–14 meters height?] Graph Scr 14: 49–54.

John, V., 2006a: Die Schlackenhalden bei Hostenbach im mittleren Saartal als Sekundärbiotop für Flechten. – Herzogia 19: 49-61.

John, V., 2006b: Flechten und flechtenbewohnende Pilze auf dem Nackberg (Ergebnisse vom Tag der Artenvielfalt 2006). – Abh. Delattinia 32: 113-125.

John, V., Schröck, H. W., 2001: Flechten im Kronen- und Stammbereich geschlossener Waldbestände in Rheinland-Pfalz (SW-Deutschland). Flora und Fauna in Rheinland-Pfalz 9(3): 727-750.

John, V. & Türk, A. (2006): Species/area curves for lichens on gypsum in Turkey.- Mycologia Balcanica 3(1): 55-60.

Kienesberger, A., Türk, R., 2008: Immissionsökologische Flechtenkartierung im Industriegebiet Steyrermühl – Laakirchen und Untersuchung der Schwermetalldepositionen im Bereich des Naturschutzgebietes Traunstein – Laudachsee, Oberösterreich. - Beitr. Naturk. Oberösterreichs 18: 277-291.

Knops, J.M.H., Nash, T.H., Boucher, V.L. and Schlesinger, W. H., 1991: Mineral cycling and epiphytic lichens – implications at the ecosystem level. – Lichenologist 23: 309-321.

Kricke, R., 2000: Flechtenthallus als "Heim für Tiere". – Aktuelle Lichenologische Mitteilungen 4: 10.

Lange, O. L., Schulze, E. D. & Koch, W., 1970: Experimentell-ökologische Untersuchungen an Flechten der Negev-Wiiste. II. CO2-Gaswechsel und Wasserhaushalt von Ramalina maciformis (Del.) Bory am natürlichen Standort während der sommerlichen Trockenperiode. Flora 159: 38-62.

Lauer, H., 2005: Die Moose der Pfalz.- Pollichia-Buch Nr. 46. - Bad Dürkheim. 1219 S.

Lindo, Z., Whiteley, J.A., 2011: Old trees contribute bio-available nitrogen through canopy bryophytes. - Plant Soil 342:141–148.

Meinunger, L., Schröder, W., 2007: Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. – 3 Bd., 636 + 699 + 709 S., Regensburgische Botanische Gesellschaft, Regensburg.

Nebel, M., Philippi, G. (Hrsg). 2000, 2001, 2005: Die Moose Baden-Württembergs, Band 1-3. - Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).

Orange, A., James, P.W., White, F.J., 2001: Microchemical Methods for the identification of lichens. - British Lichen Society.

Pluntke, M. & John, V., 2012: Zur Dynamik der Flechtenbiota (Lichenes) in Altenburg, Ostthüringen, als Folge der Umwelt- und Klimaveränderungen. – Mauritiana 24: 51-72.

Richardson, D. H. S. (1974): The Vanishing Lichens. Their History, Biology and Importance. - Hafner-Press, New York, 231 S.

Sharnoff, S., 1998: Lichens and invertebrates: A brief review and bibliography. - http://www.lichen.com/invertebrates.html [letzter Zugriff: 9. September 2014].

Schmitt , J. A. (1999): Neues zum Informationsgehalt von Arten/Areal-Kurven. Die Ermittlung von Arten-Diversität R, Minimum-Areal M und Mittlerer Arten-Densität D aus Teilflächen-Untersuchungen eines Gebietes über die Statistische, Hyperbolische, Kumulative Arten/Areal-Kurve am Beispiel Höherer Pilze. – Abh. Delattinia 25: 67-210.

Schumm, F., 2002: Dünnschichtchromatogramme - auch für den Amateur möglich. - Aktuelle Lichenologische Mitteilungen 9: 8-22.

Smith, C.W., Aptroot, A., Coppins, B.J., Fletcher, A., Gilbert, O.L., James, P.W., & Wolseley, P.A. (Hrsg.), 2009: The lichens of Great Britain and Ireland, British Lichen Society, London. 1046 S.

Stapper, N.J., 2005: Epiphytische Moose und Flechten auf vier Level II-Waldflächen des ICP-Fo¬rests in Nordrhein-Westfalen – Vergleich verschiedener Aufnahmemethoden. - Teilveröffent¬lich¬tes Gutachten im Auftrag der LÖBF (NRW), Recklinghausen. 81 S.

Stapper, N.J., 2010: Moose des Kalksteinbruchs Hofermühle-Süd (Gemeinde Heiligenhaus, Kreis Mettmann, Nordrhein-Westfalen). - Acta Biologica Benrodis Suppl. 12: 31-45.

Stapper, N.J., Aptroot, A. 2010: Die epiphytische Flechtenvegetation an 30 Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg 1986 bis 2009 – Ergebnisbericht 2010. - Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe. 100 S. (Text als PDF runterladen).

Stapper, N.J., Aptroot, A. 2011: Die epiphytische Flechtenvegetation an drei Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg 2011. Anhang zum Ergebnisbericht 2010. - Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe. 50 S. (Text als PDF runterladen).

Stapper, N.J. & Franzen-Reuter, I. 2003: "Epiphytische Flechten und Moose auf der nordrhein-westfälischen EU-ICP-Forests-Level II-Fläche Elberndorf, Fichte Abt. 92E". Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten LÖBF, Recklinghausen.

Stapper, N. J.; Franzen-Reuter, I.; Frahm, J.-P., 2011: Epiphytische Flechten als Wirkungsindikatoren für Klimaveränderungen im Raum Düsseldorf. - Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft 4/2011, 173-178.

Stapper NJ, Stetzka KM, Stolley G, Schimming C, Genssler L, Andreae H, 2007: Aufnahmemethoden verglichen. Epiphytische Flechten im Wald. - AFZ-Der Wald 20, 1072.

Stapper, N.J, John, V. (2014): Monitoring climate change with lichens as bioindicators. - Pollution atmosphérique (zur Publikation eingereicht).

Stetzka, K. M., 2001: Bemerkenswerte Moos- und Flechtenfunde im Kronenraum von Pappeln im Zeisiggrund des Forstbotanischen Gartens Tharandt (Landesarboretum). Ber. der Arbeitsg. Sächs. Bot. NF 18: 85-92.

Stetzka, K. M. & Becker, M., 2011: Ergebnisse einer seilklettertechnisch unterstützten Epiphytenkartierung im Nationalpark „Sächsische Schweiz". Archive for Bryology (Bonn) 117, 1-14.

Stofer, S., Catalayud, V., Ferretti, M., Fischer, R., Giordani, P., Keller, C., Stapper, N., Scheidegger, C., 2003: Epiphytic Lichen Monitoring within the EU/ICP Forests Biodiversity Test-Phase on Level II plots. - Methodenentwurf zum Flechtenmonitoring auf Level II-Waldökosystemdaueruntersuchungsflächen. (Text als PDF runterladen).

VDI - Verein Deutscher Ingenieure, 2005: VDI 3957 Blatt 13: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Flechten (Bioindikation). Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator der Luftgüte. – Beuth, Berlin, 27 pp.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure, 2015: VDI-Richtlinie 3957 Blatt 20 (Gründruck): Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Umweltveränderungen (Bioindikation). Kartierung von Flechten zur Ermittlung der Wirkung von lokalen Klimaveränderungen.

Wirth, V., 1995: Die Flechten Baden-Württembergs. 2. Aufl.- Ulmer, Stuttgart: 1-100.

Wirth, V., 2010: Ökologische Zeigerwerte von Flechten – erweiterte und aktualisierte Fassung. – Herzogia 23: 229-248.

Wirth, V., Hauck, M., Brackel, W. v., Cezanne, R., de Bruyn, U., Dürhammer, O., Eichler, M., Gnüchtel, A., John, V., Litterski, B., Otte, V., Schiefelbein, U., Scholz, P., Schultz, M., Stordeur, R., Feuerer, T. &. Heinrich, D. , 2011: Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(6): 7-122.

Wirth, V., Hauk, M., de Bruyn, U., Schiefelbein, U., John, V. & Otte, V., 2009: Flechten in Deutschland mit Verbreitungsschwerpunkt im Wald. – Herzogia 22: 79-107.

Wirth, V., Hauck, M. & Schultz, M., 2013: Die Flechten Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart: 244 S.

Wirth, V., Schöller, H., Scholz, P., Ernst, G., Feuerer, T., Gnüchtel, A., Hauck, M., Jacobsen, P., John, V. & Litterski, B., 1996: Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. – Schr.-R. f. Vegetationskde. 28: 307 – 366.

Bisher sind folgende Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz erschienen und stehen als Download zur Verfügung

86/20	Autorenkollektiv Die Hangbrücher des Hunsrücks ISSN 1610-7705
85/2020	Kopf Hypothese der Hangbruchgenese im südwestdeutschen Mittelgebirge Hunsrück anhand hydrologischer, pedologischer und geobotanischer Untersuchungen in der Region des Nationalpark Hunsrück-Hochwald ISSN 1610-7705
84/2018	Hohmann, Hettich, Ebert, Huckschlag Evaluierungsbericht zu den Auswirkungen einer dreijährigen Jagdruhe in der Kernzone „Quellgebiet der Wieslauter“ im Wildforschungsgebiet Pfälzerwald ISSN 1610-7705
83/2018	Huckschlag Demographisches Großkarnivoren-Monitoring in Rheinland-Pfalz – Monitoringjahr 2017 ISSN 1610-7705
82/2018	Autorenkollektiv Biodiversität in Buchenwald-Naturwaldreservaten – 30 Jahre nutzungsfreie Waldentwicklung (Vögel, Pflanzen, Fledermäuse, Käfer, Moose, Flechten, Pilze, Baumstrukturen) ISSN 1610-7705
81/2017	Huckschlag Demographisches Großkarnivoren-Monitoring in Rheinland-Pfalz – Monitoringjahr 2016 ISSN 1610-7705
80/2017	In Bearbeitung
79//2016	Block, Dieler, Gauer, Greve, Moshammer, Schuck, Schwappacher, Wunn Gewährleistung der Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung bei der Holz- und Biomassenutzung im rheinland-pfälzischen Wald ISSN 1610-7705
78/2016	Block, Greve, Schröck, zum Hingste Mangantoxizität bei Douglasie ISSN 1610-7705
77/2016	Huckschlag Demographisches Großkarnivoren-Monitoring in Rheinland-Pfalz – Monitoringjahr 2015 ISSN 1610-7705
76/2016	Greve Nährstoffversorgung rheinland-pfälzischer Wälder ISSN 1610-7705

75/2016	Huckschlag Die Großkarnivoren in Rheinland-Pfalz – Hinweise seit Ausrottung der Großkarnivoren bis zum Monitoringjahr 2014 ISSN 1610-7705
74/2015	Segatz (Hrsg) Die Edelkastanie am Oberrhein – Aspekte ihrer Ökologie, Nutzung und Gefährdung aus dem EU Interreg IV a Oberrhein-Projekt ISSN 1610-7705
73/2015	Greve Langfristige Auswirkungen der Waldkalkungen auf den Stoffhaushalt ISSN 1610-7705
72/2012	Karl, Block, Schultze und Scherzer Untersuchungen zu Wasserhaushalt und Klimawandel an ausgewählten Forstlichen Monitoringflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705
71/2012	Karl, Block, Schulze und Scherzer Wasserhaushaltsuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings und bei waldbaulichen Versuchen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705
70/2012	Block und Gauer Waldbodenzustand in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705
69/2011	Maurer und Haase (Hrsg.) Holzproduktion auf forstgenetischer Grundlage. Tagungsbericht 28. Internationale Tagung ARGE Forstgenetik und Forstplanzenzüchtung, 4.-6. November 2009 in Treis-Karden (Mosel)
68/2009	Engels, Jochum, Krug und Seegmüller (Hrsg.) Käferschäden im Buchenholz: Einbußen und Verwendungsoptionen ISSN 1610-7705
67/2009	Phan Hoang Dong (Hrsg.) Zum Anbau und Wachstum von Vogelkirsche und Birke ISSN 0931-9662
66/2008	Maurer und Haase (Hrsg.) Walnuss-Tagung 2008 ISSN 1610-7705
65/2008	Block (Hrsg.) Forstliche Forschung Grundlage für eine zukunftsfähige Forstwirtschaft ISSN 1610-7705

64/2007	Schüler, Gellweiler und Seeling (Hrsg.) Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnahmen der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen ISSN 1610-7705
63/2007	Dong (Hrsg.) Eiche im Pfälzerwald ISSN 0931-9662
62/2007	Bücking, Moshammer und Roeder Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume ISSN 0931-9622
61/2007	Jahresbericht 2006 ISSN 1610-7705 ISSN 1610-7713
60/2006	Block und Schüler (Hrsg.) Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder; Erschließung von Sekundärrohstoffen als Puffersubstanzen für Bodenmaßnahmen im Wald ISSN 1610-7705
59/2006	Petercord und Block (Hrsg.) Strategien zur Sicherung von Buchenwäldern ISSN 0931-9662
58/2006	Jahresbericht 2005 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
57/2005	Seegmüller (Hrsg.) Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662
56/2005	Jahresbericht 2004 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
55/2005	Dong (Hrsg.) Zum Aufbau und Wachstum der Douglasie ISSN 0931-9662
54/2004	Dong (Hrsg.) Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662
53/2004	Jahresbericht 2003 issn 0931-9662 issn 0936-6067

52/2004	Maurer (Hrsg.) Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705
51/2003	Jahresbericht 2002 issn 0931-9662 issn 0936-6067
50/2003	Maurer (Hrsg.) Ökologie und Waldbau der Weißtanne – Tagungsbericht zum 10. Internationalen IUFRO Tannensymposium am 16-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705
49/2002	Maurer (Hrsg.) Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705
48/2002	Jahresbericht 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
47/2001	Jahresbericht 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
46/1999	Jahresbericht 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
45/1999	Delb und Block Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662
44/1998	Jahresbericht 1998 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
43/1997	Jahresbericht 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
42/1997	Bücking, Eisenbarth und Jochum Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662

41/1997	Maurer und Tabel (Hrsg.) Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis ISSN 0931-9662
40/1997	Schröck (Hrsg.) Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz – Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt - ISSN 0931-9662
39/1997	Jahresbericht 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
38/1996	Balcar (Hrsg.) Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Naturwaldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662
37/1996	Hunke Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662
36/1996	Jahresbericht 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
35/1995	Block, Bopp, Butz-Braun und Wunn Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662
34/1995	Maurer und Tabel (Hrsg.) Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662
33/1995	Eisenbarth Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche (Fagus sylvatica L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662
32/1995	Autorenkollektiv Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662
31/1995	Jahresbericht 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067

30/1994	Schüler Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662
29/1994	Fischer Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz (Pseudotsuga Menziesii (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662
28/1994	Schröck Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662
27/1994	Oesten und Roeder Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662
26/1994	Jahresbericht 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
25/1994	Wierling Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662
24/1993	Block Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662
23/1993	Heidingsfeld Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662
22/1993	Jahresbericht 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
21/1992	Autorenkollektiv Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662
20/1992	Jahresbericht 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067

19/1991	Autorenkollektiv Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" - ISSN 0931-9662
18/1991	Schüler, Butz-Braun und Schöne Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662
17/1991	Block, Bopp, Gatti, Heidingsfeld und Zoth Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662
16/1991	Block, Bockholt, Borchert, Fingerhut, Heidingsfeld und Schröck Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662
15/1991	Jahresbericht 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
14/1990	Block Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662
13/1990	Schüler Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - angelegt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662
12/1990	Jahresbericht 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067
11/1989	Block, Deinet, Heupel, Roeder und Wunn Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662
10/1989	Heidingsfeld Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662
9/1989	Jahresbericht 1988 ISSN 0936-6067
8/1988	Gerecke Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662

7/1988	Beutel und Block Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662
6/1988	Jahresbericht 1987 ISSN 0931-9662
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anläßlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662
4/1987	Beutel und Block Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662
3/1987	Block, Fraude und Heidingsfeld Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931-9662
2/1987	Block und Stelzer Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662
1/1987	Jahresbericht 1984-1986 ISSN 0931-9662